

**V**

---

**ENCONTRO DE  
PESQUISADORES  
EM ENSINO  
DE FÍSICA**

*Atas*

de 2 a 6 de setembro de 1996 - Hotel Majestic - Águas de Lindóia-SP

Sociedade Brasileira de Física

**Atas do  
V Encontro de  
Pesquisadores em  
Ensino de Física**

Águas de Lindóia, 2 a 6 de setembro de 1997

Belo Horizonte,  
Dezembro de 1997

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'M. L. M.', is located in the bottom right corner of the page.

@ Sociedade Brasileira de Física

Editoração eletrônica:

Júnia Christina Almeida Silva

Luciana Patricia Silva Verneque

Sociedade Brasileira de Física

Atas do V Encontro de Pesquisadores em Ensino de Física.  
Belo Horizonte: UFMG/CECIMIG/FAE, 1997.

p.

1. Ensino de Física; 2. Simpósio; 3. educação permanente; 4. novas tecnologias; 5. inovações curriculares;

## **Comissões**

### **Comissão de ensino da Sociedade Brasileira de Física**

Maria Cristina Dal Pian Nobre - UFRN

Olival Freire Jr.- UFBA

Umbelina Giacometti Piubeli - UFMGS

Virginia Mello Alves - UFPe

Glória Regina Campello Queiroz -Espaço UFF de Ciências

### **Comissão Organizadora do EPEF**

Maria Cristina Dal Pian Nobre - UFRN

Maria José P. M. de Almeida - Unicamp

### **Comissão Organizadora das Atas**

Arthur Eugênio Quintão Gomes

João Antônio Filocre Saraiva

Oto Neri Borges

## **Apoios Recebidos**

- Conselho Nacional de Pesquisas - CNPq
- Fundação Capes
- Financiadora de Estados e Projetos - FINEP
- Secretaria de Ensino Superior - SESu/MEC
- Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais - FAPEMIG
- Fundação de Amparo à Pesquisa de São Paulo - FAPESP
- Fundação de Amparo à Pesquisa do Rio Grande do Sul - FAPESRG
- Fundação de Amparo à Pesquisa do Rio de Janeiro - FAPERJ
- Secretaria de Estado da Educação de Minas Gerais - SEE-MG
- Secretaria de Estado da Ciência e Tecnologia - SECT-MG (SECTMG/SEEMG/Pró-Ciências)
- Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG
  - Pró-Reitorias de Pesquisas, Pós-graduação, Graduação e Extensão
  - Instituto de Ciências Exatas
  - Departamento de Física - ICEx
  - Departamento de Ciências da Computação - ICEx
  - Centro de Ensino de Ciências e Matemática - CECIMIG
  - Colégio Técnico - UFMG
- Editora Formato Ltda
- Editora Scipione Ltda

## **Apresentação**

Ao preparar a edição das Atas do V Encontro de Pesquisadores em Ensino de Física, que realizou-se de 02 a 06 de setembro de 1997, em Águas de Lindóia, SP, tivemos em mente que não nos foram delegadas funções de editores. Optamos, então, por não executar as funções típicas de editores. Tentamos, apenas, dar uma certa uniformidade de formatação aos originais entregues para publicação, procurando manter o texto conforme digitado e revisto pelos autores. Alguns poucos originais, que foram apresentados com uma formatação bem diferenciada, tiveram de sofrer maiores alterações e por isso podem não expressar a integridade do texto original ou a intenção dos autores.

A publicação das Atas só se viabilizou pela colaboração do CECIMIG - Centro de Ensino de Ciências e Matemática, órgão complementar da Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais. A colaboração dos funcionários desse órgão foi imprescindível para essa publicação.

Devido ao acúmulo de serviços e algumas dificuldades operacionais, as Atas saem com algum atraso. Apresentamos nossas desculpas pelos transtornos causados aos colegas e participantes.

Belo Horizonte, 28 de abril de 1998

Arthur Gomes; João Filocre e Oto Borges

## SUMÁRIO

RUIDO RELATIVÍSTICO NA INTERPRETAÇÃO DE SITUAÇÕES FÍSICAS .....	
Maurício Pietrócola e Arden Zylbersztajn .....	11
AVALIANDO UMA METODOLOGIA DE TRABALHO .....	
Guaracira G. De Sousa, Luis F. Frazão, Maria C. F. Martins, Simone P. Pinto .....	18
FÍSICA E LITERATURA: UMA POSSÍVEL INTEGRAÇÃO NO ENSINO .....	
João Zanetic .....	27
FÍSICA, MATEMÁTICA E DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA NOS ANOS 20 .....	
Ideu de Castro Moreira .....	34
UMA PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO PARA A CIÊNCIA NA UNESP .....	
Roberto Nardi, José Misael Ferreira Do Vale, Maria Sueli Parreira De Arruda, Momotaro Imaizumi .....	44
O ENVOLVIMENTO DOS ESTUDANTES NUM LABORATÓRIO DIDÁTICO DE FÍSICA .....	
Rita Zanlorensi Visneck Costa e Alberto Villani .....	51
O APERFEIÇOAMENTO DA COMPETÊNCIA PROFISSIONAL DO PROFESSOR DE CIÊNCIAS .....	
Alberto Villani e Jesuina L.A.Pacca .....	59
REVISTA CIÊNCIA HOJE DAS CRIANÇAS - COMO PROFESSORES A UTILIZAM EM SALA DE AULA .....	
Guaracira Gouvêa De Sousa, José Peixoto Pereira Filho, Maria Cristina Leal .....	72
INOVAÇÃO E FORMAÇÃO DE RECURSOS HUMANOS: OPORTUNIDADE PARA A UNIVERSIDADE HOJE .....	
Luiz Carlos S. do Carmo, José Alberto das Reis Parise, José Antônio P. Bueno, Maria Augusta M. Davidovich, Therezinha Souza da Costa .....	77
APLICAÇÃO DO MODELO P.S.H.G. NA AVALIAÇÃO DO LABORATÓRIO DE FÍSICA COMO FERRAMENTA DIDÁTICA NO ENSINO DE 2º GRAU .....	
Francisco Cordeiro Filho, Sérgio Tobias da Silva, Antonio Julio Barreira Neto, Levilaam Rodrigues de Lima, Alexandre Renato Horta Costa .....	87
A INTRODUÇÃO DA FÍSICA MODERNA NO 2º GRAU : OBSTÁCULOS E POSSIBILIDADES .....	
Antônio José Camargo .....	92

UM PROGRAMA DE ATIVIDADES VISANDO A REFORMULAÇÃO CONCEITUAL NOS TÓPICOS INTRODUTÓRIOS DA ÓPTICA GEOMÉTRICA .....	97
João Batista Siqueira Harres .....	
DIALÓGO DE DOIS MUNDOS PESQUISA E PRÁTICA EM ENSINO DE FÍSICA .....	102
Arnaldo Vaz .....	
UM MODELO INTEGRADOR PARA EL APRENDIZAJE DE LAS CIENCIAS PRIMERA PARTE - FUNDAMENTACIONES .....	109
Léonor C. de Cudmani, Marta A. Pesa, Julia Salinas .....	
UM MODELO INTEGRADOR PARA EL APRENDIZAJE DE LAS CIENCIAS SEGUNDA PARTE - EJEMPLOS DE INVESTIGACIONES REALIZADAS .....	129
Léonor C. de Cudmani, Marta A. Pesa, Julia Salinas .....	
LA INTEGRACION DE SABERES EN LA FORMACION DE FORMADORES EN FISICA .....	141
Léonor Colombo de Cudmani e Marta A. Pesa .....	
O COTIDIANO E A PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA .....	152
Alice Pierson e Yassuko Hosoune .....	
UM MODELO GERENCIAL DINÂMICO PARA APLICAÇÃO DE MÓDULOS TEMÁTICOS VIA WEB .....	164
Carlos H. Grilo Diniz, Maria C. Dal Pian Nobre, Glédson Elias da Silveira .....	
ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DE IMAGENS : DEFEITOS CRISTALOGRAFICOS EM SÓLIDOS- R.Assumpção, N. Cheung E C. R. Pinceli .....	169
O DESIGN NA GEOLOGIA E NA TECTÓNICA DE PLACAS - SEU PAPEL NO ESTUDO DE CASO EM DESENVOLVIMENTO COGNITIVO E MUDANÇAS TEÓRICAS .....	176
Daniella dos Santos Medeiros e Maria Cristina Dal Pian Nobre .....	
O ENSINO DA CONSERVAÇÃO DE ENERGIA: UMA ANÁLISE A PARTIR DO DESENVOLVIMENTO HISTÓRICO DO CONCEITO E DO CONHECIMENTO DO SENSO COMUM .....	183
Kátia Ferreira Henrique e Jesuina Lopes De Almeida Pacca .....	
O USO DO PRINCÍPIO DE RELATIVIDADE NA INTERPRETAÇÃO DE FENÔMENOS POR ALUNOS DE GRADUAÇÃO EM FÍSICA .....	192
Maurício Pietrocola e Arden Zylbersztajn .....	
ESTUDO DAS CONCEPÇÕES DE ESTUDANTES DE LICENCIATURA DO IFUSP SOBRE CONTEÚDOS DE MECÂNICA .....	202
Zwinglio De Oliveira Guimarães Filho e Jesuina Lopes De Almeida Pacca .....	
INFLUENCIA DEL CONTEXTO ACADÉMICO SOBRE EL TIPO DE EXPLICACIÓN QUE ADOPTAN LOS ALUMNOS PARA ALGUNOS PROCESOS FÍSICOS .....	210
Marta Cárdenas e Silvia Ragout De Lozano .....	
INSATISFACCIÓN DE LOS ALUMNOS NOVELES ANTE LAS EXPLICACIONES NOMOLÓGICO- DEDUCTIVAS . Silvia Ragout de Lozano e Marta Cárdenas .....	216
CONSTRUTIVISMO: PERSPECTIVA CONTEMPORÂNEA DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO .....	223
Flávia M. T. Santos .....	
A TEORIA DAS CORES DE NEWTON E AS CRÍTICAS DE HOOKE .....	230
Cibelle Celestino Silva e Roberto de Andrade Martins .....	



VALOR COMO ENERGIA NO DOMÍNIO DAS TEORIAS .....	
Ana Lúcia Assunção Aragão Gomes e Maria Cristina Dal Pian .....	238
DISCUSSÃO CIÊNCIA-TECNOLOGIA EM SALA DE AULA .....	
Andréa I. Vannucchi e Anna Maria P. de Carvalho .....	244
AS IDÉIAS DE GUIDO BECK SOBRE ENSINO E PESQUISA .....	
Antônio Augusto Passos Videira .....	252
TEORIAS PRIMÁRIAS .....	
Auta Stella De Medeiros Germano e Maria Cristina Dal Pian Nobre .....	260
CONSTRUINDO UM PROBLEMA SIGNIFICATIVO PARA O ENSINO-APRENDIZAGEM, DENTRO DO TEMA DA UTILIZAÇÃO DA HISTÓRIA DA CIÊNCIA, A PARTIR DE UMA REVISÃO DA LITERATURA .....	
Sonia Maria Dion e Jesuína Lopes de Almeida Pacca .....	266
FORMACION Y ACTUALIZACION DE PROFESORES RESULTADOS OBTENIDOS EN UN TALLER DE OPTICA FISICA .....	
Marta Pesa, Luis Scidá, Miguel Cabrera, Silvia Bravo .....	273
EXPLORANDO ANALOGIAS PARA O ENSINO DE MATEMÁTICA E DE FÍSICA: AS ENTREVISTAS PRELIMINARES .....	
Tânia C. B. Cabral e Alberto Villani .....	284
MODELOS DE CAPACITAÇÃO DE PROFESSORES IMPLEMENTADOS PELO CECIMIG/UFGM .....	
João Filocre, Arthur Eugênio Quintão Gomes, Oto Neri Borges .....	296
CAPACITAÇÃO A DISTÂNCIA DE PROFESSORES DE CIÊNCIAS: INTERLOCUÇÃO MEDIADA PELA TECNOLOGIA .....	
Oto N. Borges, João Filocre, Arthur E. Quintão Gomes .....	311
PESQUISA-AÇÃO EDUCACIONAL E FORMAÇÃO DE PROFESSORES DE FÍSICA .....	
Fábio da Purificação de Bastos .....	323
PROFÍCUA INTERAÇÃO ENTRE A SBF E PROFESSORES DE FÍSICA DO 2º GRAU: O EXEMPLO DO NORDESTE .....	
Luiz C. Jafelice e Ciclâmio L. Barreto .....	330
PROBLEMAS DO ENSINO DE FÍSICA .....	
Maria José P. M. de Almeida e Cezar Cavanha Bahichak .....	340
ANALOGIAS E METÁFORAS NO ENSINO DE CIÊNCIAS NATURAIS .....	
Eduardo A. Terrazzan .....	347
O APERFEIÇOAMENTO DA COMPETÊNCIA PROFISSIONAL DO PROFESSOR DE CIÊNCIAS .....	
Alberto Villani e Jesuína L.A.Pacca .....	357
UM MODELO DE SOFTWARE MULTIMÍDIA PARA O ENSINO DE FÍSICA .....	
Sérgio Takimoto Mauricio e Anna Maria Pessoa de Carvalho .....	370
LABORATÓRIO DIDÁTICO DE FÍSICA: UMA PROPOSTA INOVADORA E OS PRIMEIROS RESULTADOS .....	
Octavio Mattasoglio Neto e Alberto Villani .....	377
ELABORAÇÃO, EXECUÇÃO E ANÁLISE DE UM PLANEJAMENTO SOBRE AS LEIS DE NEWTON NUM CURSO DE 2º GRAU .....	
Margareth Polido Pires Ferreira e Alberto Villani .....	388

A TOMADA DE DADOS: UMA ETAPA ESQUECIDA NO LABORATÓRIO DE FÍSICA .....	395
Elisabeth Barolli e Alberto Villani.....	
CONCEPÇÕES INTUITIVAS DOS ALUNOS: UM ESTUDO A PARTIR DA RELAÇÃO FORÇA E MOVIMENTO ....	409
Antonio Jorge Sena Dos Anjos.....	
MODELO DE DESENVOLVIMENTO DE MATERIAIS DIDÁTICOS PARA O ENSINO DE FÍSICA E CIÊNCIAS .....	418
Oto Neri Borges, João Filocre, Arthur E. Quintão Gomes.....	
DIÁLOGO DE DOIS MUNDOS PESQUISA E PRÁTICA EM ENSINO DE FÍSICA .....	436
Arnaldo Vaz.....	
A TEORIA PIAGETIANA E OS MODELOS MENTAIS .....	443
Sonia K. Teixeira, Glória Queiroz, Creso Franco, Dominique Colinvaux.....	
ESTRUTURA DA MECÂNICA: VISÃO DE MUNDO E DE EDUCAÇÃO .....	454
Rebeca Vilas Boas Cardoso de Oliveira e Yassuko Hosoume.....	
APERFEIÇOAMENTO DE WWW-PAGES .....	461
Fernando A. Camelo da Silva e Maria Cristina Dal Pian Nobre .....	
PRODUÇÃO DE VÍDEOS PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS NA FORMAÇÃO DE PROFESSORES: A EXPERIÊNCIA DO CECIMIG.....	465
Arjuna C. Panzera .....	
DECAIMENTO RADIOATIVO: UMA ANALOGIA PARA O CIRCUITO RC.....	477
Sonia Krapas Teixeira e Alexandre Motta Borges.....	
MUDANÇA CONCEITUAL EM SALA DE AULA: O ENSINO DE CIÊNCIAS NUMA PERSPECTIVA CONSTRUTIVISTA.....	487
Orlando Aguiar Jr e João Filocre .....	
ENERGIA E VIDA NO ENSINO DE CIÊNCIAS.....	495
Maria Mônica Macêdo Torres, Auta Stella De Medeiros Germano, Marcelio Colombo Oliveros, Maria Cristina Dal Pian Nobre.....	
DEFINIÇÃO DE LINKS PARA A PROGRAMAÇÃO DE MÓDULOS TEMÁTICOS .....	498
Apuena V. Gomes, Maria C. Dal Pian Nobre, Glédson E. Da Silveira.....	
CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS E LIVROS DIDÁTICOS .....	504
Lucillana de Moraes Silveira e Eduardo Adolfo Terrazzan .....	
GRAVITAÇÃO: UM EXEMPLO DO USO DA HISTÓRIA DA FÍSICA .....	512
Joselina C. Silva, Glaucia Lopes, João Zanetic .....	
PRÓTONS, ELÉTRONS E A INTERAÇÃO ENTRE ELES: MODELOS CONSTRUÍDOS POR BACHARÉIS EM FÍSICA .....	519
Yassuko Hosoume e Maria Inês Nobre Ora.....	
ENSINANDO A DUALIDADE ONDA-PARTÍCULA SOB UMA NOVA ÓPTICA .....	529
Maria B. Fagundes, Osvaldo Pessoa Jr, João Zanetic, Mikiya Muramatsu .....	
CONDICIONANTES ESTRUTURAIS PARA O ENSINO DE FÍSICA MODERNA .....	539
Sandro Rogério V. Ustra, Dulce Maria Strieder, Eduardo A. Terrazzan .....	
O PROFESSOR DE 1º GRAU E SUA RELAÇÃO COM O UNIVERSO.....	546
Sérgio Mascarello Bisch, Yassuko Hosoume e Cristina Leite .....	

A RELAÇÃO ENTRE A ÓPTICA GEOMÉTRICA E AS CONCEPÇÕES DOS ALUNOS SOBRE LUZ E VISÃO: PROBLEMAS PARA UM PLANEJAMENTO PEDAGÓGICO.....	
José Paulo Gorecano e Jesuina L. A. Pacca .....	553
AS PESQUISAS EM CONCEPÇÕES ESPONTÂNEAS EM TERMOLOGIA: SEUS INSTRUMENTOS E RESULTADOS COMO SUBSÍDIOS À PRÁTICA EM SALA DE AULA .....	
Ivanilda Higa, Luiz Fernando Sbruzzi, Jesuina L. A. Pacca .....	560
LEVANDO A PESQUISA CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA PARA GRANDE PÚBLICO, ATRAVÉS DE APRESENTAÇÃO DE ATIVIDADES EDUCACIONAIS .....	
Deise Miranda Vianna, Álvaro Chrispino, Kátia Nunes Pinto .....	567
ERROS ASTRONÔMICOS NOS LIVROS DIDÁTICOS DO 1º GRAU .....	
João B. Garcia Canalle, Rute Helena Trevisan, Cleiton J Benetti Latari .....	571
A LEITURA E A ESCRITA NO ENSINO DE CIÊNCIAS .....	
Maria C. Freire Diógenes Rêgo e Marta M. Almeida Castanho Pernambuco .....	577
O TEXTO DE DIVULGAÇÃO E O TEXTO DIDÁTICO: CONHECIMENTOS DIFERENTES? .....	
Sônia Salém e Maria Regina Kawamura .....	588
BUSCANDO A SUPERAÇÃO DA FRAGMENTAÇÃO NO ENSINO DE FÍSICA .....	
Milton Antonio Auth e Eduardo Adolfo Terrazzan .....	599
O ENSINO DE FÍSICA NA DÉCADA DE 30 .....	
Luiz Fernando Sbruzzi e Maria Regina D. Kawamura .....	604
UM QUADRO COMPARATIVO DE PROPOSTAS DE ENSINO DE ELETRICIDADE: "RAMALHO" E "GREF" .....	
Sandra Del Carlo e Yassuko Hosoume .....	615
ESTUDO ANALÍTICO E GRÁFICO DAS CARACTERÍSTICAS DO INTERFERÔMETRO DE FABRY-PEROT .....	
Jorge Ivan Cisneros e Antonio Carlos Da Costa .....	622
UM APLICATIVO PARA O ENSINO INDIVIDUALIZADO DE CIRCUITOS ELÉTRICOS NO ENSINO MÉDIO E FUNDAMENTAL .....	
Oto N. Borges, André C. C. Mata, Marcos E. Lopez De Prado .....	631
O PAPEL DA TEORIA DE ERROS NO LABORATÓRIO DIDÁTICO DE FÍSICA .....	
Amauri Fragoso de Medeiros e Anailton Sales de Melo .....	642
CRÍTICA E VALIDAÇÃO DE UM TESTE PARA DETECTAR CONCEITOS ESPONTÂNEOS EM ÓTICA .....	
Jésus de Oliveira e Sérgio L. Talim .....	652
VALIDAÇÃO DE UM TESTE DE INTERPRETAÇÃO DE GRÁFICOS EM CINEMÁTICA .....	
Sérgio Luiz Talim, Jésus de Oliveira, Oto Néri Borges, Cezalpino C. Lima .....	657
CONSTRUÇÃO E VALIDAÇÃO DE UM TESTE PARA VERIFICAR A COMPREENSÃO DAS 1ª E 3ª LEIS DE NEWTON .....	
Sérgio Luiz Talim, Jésus de Oliveira, Henri A. Leboeuf .....	660
NASCIMENTO E MORTE DAS ESTRELAS( NOSSOS REFERENCIAIS ) .....	
Alberto Villani .....	670

## **RUÍDO RELATIVÍSTICO NA INTERPRETAÇÃO DE SITUAÇÕES FÍSICAS**

Maurício Pietrocola

Arden Zylbersztajn

Departamento de Física - Universidade Federal de Santa Catarina

### **Introdução**

Esse trabalho é parte de uma pesquisa mais ampla concernindo a utilização do Princípio de Relatividade por alunos do curso de Física da UFSC na interpretação de fenômenos físicos.<sup>1</sup> Nessa pesquisa, os alunos deveriam interpretar fenômenos, estando no interior de um trem em movimento retilíneo e uniforme, ora lento, ora rápido. Eles deveriam responder se mudanças ocorreriam no comportamento dos fenômenos devido ao movimento do trem. As situações interpretadas envolviam dinâmica dos corpos, hidrostática, termologia, eletricidade, magnetismo, óptica e som.

A metodologia utilizada na pesquisa era baseada em entrevistas clínicas, onde os alunos deveriam responder sim ou não sobre a modificação do fenômeno e justificar suas respostas. Elas foram agrupadas por semelhança quanto ao tipo de argumentação utilizada.

O presente trabalho é uma análise aprofundada dessa categoria de respostas que foi intitulada "Ruído Relativístico".

### **Resultados**

A maioria das respostas dos alunos não indicou modificações nos fenômenos analisados. Isso contudo não significou um uso massivo de conteúdos oriundos da Teoria da Relatividade. Ao contrário, em nenhum caso argumentos relativísticos foram usados para negar a ocorrência de mudanças no comportamento dos fenômenos.

No entanto, um grupo de alunos valeu-se de tal conhecimento na confecção de suas respostas, porém de forma diferente daquela contida na própria teoria. Eles associavam a existência de efeitos relativísticos como a dilatação do tempo, contração do espaço e aumento da massa inercial, como mudanças nas situações físicas enfocadas. Esses alunos demonstraram ter um conhecimento superficial da teoria, e ao incorporarem alguns conceitos da mesma à sua estrutura interpretativa chegaram a conclusões contrárias daquelas previstas pela Teoria da Relatividade.

---

<sup>1</sup> O resumo desse trabalho encontra-se publicada nessas atas sobre o título "O Uso do Princípio de Relatividade na interpretação de fenômenos POR Alunos de graduação em física. Nele pode-se encontrar uma descrição mais completa da pesquisa, com as questões colocadas, todas as categorias de resposta dos alunos.

Os alunos entrevistados eram um número de 21, sendo seis iniciantes e quinze formandos de último ano. Entre os alunos, o ruído relativístico se distribuiu da seguinte maneira:

2 calouros → (33% do total de calouros)

4 veteranos → (27% do total de veteranos).

Embora a amostragem seja reduzida para uma conclusão definitiva, as porcentagens parecem indicar que o ruído relativístico se estabelece na estrutura interpretativa de alunos iniciantes e formandos de um curso de universitário. Apesar dos alunos das fases finais terem uma bagagem de conteúdo maior, não houve uma maior resistência desses ao ruído relativísticos.

### Análise das Respostas

A entrevista do aluno José se encontra nesse grupo. Ao ser questionado sobre o comportamento dos fenômenos com o trem em baixa velocidade, ele foi categórico ao negar a existência de qualquer mudança. Porém, ao passar para o domínio de altas velocidades, suas respostas foram influenciadas por efeitos que ele acredita serem previstos pela Teoria da Relatividade, como a dilatação do tempo, a contração do espaço, etc. Ao lembrar daquilo que escutou sobre a Relatividade einsteiniana ele afirmava ficar em dúvida, acabando por admitir que talvez existisse alguma mudança.

Constatou-se ao longo de sua entrevista um confronto entre sua concepção pessoal e esses efeitos relativísticos.

Esse fato se manifesta pela primeira vez na resposta à questão 4<sup>a</sup>. Quando questionado sobre o que ocorreria com a uma bexiga de ar em alta velocidade, ele reflete da seguinte maneira: "Eu nunca pensei nisso..., numa velocidade de 5000Km/h ! A gente está num avião a 1000Km/h e não muda [nada]. Agora [se se aproximar] da velocidade da luz é um negócio meio [complicado]... Daí, eu já ouvi coisas sobre a velocidade da luz... negócio de aumento de massa, que muda o tempo..."

O aluno admite que ao se aproximar de altas velocidades entra num domínio novo, desconhecido. A partir desse momento, diminui a confiança na sua concepção pessoal. Desse novo domínio ele tem algumas informações que no entanto não se configuram como uma concepção inteligível. Não há uma articulação dessas informações com sua estrutura interpretativa anterior. O que se instala é uma oscilação entre duas posições diferentes. Uma baseada na sua concepção pessoal, que lhe indica a manutenção do comportamento dos fenômenos. Outra centrada nos efeitos relativísticos que ele acredita existir em altas velocidades. O confronto se estabelece entre seus critérios e as novas informações.

Esse ponto fica claro no seguinte trecho: "Primeiramente eu penso no que iria acontecer se a velocidade fosse grande? Mas eu também não

veja [como mudaria]. O Einstein falou, parece que a massa vai aumentando, tem a ver com o tempo... eu não consigo entender aquilo. Intuitivamente é difícil de entrar na minha cabeça".

Os rudimentos de Relatividade que o aluno tem interferem na sua ação interpretativa. Nesse contexto, o seu conhecimento superficial sobre a relatividade constitui-se num ruído. Por esse motivo definimos esse grupo de respostas como "Ruído Relativístico".

Fica claro a partir dos extratos acima que essas novas informações impedem que sua opinião pessoal sobre o fenômeno se estabeleça. O aluno se refere a seus critérios pessoais como "intuição", e deixa claro que os conhecimentos provenientes da teoria da relatividade não podem ser incorporados aos primeiros.

Assim, na sua interpretação própria, ele não veria motivos para prever nenhuma mudança no fenômeno em alta velocidade. Porém, os dados provenientes da teoria parecem lhe indicar o contrário. O domínio das altas velocidades lhe é estranho, enfraquecendo sua confiança na sua intuição, que pode ser entendida como sua estrutura interpretativa em ação. O trecho a seguir, exemplifica nossa interpretação. "Eu só mudo meu pensamento, [pois] não sei o que vai acontecer perto da velocidade da luz. Já que o Einstein falou aquelas coisa... tem aquela estória do cara que viaja a velocidade da luz e encontra o irmão mais velho".

Visando verificar se o conhecimento em relatividade era o motivo da mudança do seu padrão de resposta, foi colocada a seguinte questão complementar: "Se você não tivesse ouvido falar do Einstein, como você responderia as questões? Sua resposta foi categórica: "Se eu não tivesse ouvido falar [do Einstein e da teoria da Relatividade], eu diria que não [haveria mudanças]".

Um pouco mais adiante na entrevista, esse confronto entre seus padrões de construção e sua leitura sobre a Relatividade, apareceu novamente no seguinte trecho: "...intuitivamente eu diria que não, mas tem as coisas do Einstein... não que eu não acredite. Até acredito... o cara lá é altamente respeitado... , mas é uma coisa difícil de engolir".

Com efeito, o que motiva as respostas positivas de José é na verdade o valor atribuído à autoridade científica de Einstein, que parece lhe trazer informações de um domínio inacessível. O ruído se instala na sua estrutura interpretativa e em vários momentos da entrevistas ele indica, contra sua intuição, que existem "coisas" nos fenômenos que devem mudar. Apesar dele acreditar que os efeitos relativísticos resultariam em mudanças no comportamento dos fenômenos, ele não sabe precisar como seriam essas mudanças, pois afirma desconhecer o funcionamento da teoria. Na verdade, seu conhecimento sobre a relatividade não chega a se constituir numa base operatória para o raciocínio. Apenas lhe serve como indicativo de que coisas (como "dilatação do tempo, aumento de massa", etc) ocorrem em altas velocidades.

Em outros alunos, a interferência do ruído relativístico também se fez sentir. As mudanças nos ditos observáveis que a teoria da relatividade propõe para observadores em movimento relativo são incorporados por esses alunos, transformando-se em efeitos detectáveis nas situações do trem em alta velocidade.

Para Miguel, as baixas velocidades do trem não introduziram mudanças nos fenômenos. Dentro desse contexto, seu perfil seria de um aluno inercial (I). Porém, ao ser inquirido sobre o que ocorreria para altas velocidades, ele respondeu: "Eu tenho dúvidas, pois em velocidades muito grandes vai valer a relatividade. Aí eu não sei exatamente como funciona". Para ele também o domínio das altas velocidades representa algo novo. A continuação da sua entrevista vai demonstrar que ele não domina a estrutura interpretativa da teoria da Relatividade. Ele vai simplesmente anexar a dilatação do tempo prevista na teoria à sua própria estrutura interpretativa, no caso clássica/inercial, e fazer previsões para os fenômenos no trem em movimento.

Inicialmente, ao responder a uma questão pêndulo simples, ele vai dizer, corretamente, que o tempo se dilataria para um observador parado na estação. Porém, na continuação de sua fala, ele vai acrescentar que esse fato ocorre também para relógios embarcados no trem em alta velocidade.

A partir daí, suas respostas a todas questões vão incorporar a dilatação do tempo como variável interpretativa. Por exemplo, sua interpretação do que ocorreria com uma bexiga de ar com o trem em alta velocidade foi a seguinte: "Se eu pensar na forma como eu pensei ainda a pouco, ...eu acho que haveria uma dilatação do tempo. As partículas que estão indo para frente do trem iriam mais devagar. Então deveria haver um acúmulo[de partículas]... ; a bexiga ficaria mais gordinha na parte voltada para a traseira do trem. Porque teriam partículas voltando mais rápido, da frente para trás, do que indo de trás para frente".

Sua resposta à questão contento imãs e bússolas, seguiu o mesmo padrão. A dilatação do tempo induzia a modificação do campo magnético. Todas suas respostas apresentam influência da dilatação do tempo. Na sua forma de interpretar as questões, todos fenômenos estariam sujeitos a modificações com o trem em alta velocidade. Seu padrão de resposta é diferente daquele de José, onde os efeitos do movimento se fizeram sentir em apenas 5 fenômenos.

Para outro aluno influenciado pelo Ruído Relativístico, Pedro, o efeito relativístico que se anexou a sua estrutura interpretativa foi o aumento da massa dos corpos em alta velocidade. Pedro não tem um perfil Inercial (veja tabela III), e o ruído relativístico se instalou a uma estrutura que conta com diversas concepções intuitivas (não-científicas). O aumento da massa é identificado por ele como uma fonte geradora de modificações nos fenômenos. Seu padrão de resposta é muito similar ao de Miguel, embora encontremos nas suas resposta outros elementos além do ruído relativístico. Por exemplo, sua resposta sobre a ebulição da água

é a seguinte: " A temperatura de ebulição vai aumentar. Vai ser preciso mais calor... porque a massa [d'água] vai aumentar... a água vai se tornar mais densa". Porém, em duas situações, o aumento da massa não chega a gerar efeitos perceptíveis no fenômeno.

As respostas de Clóvis e Juliana também são influenciadas pelo ruído relativístico. Clóvis vai se fixar na contração espacial, e Juliana tanto na contração como na dilatação temporal.

## Conclusão

A influência desse ruído relativístico nas respostas de vários alunos chama a atenção para a forma como os conteúdos aprendidos podem ser incorporados à estrutura interpretativa dos estudantes. Nesse caso, os alunos tiveram contato com a Relatividade nas disciplinas e muito provavelmente em revistas de divulgação. Porém, a presença do ruído relativístico em suas respostas parece indicar que eles não incorporaram os critérios que tornam esse conteúdo operatório. Isso é, eles aprenderam que os tempos se dilatam, as massas aumentam e os espaços se contraem, porém não sabem como aplicar tais conhecimentos. Eles operam com esse conhecimento de forma diferente daquela prevista na teoria. Houve incorporação de elementos conceituais, mas não o contexto no qual eles se articulam e ganham sentido, tornando-se portanto operatórios.

Para dar sentido a esses conceitos, os alunos os incorporam a seu contexto pessoal, chegando a resultados diferentes daqueles indicados pela teoria. Temos pois, a construção de uma concepção alternativa sobre uma concepção científica.

Toda estrutura teórica vincula-se a um contexto problemático que lhe deu origem. Esse perfil de resposta, deixa claro que mais que aprender um conteúdo físico, o importante é o contexto dentro do qual ele se torna passível de fornecer uma interpretação da realidade. Fora desse contexto, a estrutura teórica é inoperante. Seria como uma chave sem fechadura. Ela não vai desvendar nenhum novo mundo escondido por detrás de uma porta, mas apenas forçar outras fechaduras que não lhe são complementares.

A incorporação de um conhecimento científico desvinculado de seu contexto pode gerar um bloqueio dos seus mecanismos críticos/seletivos. Como no caso de José, ele tinha uma intuição de que nada deveria ocorrer em altas velocidades, como num prenúncio do Princípio de Relatividade, mas devido ao ruído relativístico, abdica de tal intuição em favor de um estereótipo de conhecimento científico que ele havia incorporado. Suas respostas deixam claro que ele não podia se opor ao nome de Einstein e à Teoria da Relatividade. Nessa situação, ele passou a ser apenas um retransmissor de um pseudo-conhecimento científico que ele não dominava, mas que ele acreditava exprimir a realidade.

As previsões de comportamento de fenômenos fornecida por alguns desses alunos, influenciados pelo ruído relativístico são muito similares a



efeitos não inerciais. Miguel, por exemplo, ao analisar a questão da bússola, fornece o mesmo tipo de resposta de Ricardo, que é um aluno com perfil não-inercial. Em ambos os casos, o efeito do movimento do trem é lançar a agulha da bússola para trás. Porém, Miguel justifica esse comportamento como resultado relativístico, alegando a deformação do campo em alta velocidade.

Juliana, ao responder sobre o fenômeno de refração numa lente no trem em movimento, previu que o foco seria formado mais atrás, em direção à traseira do trem. Sua justificativa é feita com base na contração do tempo. Porém, essa previsão também é compatível com uma concepção de luz particulada regida por uma dinâmica não-inercial.

A coincidência dessas previsões com padrões não-inerciais pode ser resultado de uma tentativa de superação da física clássica. O ruído relativístico seria um indicativo nessa direção. Daí nasce a necessidade de transcender a interpretação clássica, em direção a uma relativística. Porém, desse processo não resulta nenhuma nova estrutura operatória, mas um retorno em direção a estruturas pré-clássicas. O Ruído Relativístico motivaria uma convicção teórica sobre o contexto inusitado das altas velocidades, negando a física clássica e criando a expectativa de modificações no comportamento da realidade. Ou seja, o ruído relativístico indica a existência de mudanças em conceitos básicos utilizados na interpretação dos fenômenos. Porém, essas mudanças não se exprimem através de uma nova estrutura interpretativa. Elas são incorporadas por imposição do contexto científico (prestígio, etc). No momento de executar as previsões solicitadas, eles não encontram uma base racional para isso, porém acreditam que modificações existirão. As previsões são então feitas via uma estrutura não-inercial, alternativa, mas justificadas pelos efeitos relativísticos.

Este seria um processo de transferência de função operatória de uma estrutura relativística inexistente para outra pré-clássica.

### Implicações pedagógicas

O resultado dessa pesquisa tem uma consequência importante para o ensino. É necessário não desvincular o conteúdo teórico que se deseja ensinar do contexto problemático. Se não se insistir no contexto, nos objetivos da teoria e os problemas e soluções propostas, corre-se o risco de que partes da estrutura teórica sejam incorporadas, porém aplicadas segundo critérios alheios à teoria servindo para a construção de uma realidade física diferente daquela pretendida pela ciência.

No caso da Relatividade relatado anteriormente, os elementos da teoria incorporados pelos alunos levaram-nos a produzir uma visão de mundo completamente oposta aquela pretendida por Einstein. Se nos fiarmos às respostas de nossos alunos que se valeram de resultados da relatividade, os fenômenos da natureza se comportam de forma diferente em altas velocidades, sendo por isso possível distinguir esses movimentos

de situações em repouso. Teríamos nesse caso o "Princípio da absolutividade", e caberia-nos inquirir sobre onde estaria o referencial absoluto que Newton também alegava existir!

## AVALIANDO UMA METODOLOGIA DE TRABALHO

Guaracira Gouvea de Sousa<sup>1</sup>, Luís Felipe Frazão<sup>2</sup>,  
Maria Cristina Ferreira Martins<sup>3</sup>, Simone Pinheiro Pinto<sup>3</sup>

1 - MAST/CNPq

2 - Bolsista FAPERJ

3 - Bolsista CNPq

A secretaria Regional da Sociedade para o progresso da Ciência, no Rio de Janeiro, promoveu o programa SBPC VAI À ESCOLA, coordenado pelo físico José Leite Lopes. Este programa visou levar cientistas às escolas de segundo grau, tanto públicas quanto privadas, e estabelecer um diálogo com os estudantes e professores. A responsabilidade da secretaria científica está a cargo da SBPC-regional Rio e o acompanhamento do Museu de Astronomia e Ciências Afins - MAST/CNPq. O trabalho de pesquisa foi realizado em dois momentos diferentes: observação direta do desenrolar da palestra e distribuição e recolhimento do questionário dirigido aos professores logo ao término da palestra e sua imediata devolução. Para sistematizar os dados utilizamos o programa EPLINFO, que nos forneceu a frequência das respostas e possibilitou cruzar os dados obtidos, no qual cruzamos as respostas da questão 2 com a questão 4. O objetivo era perceber como a escola estava recebendo o projeto e qual era a receptividade dos estudantes e comparar os dados, assim obtidos, com as respostas dos questionários. Foram realizadas 16 palestras, 5 em escolas públicas e 11 em escolas privadas e foram acompanhadas para avaliação 7 escolas privadas e 2 públicas. Os dados obtidos constataram que a maioria dos alunos e professores entendia o que os palestrantes estavam falando, e avaliavam que este projeto não podia parar, os professores sugeriram palestras de outros profissionais, além de física e da matemática. A partir das análises, concluímos que o projeto foi muito bem sucedido, tanto em relação ao número de escolas que solicitavam a visita, como em relação ao desenvolvimento das palestras. As conclusões mostram a pertinência e necessidade de continuidade do projeto e a contribuição que este dá a formação científica dos estudantes e professores.

A Secretaria Regional da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, no Rio de Janeiro, promoveu o programa "SBPC vai à escola" coordenado pelo Físico José Leite Lopes, que levou cientistas para ministrarem palestras nas escolas de segundo grau, tanto públicas quanto privadas e tinha como objetivo estabelecer um diálogo entre os cientistas, professores e estudantes.

As áreas de conhecimento apresentadas por este projeto eram as áreas de âmbito da SBPC, compreendem áreas tradicionais de ciências como Física, Química, Matemática, Astronomia, Biologia, Geologia, Geografia, assim como áreas tecnológicas, como a Informática, Ciências dos Materiais, Engenharias, e as ciências humanas, como a Antropologia, Arqueologia, Economia, História, Sociologia, etc..

A responsabilidade da secretaria científica esteve a cargo da SBPC-Regional Rio de Janeiro e o acompanhamento e avaliação a cargo do Museu de Astronomia e Ciências Afins - MAST/CNPq.

Durante os meses de Abril, Maio e Junho de 1995 foram realizadas 16 palestras, 5 em escolas públicas e 11 em escolas privadas. Foram acompanhadas para avaliação 9 escolas privadas e 3 públicas. Em 1996, foram realizadas 3 palestras, 2 em escolas privadas e 1 em escola pública.

O acompanhamento e avaliação teve como objetivo fazer um diagnóstico dos pontos positivos e negativos das visitas realizadas, que permitiria orientar melhor a apresentação das palestras e a evolução futura do projeto.

O trabalho de pesquisa foi realizado em dois momentos diferentes:

- Coleta de dados

1- Observação direta do desenrolar da palestra, anotando-se o comportamento dos estudantes e as perguntas feitas após o término da palestra;

2- Distribuição e recolhimento do questionário dirigido aos professores logo ao término da palestra.

O questionário continha 5 questões objetivas: 2 sobre o projeto (1 e 5), e 1 sobre o discurso da palestra (2) e 2 sobre as reações dos estudantes (3 e 4). E 3 questões abertas.

Durante a observação direta da palestra foram realizadas anotações sobre o transcorrer da mesma (condições físicas oferecidas; comportamento dos estudantes, professores e coordenadores e perguntas feitas pelos estudantes e professores). O Objetivo era perceber como a escola estava recebendo o projeto, qual era a receptividade dos estudantes e comparar os dados, assim obtidos, com as respostas dos questionários.

Sistematização dos dados.

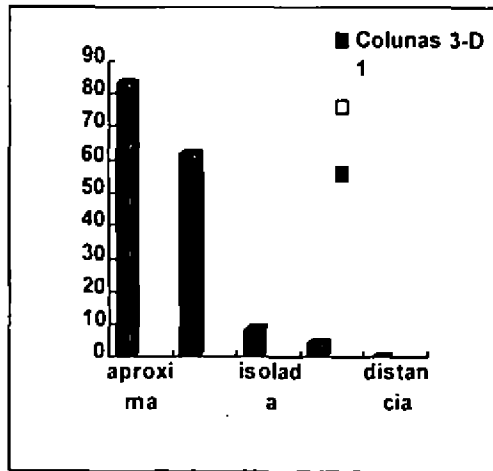
Os dados obtidos foram sistematizados pelo programa EPI.INFO da seguinte forma:

Questões objetivas:

-gráfico da frequência das opções por questão;

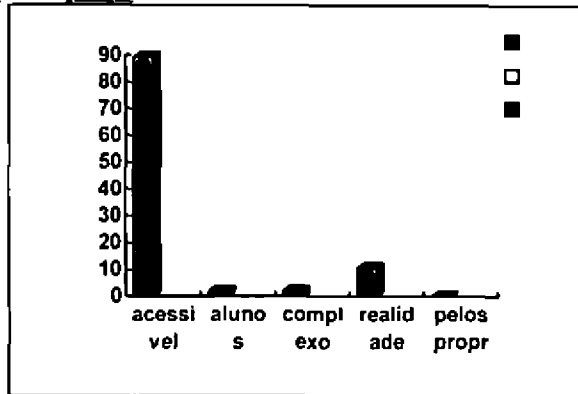
Questão 1: O projeto o cientista vai á escola

- a) é muito interessante pois aproxima a ciência da comunidade
- b) é muito interessante pois desmistifica o profissional cientista
- c) é interessante, porém, apenas mais uma ação isolada nas escolas
- d) é mais um projeto na escola que não implica resultados significativos para o cotidiano escolar
- e) não rompe a distância entre o cientista e a escola.



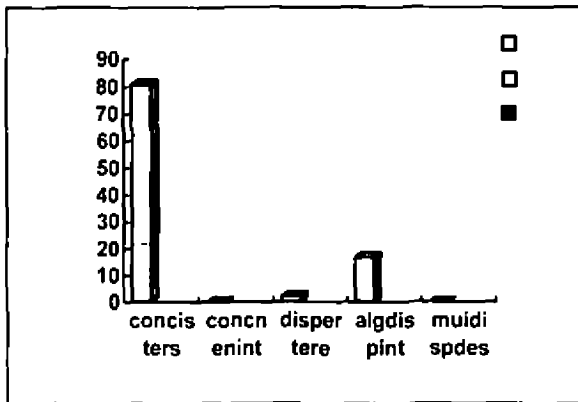
Questão 2: O discurso do cientista

- a) foi acessível para os professores alunos
- b) foi acessível mas não para os alunos
- c) não foi acessível por ser demais complexo
- d) foi acessível mas fala de uma realidade distante do público
- e) a linguagem adotado pelos cientistas e decifrável apenas pelos próprios



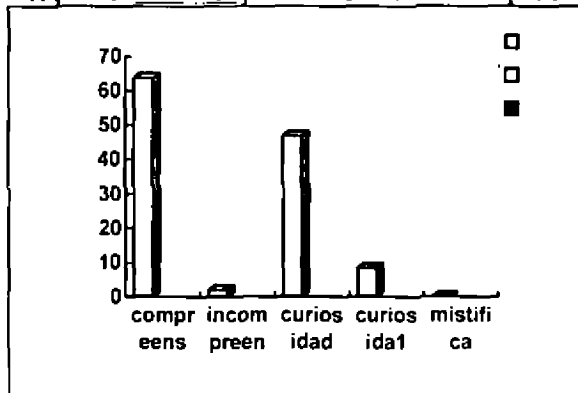
Questão 3: Os estudantes no decorrer da palestra demonstram

- a) muita concentração e interesse
- b) muita concentração e nenhum interesse
- c) muita dispersão e pouco interesse
- d) alguma dispersão e algum interesse
- e) muita dispersão e muito desinteresse



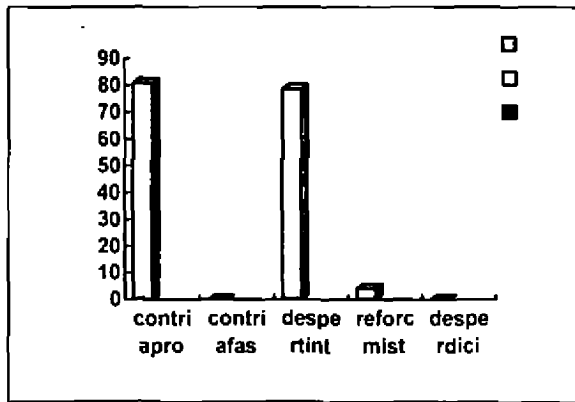
Questão 4: As perguntas elaboradas durante ou após a pelstra demonstram

- compreensão e necessidade de aprofundamento da temática ou de alguns de seus aspectos
- incompreensão da temática
- curiosidade pela prática profissional dos cientistas
- interessados na vida pessoal do cientistas
- reforçam a mistificação do cientista e sua prática



Questão 5: Esse tipo de iniciativa/projeto

- contribui para aproximar o cientista da escola
- contribui para afastar a escola da ciência
- despertar o interesse pela ciência
- reforçar a mistificação da ciência e do cientista
- é apenas mais um desperdício do dinheiro público.



- Questões abertas

A partir da leitura das respostas foram escolhidas categorias e levantadas as frequências descritas abaixo por questões.

Questão 6: Qual o ponto positivo ?

- 1 - Conteúdo
- 2 - Interação e aproximação cientista/aluno
- 3 - Aproximação do jovem com a ciência
- 4 - Projeto
- 5 - Poder público

CONTEUDO	Freq	Percent	Cum.
1	2	100.0%	100.0%
Total	2	100.0%	

INAPCIENAL	Freq	Percent	Cum.
2	18	100.0%	100.0%
Total	18	100.0%	

APJOCIEN	Freq	Percent	Cum.
3	19	100.0%	100.0%
Total	19	100.0%	

PROJETO	Freq	Percent	Cum.
4	5	100.0%	100.0%
Total	5	100.0%	

POPÚBLICO	Freq	Percent	Cum.
5	3	100.0%	100.0%
Total	3	100.0%	

Questão 7: Qual o ponto mais negativo ?

- 1- Alunos e professores despreparados
- 2- Continuidade do projeto
- 3- Melhor estruturação do projeto

DESPREPARADO	Freq	Percent	Cum.
1	7	100.0%	100.0%
Total	7	100.0%	

CONTPROJET	Freq	Percent	Cum.
2	2	100.0%	100.0%
Total	2	100.0%	

MESTPROJET	Freq	Percent	Cum.
3	10	100.0%	100.0%
Total	10	100.0%	

Questão 8: Qual sua sugestão ?

- 1- Comunidade do projeto
- 2- Ampliação do projeto
- 3- Aproximação universidade/alunos/professores
- 4- Melhor estruturação do projeto

CONTINUIDA	Freq	Percent	Cum.
1	17	100.0%	100.0%
Total	17	100.0%	

AMPLIAÇÃO	Freq	Percent	Cum.
2	12	100.0%	100.0%
Total	12	100.0%	

APUNIALPRO	Freq	Percent	Cum.
3	6	100.0%	100.0%
Total	6	100.0%	

MESTPROJET	Freq	Percent	Cum.
4	10	100.0%	100.0%
Total	10	100.0%	

- tabelas de cruzamento da resposta de maior frequência à questão 2 com todas as opções da questão 3 e 4.

Questão 2: O discurso do cientista

- a) foi acessível para os professores alunos
- b) foi acessível mas não para os alunos
- c) não foi acessível por ser demais complexo
- d) foi acessível mas fala de uma realidade distante do público
- e) a linguagem adotado pelos cientistas e decifrável apenas pelos próprios

Questão 4: As perguntas elaboradas durante ou após a pelstra demonstram

- a) compreensão e necessidade de aprofundamento da temática ou de alguns de seus aspectos
- b) incompreensão da temática
- c) curiosidade pela prática profissional dos cientistas
- d) interessados na vida pessoal do cientistas
- e) reforçam a mistificação do cientista e sua prática



## COMPREEENS

ACESSIVEL	0	1	Total
0	3	2	5
1	14	28	42
Total	17	30	47

## INCOMPREEEN

ACESSIVEL	0	1	Total
0	4	1	5
1	42	0	42
Total	46	1	47

## CURIOSIDAD

ACESSIVEL	0	1	Total
0	3	2	5
1	22	20	42
Total	25	22	47

## CURIOSIDA

ACESSIVEL	0	1	Total
0	4	1	5
1	39	3	42
Total	43	4	47

## MISTIFICA

ACESSIVEL	0	Total
0	5	5
1	42	42
Total	47	47

Questão 3: Os estudantes no decorrer da palestra demonstram

- muita concentração e interesse
- muita concentração e nenhum interesse
- muita dispersão e pouco interesse
- alguma dispersão e algum interesse
- muita dispersão e muito desinteresse

## CONCINTER

ACESSIVEL	0	1	Total
0	4	1	5
1	5	37	42
Total	9	38	47

## CONCNIENINT

ACESSIVEL	0	Total
0	5	5
1	42	42
Total	47	47

## DISPINTERE

ACESSIVEL	0	1	Total
0	4	1	5
1	42	0	42
Total	46	1	47

ALGDISPISNT

ACESSIVEL	0	1	Total
0	2	3	5
1	37	5	42
Total	39	8	47

MUIDISPIDES

ACESSIVEL	0	Total
0	5	5
1	42	42
Total	47	47

Os dados indicam:

- 83% dos professores consideraram projeto muito interessante pois aproxima a ciência da comunidade e 61% acham muito interessante pois desmistificam o profissional cientista;

- cerca de 90% afirmaram ser acessível o discurso do cientista para professores e alunos;

- durante a palestra 81% dos estudantes demonstraram muita concentração e interesse e apenas 17% alguma dispersão e algum interesse;

- as perguntas elaboradas durante ou após a palestra demonstraram que 64% dos estudantes tem compreensão e necessidade de aprofundamento da temática ou alguns de seus aspectos e 47% demonstraram curiosidade pela prática profissional do cientista;

- cerca de 81% julgaram que o projeto contribuiu para aproximar o cientista da escola e 79% disse que o projeto desperta o interesse pela ciência;

- os cruzamentos da resposta de maior frequência da questão 2 com todas as opções das questões 4 e 3 mostram que o discurso acessível do cientista provoca interesse, concentração, curiosidade e desmistifica a ciência.

- os pontos considerados positivos foram que o projeto aproxima o jovem da ciência (19) e cria uma interação cientista/aluno (18). Os professores (3) associaram ciência ao poder público e consideraram o conteúdo (2) abordado relevante, elogiando (5) o projeto;

- os pontos negativos considerados foram que o projeto deve ser melhor estruturado (10), os professores e alunos devem ser preparados com antecedência para a palestra (7) e alguns (2) não confiam na continuidade do projeto;

- dos professores (49) que deram sugestões 17 opinaram pela continuidade do projeto, 12 pedem a ampliação, 10 solicitaram melhorias na apresentação do projeto ( recursos audiovisuais, material escrito de apoio e maior tempo) e reivindicaram uma maior aproximação entre universidade, alunos e professores de segundo grau;

- em geral as perguntas feitas pelos estudantes dependiam do enfoque dado as palestras pelo seu expositor, isto é, palestras mais gerais

geravam perguntas mais gerais e palestras mais restritas a conteúdos específicos geravam perguntas sobre esse.

A partir das análises, concluímos que tanto em relação ao número de escolas que solicitaram a visita, como em relação ao desenvolvimento das palestras o projeto foi muito bem sucedido.

As escolas participantes, em sua maioria, ofereceram boas condições para a realização do evento, mas seria importante alertar os responsáveis das escolas que espaços adequados são fundamentais para a boa apresentação de palestras e participação dos estudantes e professores.

Os professores demonstraram ter interesse pelo projeto pois houve uma boa aceitação deste nas escolas. e demonstraram preocupação pela continuidade do projeto. É bom destacar que a maioria compreendeu o objetivo do projeto de aproximar a ciência da escola e os alunos. A reivindicação da aproximação da universidade pode ser interpretado como necessidade de atualização. As conclusões mostram a pertinência e necessidade de continuidade do projeto.

Os estudantes na maioria das palestras ficaram atentos, fizeram perguntas pertinentes durante e após a mesma, indicando interesse por essa forma de ação. Em alguns casos isolados, houve dispersão devido a má estruturação da atividade pela escola. Apesar dos conteúdos abordados não pertencerem ao cotidiano dos estudantes, isto não se constituiu num elemento para a dispersão.

As conclusões mostram a pertinência e necessidade de continuidade do projeto.

## FÍSICA E LITERATURA: UMA POSSÍVEL INTEGRAÇÃO NO ENSINO

João Zanetic  
Instituto de Física da USP

Fala-se com mais frequência, nas discussões sobre ensino e aprendizagem, em crise de leitura e, como decorrência dela, em crise de redação. Ou seja, muitos alunos de nossas escolas de 1<sup>o</sup> e de 2<sup>o</sup> graus apresentam dificuldades de compreensão de textos e elaboração escrita de suas idéias. Certamente quem tem dificuldade de ler e escrever apresenta a mesma dificuldade na aprendizagem de qualquer tema cultural, inclusive a Física. Portanto, a crise de leitura atinge também as aulas de Física. Assim, o ensino de Física e a literatura universal têm aqui um ponto de convergência. Outro ponto de convergência pode ser sugerido pela história da Física que indica a influência mútua, quanto as construções de "visões do mundo", entre grandes cientistas e grandes escritores principalmente a partir do século XVI com o alvorecer da física clássica. Utilizo neste trabalho uma compreensão da literatura universal que abrange, além dos clássicos de Camões e Dostoiévski, os clássicos da Física assinados por Galileu, Newton e Einstein, como também os textos de ficção científica e outras obras explicitamente inspiradas em acontecimentos científicos, como "Os sonâmbulos", de A. Koestler, ou, "Galileu", de B. Brecht. Além disso, baseio-me em conceitos de teorias literárias de M. Bakhtin e U. Eco, que permitem uma compreensão mais aprofundada de textos "polifônicos" e de leituras de diferentes "leitores". Como entendo que a Física apresenta discursos significativos de leitura do mundo para quaisquer aluno e como entendo também que a escola tem que lidar com as "diferenças individuais", o caminho interdisciplinar entre a literatura e a física tem tudo para: i. Favorecer a aprendizagem conceitual; ii. Estimular a manutenção do interesse por temas científicos; iii. Favorecer a leitura de textos de história da ciência; e iv. Estimular a treinar na redação de textos envolvendo temas de física.

Desde o início de minhas atividades docentes em física, particularmente nos cursos de formação de professores ou nos cursos de extensão, sempre procurava exemplares da literatura universal que servissem para ilustrar alguma característica da ciência. Assim procedendo, estava colocando em contato um dos meus prazeres de lazer com a atividade profissional.

Essa associação da literatura universal com a ciência talvez tenha nascido em mim quando ainda freqüentava a antiga escola primária pois, puxando pela memória, lembro-me que, mesmo quando a leitura era descompromissada, sempre estava procurando algum tipo de resposta a algo que me inquietava frente aos mais diferentes momentos vivenciais. Os personagens da literatura complementavam o que aprendia dos professores e dos livros escolares.

Lembro-me que meu primeiro contato com a literatura universal, com algo que ia além das histórias tipicamente infantis, como *O gato de*

botas, foi através do livro *A chave do tamanho*, de Monteiro Lobato. As aventuras travessas da boneca Emília, com a colaboração involuntária do Visconde de Sabugosa, quando ela, ao tentar desligar a chave da segunda guerra mundial, desligava a que controlava o tamanho das pessoas causando uma série de situações problemáticas a serem resolvidas, ilustrava uma inusitada necessidade de adaptação ou construção de conhecimento. Aliás, numa recente pesquisa sobre o escritor paulista, ressalta-se seu papel formador, nos mais diversos campos do conhecimento, influenciando várias gerações de intelectuais e políticos brasileiros.

Lembro-me também do estudo do poema épico *Os Lusíadas*, de Luís de Camões, ainda no antigo ginásio. Ocorria então, sem que eu tivesse obviamente a mínima noção disso, uma aplicação prática da interdisciplinaridade: português, geografia, história e ciências participando conjuntamente do estudo de determinado tema educacional. Eram vários mundos em jogo: o mundo mitológico grego, o mundo geocêntrico e outros mundos, concretos ou abstratos.

Por outro lado, saltando para os dias correntes, nas discussões e trabalhos sobre ensino e aprendizagem envolvendo qualquer das áreas do conhecimento, são muito freqüentes os comentários sobre a crise de leitura e, por decorrência desta, a crise de redação. E nesse assunto, concordo com a análise de Ezequiel Teodoro da Silva, em recente estudo sobre leitura, quando diz que:

*"A promoção da leitura é uma responsabilidade de todo o corpo docente de uma escola e não apenas dos professores de língua portuguesa. Não se supera uma dificuldade ou uma crise com ações isoladas. Falamos em centros de interesse, em interdisciplinaridade, em construção coletiva do conhecimento, em integração, seqüencição e unidade curricular, mas não colocamos tais esquemas pedagógicos em prática. Será que não existe cura para essa cegueira geral?"[1]*

Também vivencio essa crise em minhas aulas no Instituto de Física da USP, quando solicito breves ensaios sobre temas de história da física ou filosofia da ciência aos meus alunos, tanto do primeiro quanto do quarto ano dos cursos de licenciatura ou bacharelado em física.

Quando se fala em interdisciplinaridade, envolvendo o ensino da física, pensa-se imediatamente num trabalho conjunto com as áreas afins como a matemática, a química e, com bem menos freqüência, a biologia. Defendo aqui que essa interdisciplinaridade deva ser estendida à literatura universal. É aqui tomo a liberdade de incluir, como exemplares da literatura universal, alguns clássicos da filosofia e da ciência como os escritos de Platão, Giordano Bruno, Galileu Galilei, entre outros, textos de ficção científica no nível de H. G. Wells, obras explicitamente inspiradas em acontecimentos da ciência como *Os sonâmbulos*, de Arthur Koestler ou *A vida de Galileu*, de B. Brecht, além de textos clássicos da literatura universal como o *Paraíso perdido*, de John Milton ou *Os irmãos Karamazov*, de F. Dostoiévski.

As principais motivações para essa aproximação interdisciplinar são:

1. lidar com as crises de leitura e de redação acima mencionadas; afinal, saber ler e escrever bem também é básico para uma construção do discurso racional da ciência;
2. lidar com as diferenças individuais entre os alunos de qualquer sala de aula; aqui se privilegia aqueles que possam ter na literatura universal sua fonte de inspiração e estudo;
3. favorecer o contato com diferentes visões de mundo e seus significados.

Esta última motivação, e a que quero destacar neste breve artigo, refere-se às visões de mundo associadas a diferentes paradigmas. É muito comum afirmar-se que grandes cientistas com suas visões de mundo influenciaram grandes escritores e artistas. Estes, por seu turno, não influenciaram, também com suas visões de mundo, o trabalho de grandes cientistas?

Aqui entramos num campo bastante controverso e polêmico. Num campo em que se entrecruzam discursos epistemológicos e discursos e interesses pedagógicos e educacionais. Alguns epistemólogos separam, ou mesmo colocam em oposição, as obras poético/literárias e os trabalhos científicos. Gaston Bachelard, que estudou extensamente tanto a criação literária quanto a produção científica, coloca em polos opostos da atividade psíquico-intelectual as imagens e os conceitos, respectivamente, instrumentos desses dois campos da criação do ato de desvelar o "segredo do mundo". Eis, apenas como ilustração do que foi aqui dito, uma citação de Bachelard:

*"Não é o que faz o romancista moderno que é considerado criador a partir do momento em que realiza o ilogismo, a inconseqüência, a mistura de comportamentos, a partir do momento em que confunde o pormenor com a lei, o acontecimento com o projeto, a originalidade com a característica, o doce com o azedo? (...) o romancista moderno muitas vezes não passa de um mau químico e (...) a psicologia literária encontra-se ainda no estágio da química pré-científica.[2]*

No entanto, apesar dessa postura crítica, da oposição entre imaginação, geradora da criação poética, e razão, geradora do pensamento científico, não é o próprio Bachelard que fala no *"indivíduo das vinte e quatro horas"*, no diurno da descoberta científica e no noturno da vertente poética? Como fica a relação entre esses dois modos de se estabelecer um diálogo inteligente com o mundo? Vamos buscar algumas respostas tentativas em pesquisadores mais próximos da linguagem literária e de seu significado.

Umberto Eco, por exemplo, procurou estabelecer conexões entre diversos ramos do saber, buscou uma harmonia entre diferentes disciplinas e, em particular, vislumbrou uma aproximação epistemológica entre ciência e arte no seu hoje já clássico livro, *Obra aberta*, num claro desafio aos que consideram as esferas da arte e da ciência como mundos

metodológicos distintos e sem analogias. U. Eco aproveitou categorias elaboradas pela ciência no contexto da arte a fim de procurar

*"(...) esclarecer até que ponto uma cultura é homogênea, e, por outro, procurar realizar em base interdisciplinar, ao nível dos comportamentos culturais, aquela unidade do saber que, ao nível metafísico, resultou ilusória, mas que ainda assim deve ser tentada de alguma maneira, para tornar homogêneos e traduzíveis nossos discursos a respeito do mundo."*[3]

Não deixa de ser uma tentativa de associar os pensadores diurno e noturno definidos por Bachelard. Para ilustrar o procedimento de Umberto Eco menciono a parte de seu ensaio onde ele tece comparações entre a destruição da hegemonia do círculo e da esfera, por parte de Johannes Kepler, e o advento das geometrias não-euclidianas, na física contemporânea, e determinados movimentos que ocorreram nas artes plásticas nos períodos históricos correspondentes. Diz ele:

*"(...) a poética do Barroco, no fundo, reage a uma nova visão do cosmo introduzida pela revolução copernicana, sugerida quase em termos figurativos pela descoberta da elipticidade das órbitas planetárias por Kepler - descoberta que põe em crise a posição privilegiada do círculo como símbolo de perfeição cósmica. E assiu como a pluriperspectiva da construção barroca se ressentente desta concepção - não mais geocêntrica e portanto não mais antropocêntrica - de um universo ampliado rumo ao infinito, eis que hoje também, (...) em teoria é possível estabelecer paralelos entre o advento das novas geometrias não-euclidianas e o abandono das formas geométricas clássicas operado pelos Fauves e pelo Cubismo (...)"*[4]

Nas minhas aulas recentes, destinadas aos alunos dos cursos de licenciatura em física e matemática, voltadas para o tema da gravitação e onde utilizo o eixo histórico/filosófico como referencial metodológico e de conteúdo, busco relacionar, por exemplo, trechos da obra **Paraíso Perdido** com a revolução copernicana, que estava sendo implementada por Kepler e Galileu à época em que John Milton, grande poeta e professor de ciências, estava escrevendo esse clássico da literatura universal. Aliás, John Milton teve oportunidade de estabelecer contato direto com Galileu, em suas andanças pela Itália seicentista, com quem certamente aprendeu a polêmica que se estava estabelecendo entre as duas visões de mundo. No entanto, nos diálogos em que Adão pede que o anjo Rafael o esclareça sobre os fenômenos relacionados com os movimentos dos corpos celestes, permanece uma sutil dubiedade de posicionamento entre as visões de mundo geocêntrica e heliocêntrica.

A tendência, descrita por Umberto Eco, rumo a uma obra de arte mais suscetível a diferentes interpretações, rumo a uma obra aberta que ele trata como uma espécie de "*metáfora epistemológica*", daí o título de seu livro, está estritamente vinculada aos avanços construídos pela ciência e pela destruição do Cosmos, da causalidade clássica e pela

entrada em cena do universo descentrado, do indeterminismo e do contínuo espaço-temporal imaginado por Einstein. E, acrescenta:

*"Trata-se de uma convergência de problemas e de exigências que as formas da arte refletem através do que poderíamos definir como analogias de estrutura, sem que, contudo, se devam ou se possam instaurar paralelos rigorosos. Acontece assim que fenômenos como os das obras em movimento reflitam ao mesmo tempo situações epistemológicas contrastantes entre si, contraditórias ou ainda não conciliadas. Acontece, por exemplo, que, enquanto abertura e dinamismo de uma obra lembram as noções de indeterminação e descontinuidade, próprias da física quântica, os mesmos fenômenos aparecem simultaneamente como imagens sugestivas de algumas situações da física einsteiniana."*[5]

Essa variedade de interpretações possíveis da chamada "obra aberta" nos aproxima das análises do pensador russo, falecido em 1971, Mikhail Bakhtin que, inspirado na análise do conteúdo poético dos romances de Dostoiévski, criou sua concepção de "romance polifônico" que não deixa de ter certa similaridades com o conceito utilizado por Umberto Eco. O romance polifônico seria o romance em que seu autor confrontaria suas próprias idéias, constituintes de sua visão de mundo, com aquelas defendidas por seus próprios personagens, como ocorre, por exemplo, no romance **Os irmãos Karamazov**, de Dostoiévski.

Esse tema também foi estudado por Boris Schnaiderman, o especialista brasileiro na interpretação bakhtiana de Dostoiévski. O escritor russo procurava nessa obra tornar vitoriosa a fé ortodoxa tradicional num duelo com a razão rebelde, no entanto Schnaiderman afirma que:

*"Dostoiévski não constrói seus romances e contos em torno dessa ideologia, mas joga-a em meio às demais, discute com suas personagens, dá maior força de convicção ao oponente, em suma, realiza o tipo mais elevado de romance de idéias, aquele em que as personagens encarnam princípios, ideologias, concepções de mundo, sem perder nada de sua extraordinária vitalidade."*[6]

E, nesse confronto, ocorre uma espécie de "ruptura epistemológica", ao estilo de Gaston Bachelard, com a ressalva necessária de que, para o autor do **Novo espírito científico**, há aquela separação já mencionada, uma verdadeira oposição, entre o pensamento poético, reino da imaginação e das imagens, e o pensamento científico, reino da razão e do conceito. Mas, apesar da advertência bachelardiana, e no que interessa ao ensino/aprendizagem, podemos afirmar que muitas vezes a obra de arte antecipa a criação propriamente científica. Eis um breve extrato da obra **Os irmãos Karamazov**, escrita, deve-se destacar, em 1878!:

*"É preciso notar, no entanto, que, se Deus existe, se criou verdadeiramente a terra, fê-la, como se sabe, segundo a geometria de Euclides, e não deu ao espírito humano senão a noção das três dimensões do espaço. (...)*



*Entretanto, encontraram-se, encontram-se ainda geômetras e filósofos, mesmo eminentes, para duvidar de que todo o universo e até mesmo todos os mundos tenham sido criados somente de acordo com os princípios de Euclides. Ousam mesmo supor que duas paralelas que, de acordo com as leis de Euclides, jamais se poderão encontrar na terra, possam encontrar-se, em alguma parte, no infinito. Decidi, sendo incapaz de compreender mesmo isto, não procurar compreender Deus. Confesso humildemente minha incapacidade em resolver tais questões; tenho essencialmente o espírito de Euclides: terrestre. De que serve querer resolver o que não é deste mundo? E aconselho-te a jamais quebrar a cabeça a respeito, meu amigo Aliócha, sobretudo a respeito de Deus: existe ele ou não? Essa questões estão fora do alcance dum espírito que só tem a noção das três dimensões."*[7]

Foi inspirado nesse romance que o historiador da ciência Boris Kuznetsov afirmava que algumas questões de ordem filosófica, estética, ética e científica, formuladas pelo escritor russo no final do século dezanove, através de seus romances, teriam sido respondidas por Einstein no início deste século através de suas teorias físicas.[8] Esse paralelo entre a obra literário-filosófica de Dostoiévski e a obra científico-filosófica de Einstein remete-me ao seguinte comentário de Umberto Eco, próximo do pensamento de Schnaiderman:

*"(...) se a arte reflete a realidade, é fato que a reflete com muita antecipação. E não há antecipação - ou vaticínio - que não contribua de algum modo a provocar o que anuncia."*[9]

Esta afirmação, por outro lado, está de acordo com o pensamento bakhtiano pois, como escreve Robert Stam:

*"É exatamente devido ao fato de a literatura não ser um mero reflexo que ela é capaz de antecipar desdobramentos em outras áreas."*[10]

Esta análise sugere que a relação entre arte, aqui representada pela literatura universal, e ciência, papel desempenhado aqui pela física, vai muito além de mera justaposição histórica de trabalhos contemporâneos dos dois campos de atividade. Metaforicamente poder-se-ia dizer que procuramos descobrir o que faz o "indivíduo das vinte e quatro horas", não nos períodos diurno ou noturno mas no amanhecer ou entardecer de suas atividades de desvendar os segredos da natureza que instigam tanto a razão como a imaginação.

Portanto, aqui está também a ponte com a história da ciência. As "visões de mundo" da ciência, na sua evolução, vão paralelas, e se influenciando mutuamente, com as "visões de mundo" de personagens literários.

É, enfim, outra forma de vislumbrar que a "física também é cultura".

## Referencias Bibliográficas

- 1 - Ezequiel Theodoro da Silva. **A produção da Leitura na escola: pesquisa x propostas**. Editora Ática, São Paulo, 1995, pág. 24.
- 2 - Gaston Bachelard. **A formação do espírito científico**. Contraponto, Rio de Janeiro, 1996, pág. 150.
- 3 - Umberto Eco. **Obra aberta**. Ed. Perspectiva, São Paulo, 8ª edição, 1991, pág. 31. Original italiano de 1962.
- 4 - Umberto Eco, **op. cit.**, nota 3, pág. 157.
- 5 - Umberto Eco, **op. cit.**, nota 3, pág. 60.
- 6 - Boris Schnaiderman. **Dostoiévski Prosa Poesia**. Editora Perspectiva, São Paulo, 1982, pág. 70. Schnaiderman utiliza a obra de Bakhtin **Problemas da poética de Dostoiévski**, de 1963, numa nova edição de um livro originalmente publicado em 1929.
- 7 - Fiódor M. Dostoiévski. **Os irmãos Karamazov**. Abril Cultural, São Paulo, 1971, pág. 177.
- 8 - Boris Kuznetsov. **Einstein and Dostoiévski. A study of the relation of modern physics to the main ethical and aesthetic problems of the nineteenth century**. Hutchinson Educational, London, 1972.
- 9 - U. Eco, **op. cit.**, nota 3, pág. 18.
- 10 - Robert Stam. **Bakhtin**. Ed. Ática, São Paulo, pág. 23, 1992.

## FÍSICA, MATEMÁTICA E DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA NOS ANOS 20

Ildu de Castro Moreira  
Instituto de Física - UFRJ

Na década de 20, houve no Brasil, especialmente no Rio de Janeiro, uma atividade intensa de discussão e divulgação científica entre uma pequena elite de acadêmicos e professores. Nesta apresentação, traduzindo pesquisas realizadas recentemente, daremos um quadro geral deste período, com destaque para os seguintes pontos: 1) As atividades do grande matemático Amoroso Costa na divulgação da teoria da relatividade e em seus trabalhos e conferências sobre a matemática. Em particular, apresentaremos seus manuscritos, recentemente descobertos, relativos a conferências sobre cosmologia, geometrias não-euclidianas e geometrias não-arquimedianas; 2) A passagem de Einstein pelo Rio de Janeiro, em 1925, que despertou muito interesse e uma polêmica em torno da relatividade. Outros cientistas também aqui estiveram e fizeram conferências sobre seus trabalhos, como Paul Langevin, Emile Borel e Jacques Hadamard; 3) As atividades de divulgação científica realizadas pela Academia Brasileira de Ciências e pela Associação Brasileira de Educação (ABE); 4) A criação da primeira rádio brasileira, a Rádio Sociedade, em 1923, que foi efetuada não pelo governo ou por uma empresa, mas por um movimento de cientistas e intelectuais. Tinha propósitos educativos e de difusão científica, como atestam suas atas iniciais. Pode-se ver nelas a participação de cientistas das principais instituições de pesquisa e ensino do Rio, como Henrique Morize (presidente), Roquete Pinto (secretário), Melo Leitão, Amoroso Costa e os irmãos Ozório de Almeida.

### Introdução

A divulgação científica no Brasil tem uma história interessante, com várias fases, e é ainda um tema muito pouco explorado pelos estudiosos de nossa história. Em particular, a década de 20 deste século presenciou, no Rio de Janeiro, um aumento significativo nas iniciativas de divulgação da ciência que, além de utilizar com mais intensidade jornais, revistas e livros, passaram também à organização de conferências periódicas, abertas ao grande público, e à utilização do rádio, através da Rádio Sociedade, para a difusão de informações de conteúdo científico e educativo. O objetivo deste trabalho foi produzir um levantamento inicial das atividades de divulgação desenvolvidas nesta década, identificar os principais atores deste processo e os meios que utilizaram. Nossa perspectiva futura é, além de recolher novos dados e informações, considerar também o pano de fundo das motivações, interesses e perspectivas filosóficas e políticas sobre a ciência, que se refletiam no tipo de divulgação científica produzida.

Antes de comentarmos o período histórico que consideraremos, é interessante recordar, de forma genérica, os principais eventos ligados à divulgação científica no Brasil. Pode-se dizer que, no quadro que antecede à emergência da ciência moderna, os jesuítas, por controlarem o ensino, foram os primeiros a difundir de forma sistemática, com suas aulas e manuais, as idéias provenientes da Europa acerca de um conhecimento organizado do mundo, embora isto tenha sido feito de forma muito limitada. Por outro lado, naturalistas e viajantes, que aqui aportaram ao longo dos séculos XVII, XVIII e XIX, foram vetores, com repercussão variada, em geral pequena, das novas concepções sobre o Universo e seu funcionamento que emergiram com a ciência moderna.

Entre os livros de divulgação das novas idéias que contribuíram para a difusão lenta da física newtoniana, uma obra merece referência pelo impacto produzido em Portugal, com possíveis reflexos no Brasil, entre um público que não se limitava aos poucos que tinham acesso à educação superior no século XVIII. Trata-se da série de livros *Recreação Filosófica* do padre Teodoro de Almeida, da Congregação do Oratório. Foi editada em 10 volumes, entre 1751 e 1800; ali aparecem confrontadas, em um diálogo socrático, as idéias dos *Antigos* e dos *Modernos* sobre a ciência. Nos séculos XVIII e XIX, sociedades científicas e literárias, todas elas de existência efêmera (muitas vezes seus membros foram presos sob a acusação de subversão da ordem), buscaram também a difusão de idéias e teorias científicas, mas ficaram em geral circunscritas a um pequena parcela de iniciados, em função das características do sistema educacional do país e da perspectiva elitista sobre o conhecimento científico, então existente.

Uma iniciativa que foge um pouco a essa regra foi a organização, no último quartel do século XIX, das *Conferências Populares da Glória*, pela Sociedade Promotora da Instrução. A fase mais significativa das conferências ocorreu a partir de 1873 e até 1881. As conferências eram realizadas em escolas públicas da Freguesia da Glória, foram coordenadas pelo conselheiro Manoel Francisco Correia e tinham, às vezes, a presença do Imperador. Foram divulgadas no Diário Oficial do Império e anunciadas pelos jornais mais importantes da época: *Jornal do Commercio*, *Gazeta de Notícias* e *Diário do Rio de Janeiro*. Os resumos ou textos completos de várias delas foram publicados nos jornais e algumas saíram em livros.

As conferências ocorriam nas manhãs de domingo e foram depois estendidas para dois dias semanais. Entre 23/11/1873 e 25/12/1880, segundo levantamento da historiadora Maria Rachel F. da Fonseca [1], foram realizadas 355 conferências. Entre elas, um número pequeno, cerca de 20, eram referentes a ciências físicas: *A Terra e o universo*; *Francis Bacon*; *Os aerostatos*; *Física do Globo*; *Evolução*; *Darwinismo* (Miranda Azevedo); *Organização e vida*, *Origem da Terra*; *Base física da vida*, *Primeiras experiências com o fonógrafo no Brasil*; *Influência das ciências físicas e naturais na civilização*, *Elettricidade*; *Magnetismo animal*,

*Radiógrafo; Eletricidade médica, Necessidade de criar a universidade; Ensino superior, ciência prática e experimental e laboratórios; Ensino primário científico etc.* As primeiras conferências sobre a evolução foram feitas por Miranda de Azevedo, em 1875, e despertaram fortes reações conservadoras, o que levou a um impasse político na organização desses eventos. A partir de 1876, os conferencistas foram, então, triados, para evitar temas polêmicos e as correspondentes reações conservadoras.

Outra atividade de divulgação científica que merece destaque, no século XIX, foi a criação por Cândido Baptista de Oliveira [2] da *Revista Brasileira: Jornal de Ciências, Letras e Artes*. Dirigida por seu fundador, em sua primeira fase, de 1857 a 1861, era uma publicação trimestral que compreendia "em matéria de ciências, letras e artes, tanto os trabalhos de laura própria como a transcrição de artigos tirados de publicações nacionais e estrangeiras da mesma índole" cuja leitura pudesse interessar o público. Teve uma feição talvez demasiado científica e técnica, que lhe devia certamente estorvar o acesso ao público, conforme comenta o editor da *Revista Brasileira*, na sua terceira versão, publicada a partir de 1895. Uma segunda versão da *Revista*, feita por um grupo de jornalistas, durou de 1879 a 1881, tendo como colaboradores Machado de Assis [tendo aí sido publicado *Brás Cubas*], Sílvio Romero, L. County etc. A terceira fase e última fase da revista iniciou-se em 1895.

Na década de 20 deste século, período que nos interessará mais detalhadamente nos itens seguintes, ocorrem muitas iniciativas de divulgação, em geral estimuladas e produzidas por uma pequena elite de intelectuais do Rio de Janeiro. Na década de 30 e 40, os esforços acadêmicos estão mais voltados para a criação das faculdades de filosofia, ciências e letras e para a consolidação interna das primeiras instituições universitárias criadas para desenvolver, de forma sistemática, a pesquisa científica no país. O principal evento para a divulgação científica no Brasil, que se segue a isto, foi a criação, em 1948, em São Paulo, da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência que tem, entre seus objetivos, contribuir para a difusão ampla dos conhecimentos científicos. Suas reuniões anuais e outras atividades criaram espaços permanentes para a divulgação da ciência junto a um público amplo, especialmente entre jovens estudantes. Na década de 70, cadernos e sessões de ciência começam a aparecer (e a desaparecer) nos principais jornais. Um cientista que se destaca, neste aspecto divulgativo, em São Paulo, é José Reis, cujo nome vai batizar o prêmio de divulgação científica do CNPq instituído há alguns anos atrás.

Em 1982, cria-se a revista *Ciência Hoje* que iria, posteriormente, se desdobrar em outros projetos de divulgação: *Ciência Hoje das Crianças*, *Jornal da Ciência Hoje*, *BBS Ciência Hoje* e, mais recentemente, expandir-se na Internet com o CH on-line. Outras revistas de divulgação com propósitos e qualidades variadas surgem, atingindo às vezes grandes tiragens. Alguns programas de divulgação e de discussão sobre a ciência começam a aparecer na TV, especialmente nas emissoras estatais. Na

década de 90, emerge um interesse maior voltado para a criação de museus de ciência que pretendem possuir um caráter mais interativo, que leve a uma participação ativa de seus visitantes. A publicação de livros de divulgação científica passa também a ocupar um lugar nas listas de algumas editoras privadas e de universidades públicas. Embora muitas dessas iniciativas tenham tido êxito, é incegável o quadro ainda muito deficiente da educação científica no Brasil, uma questão que passa fundamentalmente pelas condições precárias das escolas de primeiro e segundo graus e pela baixa qualidade do ensino, geralmente livresco e que pouco estimula a criatividade e a experimentação, que são características essenciais para a compreensão científica do mundo.

### A Divulgação Científica nos Anos 20

As duas primeiras décadas deste século vêm o surgimento de um pequeno grupo de acadêmicos - entre os quais Amoroso Costa, Henrique Morize, os irmãos Ozório de Almeida, Juliano Moreira, Roquete Pinto, Roberto Marinho de Azevedo, Lélío Gama, Teodoro Ramos e outros - que participam intensamente de várias atividades que começaram a traçar um caminho para o desenvolvimento da pesquisa básica e para a difusão da ciência no Brasil. No terreno filosófico, na esteira de Otto de Alencar, promove-se uma crítica intensa ao positivismo comteano (principalmente pela pena de Amoroso Costa), que exercia profunda influência nas escolas profissionais e na vida educacional e política brasileira. Esse grupo tinha como estratégia o desenvolvimento da pesquisa científica e a construção da identidade de um novo tipo de intelectual no Brasil : o cientista  *puro*.

São eles professores, cientistas, engenheiros, médicos e outros profissionais liberais, ligados em geral às principais instituições como a Escola Politécnica, a Faculdade de Medicina, o Museu Nacional, o Observatório Nacional e o Instituto de Manguinhos. Em 1916, cria-se a Sociedade Brasileira de Ciências (SBC), um marco determinante na abertura deste período e que se transformaria depois na Academia Brasileira de Ciências (ABC), em 1922. Tentativas são feitas para a criação das primeiras faculdades de filosofia, ciências e letras. Em 1923, cria-se a Rádio Sociedade com o objetivo de auxiliar na educação geral e de difundir a cultura e os conhecimentos científicos. A Associação Brasileira de Educação (ABE), que viria a desempenhar, por muitos anos, um importante papel em defesa da educação pública no Brasil, é fundada em 1924. Promovem-se periodicamente palestras de divulgação, feitas por professores e pesquisadores brasileiros e estrangeiros. Os cursos e conferências organizadas pela ABE recebem uma boa afluência de público; no item V, listaremos as que foram realizadas nos anos 1927 e 1928.

Livros, vários deles traduzidos, e até coleções de divulgação, são também publicados neste período, além de muitos artigos em jornais e revistas. Amoroso Costa é um dos que mais se destaca por suas

atividades diversas no campo da divulgação; dedicaremos o próximo item a suas contribuições principais. Miguel Ozorio de Almeida publicará *Homens e coisas de ciência, A vulgarização do saber* e *Almas sem abrigo* (romance sobre a vida de um matemático no Brasil, 1933). As visitas de alguns importantes cientistas estrangeiros, como Hadamard, Borel, Langevin e, principalmente, Einstein [3], em 1925 - ele faz conferências sobre relatividade e a situação da teoria da luz, naquela época -, despertam interesse na imprensa, contagiam a pequena comunidade acadêmica e atingem um público mais diversificado.

### Manoel Amoroso Costa

Como o personagem mais expressivo do grupo de cientistas da década de 20 e que mais se destaca na divulgação científica, vamos considerar as atividades, neste particular, desenvolvidas por Manoel Amoroso Costa (1885-1928). Engenheiro, matemático e professor da Escola Politécnica ele desempenhou um papel muito importante para a ciência brasileira no primeiro quartel do século XX [4]. Foi, secundado por Roberto Marinho de Azevedo, o principal divulgador e expositor da teoria da relatividade (especial e geral), além de ter produzido e organizado muitas outras atividades de difusão do conhecimento.

Listamos a seguir os trabalhos de divulgação publicados por ele em revistas e jornais:

1) *Conferência sobre Otto de Alencar*, Revista Didática da Escola Politécnica, nº 13, 3-24 (1918) e publicada em separata (Leuzinger, Rio de Janeiro, 1918).

2) *A evidência em matemática*, Revista Didática da Escola Politécnica, nº 17, 65-69 (1919).

3) *A teoria de Einstein*, em *O Jornal* 1 (nº 149), 12/11/1919, RJ.

4) *A filosofia matemática de Poincaré*, Revista de Ciências (órgão da Sociedade Brasileira de Ciências) 4, 106-111 (1920).

5) *À margem da teoria de Einstein I - O espaço, o tempo e a realidade*, em *O Jornal* 4 (nº 971), 19/3/1922; *À margem da teoria de Einstein II - A relatividade do espaço e do tempo*, em *O Jornal* 4 (nº 983), 2/4/1922, Rio de Janeiro.

6) *Émile Borel*, em *O Jornal* 4 (nº 1119), 8/8/1922, Rio de Janeiro.

7) *Bergson e a Relatividade*, *O Jornal* 4 (nº 1157), 22/10/1922, RJ.

8) *O problema da ciência*, *O Jornal* 4 (nº 1181), 19/11/1922, RJ.

9) *A teoria da Relatividade. Esboço histórico*, Revista Brasileira de Engenharia, ano II, tomo III, nº 5, 181-183 (1922), Rio de Janeiro.

10) *As duas imensidades*, em *O Jornal* 5 (nº 1241), 28/1/1923, e 5 (nº 1265), 25/2/1923, Rio de Janeiro.

11) *Pela ciência pura*, em *O Jornal* 5 (nº 1343), 27/5/1923, RJ.

12) *Pascal geômetra*, em *O Jornal* 5 (nº 1363), 20/6/1923, RJ.

13) *Kant e as ciências exatas*, em *Immanuel Kant - Festa comemorativa do bicentenário realizada no Rio de Janeiro, 19-28*, (Canton & Beyer, Rio de Janeiro, 1924).

14) *Nota sobre a hipótese dos deslocamentos continentais de Wegener*, trabalho apresentado na sessão da Academia Brasileira de Ciências de 14/06/1927. Reproduzido em *Boletim da Sociedade Brasileira de História da Ciência*, nº 10, 6-7 (1991).

15) *Uma obra de cultura*, em *O Jornal*, 23/8/1928, Rio de Janeiro.

16) *Um poeta e a ciência*, em *O Imparcial*, 16/12/1928, RJ.

17) *As idéias fundamentais da matemática*, 264 pp., (Pimenta de Melo, Rio de Janeiro, 1929); *As idéias fundamentais da matemática e outros ensaios*, 330 pp., apresentação de Miguel Reale, (Grijalbo/EDUSP, São Paulo, 1971); *As idéias fundamentais da matemática e outros ensaios*, introdução de Arthur Gerhardt Santos, Lélío Gama e Antônio Paim, 330 pp., (Editora Convívio/EDUSP, São Paulo, 1981).

18) *As universidades e a pesquisa científica*, em *O problema universitário brasileiro - Inquérito promovido pela Seção de Ensino Técnico e Superior da Associação Brasileira de Educação* (A Encadernadora S.A, Rio de Janeiro, 1929)

19) *O ensino de Astronomia na Escola Politécnica*, *Revista Didática da Escola Politécnica*, nº 36, 9-14 (1930).

Quanto aos livros científicos, voltados para um público mais amplo, Amoroso Costa publicou, já em 1922, o livro *Introdução à teoria da relatividade* (1922), número II da coleção *Cultura Contemporânea* da *Livraria Científica Brasileira*. O livro, de qualidade científica muito boa, claro e conciso, apresenta ao leitor os elementos básicos de uma das mais importantes teorias físicas que, na época, constituíam um corpo de conhecimentos absolutamente novo. Permaneceu, por muitas décadas, como o único livro didático de qualidade sobre a teoria da relatividade geral e voltado para um público com formação matemática básica. Em 1929, um ano após a sua morte, foi publicado *As idéias fundamentais da matemática*, outro livro de excelente qualidade, que influenciou sabidamente vários jovens estudantes a enveredarem por carreiras científicas nos domínios da física e da matemática.

Quanto aos cursos e conferências realizadas por Amoroso Costa e que tiveram impacto no meio intelectual da época, podem ser mencionados:

1 - *Conferência sobre Otto de Alencar*, Escola Politécnica, 29/04/1918.

2 - *A filosofia matemática de Poincaré*, lida na SBC, 03/05/1920.

3 - *As idéias fundamentais da matemática*, série de 10 palestras proferidas na Escola Politécnica, 1926.

3 - *As geometrias não-euclidianas*, série de palestras realizadas na Escola Politécnica e organizadas pela ABE, 1927.



4 - *A estrutura e a evolução do mundo sideral*, conferência patrocinada pela ABE, 1927.

5 - *L'univers infini - Quelques aspects du problème cosmologique*, Collège de France, 23/03/1928.

6 - *Les géométries non-archimédiennes*, Universidade de Paris, 1928.

7 - *As geometrias não-arquimedianas*, série de 4 conferências patrocinadas pela ABE, agosto de 1928.

## **Rádio Sociedade**

A primeira rádio brasileira, a Rádio Sociedade, foi criada, em 1923, não pelo governo ou por um empresa privada, mas por um movimento de cientistas e intelectuais do Rio de Janeiro. Tinha propósitos educativos e de difusão científica, como atestam suas atas iniciais. Pode-se ver nelas a participação de inúmeros cientistas e intelectuais, das principais instituições de pesquisa e ensino do Rio, como Henrique Morize (presidente), Roquete Pinto (secretário), Melo Leitão, Carneiro Felipe, Amoroso Costa, Othon Leonardos, e os irmãos Ozório de Almeida. Muitas pessoas se associaram para que a rádio fosse mantida.

Em 1925, através da Rádio Sociedade, Einstein dirigiu, em alemão, uma mensagem ao povo brasileiro que foi traduzida, em seguida, pelo químico Mário Saraiva. Einstein falou da importância da rádio-difusão para a cultura e a divulgação dos conhecimentos, desde que realizadas por pessoas competentes. Depois, ouviu músicas brasileiras tocadas pela Orquestra da Rádio Sociedade. Em 1936, a rádio passou para o controle do MEC, recebendo posteriormente o nome de Rádio Roquete Pinto. Os arquivos da rádio, constituídos de documentos, fotos, discos e gravações raras, que encontravam-se há muitos anos num depósito, sem receber cuidados adequados, estão sendo recuperados. Uma parte do acervo se perdeu. Será interessante proceder a um trabalho de pesquisa sobre o conteúdo das emissões radiofônicas, em particular no que se refere às atividades de educação e de divulgação científicas e suas repercussões na época.

## **As Conferências da Abe e do Instituto Franco-Brasileiro de Alta Cultura**

Neste item vamos apresentar a lista dos cursos e conferências que foram realizadas nos anos 1927 e 1928, patrocinadas pela Associação Brasileira de Educação e apoiadas, em muitos casos, pelo Instituto Franco-Brasileiro de Alta Cultura.

### 1927:

Ocorreram de março a novembro de 1927, na Escola Politécnica. Eram organizadas pela Seção de Ensino Técnico e Superior da ABE, presidida por Amoroso Costa.

Cursos:

- 1) Álvaro Ozorio de Almeida (Fac. de Medicina), *Estudos sobre o metabolismo*, 4 confs.
- 2) Ferdinando Labouriau (Escola Politécnica), *A siderurgia*, 12 confs.
- 3) Dulcídio Pereira (Escola Politécnica e Escola Normal), *A física e a vida moderna*, 6 confs.
- 4) Euzébio de Oliveira (Serviço Geológico e Mineralógico), *Geologia do petróleo*, 8 confs.
- 5) Manoel Amoroso Costa (Escola Politécnica e ABC), *As geometrias não-euclidianas*, 4 confs.
- 6) Alix Lemos (Obs. Nacional), *Marés e problemas correlativos*, 2 confs.
- 7) Miguel Ozorio de Almeida (Instituto Oswaldo Cruz e Escola Superior de Agricultura), *A regulação nervosa da respiração*, 4 confs.
- 8) Ignácio Azevedo do Amaral (Escola Naval, Escola Politécnica e Escola Normal), *Sobre a indeterminação em matemática*, 3 confs.
- 9) Pedro A. Cardoso, *Filosofia da história*, 8 confs.
- 10) Fernando de Magalhães (Fac. de Medicina), *Elementos de Filosofia Médica*. 3 confs.

Palestras:

- 1) E. Roquete Pinto (Museu Nacional), *A função educadora dos museus*.
- 2) Tristão de Athayde, *O problema social e o distributivismo*.
- 3) J. A. Padberg Drenkpol (Museu Nacional), *A aurora da arte humana*.
- 4) A. J. de Sampaio (Museu Nacional), *As florestas brasileiras*.
- 5) Alberto Childe (M. Nac.), *O Mediterrâneo Oriental e a Ilha de Creta*.
- 6) Heloisa A. Torres (Museu Nacional), *Migrações na América*.
- 7) Hahneman Guimarães (C. Pedro II), *Estudos sobre a métrica latina*.
- 8) Paulo de Castro Maya, *A evolução moderna da idéia de democracia*.
- 9) Manoel Amoroso Costa (Escola Politécnica e ABC), *A estrutura e a evolução do mundo sideral*.
- 10) C. Mello Leitão, *Os companheiros do homem*.
- 11) Álvaro Ozorio de Almeida (Fac. de Medicina e Museu Nacional), *A organização universitária e as Faculdades Superiores de Ciências e de Letras*.

1928:

Os cursos e palestras foram organizados por Álvaro Ozorio de Almeida e por F.Labouriau. Tiveram bastante êxito, tendo sempre uma

boa audiência. A Seção de Ensino Técnico e Superior era presidida por Álvaro Ozorio de Almeida e a ABE tinha Amoroso Costa como presidente.

Cursos:

- 1) Gustavo Barroso (Diretor do Museu Histórico), *O Folclore*, 2 confs.
- 2) Gal. Moreira Guimarães (Sociedade de Geografia), *A moral científica*, 4 confs.
- 3) Adrien Delpech (Colégio Pedro II), *Le moyen-age et son expression litteraire en France*, 6 confs.
- 4) Mario de Britto (Escola Politécnica e ABC), *As modernas teorias da química*, 4 confs.
- 5) Abraão Izecksohn (Escola Politécnica), *Termodinâmica*, 6 confs.
- 6) Jerônimo Monteiro Filho (Escola Politécnica e EFCB), *Alguns aspectos das vias de comunicação no Brasil*, 3 confs.
- 7) André Dreyfus (Fac. de Medicina de SP), *Hereditariedade*, 8 confs.
- 8) F. Labouriau (Escola Politécnica e ABC), *Camille et Lucile Desmoulins*, 8 confs.
- 9) Manoel Amoroso Costa (Escola Politécnica e ABC), *As geometrias não-arquimedianas*, 4 confs.

Palestras:

- 1) Miguel Ozorio de Almeida (Instituto Oswaldo Cruz e Escola Superior de Agricultura), *O otimismo de Metchnikoff*.
- 2) Vicente Licínio Cardoso (Escola Politécnica), *À margem da história do Brasil*.
- 3) Euzébio de Oliveira (Diretor do Serviço Geográfico e ABC), *O que faz o serviço geológico*.
- 4) Amaury de Medeiros (Fac. de Medicina), *Fisionomia das árvores*.
- 5) Othon H. Leonardos (Esc. Pol.), *As pedras preciosas brasileiras*.
- 6) J. A. Padberg Drenkpol (Museu Nacional), *A idade do gênero humano*.
- 7) Álvaro Ozorio de Almeida (Fac. de Medicina e Museu Nacional), *O problema universitário*.
- 8) M. Caullery (Institut de France), *É a sexualidade indispensável para a reprodução?*
- 9) P. Rivet (Museu de Paris), *A origem do homem e A conquista da força motriz animal pelo homem*.
- 10) Paul Langevin (Collège de France), *A origem da energia solar e Ultrasons e suas aplicações*.

**Bibliografia**

- M. R. F. da Fonseca, *Manguinhos - História, Ciências, Saúde*, vol II, nº 3, 135 (1996).

- L. Massarani e I. C. Moreira, *Candido Baptista de Oliveira e a implantação do sistema métrico decimal no Brasil*, V Seminário Nacional de História da Ciência e da Tecnologia, Ouro Preto, 1995.
- Sobre a visita de Einstein ao Rio de Janeiro, veja-se *Einstein e o Brasil*, I. C. Moreira e A. A. P. Videira (eds.), Editora UFRJ, 1995.
- I. C. Moreira, *Amoroso Costa e a introdução da relatividade no Brasil*, apresentação em M. Amoroso Costa, *Introdução à teoria da relatividade*, Editora UFRJ, 1995.

## UMA PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO PARA A CIÊNCIA NA UNESP

Roberto Nardi, José Misael Ferreira do Vale  
Maria Sueli Parreira de Arruda  
Momotaro Imaizumi  
Faculdade de Ciências - UNESP - Câmpus de Bauru (\*)

A Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" - UNESP, através de seu plano trienal proposto para o período 1990-1992, previa a implantação de três Centros Integrados de Pós-Graduação: o de Ciência e Tecnologia, em Guaratinguetá, o de Ciências Políticas, em São Paulo, e o de Ensino de Ciências, na Faculdade de Ciências de Bauru, que deveria oferecer programas de Mestrado e Doutorado na área de Ensino de Ciências.

Com o intuito de concretizar a idéia, a Reitoria da UNESP, por meio da Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa, realizou em abril de 1991, o Encontro de Pós-Graduação em Ensino de Ciências. O evento contou com a participação de docentes de diferentes câmpus da UNESP e professores convidados que, naquela oportunidade, refletiram sobre a importância, os problemas e as dificuldades do planejamento, execução e avaliação do projeto. Desde então, as perspectivas de implantação do programa foram exaustivamente estudadas por um grupo de docentes e pesquisadores do Câmpus de Bauru que, a partir das sugestões e críticas de diversos setores da UNESP, elaborou um projeto de pós-graduação posteriormente submetido à crítica dos docentes presentes à Reunião Técnica para Implantação do Programa de Pós-graduação em Educação para a Ciência realizada em abril de 1995 no Câmpus de Bauru. O Programa, aprovado nos diversos órgãos colegiados da UNESP, tem início previsto para o próximo ano de 1997.

### A Faculdade de Ciências da UNESP - Câmpus de Bauru

O Câmpus de Bauru da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" conta com três Unidades Universitárias: Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação, Faculdade de Ciências e Faculdade de Engenharia e Tecnologia. Atendendo, em 1994, a 3.135 alunos matriculados em seus 14 diferentes cursos, a UNESP-Bauru conta também com o Colégio Técnico "Isaac Portal Roldan" (CTI), onde 675 alunos da região cursam um ensino de 2<sup>o</sup> grau profissionalizante. O Câmpus de Bauru sedia outros órgãos de reconhecida utilidade pública, tais como a Rádio UNESP FM, o Centro de Psicologia Aplicada (CPA) e o Instituto de Pesquisas Meteorológicas (IPMet). A ilustração abaixo evidencia a posição geográfica do câmpus de Bauru no âmbito da Universidade.



### Os Campus da UNESP e sua localização no Estado de São Paulo

A Faculdade de Ciências da UNESP - Câmpus de Bauru, que sediará o programa, congrega oito departamentos (Física, Química, Ciências Biológicas, Matemática, Computação, Psicologia, Educação Física e Educação) com um quadro de cerca de 200 docentes em sua maioria constituído de mestres e doutores. Estes docentes respondem pelas disciplinas dos cursos de licenciatura nas áreas de Física, Ciências Biológicas, Matemática, Psicologia e Educação Física e do Curso de Ciências da Computação. As disciplinas de conteúdo pedagógico dos diferentes cursos de licenciatura são ministradas pelo Departamento de Educação. Atuam ainda em disciplinas oferecidas na Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação e na Faculdade de Engenharia e Tecnologia. Dentre os docentes há diversos pesquisadores em Ensino de Ciências e Matemática integrados ao Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência. Seis dos docentes concluirão, no próximo ano, doutorado em Educação, três outros em Educação Matemática, um deles em Ensino de Física e outro em Ensino de Biologia. Em outros campus da UNESP diversos doutorandos também devem concluir seus cursos na área nos próximos anos e poderão somar esforços no programa.

Com relação especificamente à pesquisa e extensão em Ensino de Ciências, os departamentos da Faculdade de Ciências vêm desenvolvendo, nos últimos anos, algumas importantes iniciativas:

Ações de Extensão e Pesquisa dirigidas especificamente ao ensino de 1o. e 2o. graus da região, em diversos convênios com secretarias municipais de diferentes cidades e com a Secretaria de Estado da Educação (através da antiga DRE de Bauru, hoje dividida em diversas Delegacias de Ensino).

O Projeto Ações Integradas para a Melhoria do Ensino de Ciências, Matemática e Educação Ambiental na Região de Bauru, que tem suporte financeiro da CAPES (PADCI/SPEC).

Os Ciclos de Seminários em Ensino de Ciências, Matemática e Educação Ambiental, iniciados em março de 1995, com o apoio da Pró-Reitoria de Extensão da UNESP e Secretaria Municipal de Educação de Bauru, que têm oferecido oportunidade de uma rica troca de experiências entre os professores da região e os pesquisadores da Universidade;

- a edição da Revista *Ciência & Educação*, já em seu terceiro número (no prelo) a partir de artigos baseados nos seminários proferidos nos ciclos de seminários anteriormente citados;
- o Curso de Especialização *latu sensu* (360 horas) em Ensino de Ciências e Matemática, iniciado em 1995, oferecendo 70 vagas a docentes em exercício nas escolas da região e
- o Grupo de Estudos e Desenvolvimento do Ensino na UNESP (GEDEU), que tem realizado em Bauru, uma série de atividades visando a melhoria do ensino de graduação.

A expectativa é que a implantação do Curso de Pós-Graduação em Educação para a Ciência contribua para que as diversas ações descritas acima venham a constituir um projeto cada vez mais articulado e abrangente, com crescente retorno tanto para os docentes envolvidos quanto para a sociedade como um todo.

### Objetivos e Estrutura do programa de Educação para a Ciência

A Pós-Graduação em Educação para a Ciência deverá ter como núcleo de pesquisa a Ciência, a Educação e as relações entre saber científico e seu ensino, de maneira a incentivar a reflexão sobre os processos envolvidos na construção dos conhecimentos científicos e tecnológicos, e a contribuir para a produção de um corpo de conhecimentos filosóficos, científicos e pedagógicos destinados à formação de profissionais competentes para:

- pensar o Ensino de Ciências como síntese de estudos e pesquisas que tomem como referência o ensino e a aprendizagem de um saber científico e tecnológico acessível a todos os níveis da população estudantil;
- participar da produção de conhecimentos que venham a integrar um corpo teórico organizado e permitam a médio e longo prazos influenciar expressivamente a formação de professores de ciências das escolas de diferentes níveis (1º e 2º graus e ensino superior);
- contribuir na formação continuada do maior número possível de professores, no sentido do desenvolvimento de uma consciência crítica em relação ao Ensino de Ciências e
- coordenar esforços para viabilizar a implementação de um Centro Interdisciplinar de Pesquisa e Desenvolvimento do Ensino de Ciências.

Considerando as diversas preocupações mencionadas até aqui, quatro linhas de pesquisa foram propostas para integrar o Programa de

Pós-Graduação em Educação para a Ciência. O Quadro abaixo, elaborado a partir de sugestões oriundas da Reunião Técnica para Implantação do Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência, apresenta estas quatro linhas e as respectivas temáticas iniciais de pesquisa do programa.

Linha de Pesquisa	Temáticas possíveis
Fundamentos Filosóficos, Históricos e Epistemológicos da Ciência e o Ensino de Ciências	<ul style="list-style-type: none"><li>- Os Paradigmas científicos e os modelos de ensino de ciências em diferentes contextos históricos e sócio-culturais</li><li>- Conhecimento científico: racionalidade, objetividade e historicidade</li><li>- Relações entre os fundamentos filosóficos, epistemológicos e históricos da ciência e o ensino de ciências</li></ul>
Formação do Professor e do Pesquisador em Ensino de Ciências	<ul style="list-style-type: none"><li>- Formação do professor de Ciências</li><li>- Produção, avaliação e utilização de material de apoio para a Educação em Ciências</li></ul>
Curriculos, Programas e o Processo de Ensino e Aprendizagem de Ciências	<ul style="list-style-type: none"><li>- Laboratório (experimentação) no Ensino de Ciências</li><li>- Ensino e aprendizagem de Ciências</li><li>- Inserção de tópicos de ciência moderna e contemporânea nos currículos</li></ul>
Ensino de Ciências e Meio Ambiente	<ul style="list-style-type: none"><li>- Aspectos críticos e analíticos da relação homem-natureza</li><li>- Caminhos, estratégias e material de apoio para a Educação Ambiental</li><li>- Desenvolvimento tecnológico e desenvolvimento científico.</li></ul>

As disciplinas Específicas da Área de Concentração deverão estar relacionadas diretamente à questão do Ensino de Ciências ou à "interdisciplinaridade" contida na expressão Ensino de Ciências. Por sua vez, as disciplinas do chamado Domínio Conexa deverão ser complementares às disciplinas específicas da área de concentração, e portanto deverão versar especificamente sobre conteúdos de Educação, Ciência pura e/ou aplicada e a questões sociais pertinentes. Em alguns casos, para se minimizar o subjetivismo na classificação das disciplinas,



optou-se por agrupá-las também levando-se em consideração as linhas de pesquisa, os currículos e as áreas de atuação dos pesquisadores responsáveis.

Entende-se também que a "interdisciplinaridade" geralmente presente num programa de Educação para a Ciência faz com que a gama de disciplinas oferecidas seja mais ampla, ao contrário do que tende a ocorrer, por exemplo, nos programas de Ciência pura ou de Educação. Tal característica exigirá especial cuidado do orientador e orientando no desenho dos currículos e programas de estudo a fim de que os objetivos propostos sejam satisfatoriamente alcançados. Exemplos de algumas disciplinas são listadas abaixo:

Disciplinas Específicas da Área de Concentração
Desenvolvimento software educativo na área de Ciências e Matemática
A Mudança Conceitual na História da Ciência e no Ensino de Ciências
Avaliação do Rendimento Acadêmico
Natureza, Ciência e Meio Ambiente: suas diversas faces
Visão Histórico-Filosófica do Processo de Construção do Conhecimento Científico
Tendências da Educação Brasileira
Técnicas de Laboratório para o Ensino de Física - Oscilações, Eletricidade e Magnetismo
Técnicas de Laboratório para o Ensino de Física-Mecânica e Calor
Metodologia da Pesquisa Científica
Ciência da Atmosfera Noções Básicas
Tópicos de História e Filosofia da Física
Geociências e Ensino de 1º e 2º Graus
Educação, Cidadania e Memória Social
Uso de Insetos para o Ensino de Genética
História da Ciência: Difusão e Instituição da Ciência Moderna na Sociedade
Visão Histórico-Crítica de Educação e a Pesquisa em Ensino Ciências
Educação Ambiental: A problemática dos Resíduos Sólidos e Urbanos
Ensino de Ciências com enfoque Construtivista: Referenciais Teóricos
História Cultural: Práticas de Leitura e Representações Sociais
A Ciência da Natureza na Grécia Antiga: os Filósofos Jônios e a Física dos Contra
Instrumentação para o Ensino da Física Básica em Laboratório
Metodologia da Pesquisa em Ensino de Ciências
Desenvolvimento do Psiquismo Humano e a Educação
Disciplinas da Área de Domínio Conexo
Introdução à Ciência dos Materiais

Métodos Numéricos aplicados às Ciências
Genética Aplicada à Biologia Social
Sexualidade, Reprodução e Sociedade
Ensino de Ciências e os Processos Físicos da Agricultura
Elementos de Física da Matéria Condensada
Introdução à Física de Semicondutores
Técnicas Alternativas no Ensino da Anatomia do Corpo Humano
Educação em Saúde
Sistemas Eletroquímicos e Meio Ambiente
Fundamentos de Matemática Elementar para o Ensino de Ciências
Estudo da Degradação do Meio Físico e o Ensino de Ciências
Ciência da Atmosfera - Temas Atuais
Métodos de Estudo da Vegetação
Mecânica Quântica

### O Corpo Docente e Discente

O Corpo Docente do Curso deverá ser composto por 54 docentes em sua maioria por profissionais das áreas da Ciências Exatas, Biológicas e Ambientais (tais como Física, Química, Biologia, Matemática, Geologia, Engenharia e Meteorologia), Ciências Humanas (Educação, Psicologia, Arquitetura, Artes e Comunicação) pesquisadores específicos em Ensino de Ciências e outras áreas correlatas. Os docentes, em sua maioria da UNESP e pertencentes às áreas acima descritas definiram, durante a Reunião Preparatória de Implantação do programa, as áreas de interesse dentro do curso.

O número de vagas a ser ofertado inicialmente será de 15 para Mestrado e 10 para doutorado. Prevê-se inicialmente a instalação do Mestrado e, assim que consolidado, dar início aos trabalhos em nível de doutorado.

O número limite de orientandos por orientador foi fixado em seis, segundo o Regulamento do Curso. Por se tratar de curso novo, acredita-se que o ideal seria que as orientações se limitassem ao número de uma ou duas iniciais, progredindo até seis, posteriormente. Devido às especificidades de uma Pós-Graduação em Educação para a Ciência, com seu caráter interdisciplinar, poderá haver a necessidade de co-orientadores em alguns casos específicos, quando necessário. Neste caso, o número total de orientandos (em nível de orientação e co-orientação) deverá ser seis.

A implantação do Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência na UNESP, com as características acima propostas, constitui uma iniciativa inovadora em uma região que conta atualmente com cerca de 800.000 habitantes distribuídos em aproximadamente 40 municípios, localizados no centro do Estado de São Paulo. Cumpre salientar também, que Bauru constitui pólo de desenvolvimento alimentado por importante

entroncamento rodoferroviário e expressiva rede escolar em todos os níveis de ensino. Aliado à estas características, a recente implantação do porto intermodal de Pederneiras, conectará Bauru e região à hidrovia Tietê-Paraná e, por extensão, ao Mercosul, trazendo perspectivas de desenvolvimento econômico e de aumento populacional. Tais elementos apontam para a importância crucial do estabelecimento de Programas de Pós-Graduação que estimulem a pesquisa científica em vários níveis, gerando as bases futuras para atendimento da comunidade no enfrentamento de diversos problemas acarretados pelo desenvolvimento econômico. De fato, tais Programas poderão transformar-se em verdadeiros laboratórios para o estudo de soluções inovadoras, como por exemplo: pesquisas na área de Ciências capazes de orientar e subsidiar as prefeituras e o governo estadual, no desenvolvimento de programas voltados para o controle de problemas que estiverem afetando as populações locais (degradação ambiental, déficit da produção de energia, surtos de doenças infecto-contagiosas etc.). Neste contexto, um Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência constituirá importante iniciativa a somar-se aos esforços já mencionados, uma vez que representará espaço privilegiado para se alavancar um processo de recuperação do Ensino de Ciências na rede escolar da região, com importantes reflexos na formação de futuros cientistas e na educação dos indivíduos para uma sociedade em que a ciência e as novas tecnologias passam a estar cada vez mais presentes.

### **Bibliografia**

- UNESP - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho".  
Projeto de Implantação do Curso de Pós-Graduação em  
Educação para a Ciência - Área de Concentração Ensino de  
Ciências. Faculdade de Ciências, Câmpus de Bauru, 1995, 226p.

## O ENVOLVIMENTO DOS ESTUDANTES NUM LABORATÓRIO DIDÁTICO DE FÍSICA

Rita Zanflorenci Visneck Costa e Alberto Villani  
Instituto de Física e Faculdade de Educação da USP

Será que os alunos encontram no laboratório um ambiente propício para a realização de descobertas científicas? Eles têm de fato o interesse de pensar e de se desenvolver nas práticas? O que influencia a dedicação do estudante nos desafios das tarefas? Foi pensando em problemas de aspecto motivacional, que resolvemos empregar esforços para decifrar a questão: o que é que motiva e desmotiva o estudante num laboratório de ensino de Física? A nossa amostra foi obtida no 2º semestre de 1995 na FATEC-SP. Eram duas turmas do 1º ano do curso de Mecânica de precisão (nível de 3º grau). Acompanhamos e gravamos em vídeo todas as aulas de laboratório. No momento das práticas, as filmagens aconteceram da seguinte forma: numa das turmas acompanhamos sempre os trabalhos do mesmo grupo e na outra acompanhamos as experiências, porque havia um esquema de rodízio de práticas. Realizamos também entrevistas individuais e em grupo. Com a transcrição dos episódios das primeiras práticas e entrevistas, encontramos duas dimensões iniciais de análise: o *envolvimento dos alunos* (nos aspectos: grupal e individual) e as *variáveis* que alterariam este envolvimento. Na primeira, selecionamos categorias que descrevem os momentos: de fuga (que se traduzem nos momentos em que o grupo ou indivíduo perde tempo em afazeres improdutivos), desejo de entrar em tarefa (ou do indivíduo afiliar-se ao seu grupo), desempenho local (em que os alunos se preocupam em resolver questões isoladas sem propor um encaminhamento para a tarefa) e global (quando os alunos mostravam-se determinados para desencadear a tarefa). Na segunda, encontramos razões internas (interferência do professor, interação grupal e dificuldades da tarefa) e externas ao grupo (contato com colegas e experimentos de outras equipes) que modificaram o envolvimento grupal e individual. Observamos ainda que: (i) cada aluno assume um papel no seu grupo e tem objetivos próprios; (ii) a interação grupal, através de sugestões, trocas de idéias e discussões influenciam o envolvimento; (iii) a interação do professor com o grupo pode trazer consequências positivas ou negativas para o empenho dos alunos; (iv) as dificuldades nas tarefas podem tanto instigar quanto decepcionar os alunos.

### Introdução

O interesse por esse assunto originou-se com a nossa prática docente. Há muito tempo, questões relativas às temáticas da motivação e das atitudes dos alunos, nas aulas experimentais de Física, tornaram-se objeto de nossa reflexão.

Nunca esperamos que os grupos de estudantes entrassem num laboratório didático com o mesmo entusiasmo dos cientistas, mas, tivemos

sempre a pretensão de encontrá-los envolvidos satisfatoriamente nas tarefas que lhes eram propostas. Ao nosso ver, tal envolvimento era traduzido pelo espírito de colaboração mútua que devia existir entre os colegas, pelas reações positivas diante das situações inesperadas e conflitantes e pela paciência e perseverança para chegar ao resultado final. Mas não sabíamos exatamente quais eram os fatores que alimentavam tais comportamentos durante a experimentação. Por essa razão, precisava-mos observar, com atenção, quais eram os acontecimentos que podiam instigar ou decepcionar os indivíduos numa atividade prática.

Determinados especialistas dizem que a persistência dos estudantes nas tarefas a eles propostas, pode depender das suas crenças motivacionais (Pintrich et al, 1.993). Mas "a motivação é um fenômeno complexo" (Hamachek, 1.970, p.8) e inclui elementos tais como: metas, valores, controle de crenças e auto-estima dos estudantes (Hamacheck, 1.970; Pintrich, 1.993). Também os fatores do contexto da própria sala de aula (em nosso caso do laboratório) podem afetar o envolvimento (Pintrich, 1.993). Pesquisas também indicam que o estilo da interação do professor com seus alunos afetam a dedicação desses últimos pela disciplina (Hamachek, 1.970. Hamachek ainda afirma que "o modo com que cada um de nós aprende ou se motiva depende, em parte, das forças exteriores (extrínsecas) com as quais o indivíduo tem interação constante e, em parte, das suas próprias características psicológicas e funcionais (intrínsecas)" (1.970, p.5).

A fim de confrontar a opinião de alguns pesquisadores com a prática, resolvemos investigar o que pode provocar, manter ou diminuir a motivação dos estudantes durante a execução de um experimento. Para atender esse objetivo, acompanhamos e gravamos em vídeo todas as aulas de laboratório de Física I de duas turmas do primeiro ano do curso de Mecânica de Precisão da FATEC-SP. Nesse trabalho, apresentamos os resultados que obtivemos com essa investigação.

## Metodologia de Pesquisa

Consoante o já exposto, parte dos nossos dados foram obtidos com filmagens de aulas de laboratório. Outra parte é referente à entrevistas; algumas individuais e outras coletivas. O curso que assistimos foi desenvolvido de acordo com uma proposta alternativa de rodízios de experiências no 2º semestre de 1995. A novidade da proposta, que faz parte do trabalho de doutoramento do professor Octavio Mattasoglio Neto na Faculdade de Educação da USP, é a realização dos experimentos num esquema de rodízios. De acordo com o planejamento da disciplina, havia três blocos de experimentos. Em cada um dos blocos realizava-se um rodízio. Quando aconteciam os rodízios, cada equipe, ao repetir o experimento que outro grupo já havia feito, tinha em mãos o relatório deste devidamente corrigido e comentado pelo professor. Logo, o objetivo

era sempre o de melhorar os resultados que os colegas haviam encontrado na semana anterior. Em uma das turmas, gravamos os trabalhos práticos sempre do mesmo grupo de alunos. Com isso pudemos perceber a evolução do envolvimento dos alunos do grupo e também entender a definição dos papéis que cada um foi assumindo. Na outra turma, acompanhamos o experimento que rodava em cada um dos três blocos.

## **Metodologia de Análise**

Por enquanto, assistimos as fitas referentes aos trabalhos desenvolvidos com a turma em que acompanhamos o mesmo grupo de alunos. Com base no trabalho de Erickson (1982), procuramos fazer as transcrições das aulas recuperando os dados comportamentais dos alunos que estavam em cena. Optamos apenas pelas faixas em que o grupo estava envolvido com o experimento e aí focalizamos a nossa atenção. Para facilitar a análise, achamos viável dividir cada aula em episódios. A separação de cada episódio acontecia ao percebermos que o assunto em discussão mudava, que uma etapa do experimento era encerrada, que um problema era resolvido e os alunos se ocupavam com outro tipo de atividade, ou então, pelo simples fato de percebermos nos alunos um diferente tipo de envolvimento.

Através de sucessivas leituras das transcrições e de várias observações nos episódios da segunda, terceira e quarta aulas da referida equipe, passamos a focalizar as primeiras dimensões e categorias de análise. Tal processo foi gradativo; inicialmente selecionamos algumas categorias que depois foram sendo mais refinadamente definidas e outras foram sendo descobertas.

## **O Instrumento de Análise**

A motivação (MO) foi analisada segundo as *dimensões* relativas: (a) ao envolvimento (EN) dos alunos nas atividades experimentais e (b) às variáveis significativas (VA) que provocariam uma mudança no envolvimento.

(a) A dimensão do envolvimento (EN) dos alunos foi vista sob os aspectos de:

(a.1) Envolvimento Grupal (E.G.)

(a.2) Envolvimento Individual (E.I.)

(a.1) No aspecto do Envolvimento Grupal (E.G.), procuramos olhar para o grupo e percebemos que ele passava por fases de *coesão* e de *dispersão* (Bleger, 1991).

Para o Envolvimento Grupal (E.G.) definimos as seguintes *categorias* que descrevem os diferentes momentos vivenciados pelo grupo:

(a.1.1) Pontos Mortos ( P.M.)- nos quais o grupo não estava efetivamente envolvido na atividade proposta pelo professor. Dentro da categoria dos Pontos Mortos (P.M.), identificamos duas diferentes situações: os Pontos de Fuga (FU), onde o grupo saía da tarefa sem que

alguém o mandasse e os Pontos de Contingência (CO), onde aconteciam eventualidades e o grupo era convidado a sair da tarefa.

(a.1.2) Momentos de Dispersão (M.D.) - em que cada aluno agia individualmente e, os passos a serem seguidos, aparentemente não estavam muito claros para o grupo.

(a.1.3) Desempenho Local (D.L.) - no qual o grupo se mostrava determinado para apenas participar de debates ou atividades isoladas. A solução dos problemas discutidos nesses momentos não afetavam o desenvolvimento do restante do experimento. Também, aparentemente, o grupo não estava consciente da real importância e local de aplicação daqueles debates ou atividades para a obtenção do resultado final. Surgiam momentos de D.L.P. que eram os de Desempenho Local Parcial, onde apenas uma parte do grupo estava em D.L. e os de D.L.T. que eram os de Desempenho Local Total, onde todo o grupo estava em D.L..

(a.1.3) Desempenho Global (D.G.) - quando o grupo estava integrado e com a atividade internalizada. Da solução de cada problema pertinente a um desempenho global dependia o andamento da tarefa. Quando estava em tarefa, o grupo ficava sempre determinado para desencadear as atividades, porque já haviam sido superados os momentos de indecisão. Também haviam momentos de D.G.P. e D.G.T. (Desempenho Global Parcial e Total).

(a.1.4) Outros (OU)

(a.2) Par o aspecto do Envolvimento Individual (E.I.), voltamos a nossa atenção para cada aluno individualmente e procuramos avaliar o seu comportamento.

Dentro do Envolvimento Individual (E.I.) definimos as seguintes categorias:

(a.2.1) Pontos Mortos (P.M.) - eram aqueles nos quais o aluno se envolvia com assuntos alheios à tarefa. Os pontos mortos, como para o envolvimento grupal, podiam ser de dois tipos: de Fuga (FU) e de Contingência (CO).

(a.2.2) Intenção de Entrar (I.E.) - é a vontade que o aluno tem de entrar em atividade, de saber o que acontece no experimento. O desejo de afiliar-se ao grupo, de entender as atitudes tomadas pelos seus colegas.

(a.2.3) Desempenho Local (D.L.) - são momentos em que o aluno pensa em solucionar uma questão distinta e de forma isolada, sem aparentemente pensar no passo seguinte para o desenvolvimento da tarefa. Da solução de questões de Desempenho Local (D.L.), não depende o andamento do experimento.. Mas ele não chega a propor um planejamento para a atividade. Ele se preocupa em apenas escrever.

(a.2.4) Desempenho Global (D.G.) - são momentos em que o aluno tem uma visão adequada da hora e local de aplicação da questão à qual se propõe resolver. Nestes momentos o aluno se mostra propenso ao desencadeamento da tarefa.

(a.2.5) Outros (OU)

(b) As variáveis significativas (VA)

As variáveis significativas são aquelas que provocam mudanças tanto no Envolvimento Grupal (E.G.) quanto Individual (E.I.). Nos momentos de mudança do envolvimento grupal o grupo passava por mudanças que poderiam ser positivas ou negativas. Nas mudanças positivas, o grupo ficava mais decidido a enfrentar um problema e a buscar a sua solução. Nas mudanças negativas o grupo se dispersava. Nos momentos de mudança do envolvimento individual, o aluno passava também por mudanças que poderiam ser positivas ou negativas. Nas positivas, o aluno prestava mais atenção na atividade e buscava meios de dar as suas contribuições. Nas negativas, o aluno passava a não participar da atividade.

Em determinadas situações, o envolvimento dos estudantes era modificado por variáveis (VA) que eram diretamente observáveis, isto é, que podíamos identificar facilmente prestando atenção nas cenas filmadas. Por exemplo: interferências do professor (I.P.), interferência de estranhos ao grupo (I.E.), interação entre os colegas de grupo (I.G.) e dificuldades que surgiam na atividade (D.A.). Mas, em alguns momentos, não conseguimos precisar quais eram as variáveis que provocavam mudanças no envolvimento dos alunos. Repentinamente o comportamento deles era alterado sem que ficasse evidente a razão para tal alteração.

As variáveis que pudemos observar diretamente como provocadoras de mudanças nos envolvimento individual e grupal foram denominadas de Externas (EX). Aquelas que não pudemos observar diretamente, mas apenas inferir através do comportamento dos alunos diante das situações do contexto, denominamos de Internas (IN). O que comprovou a afirmação de Hamachek (1970) quando diz que o modo com que cada um de nós se motiva depende, em parte de forças exteriores (extrínsecas) com as que o indivíduo tem interação constante, e, em parte de suas próprias características psicológicas e funcionais.

As *categorias* de variáveis Internas (IN) são as seguintes:

(b.2.1) Exigência de Manter Ressonância com a Equipe (E.M.R.E.) - é ter uma "consciência grupal", é sentir a necessidade de contribuir para o bem do grupo, é importar-se com a opinião que o grupo possa ter a seu respeito. Idéia semelhante é apresentada por Schachter et al (1975) quando conceituam o que é *coesão* num grupo. Segundo esses autores, a *coesão* na psicologia do grupo representa o "cimento" que une os membros do grupo e conserva as relações entre eles. Strang et al. falam a respeito dessa atração que o grupo exerce sobre os seus membros afirmando que "as atitudes de um indivíduo estão ancoradas nos grupos a que pertence" (1966, p.16). Seagoe (1972) também afirma que a simples presença de outros fazendo a mesma coisa aumenta a força da motivação dos indivíduos. Logo a mera associação com outras pessoas que estão fazendo determinada coisa, sugere que o aluno também participe da atividade.

(b.2.2) Exigência de Retomar a Tarefa Abandonada (E.R.T.A.) - O que faz o aluno retornar à tarefa por vontade própria é uma variável que



tem a mesma natureza da percepção de estar desviado da tarefa. O sujeito pode sentir a exigência de retornar para uma tarefa abandonada por motivos distintos. Um deles, por exemplo, seria voltar por ter feito uma descoberta que pode solucionar um problema pendente. Um outro, seria o de voltar para poder concluir uma atividade inacabada. É a consciência do "voltar para a tarefa caminhar". Já que o líder do grupo é a tarefa para Rivière (1991). Bleger (1991) também fala dessa tensão (que ele denomina também de conflito psicológico) que existe quando há uma tarefa sem resolver. Esse autor afirma que a tensão persistirá até que a tarefa seja concluída.

(b.2.3) Percepção de Algo ou Alguém no Ambiente (P.A.A.) - O "algo" ou "alguém" que o aluno pode perceber, pode ser um objeto ou uma pessoa. No entanto, o que pode chamar a atenção de um aluno no laboratório, também pode passar despercebido por um outro. De acordo com Seagoe (1972) há uma variabilidade individual no tocante à natureza dos estímulos que provocam distração. Dependendo do que o aluno percebe no ambiente, ele pode ser levado tanto a aumentar o seu esforço na tarefa como a desviar a sua atenção da mesma.

(b.2.4) Percepção de que o Interessante Acabou (P.I.A.) - é o fim da atração do sujeito pelas atividades. É a sensação que o sujeito tem de que a tarefa já não é mais proveitosa para ele. É a idéia de que não há mais nada a aprender ou a descobrir. De acordo com Miller e Ferreira (1967), a atividade humana está sempre em relação com o estado do organismo da pessoa em um dado momento, ou seja, de acordo com as suas necessidades, interesses e atitudes.

(b.2.5) Cansaço ou Saturação (SA) - Deduz-se que está ocorrendo saturação ou cansaço quando um aluno abandona a sua atividade e prefere dar a vez a outro colega ou, quando o aluno boceja demasiadamente e olha impaciente para o seu relógio. A saturação ou cansaço acontece também devido às condições ambientais. Bergamini (1990) cita algumas que podem bloquear a ação: (i) as situações com as quais se lida e os problemas são rotineiros e repetitivos, não se vendo a oportunidade para usar recursos pessoais, (ii) tudo demora para ser resolvido ou nada chega ao seu final e dá resultados, (iii) quando não se vê oportunidade de progresso e remoção de obstáculos, (iv) as pessoas com as quais se convive têm medo de assumir a responsabilidade por aquilo que fazem, procurando fugir por meio de desculpas e (v) os pensamentos são tortuosos, não deixando claro intenções nem objetivos a serem atingidos.

(b.2.6) Outros (OU) -

## Resultados Preliminares da Aplicação do Instrumento

(Em três aulas para um grupo de três alunos.)

Os alunos só passavam de Desempenho Global (D.G.) para Desempenho Local (D.L.) nas seguintes situações: (i) ao surgir alguma

dificuldade em relação à obtenção de medidas com incerteza ou quando os alunos ocupavam-se com gráficos, (ii) quando eles já haviam concluído um procedimento e aguardavam condições satisfatórias para iniciar o seguinte e, (iii) devido às interferências do professor.

A equipe passava por Momentos de Dispersão (M.D.): (i) no início da experimentação, na fase da pré-tarefa (Riviére,1991), (ii) nos instantes finais da aula quando tudo estava praticamente encerrado e (iii) raramente devido às dificuldades da atividade .

Para o grupo todo entrar em fuga no meio da tarefa (que aliás era um fato raro de ocorrer) sempre havia uma variável interna que incitava essa fuga. Como por exemplo, a percepção de alguém no ambiente. Cada aluno geralmente abandonava a tarefa por motivos que dependiam da personalidade de cada um. Como exemplos: (i) o líder do grupo só se desviava da tarefa devido à percepção de alguém no ambiente, (ii) outro que gostava de descobrir coisas novas, pela percepção de que o interessante acabou, (iii) um terceiro, quando sentia-se saturado e pelas dificuldades da atividade.

Para retornar à tarefa depois da fuga, o indivíduo encontrava dificuldades para dialogar com seus companheiros. De acordo com Bión (1970), na fuga o sujeito é abandonado pelo seu grupo.

Acreditamos que acompanhamos um grupo especial, porque para entrar em Desempenho Global, poucas vezes foi preciso que algum fator externo ao grupo o instigasse.

Percebemos que nem sempre as interferências do professor, embora feitas com boa-vontade, produzem efeitos positivos no grupo ou mesmo nos alunos. Porque afinal, o envolvimento dos alunos numa tarefa depende, conforme constatamos, dos interesses, personalidade e auto-estima de cada um, além de ser altamente influenciado pelo convívio com os colegas de grupo.

## Referências Bibliográficas

- BERGAMINI, Cecília Whitaker. *Motivação*. 3.ed. São Paulo, Editora Atlas S.A., 1993.
- BION, W. R. *Experiências com Grupos*. . Trad. Walderedo Ismael de Oliveira. Rio de Janeiro. Imago Editora Ltda, 1970. (Coleção Psicologia Psicanalítica)
- BLEGER, J. *Grupos Operativos no Ensino*. In: *Temas de Psicologia*. São Paulo, Martins Fontes, 1991, p.54-82.
- ERICKSON, Frederick. *Audiovisual Records as a Primary Data Source*. in A. Grimshar (Ed.), *Sociological Methods and Research (Special Issue on Sound-Image Records in Social Interaction Research)*, 1982, 11(2), p. 213-232.
- HAMACHEK, D.E. *La Motivación en la enseñanza y el aprendizaje*. Trad. de Anibal C. Leal. México/Buenos Aires, Talleres Graficos Cadel, 1970.

- MILLER, F.P. e FERREIRA, M.L. *Motivação na Aprendizagem*. Centro Regional de Pesquisas Educacionais João Pinheiro. Belo Horizonte, Gráfica do Serviço de Publicações e Materiais Didáticos da Divisão de Documentação e Informação Pedagógica, 1967. (Caderno de Educação n.2)
- PINTRICH, P. R.; MARX, R.W. and BOYLE, R. *Beyond Cold Conceptual Change: The Role of Motivational Beliefs and Classroom Contextual Factors in the Process of Conceptual Change*, *Review of Educational Research*, V. 63, n.2, p.167-99, 1993.
- RIVIÈRE, E. P. *A noção de tarefa em psiquiatria*. in: *O Processo Grupal*. São Paulo, Martins Fontes, 1991, p.19-22.
- SCHACHTER, S. et al. *Um Estudo Experimental de Coesão e Produtividade*. in D. Cartwright e A. Zander (Org.) *Dinâmica de Grupo: Pesquisa e Teoria*. Trad. de Dante Moreira Leite e Miriam L. Moreira Leite. 2.ed. São Paulo, E.P.U., 1975, v.1.
- SEAGOE, May V. *O Processo da Aprendizagem e a Prática Escolar*. Trad. de José Severo de Camargo Pereira e Marylene Bonini. São Paulo, Companhia Editora Nacional, 1972. (Atualidades Pedagógicas)

## O APERFEIÇOAMENTO DA COMPETÊNCIA PROFISSIONAL DO PROFESSOR DE CIÊNCIAS

Alberto Villani e Jesuína L.A. Pacca  
Instituto de Física - USP, São Paulo, SP

### Introdução

A segunda metade do século XX pode ser caracterizada pela "revolução informática" que modificou substancialmente as relações sociais, multiplicando o número de informações disponíveis para o cidadão comum e privilegiando o domínio das informações científicas e tecnológicas como instrumento de poder e de influência sobre a sociedade. O cidadão comum, que não tenha um mínimo de conhecimentos científicos e tecnológicos, não desfruta de grande parte dos bens culturais da sociedade em que vive e, sobretudo, é totalmente impotente frente ao desafio de construir uma sociedade na qual seja preservada sua qualidade de vida individual e coletiva. Nos parece que podemos definir como meta prioritária, a ser necessariamente alcançada pelo processo de educação das pessoas que vivem numa sociedade globalizada, torná-las capazes de compreender e, conseqüentemente, influenciar as decisões mais importantes que dizem respeito a melhoria da qualidade de vida, pessoal e comunitária, inclusive a própria sobrevivência. A educação científica, sem dúvida, tem uma fatia importante dessa responsabilidade e os professores de ciências, que constituem os mais diretamente chamado em causa por esta tarefa prioritária, enfrentam enormes dificuldades, especialmente no Brasil, para trabalhar de forma satisfatória. O desafio é específico: no final da formação escolar o estudante deve saber *utilizar* os conhecimentos científicos para poder compreender o que está em jogo, tanto nas decisões quanto nas omissões dos governantes que planejam e administram o desenvolvimento da sociedade. Adotando, com alguma modificação, a proposta de Morin (1994) referente ao conhecimento a ser proporcionado pela instituição escolar, podemos admitir que a capacidade de utilizar os conhecimentos científicos implica num processo constituído, fundamentalmente, de quatro momentos, logicamente, mas não temporalmente distintos:

- a) O contato com as informações científicas ( que inclui não somente fatos relevantes, mas também teorias, métodos, procedimentos e valores epistemológicos);
- b) A organização das informações científicas (que inclui também a análise, a articulação e a contextualização, inclusive das fontes);
- c) A avaliação do conhecimento (que inclui a percepção das incertezas e crenças envolvidas tanto no conhecimento

espontâneo quanto no científico e a focalização dos riscos inerentes a utilização de ambos);

- d) O posicionamento frente ao conhecimento (que inclui tanto as escolhas, continuamente repetidas, de se manter envolvidos no processo de aprender, quanto as escolhas sobre as modalidades de utilização do conhecimento ).

Em nossa concepção o professor tem a tarefa principal de monitorar e sustentar o crescimento cognitivo e o amadurecimento pessoal dos estudantes, contribuindo para a construção e adoção, por parte de cada um, de um conhecimento científico pessoal, num processo com as características definidas acima. Este modo de conceber o papel do professor parece coerente com uma concepção construtivista da aprendizagem. Sem pretender esgotar o assunto, neste trabalho focalizaremos aspectos da competência profissional do professor que, em nossa visão, em boa parte, dão conta da sustentação do processo de aprendizagem assim considerado: *competência disciplinar, competência didática e competência dialógica*.

Tais aspectos foram caracterizados a partir da análise de cursos de atualização e de formação de professores e já publicados em trabalhos anteriores (Villani & Pacca, 1996; Villani, 1995). A competência disciplinar, refere-se ao domínio do conhecimento científico específico a ser tratado pelo professor, necessário para poder executar suas tarefas com sucesso. Essa competência permite ao professor supervisionar a escolha dos contatos preferenciais dos estudantes com as informações científicas e orientar o trabalho de organização de tais informações, ao mesmo tempo que constitui o critério fundamental para uma avaliação mais cuidadosa das tarefas e dos procedimentos a serem adotados. A competência didática refere-se à capacidade de elaborar e executar um planejamento pedagógico que inclua estratégias e atividades compatíveis com a construção de um conhecimento em que o aluno é necessariamente protagonista. Ela é essencial tanto para promover o contato quanto para estimular a organização e, em parte, a avaliação das informações científicas que se apresentam.. Finalmente a competência dialógica refere-se à capacidade de estabelecer e conduzir uma interação pessoal entre o professor e os alunos, que leve estes últimos a um envolvimento no processo de aprendizagem e a uma posição pessoal e autônoma frente ao conhecimento científico. Essa competência se refere à disponibilidade do professor para incluir de fato o discurso dos alunos, durante sua atuação em sala de aula.

Nossa preocupação será aqui orientada para o fornecimento de pistas significativas a fim de que o processo de *formação e atualização* dessas competências, perca as características de trabalho de *rotina* e se transforme num *desafio sistemático*, capaz de envolver toda a energia criativa de seus responsáveis. Em particular, nos parece que o próximo século nos reservará uma contribuição crescente de meios tecnológicos para auxiliar o estudantes no contato e na organização das informações,

deixando como tarefa específica do professor a contribuição para os aspectos mais pessoais da aprendizagem. Por isso, apesar de não silenciarmos sobre a formação científica e didática do professor, indispensável para o exercício da profissão, nossa exposição privilegiará os aspectos dialógicos do processo de ensino: a negociação sobre os conteúdos e os meios da aprendizagem, o feed-back que questiona e orienta a organização das informações, a avaliação das incertezas implicadas no conhecimento adquirido e o estímulo ao envolvimento responsável no processo de conhecer, de produzir e de utilizar o conteúdo científico. Nossas considerações baseiam-se em reflexões desenvolvidas colaborando na elaboração de currículos de Licenciatura, ministrando cursos de pós-graduação na área de ensino de ciências, atualizando professores de física em serviço e assessorando sistematicamente multiplicadores em sua tarefa de programar e avaliar cursos para seus colegas professores (Pacca, 1994).

### A Formação do Professor

O questionamento mais contundente em relação à formação do professor, inicial ou em serviço, refere-se tanto à *qualidade* da competência profissional dos professores formados, quanto à *quantidade* dos que completam o processo de formação. Isso implica em dois desafios fundamentais:

- a) encontrar *atividades didáticas* que promovam o desenvolvimento da competências científicas, didáticas e dialógicas dos professores
- b) convencê-los a se *envolverem* e *permanecerem* envolvidos nestas atividades até o final do processo e a se *posicionarem* frente ao saber adquirido.

Para responder a estes desafios, sendo simultaneamente coerentes com nossa visão de aprendizagem, devemos aceitar que a formação dos professores dependerá da competência científica, didática e dialógica dos seus formadores envolvendo uma forte componente de interação pessoal que escapa aos limites de uma generalização ou de uma regra ou até de um planejamento concreto, e cuja eficácia somente poderá ser verificada post-factum. Esta característica do perfil dos formadores parece especialmente significativa no caso de aperfeiçoamento de professores em serviço, na medida em que já são profissionais e possuem um modelo alternativo de encerrar a aprendizagem e o ensino, já experimentado. Nossa reflexão pretende fornecer subsídios que constituem parâmetros de orientação da prática e que deverão ser necessariamente avaliados e interpretados, pelos responsáveis pela formação de professores, no contexto das possíveis escolhas concretas.

## A) O Que Fazer ?

Procuraremos aqui caracterizar atividades específicas, que nos parecem particularmente significativas para promover a competência profissional na perspectiva apontada.

### Competência Disciplinar

Refere-se ao domínio do conteúdo científico

Uma primeira observação refere-se à necessidade de um *esforço sistemático*, durante o desenvolvimento do currículo ou nas atividades de atualização em serviço, em *propor problemas científicos* que sejam *reconhecidos* pelos próprios professores, como *significativos* em relação à sua *atividade didática, futura ou atual*. Isso implica, por exemplo, no abandono, pelo menos como regra geral, das formulações abstratas das questões (Nachtigall, 1990), em favor da utilização abundante de problemas mais próximos da realidade ou capazes de despertar mais o interesse. Também a contínua reflexão sobre o nível de simplificação dos problemas que aparecem nos textos didáticos ou a apresentação de situações problemáticas sem a especificação inicial dos parâmetros relevantes (Gil et al., 1988) podem ser considerados exemplos significativos dessa tendência.

Um segundo ponto é a promoção de discussões sistemáticas sobre os *resultados das pesquisas* referentes às concepções alternativas e à mudança conceitual. Parece extremamente útil que o atual e o futuro professor conheçam detalhadamente, os *problemas* e os *testes* utilizados para a obtenção de informações sobre as concepções "erradas", as *respostas* mais comuns já encontradas, e as *atividades e estratégias* que possivelmente levam os estudantes a diferenciar suas expressões das concepções científicas (Hewson & Thorley, 1989). O foco dessa atividade de reflexão deve ser a percepção dos detalhes que diferenciam as duas maneiras de analisar um mesmo problema ou fenômeno, - a científica e a alternativa, - permitindo ao futuro ou atual professor se aperfeiçoar na capacidade de seguir o raciocínio dos estudantes e auxiliá-los no processo de aproximação ao conteúdo científico.

Um outro tipo de atividade particularmente eficiente no desenvolvimento da competência científica é a *produção, em grupo, de material didático*. Na elaboração de um texto didático, por exemplo, a partir das questões que continuamente surgem em relação a detalhes, os autores são forçados a aprofundar os assuntos, até poderem elaborar propostas que sejam consideradas satisfatórias. Esse nível de aprofundamento é atingido quando o professor, encarregado da elaboração final do texto ou de parte do mesmo, consegue dialogar com seus colegas de grupo, definindo os limites do conteúdo abordado, localizando sua estrutura e seus pontos essenciais e esclarecendo as questões que permanecem, para ele e para os demais colegas, não resolvidas. De maneira análoga, a produção de *experimentos didáticos* e

### *O Aperfeiçoamento da Competência...*

de *brinquedos instrutivos* ou a seleção de *textos históricos* ou de *softwares* sobre um determinado tema ou a *elaboração de problemas* a serem resolvidos, tudo isso remete, inevitavelmente, a discussões sobre o conteúdo científico envolvido e a seu aprofundamento no que diz respeito à prática didática.

Um outro ponto, mais especificamente relacionado com o currículo de formação científica do futuro professor, é sua estruturação de forma a que haja uma distribuição *equilibrada* entre conhecimento teórico, experimental e histórico-heurístico, permitindo aprofundamentos. Cada um desses aspectos pode ser o ponto de referência mais apropriado para a elaboração dos *pontos essenciais* a serem atingidos no trabalho de sala de aula e para a conseqüente estruturação da atividade didática. Em outras palavras, a competência científica do futuro professor tem que ser, tanto quanto possível, o resultado de uma escolha e de uma construção pessoal que lhe permita programar e reelaborar *planejamentos didáticos* pessoais.

### Competência Didática

Refere-se a organização das atividades que compõem o planejamento didático.

Podemos pensar a competência didática como o resultado do *monitoramento concreto*, por parte dos responsáveis pela formação ou atualização, do processo de *produção, execução e avaliação* dos planejamentos didáticos, elaborados pelos professores. Esta competência é construída a partir tanto do enfrentamento dos desafios envolvidos na organização de seqüências orientadas de atividades didáticas e na adaptação 'on line' das mesmas às características dos estudantes e à situação local, como da percepção continuamente renovada da imensa distância entre as expectativas iniciais e o resultado concreto alcançado na prática. O conhecimento teórico essencial, referente à didática das ciências, poderá ser explicitado e discutido principalmente durante o processo de análise e de avaliação final das experiências de cada professor. O resultado final deverá ser a elaboração progressiva de novos planejamentos com atividades articuladas e coerentes com a qualidade da aprendizagem pretendida.

Um segundo tipo de auxílio, capaz de melhorar o planejamento didático do professor, consiste em pô-lo em contato com inovações didáticas e metodológicas (Constable & Long, 1991). A promoção e realimentação de conflitos cognitivos (Dreyfus et al., 1990), o uso sistemático da História da Ciência na sala de aula (Matthews, 1994), a proposta sistemática de exemplos "âncora", (Brown & Clement, 1992), a utilização de estratégias gradualistas (Lemeignan & Weil-Barais, 1994), a introdução de um contrato de trabalho nos moldes da Assimilação Solidária (Baldino et al., 1991), o uso intensivo de experimentos de baixo custo, são exemplos de inovações que podem ser propostas e discutidas



com os professores de ciências. A tarefa principal dos coordenadores do aperfeiçoamento seria então encontrar os elementos críticos para a assimilação da inovação, promovendo a adaptação das atividades às consequências pessoais da proposta e favorecendo seu efeito duradouro.

Finalmente, para modificar a prática didática o professor deve passar pela tomada de consciência sobre seu progresso na elaboração do planejamento didático e sobre a correspondente mudança de perspectiva. Dentro de todas as atividades esta preocupação deve ser uma constante: o conhecimento acerca das concepções espontâneas dos professores a respeito de ensino e aprendizagem e das concepções que julgamos adequadas e coerentes com o construtivismo constituem balizas para a condução de tais atividades formadoras. A expectativa inicial dos professores com relação ao ensino, parece ser em geral, de encontrar atividades didáticas prontas que possam ser imediatamente executadas em sala de aula; após alcançada uma relativa segurança no conteúdo científico e alguma capacidade de atuar como fonte de informações e controle científico na sala de aula, os professores tendem a focalizar sua atenção para o planejamento de atividades adequadas às concepções dos estudantes, privilegiando seu papel de organizadores e planejadores com metas bem definidas e específicas do conteúdo científico. Numa etapa final, os professores percebem que sua função mais significativa é provocar, incentivar e sustentar o interesse dos estudantes para a aprendizagem, atenuando os empecilhos e os obstáculos mais desanimadores (Pacca & Villani, 1995). Consideramos importante enquanto fonte de motivação e de aprimoramento didático, que os professores se esclareçam sobre o significado destas mudanças, de forma que eles mesmos possam monitorar seu processo e incentivar seu progresso.

### Competência Dialógica

Constitui a meta mais difícil de ser alcançada.

Em primeiro lugar o processo de formação não poderá ser considerado esgotado com a formação básica, pois nela estará faltando não somente o aprofundamento de todas as problemáticas científicas e educacionais, apenas abertas durante os cursos da Licenciatura, mas sobretudo a reflexão sistemática sobre a *prática didática* exercida com plena responsabilidade (Gouveia, 1992; Pacca, 1994). Isso implica também que a Universidade não poderá isentar-se da responsabilidade de fornecer uma *assessoria* permanente e adequada aos professores em serviço que ela formou.

Em segundo lugar, os futuros professores necessitam *vivenciar*, ao longo de todo o currículo, uma interação dialógica com seus docentes e com seus colegas. Isso sugere que sejam valorizadas, durante todo o currículo, as atividades que envolvem o discurso dos estudantes: *debates* durante a resolução de problemas, *defesa* de trabalhos desenvolvidos,

*produção* por parte do estudante de um *diário*, endereçado ao professor, contendo suas reflexões e dúvidas, a *elaboração* de *relatórios* sobre atividades práticas desenvolvidas, a serem utilizados por colegas para melhorar sua eficiência. Também a resolução de problemas em pequenos grupos, supervisionados por monitores, trabalho sistemático de recuperação das pessoas com maiores dificuldades, discussões com os colegas que apresentam seus resultados na lousa, são atividades que podem ser utilizadas para promover a elaboração de razões e justificativas pessoais referentes ao conteúdo a ser discutido. A atenção de docentes e futuros professores deverá ser focalizada sobre o conteúdo explícito e implícito das justificativas proferidas em cada caso, inclusive nas contestações, e sobre a capacidade de convencimento dos modos de argumentar. Nos parece que uma vivência especialmente significativa para a formação da competência dialógica será constituída pela participação dos futuros ou atuais professores em *projetos de pesquisas educacionais*, nos quais a procura de informações por parte dos pesquisadores seja acoplada a devolução das mesmas para os sujeitos envolvidos com um auxílio para sua utilização no processo de crescimento cognitivo e afetivo. O importante é participar de alguma forma do clima de *reflexão* e de *abertura* para novas observações, normalmente associado à pesquisa e que se manifesta nas questões ou observações dos pesquisadores envolvidos, nas entrevistas ou questionários utilizados, nas análises elaboradas e sobretudo nos modos de raciocínio utilizados na condução da pesquisa.

Em terceiro lugar será importante a apresentação de exemplos e experiências didáticas que mostrem claramente que o diálogo efetivo entre professor e alunos não constitui um impecilho à aprendizagem destes, nem favorece a anarquia escolar. A discussão de trabalhos inovadores, sobretudo de orientação construtivista, têm mostrado um deslocamento da perspectiva do professor em relação a sua função: de fonte de informação e guardião da ortodoxia científica ele passa a ver-se como monitor do desenvolvimento intelectual e afetivo dos estudantes (Wood et al., 1991) ou como assessor no desenvolvimento de projetos (Duschl & Gitomer, 1991) ou como orientador das iniciativas científicas dos estudantes (Gil & Carvalho, 1992). O contato com estes trabalhos têm a função de permitir ao professor lidar com o medo e a ansiedade em relação ao abandono do modelo tradicional de ensino baseado na "transmissão" e a conseqüente possibilidade de perda de identidade institucional e social.

Finalmente uma outra maneira de fortalecer a intenção do professor em modificar sua relação com os estudantes consiste em discutir sua prática didática no que diz respeito ao papel assumido pelo aluno. Esta tarefa poderá ser desenvolvida tanto mediante o questionamento dos relatos dos professores sobre sua prática, quanto mediante a análise do comportamento dos professores em sala de aula a partir de gravações em vídeo. Atividades deste tipo poderão revelar ao professor as

características de sua prática efetiva e suas implicações no estabelecimento de um clima favorável ao diálogo. Em particular poderá ser estimulada a reflexão sobre o tipo de experiência à qual o professor está, implícita ou explicitamente, convidando seus estudantes: uma inovação pedagógica, uma experiência intelectual específica, uma nova visão de mundo, uma explicação nova de fenômenos do cotidiano, uma representação sintética das novas fronteiras ou perspectivas das ciências, uma compreensão de um processo histórico, uma nova perspectiva cultural, etc. Ter refletido sobre o que se está oferecendo aos alunos parece constituir o melhor ponto de partida para que se instale neles um sentido favorável ao envolvimento na experiência didática, e conseqüentemente ao seu aproveitamento.

## B) Como Fazer?

As considerações apontadas nos levam ao segundo desafio: como fazer com que os futuros ou atuais professores se envolvam nas atividades de um curso ou programa de formação, com a totalidade de suas energias intelectuais e de sua criatividade e assumam uma posição de responsabilidade, regulando suas ações de acordo com o conhecimento adquirido? Mais do que nunca a resposta a esse desafio depende da interação pessoal que se estabelece, no início e ao longo do processo de formação, entre os formandos e os responsáveis institucionais pela formação. Entretanto, a reflexão sobre as pesquisas e as experiências didáticas caracterizadas por significativos sucessos nos sugere algumas considerações provisórias a respeito de alguns cuidados, quanto ao clima ou ao modo de organização, que podem ser significativamente favoráveis ao envolvimento na aprendizagem ou à acentuação de seus efeitos.

a) O primeiro conjunto de sugestões refere-se à criação de um clima aberto, de entusiasmo, de reflexão e de aceitação.

Uma primeira sugestão, que parece indispensável para que os atuais ou futuros professores aceitem envolver-se intelectualmente nas atividades propostas e exponham-se ao risco de errar, é que o clima dos encontros seja dominado pela liberdade de expressão e o erro não seja considerado um evento desabonador para quem o comete, seja ele estudante ou professor (Wood et al, 1991). A prática sistemática de justificar as próprias intuições ou conclusões para convencer os outros colegas ou o coordenador, exige, de um lado, que soluções parciais, provisórias, incompletas ou até impróprias possam ser apresentadas e discutidas sem medo, pelo aluno e pelo professor, e, de outro lado, que ninguém tenha que aceitar nada se não estiver convencido, aumentando a responsabilidade de todos tanto de entenderem as razões dos outros e de produzirem resultados convincentes, quanto de posicionar-se frente ao conhecimento adquirido e aceito. Isso permite, inclusive, a exploração dos momentos de dificuldade, de conflito e de incerteza no processo de

articulação do conhecimento, sem constrangimento por parte dos futuros ou atuais professores.

Uma outra característica de um curso ou de um conjunto de atividades altamente favorável ao envolvimento dos participantes é o abandono, por parte do coordenador, de todo o apego a atividades rotineiras e a *manifestação do seu próprio envolvimento* na aprendizagem deles. Quando os participantes começam a perceber que o responsável pela formação adotou, como regra básica de sua ação didática, não medir esforços para encontrar novos meios ou novas situações favoráveis à aprendizagem da maioria, quase sempre o clima se modifica radicalmente e o interesse e a dedicação de todos a suas tarefas aumenta sensivelmente. Parece que de fato a adoção, por parte do professor, de atividades rotineiras, que tornam mais simples seu trabalho e exigem menor esforço sinaliza implicitamente o abandono de uma co-responsabilidade efetiva em relação ao sucesso ou fracasso da aprendizagem.

Finalmente uma última característica que gostaríamos de comentar é o fato de que um desejo ansioso de ensinar, por parte do coordenador, acaba afetando negativamente a aprendizagem dos participantes e que a melhor ajuda que lhes podemos lhes oferecer é uma atitude de espera de suas novidades. Expectativas demasiadamente altas ou precoces em relação aos resultados da aprendizagem constituem uma forma de pressão que tem como efeito o bloqueio ou o desvio do processo de genuíno desenvolvimento intelectual do futuro ou atual professor. O conselho para que permaneçamos abertos às surpresas de nossos estudantes ou participantes é particularmente apropriado quando tentamos dirigi-los para caminhos contrários ou diferentes aos de seus modos preferenciais de raciocínio. As surpresas reais que podemos esperar serão as maneiras estritamente pessoais de nossos atuais ou futuros professores organizarem suas idéias procurando incorporar os novos conhecimentos de modo que tenham o maior sentido possível para si mesmos.

b) Um segundo conjunto de sugestões refere-se ao estímulo para a progressiva responsabilização dos futuros ou atuais professores.

Um primeiro cuidado que parece acentuar o processo de responsabilização nas tarefas escolares é a participação dos mesmos na determinação dos trabalhos a serem desenvolvidos (Gil & Carvalho, 1992). Trata-se de uma troca de experiências e de interesses concreta que visa estabelecer um acordo básico entre os objetivos dos responsáveis pela formação e dos formandos. O resultado mais importante é uma efetiva abertura de diálogo e um início de conhecimento recíproco e de respeito. Em geral, se quem coordena as atividades não consegue convencer rapidamente os envolvidos de que as tarefas propostas são importantes para o futuro ou atual desempenho profissional dos mesmos, provavelmente essas tarefas não são tão essenciais quanto se acredita ou

elas devem ser precedidas de outras tarefas que abram os professores às perspectivas ou às informações que estão faltando.

Uma outra sugestão, altamente propícia para o envolvimento e a responsabilidade na aprendizagem, consiste em *vincular o trabalho dos professores, atuais ou futuros, a um projeto coletivo* desenvolvido em pequenos grupos, que tem a responsabilidade de atingir objetivos, por eles estabelecidos, num esquema semelhante aos grupos operativos. (Pichon-Rivière, 1988). Preparar um texto para os alunos ou para a discussão com os colegas, planejar um experimento, ministrar uma palestra para os colegas, preparar a participação numa mesa redonda, preparar um pequeno curso para um congresso, todas essas tarefas, quando desenvolvidas coletivamente, parecem incentivar grandemente o envolvimento dos professores. Entretanto a realização não ocorre sem dificuldades, como prevê a Teoria dos Grupos Operativos. Se houver uma identificação dos professores com o grupo e com suas metas, os estímulos dos colegas parecem fornecer uma motivação continuamente renovada para fazê-los permanecer nas tarefas buscando alcançar os objetivos possíveis.

Um terceiro cuidado extremamente importante para o envolvimento dos participantes consiste em estabelecer uma *relação de assessoria* com os mesmos, caracterizada por condições que permitam *suas tomadas de decisões* no que diz respeito à sua ação didática efetiva ou pontual. Mesmo no caso de cursos com metas de aprimoramento do conhecimento científico, deve existir um espaço no qual ele é considerado como profissional, responsável por suas decisões, e possa se ver como protagonista da sua mudança. A discussão sobre as decisões tomadas permite ao professor, de um lado, perceber que quase sempre *as escolhas consideradas erradas ou inoportunas podem ser corrigidas* e, de outro lado, *vivenciar pessoalmente os efeitos de aprendizagem* num clima de diálogo.

c) No caso da formação em serviço, algumas sugestões adicionais parecem particularmente eficientes.

Uma sugestão, que parece altamente promissora quanto à estimular o efetivo envolvimento intelectual e emocional dos professores é a *vinculação do projeto de formação em serviço com o lugar de trabalho: a escola*. Nessas condições seria possível atender a diferentes motivações que fomentam a participação: a melhoria das condições de ensino da escola, a articulação e integração dos laboratórios didáticos no processo de aprendizagem dos estudantes, o desenvolvimento de micro-projetos envolvendo uma ou mais classes, a possibilidade de projetos coletivos interdisciplinares, a troca constante de informações referentes aos alunos com os colegas, além da possibilidade de aperfeiçoamento pessoal.

Finalmente uma forma de atuação que, apesar de mais complexa, tem-se revelado de grande eficiência na formação do professor em serviço é sua *participação em projetos de formação de colegas* (Lawrenz & McCreath, 1988; Ross, 1990; Dion et al., 1994). Esta possibilidade,

evidentemente, exige um nível inicial significativo de competência profissional, por parte destes professores formadores (multiplicadores). Trata-se de uma opção a ser considerada somente após ter sido garantido um mínimo de aperfeiçoamento; entretanto, quando realizada, produz resultados positivos surpreendentes na performance do professor. A responsabilidade em formar colegas parece estimular todo o potencial intelectual e motivacional do professor, modificando sua auto-estima e a percepção de suas capacidades, ao mesmo tempo tirando-lhe a sensação de impotência e de baixo status social que tem caracterizado a profissão. A tomada de consciência sobre o valor e o potencial do planejamento de cada sessão, que deverá visar a prática pedagógica como um todo, é fundamental para que se estabeleça uma interação adequada e articulada construtivamente entre professores e multiplicadores.

### **Conclusões**

Concluindo, podemos dizer que, no Brasil, os professores precisam de um grande esforço e de muita ajuda até atingirem o limiar de uma profissionalização competente. Um programa de formação básica ou de atualização, se quiser produzir modificações essenciais construindo algo estável, tem que se preocupar em avançar simultaneamente em diferentes aspectos da formação de um professor de ciências para compor um perfil concretamente caracterizado pela competência científica, competência didática e capacidade de interação dialógica. Tal competência pode ser resumida em três atividades essenciais: aprender a ouvir seus alunos - extrair dos discursos dos mesmos os conteúdos relevantes para conduzir a aprendizagem na direção desejada -, aprender a fazer perguntas - estar inserido num contexto com problemas que se constroem, ampliando-se e aprofundando-se - e aprender a discutir sua prática (com seus colegas e assessores) - perceber seus limites, suas possibilidades de desenvolvimento, suas ambiguidades, deixando progressivamente o papel de mestre para incorporar o de assessor.

O desenvolvimento de nossas argumentações sobre a formação básica ou em serviço focalizou não somente as atividade que, em tese, facilitariam a aquisição da competência profissional, mas também o clima que, possivelmente, sustentaria o trabalho dos formandos e se constituiria como um exemplo vivo das maneiras de conduzir um programa de formação. Entretanto queremos reafirmar nossa convicção de que nossas sugestões, longe de constituir em regras de comportamento a ser seguido ou imitado, têm a função fundamental de ampliar o leque de opções à disposição dos formadores, que, na prática têm um tempo reduzido para se comprometer com as escolhas que lhes parecem mais adequadas ao momento.

## Referências Bibliográficas

- BALDINO, R.R.; CABRAL, T.C.B & BARBOSA, V.M. - 1991 - A survey of Solidary Assimilation Groups. *Trabalho apresentado no VII International Congress on Mathematical Education*. Canada.
- BROWN, D. & CLEMENT, J. - 1992 - Classroom teaching experiments in mechanics. In Duit, R.; Goldberg, F.; Niedderer, H. (Eds.) *Research in Physics Learning: Theoretical Issues and Empirical Studies*. IPN. Kiel (D). pp. 380-397.
- CONSTABLE, H. & LONG, A.F.- 1991 - Changing Science teaching: lessons from a long-term evaluation of a short in-service course. *International Journal of Science Education*, V 13(4) pp. 405-419.
- DION, S.; MARIANI, M.C.; PACCA, J.L.A. & VILLANI, A. - 1994 - *Reflexões sobre a atualização de professores em serviço*. Trabalho apresentado no IV EPEF, Florianópolis.
- DREYFUS, A.; JUNGWIRTH, E.; ELJOVITCH, R. - 1990 - Applying the 'Cognitive Conflict' strategy for conceptual change: Some implications, difficulties and problems. *Science Education*, 74(5), 555-569.
- DUSCHL, R.A. & GITOMER, D.H. - 1991 - Epistemological Perspective on Conceptual Change: Implications for Educational Practice - *Journal of Research in Science Teaching*, 28(9) 839-858
- GIL, D.; MARTINEZ-TORREGROSA, J. & SENENT, F. - 1988 - El fracaso en la resolución de problemas: una investigación orientada por nuevos supuestos. *Enseñanza de las Ciencias*, 6(2), 131-146.
- GIL, D.P. & CARVALHO, A.M.P.- 1992 - *Tendencias y Experiencias Innovadoras en la Formación del Profesorado de Ciencias*. Trabalho apresentado no I Taller Subregional sobre Formación y Capacitación Docente em Matemática e Ciências. Caracas
- GOUVEIA, M.S.F. - 1992 - *Cursos de ciências para professores de primeiro grau: elementos para uma política de formação continuada*. Tese de doutoramento. F. E. UNICAMP
- HEWSON, P.W. & THORLEY, N.R.: 1989, 'The conditions of conceptual change in the classroom', *International Journal of Science Education*, 11, 541-553.
- LAWRENZ, F. & MCCREATH, H.- 1988 - Integrating Quantitative and Qualitative Evaluation Methods to compare two Inservice Training Programs. *Journal of Research in Science Teaching*, V. 25(5) pp. 397-407
- LEMEIGNAN, G. & WEIL-BARAI, A. -1994 - A developmental approach to cognitive change in mechanics. *International Journal of Science Education*, v. 16(1), pp. 99-120.
- MATTHEWS, M.R.: 1994, **Science Teaching: The Role of History and Philosophy of Science**, Routledge, New York.
- MORIN, E. - 1994 -

- NACHTIGALL, D.K.- 1990 - What is wrong with physics teachers' education - *European Journal of Physics*, V. 11(1), pp. 1-14
- PACCA, J.L.A. - 1994 - **A Atualização do Professor de Física do segundo grau- Uma proposta.** Tese de Livre-Docência. F.E.U.S.P.
- PACCA, J.L.A. & VILLANI, A. - 1995 - *Um curso de actualización y cambios conceptuales en profesores de Física.* A ser publicado em Enseñanza de las Ciencias.
- PICHON-RIVIÈRE, E. - 1988 - **O processo Grupal.** São Paulo, Martins Fontes
- VILLANI, A. - 1995 - *A Competência Profissional do Professor de Ciências e Matemática e a Responsabilidade da Universidade em sua Formação.* ATAS do II Encontro Setorial de Graduação da UNESP. Lindoia. (em publicação)
- VILLANI, A. & PACCA, J.L.A. - 1996 - *Construtivismo, Conhecimento Científico e Habilidade Didática no Ensino de Ciências,* a ser publicado na Revista da Faculdade de Educação da USP.
- WOOD, T.; COBB, P. & YACKEL, E. - 1991 - Change in teaching Mathematics: a case study. *American Educational Research Journal*, vol. 28(3), 587-616.



## REVISTA CIÊNCIA HOJE DAS CRIANÇAS - COMO PROFESSORES A UTILIZAM EM SALA DE AULA

Guaracira Gouvêa de Sousa<sup>1</sup>; José Peixoto Pereira Filho<sup>2</sup>; Maria Cristina Leal<sup>3</sup>

1 - Museu de Astronomia e Ciências Afins/CNPq

2 - Departamento de Prática de Ensino, Universidade Federal Fluminense

3 - Departamento de Fundamentos Pedagógicos, Universidade Federal Fluminense

Para avaliar de que maneira a Revista Ciência Hoje das Crianças está sendo recebida, difundida e utilizada em sala de aula como recurso paradidático foi realizada uma pesquisa (1995) em escolas do Rio de Janeiro (5), Niterói (5), São Gonçalo (2) e Belo Horizonte (3) com professores/supervisores de 1º graus, bibliotecárias e estudantes. Também, foram realizadas três oficinas para 90 professores (1 RJ e 2 Niterói) sobre as formas de leitura e de uso da revista. Ao final, os professores responderam um questionário de avaliação. Os dados foram processados e analisados a partir das seguintes dimensões: conhecimento e distribuição da revista; qualidade editorial; uso na sala de aula e no trabalho escolar. Este trabalho apresenta os resultados oriundos das falas dos professores. A revista é utilizada por estes de forma diferenciada: como material de consulta; textos reproduzidos em xerox; leitura com as crianças em sala, empréstimo de revista e comentários sobre assuntos lidos. Assim, os professores a consideram útil como fonte para consulta, meio auxiliar de leitura, de expressão oral e de motivação. Consideram que a revista deva ser diversificada do ponto de vista de conteúdos e gráfico, não deva ser atrelada ao conteúdo programático de ciências e mais adequados para as 3ª e 4ª séries, apontaram algumas dificuldades nas experiências e artigos grandes não claros. Os professores das escolas públicas, que tem a revista somente na sala de leitura, distribuída pela FAE, assinalaram a dificuldade de cada aluno não ter acesso a um exemplar, o que ocasiona perdas nas possibilidades de uso. Vale ressaltar que mais importante do que a revista ser um bom e útil material paradidático foi a constatação que ela é um elemento inovador eficaz para a quebra de rotina das aulas.

### Introdução

No Século XX, tem-se presenciado uma penetração muito grande das aplicações tecnológicas dos resultados da Ciência no cotidiano das pessoas, seja por meio do uso de produtos e máquinas para a produção, para o lazer, para a aquisição de conhecimento, seja pela melhoria das condições de saúde e de vida da população.

Esse aspecto tem mobilizado a comunidade científica para discutir, criar e implantar projetos tanto na área de ensino de ciências como na de divulgação científica. Fundamentalmente a partir da década de 60, organizaram-se ações para melhorar o ensino de ciências nas escolas. Neste momento, ocorreram as grandes revisões curriculares, e por outro lado se expandiram os programas de divulgação científica, com a criação

de centros de ciências, museus interativos, publicações científicas, programas de rádio e televisão.

Na área de divulgação científica, as ações mais sistematizadas aconteceram na década de 80, com o surgimento dos museus interativos - Espaço Ciência Viva e Museu de Astronomia e Ciências Afins, ambos no Rio de Janeiro, Estação Ciência em São Paulo - e com a criação das Revistas Ciência Hoje e Ciência Hoje das Crianças.

A comunidade científica participou intensamente destas ações, e se apoiou na necessidade de, no mundo contemporâneo, ter acesso ao conhecimento científico ser um fator fundamental para a democratização, e portanto para o exercício da cidadania.

Nesse contexto foi lançada a Revista Ciência Hoje das Crianças, da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC). A revista tem caráter multidisciplinar e publica, sob as formas mais variadas, temas relativos às ciências humanas, exatas, biológicas e à cultura. As matérias são escritas por cientistas/pesquisadores que pretendem exercer, por via desse instrumento de comunicação, a produção de uma linguagem capaz de transmitir conhecimentos àqueles que estão sendo iniciados na ciência e na cultura arbitradas como legítimas. A revista se propõe a ser extra-curricular e ter uma circulação relativamente ampla (banca de jornal e assinatura). A partir da aquisição da revista pela Fundação de Assistência ao Estudante (FAE), ela passou a circular dentro das salas de aula da rede pública de ensino no Brasil, ganhando assim um caráter paradidático. Desde então vem se dirigindo a um público em fase de escolarização básica: crianças e adolescentes que freqüentam da terceira a sexta séries do primeiro grau.

Em 1995, foi realizada uma pesquisa em escolas do Rio de Janeiro (5), Niterói (5), São Gonçalo (2), Belo Horizonte (3), envolvendo 1682 estudantes de 2ª a 8ª séries do 1º Grau, 45 professores de turma e 9 de sala de leitura, para avaliar como a revista está sendo difundida e utilizada em sala de aula como recurso paradidático e sua qualidade editorial. Este trabalho apresenta os resultados da pesquisa oriundos das falas dos professores.

### **A Revista nas Escolas.**

Para investigar as formas de uso da revista foram elaboradas duas ações diferenciadas. A primeira estava relacionada ao uso da revista em sala de aula pelo professor de turma ou do uso da revista na sala de leitura e, a segunda, a oficinas (3) realizadas para professores sobre leituras em ciências e potencialidade da revista como material paradidático.

Na sala de aula os professores recebiam um conjunto de revistas e escolhiam livremente como utilizá-lo. Ao término da atividade respondiam questões durante uma entrevista sobre o conhecimento e distribuição da revista, qualidade editorial e uso na sala de aula

(dificuldades, facilidades, vantagens). Os professores da sala de leitura, onde a revista é recebida pela escola e guardada, respondiam as mesmas questões.

Durante as oficinas a revista era apresentada, analisada e os professores elaboravam em grupos um plano do uso da revista em sala de aula, depois expunham suas sugestões ao grupo e respondiam um questionário de avaliação da oficina e se sugeria que fizessem uma avaliação da revista.

A leitura das entrevistas indicou que o potencial da revista como material paradidático ficou evidenciado pelas diferentes formas de utilização realizadas pelos professores.

Os professores que conheciam e trabalhavam com a revista diretamente com as crianças, isto é, as crianças tinham acesso a revista em seu cotidiano escolar, a utilizavam como fonte de pesquisa, para produção de textos, como leitura livre, como fonte para tipos de experimentos e treinamento de leitura.

Alguns professores que também conheciam a revista reproduziam os textos da revista e realizavam trabalhos diferenciados com as crianças mas essas não manuseavam a revista.

Os professores que utilizavam a revista durante a pesquisa, isto é, não conheciam ou não a tinham utilizado antes, realizavam diferentes tipos de uso, tais como: leitura de um artigo e debate; escolha livre de artigo e apresentação para a turma; desenhos sobre um tema escolhido fazendo uma apreciação sobre o conteúdo; realização de jogos e experimentos.

É importante destacar que em um colégio público do Rio de Janeiro as crianças tinham a assinatura da revista por sala. A forma de uso da revista era de escolha da turma, as crianças podiam levá-la para casa e isso era estimulado pelos professores.

As seções mais utilizadas em sala de aula foram experimentos, jogos, artigos científicos, contos e poesias. Os conteúdos mais consultados são os textos sobre animais em extinção, seres vivos e meio ambiente. Em áreas como matemática costumava-se fazer uso de jogos, desafios e brincadeiras.

Os professores entraram em contato e passaram a conhecer a revista na escola, por meio de alunos, em cursos, por indicação de amigos, de diretor, na biblioteca e por último bancas de jornais. Isso significa que não há uma divulgação sistemática da revista pelos meios de comunicação. A maioria dos professores desconhecia que a revista era distribuída pela FAE.

Alguns professores fizeram sugestões para que se abordasse temas para estudantes maiores, publicassem artigos de História e Geografia, mas o restante foi unânime no sentido de não fazer modificações para adequá-la à sala de aula. Uma professora afirmou que a diversificação da revista é uma qualidade. "É bom que ela não seja curricular." Outra afirmou: "A revista deve ser do mundo e não da escola."

Os professores de sala de leitura das escolas onde a revista não era regularmente utilizada afirmaram que a revista é levada para casa, principalmente, pelos alunos que se interessam por Ciências. Os professores a utilizavam no preparo das aulas e os alunos destes procuravam a revista na sala de leitura.

As dificuldades de uso da revista em geral se deviam a impossibilidade de cada aluno poder dispor de um exemplar para trabalhar em sala de aula, seguida de referências ao vocabulário difícil, artigos extensos e experiências incompreensíveis.

A utilização da revista era, em sua maioria, de iniciativa do professor. Somente em duas escolas grupos de professores organizaram conjuntamente a aplicação da revista em sala de aula.

Nas oficinas participaram 105 professores sendo 31 de 1ª a 4ª séries; 56 de 5ª a 8ª e 18 do 2º Grau que apresentaram formas bastante diferenciadas dos usos da revista em sala de aula.

Algumas sugestões mereceram destaque: um grupo sugeriu discutir hábitos alimentares e valor nutritivo dos alimentos a partir do texto de algas comestíveis; outro a partir de um conto do naturalista Fritz Müller propôs estudar a flora e a fauna das localidades próximas da escola, classificá-las e expor os resultados em uma feira de ciências e um outro grupo ao trabalhar o tema papagaio, iniciou a aula contando piadas de papagaio, em seguida explorou o texto sobre papagaios contido na revista e para finalizar expôs as formas de classificação das aves.

### **Ciência Hoje das Crianças e a Rotina Escolar**

A análise dos dados da pesquisa mostra que quando professores têm acesso a um material de boa qualidade, criativo e lúdico, segundo a opinião deles, é possível criar ações pedagógicas estimulantes e facilitadoras da aprendizagem.

É importante salientar que os professores se apropriam da revista de maneiras bem distintas. Alguns simplesmente repetem formas tradicionais do uso do texto e da imagem, outros elaboram formas de articular relatos do cotidiano que expressam o senso comum e, por intermédio da revista, reconstruir com os alunos o discurso científico. Ainda, outros, deixando que os alunos leiam livremente a revista, proporcionam na sala de aula momentos de troca e desenvolvimento do discurso oral.

Pelos relatos dos professores o uso da revista em sala de aula quebra a rotina do trabalho escolar. Para Bourdieu o trabalho escolar é rotinizado e torna a cultura escolar homogeneizada e ritualizada. Assim, a revista pode desequilibrar o cotidiano escolar, romper com os tempos determinados dos rituais escolares.

No mundo urbano contemporâneo, os alunos estão imersos nas culturas de fora da escola, os bens culturais estão disponíveis principalmente para aqueles que podem adquiri-los. Articular as várias

culturas, isto é, conectar a cultura escolar a vida, é função da escola e assim será possível romper com a rotina escolar.

Quando os professores em sua maioria preferem a revista diversificada e não curricular estão considerando que a revista ampliará mais o universo cultural das crianças e possibilitará usos mais instigantes não sendo atrelada aos programas escolares. Isso não impossibilita seu uso em sala de aula, como os dados da pesquisa mostraram, mas sim estimulam práticas docentes mais criativas.

Assim, a distribuição mais ampla nas escolas da revista criaria possibilidades de renovação do cotidiano escolar.

### **Referências Bibliográficas**

- SIROTA, Régine. A escola primária no cotidiano. Porto Alegre, Artes Médicas, 1994.
- SNYDERS, George. Alunos Felizes. Reflexão sobre a alegria na escola a partir de textos literários. Rio de Janeiro, Paz e Terra, 1993.
- BOURDIEU, Pierre; PASSERON, Jean-Claude. A reprodução. Elementos para uma teoria dos sistema de ensino. 2ª ed., Rio de Janeiro, Francisco Alves, 1982.

## INOVAÇÃO E FORMAÇÃO DE RECURSOS HUMANOS: OPORTUNIDADE PARA A UNIVERSIDADE HOJE

Luiz Carlos Scavarda do Carmo

José Alberto dos Reis Parise

José Antônio Pimenta-Bueno

Maria Augusta Martins Davidovich

Therezinha Souza da Costa

Centro Técnico Científico (CTC) da PUC-Rio

### Resumo

O artigo apresenta os esforços do CTC da PUC-Rio em desenvolver um novo ensino da Engenharia. Os novos momentos econômico e cultural, que afetam a questão da educação, cidadania e trabalho destes novos tempos, são discutidos. Propõe-se um novo conceito de excelência na Universidade, voltada à formação de um profissional (engenheiro) de novo perfil. O projeto de re-estruturação do ensino da Engenharia (REENGE) da PUC-Rio é apresentado, assim como um breve relato das coalizões de instituições de ensino americanas.

### 1. Introdução

O presente momento econômico caracteriza-se por uma estratégia de mercados, em contraposição à estratégia de defesa, predominante na década de 80. Os novos mercados, permeados pelo setor de serviços, estão se tornando ávidos pela atividade de inovação. Este fato oferece grande oportunidade às Universidades, as quais poderão ter uma participação ativa neste momento, tanto através de seus esforços de pesquisa quanto através dos de formação de recursos humanos.

As Ciências Básicas e as Engenharias, em face de sua presença nos processos industriais modernos e do apoio que podem oferecer à inovação requerida pela sociedade de serviços, são áreas de conhecimento que estão sendo chamadas para uma séria renovação. Esta renovação é o início de uma mudança mais profunda da visão que a Universidade tem de sua própria missão hoje.

As mudanças econômicas, políticas e culturais, visíveis na década de 90, tiveram imediata consequência no desenvolvimento de novas práticas gerenciais do setor produtivo. A médio prazo, está se estabelecendo a necessidade de um novo profissional. A Universidade e os órgãos que financiam diversas de suas atividades são, em conjunto, os responsáveis pelos paradigmas de atuação dos professores / pesquisadores. Estas instituições precisam perceber que nos novos tempos existe, por um lado, a oportunidade da participação ativa nas mudanças, e, por outro lado, o risco dessas mudanças virem a ser impostas "de fora para dentro". Neste caso, a visão eventualmente reducionista da sociedade para com a missão da Universidade poderá ter riscos desastrosos para o seu futuro. A formação de um novo profissional

é, hoje, um dos mecanismos mais sólidos com que a Universidade pode servir à sociedade. Esta formação, entretanto, não pode desenvolver-se senão no ambiente inovador propiciado pela Universidade de pesquisa.

Pode-se mencionar, como esforço de mudança, as Coalizões ( "Coalitions" ) - solução americana para os anos 80 e 90 no campo do ensino de Engenharia. Estas coalizões são, parcialmente, o fruto de uma nova visão de futuro e da missão universitária apresentadas pelo National Research Council (NRC) e pela National Science Foundation (NSF).

## 2. Os novos momentos econômico e cultural

Novas tecnologias estão alcançando o mercado consumidor tão rapidamente que os períodos de obsolescência tornam-se cada vez menores. Os novos recursos tecnológicos reduziram a necessidade de mão-de-obra no setor industrial e estenderam a economia para níveis globais, obrigando os participantes do processo produtivo a encontrar nichos onde possam agir com alta competência. Os novos avanços tornaram as grandes estruturas obsoletas (Figura 1). A nova sociedade possui um núcleo industrial "enxuto" que funciona como uma "argamassa" de serviços que lhe confere uma competitividade sem precedentes. Estes serviços são, muitas vezes, prestados por pequenas empresas, responsáveis pela ocupação de um grande número de pessoas, das quais exige-se grande criatividade.

### Desenvolvimento de:

- Automação
- Telecomunicações
- Consciência Ambiental
- Recursos Informáticos

1990

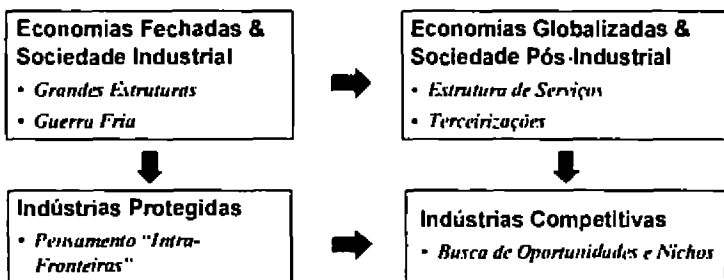


Figura 1- O novo momento econômico.

Os anos 80 e 90 viram o aparecimento de uma cultura, à qual associa-se o nome "pós-moderna". Figura 2. A nova cultura aceita a redução de tudo a mercadorias e do cidadão, a consumidor. A não aceitação do pensamento cartesiano foi seguida por um exacerbado misticismo. O estudante universitário é hoje parte desta nova cultura, e a compreensão deste fato é um dado para o desenho da *Nova Universidade*.

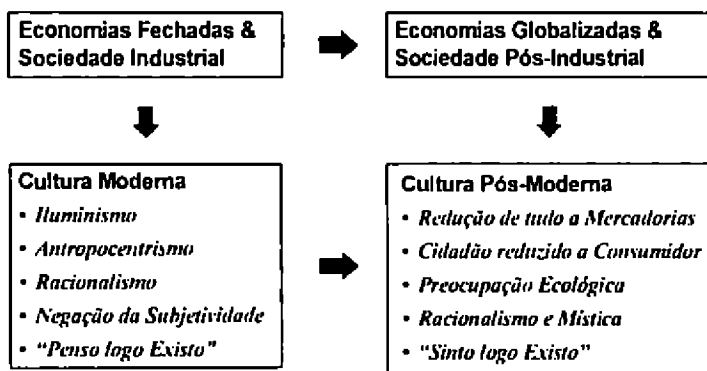


Figura 2- O novo momento cultural

### 3. A questão da educação, cidadania e trabalho nos novos tempos

A nova economia, fruto da substituição da estratégia de defesa pela de mercado, necessita alcançar um maior número de estratos consumidores. O novo ambiente econômico descobriu o indivíduo, ainda que reduzindo-o a consumidor. Na nova situação, Figura 3, a educação possui um aspecto econômico muito maior do que anteriormente, uma vez que os novos mercados são cada vez mais sofisticados. A educação passa a ser a chave do crescimento do mercado e da produção com qualidade.

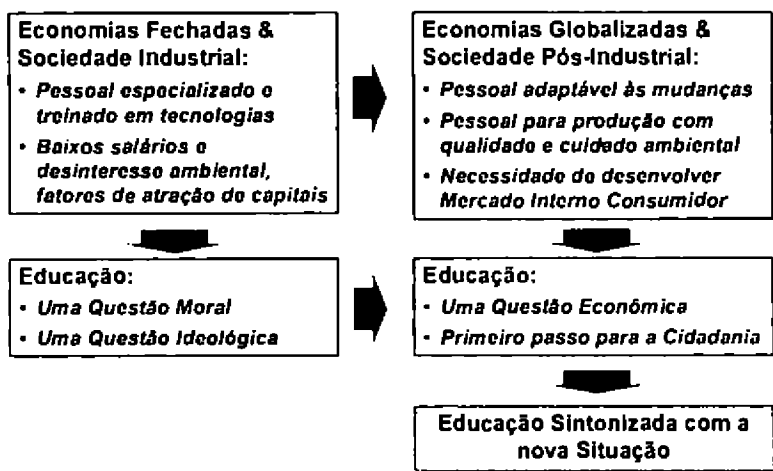


Figura 3 - a questão da educação nos novos tempos

A educação possui, inclusive, um forte efeito de "feedback" positivo: mais educação, mais sofisticado o mercado, e, portanto, mais a educação torna-se necessária. Os responsáveis pela educação, em qualquer nível,



precisam participar do esforço de corrigir o efeito da visão puramente mercadológica que reduz o cidadão a consumidor.

A paz social somente poderá ser alcançada se o conceito de cidadania for completamente absorvido pela população. O cidadão não se resume ao consumidor. Entretanto este tornou-se relevante para uma economia baseada em mercado. A Educação é hoje a chave da economia moderna pois define o consumidor. Enquanto as diferenças imputadas às minorias são o resultado de preconceitos, a diferença entre educado e não educado é real. As diferenças entre grupos étnicos, religiosos ou de culturas diversas são o resultado de pré-julgamentos e, por este motivo, são de difícil correção. As diferenças entre os que sabem e os que não sabem são reais, pois implicam em efetivas diferenças na capacidade de aproveitar oportunidades e se constituem, portanto, em uma ameaça ainda maior à democracia. Participar da correção destas diferenças é o primeiro passo para salvaguardar a cidadania.

Participar ativamente da recomposição dos primeiro e segundo graus é uma importante missão da Universidade, hoje, ao menos nos países em desenvolvimento. As ciências básicas têm grande possibilidade de apoiar a recapitação de professores de Ciências e de Matemática nos primeiro e segundo graus, em uma época em que a "alfabetização científica e tecnológica" passou a compor o conceito de alfabetização. Não é possível o desenvolvimento do conceito de cidadania sem o desenvolvimento de um programa nacional de educação, em todos os níveis, que efetivamente iguale as oportunidades.

A figura 4 apresenta dados relativos a diversos setores da força de trabalho para a sociedade americana. O gráfico mostra o que aconteceu com a força de trabalho daquele país na agricultura desde 1870 (empregando, então, quase 50% da força total de trabalho) até hoje (empregando agora menos de 2%), graças às revoluções da mecanização, química, genética e informática aplicadas a produção no campo. O declínio da força de trabalho na indústria e o crescimento na área de serviços parecem ser irreversíveis, e não podem ser subestimados pelos responsáveis pela formação de recursos humanos.

A alta produtividade alcançada pelos setores primário (agricultura) e secundário (indústria de manufatura) reduziu a necessidade de mão-de-obra intensiva e de níveis hierárquicos nos processos produtivos modernos, Figura 5. A nascente sociedade de serviço pode difundir a riqueza produzida por esses setores, através de iniciativas que requerem criatividade individual, contribuindo, portanto, para formar um mercado consumidor necessário ao equilíbrio econômico do sistema. O fordismo do início do século, que produzia consumidores a partir dos empregados da indústria, não encontra mais respaldo na sociedade de serviços. As atividades de educação e pesquisa ganham, portanto, uma importância sem precedentes.

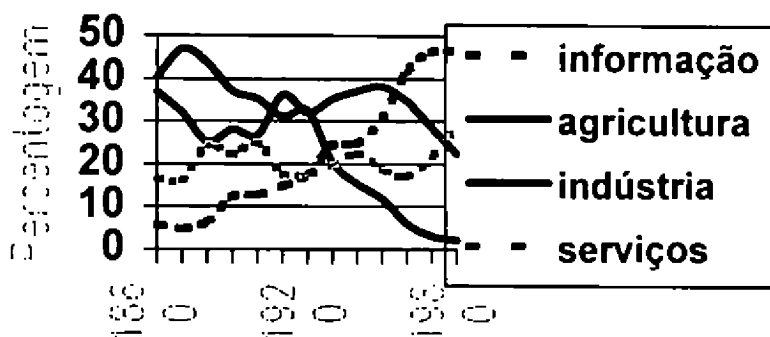


Figura 4 - Mudanças estruturais na distribuição da força de trabalho na sociedade americana (Bell, 1982).

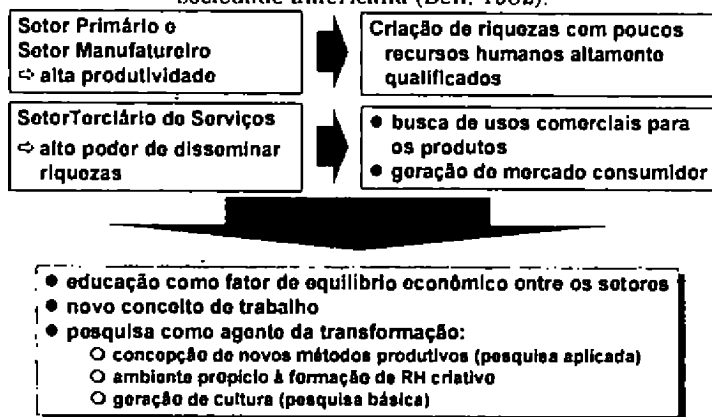


Figura 5- A questão do trabalho nos novos tempos.

#### 4. O perfil do novo profissional

O novo profissional precisa exibir diversas características mais sofisticadas e gerais do que previamente. Particularmente, precisa preparar-se para ser um empreendedor. Este novo profissional deverá apresentar, entre outras, as seguintes características: ser um "problem solver", um autodidata, apresentar larga base científica e cultural, possuir facilidade de expressão, apresentar um comportamento ético, possuir visão de mercado, atitude empreendedora e ser um líder. Com estas características poderá, com mais facilidade, se adaptar a mudanças de mercado, novas tecnologias e a novas situações propiciadas pela sociedade de serviços.

Algumas características, como a capacidade de trabalhar em grupo e de colaborar, têm sido muito pouco enfatizadas pelos nossos sistemas educacionais, que, na realidade, tem estimulado apenas atitudes de

competição. A necessidade de compreender o mercado, além de responder tecnicamente de forma competente, impõe novas exigências sobre o profissional que sobreviverá no século XXI. Particularmente, o profissional do século XXI deve olhar o novo como uma oportunidade e não como uma ameaça.

## 5. A excelência na universidade

O ambiente que prevaleceu do pós-guerra ao fim da guerra fria (1945 - 1990) estimulou, nos diversos países, o desenvolvimento de uma cultura (e até práticas comerciais!) voltadas para dentro. O ambiente mais aberto desta década não convive com aquela cultura e obriga práticas de grande conectividade com o mundo externo. As indústrias, ao precisarem responder à necessidade de competitividade internacional, precisaram mudar "olhando para fora". Da mesma forma, o conceito de excelência no ambiente universitário esteve sempre ligado a qualidade, eficiência e eficácia. Precisa hoje, entretanto, ser estendido à necessidade de compreender tanto a relevância de certos temas quanto sua conectividade com necessidades externas. A interdisciplinaridade, a interação com o setor produtivo, a liderança no repensar o momento atual e o apoio a problemas sociais são exemplos de conectividade que precisam ser aceitos como parte integrante do conceito de excelência. Três, portanto, são as novas dimensões da excelência na Universidade: qualidade em todos os processos, eficiência junto a eficácia e relevância com conectividade.

### 5.1 Coalizões Horizontal e Vertical

A interação interna entre os diversos segmentos da Universidade, em particular entre a graduação e a pós-graduação, permite a existência de um fluxo "vertical" de informações e atitudes que enriquecem a missão da Universidade. Permite, em particular, que a inovação propiciada pela pesquisa na pós-graduação permeie todos os níveis da Universidade. A extensão da coalizão vertical, Figura 6, aos níveis de ensino pré-universitários redesenha os mecanismos de ensino e pesquisa de forma a atender novas necessidades, como a recapacitação de professores (especialmente de ciências e matemática). A extensão da coalizão vertical ao setor produtivo constrói mecanismos de formação de pessoal mais sintonizados com as reais necessidades atuais e desenvolve temas de pesquisa aplicada com interesses locais. Esta extensão redesenha também novas formas de participação social, como o estabelecimento de processos de recapacitação de profissionais *seniors*.

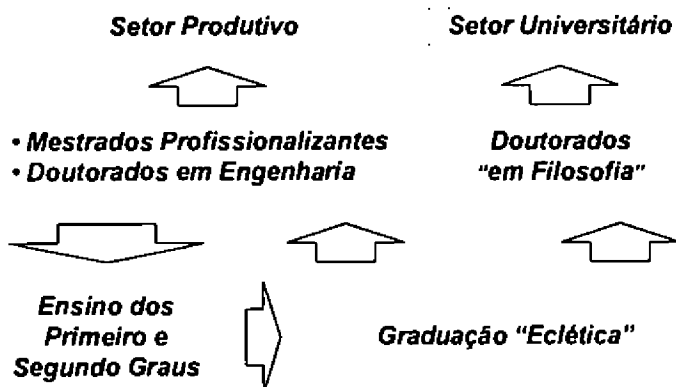


Figura 6- A coalizão vertical na Universidade.

A Universidade, para responder aos problemas suscitados pelo mercado ou pela demanda social, precisa construir uma coalizão interna "horizontal", Figura 7, desenvolvida a partir da permeação das paredes interdepartamentais. As atividades intradepartamentais, representadas pelos departamentos tradicionais, respondem às necessidades de desenvolver e difundir a cultura. Estas importantes atividades suportam o conceito do "balcão" das agências de fomento a pesquisa com a visão de demanda individual ou de pequenos grupos.

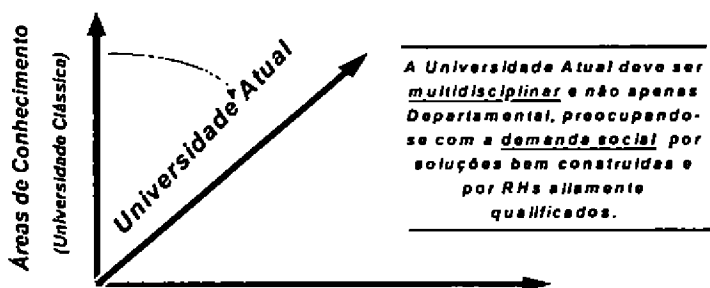


Figura 7 - A coalizão horizontal na Universidade

Para atender, entretanto, a todas solicitações externas, a Universidade Atual não pode manter exclusivamente seu perfil tradicional. A Universidade não pode, por outro lado, reduzir-se a mera entidade prestadora de serviços, o que ocorreria se o eixo dos problemas dominasse as atividades universitárias. Os conceitos de coalizão vertical e horizontal são complementares, e ambos levam a Universidade a preparar-se para interagir com um ambiente muito mais elaborado e sofisticado. As agências financiadoras precisam incorporar os aspectos de demanda social e de mercado ao de atendimento ao balcão da demanda interna.

## 5.2 As Duas Raízes da Universidade

A Universidade moderna, que construiu uma coalizão interna através de práticas interdisciplinares e externa através da aproximação com o setor produtivo e os demais setores educacionais, estará pronta para exibir suas duas raízes, a saber:

- Raiz não local e atemporal.** Esta lhe deu origem e lhe garante a universalidade, impressa em sua etimologia. Trata-se da Universidade gerando e disseminando cultura.
- Raiz local e temporal.** Trata-se, neste caso, da Universidade preocupando-se com problemas locais e atuais. Será esta raiz a que tornar-la-á o centro da busca por soluções dos problemas efetivos da sociedade.

## 6. O projeto Reenge no CTC da Puc-Rio

A FINEP, a CAPES, o MEC - SESU e o CNPq criaram o programa PRODENGE para o desenvolvimento da Engenharia Nacional. O PRODENGE possui dois sub-programas: o REENGE, que é a vertente de ensino, e o RECOPE (redes cooperativas) que é a vertente de pesquisa. A Figura 8 resume o esforço do programa REENGE no CTC da PUC-Rio.

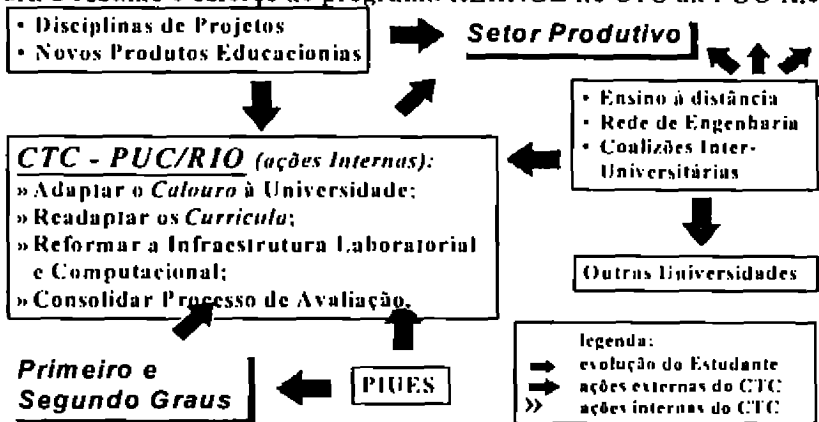


Figura 8 - O projeto REENGE na PUC Rio (1996-97)

No momento, 45 escolas de Engenharia participam do programa REENGE, e o esquema acima (Figura 8) representa a proposta do CTC da PUC-Rio. O PRODENGE estimula a interação inter-universitária e as coalizões horizontais e verticais bem como ações junto ao segundo grau.

A proposta da PUC-Rio para o programa REENGE pretende aumentar a interação entre os departamentos, em particular os de engenharia, e o Ciclo Básico. No caso da PUC-Rio, a interação entre a graduação e pós-graduação tem sido grande, mas pretende-se que nela se desenvolvam aspectos interdisciplinares. Pretende-se devolver cursos *hands-on* que deverão introduzir o hábita da engenharia no início da vida do estudante. A interação com o setor produtivo faz-se sentir na pós-graduação pela pesquisa em colaboração, e na graduação através de

cursos *hands-on* e de programas de tutoria semelhantes aos da CAPES, mas com financiamento da iniciativa privada.

Cursos de empreendedorismo estão sendo desenhados, e pretendem inculcar no estudante a idéia de ser, ele mesmo, o vetor de seu desenvolvimento. A idéia de empreender implicará no desenvolvimento de visão mercadológica e em noções de gestão da tecnologia. Não é possível desenvolver a formação de pessoal com as características apresentadas senão em ambiente de inovação que somente as atividades de pesquisa proporcionam. O ambiente de pesquisa é, portanto, essencial para o desenvolvimento de novos processos e técnicas que permitem, inclusive, a criação de pequenas empresas de base tecnológica. A atividade de pesquisa ganha, assim, uma missão clara no ambiente de pós a guerra fria.

A formação de recursos humanos na área de engenharia não pode ser realizada sem um componente científico forte. O "know why", necessário nos dias de hoje, implica em formação científica sólida. O conhecimento do "know how" é, no fundo, um conhecimento de tecnologias, estas rapidamente cambiantes.

A nova engenharia depende da liderança da área de ciências básicas para a compreensão da importância destas na formação do estudante de engenharia. Entretanto, as áreas de ciências básicas dependem de forte interação com as áreas de engenharia para que imprimam, no ciclo básico, aspectos de tecnologia atual que levem ao estudante de engenharia uma visão de objetividade nos cursos básicos. O Departamento de Física da PUC-Rio é membro ativo do programa REENGE.

## 7. "University Coalitions" - a solução americana

A importância da Engenharia para o desenvolvimento industrial é óbvia. A relevância da sintonização dos cursos de engenharia com o novo momento econômico foi reconhecida pelo governo americano através de uma *action agenda* da *National Science Foundation* (NSF, 1995) que seguiu um conjunto de diretivas propostas pelo *National Research Council* (NRC, 1995). A semelhança com o problema brasileiro decorre, por um lado, da globalização da economia, mas por outro lado, é também o resultado de deficiências no ensino fundamental. As "coalitions" já estão sendo avaliadas, e esta solução para as engenharias tem sido muito discutida no momento. Entretanto, alguma forma de coalizão inter-universitária já é, provavelmente, um passo sem volta no futuro próximo. Da mesma forma, a participação de instituições de Ensino Superior e Laboratórios de Pesquisa junto ao *K-12* (do jardim de infância ao segundo grau) parece irreversível.

Existe uma grande possibilidade de aproximação das Universidades americanas com as brasileiras. O *Program Committee* da *International Conference on Engineering Education* (ICEE-1997)

pretende organizar uma reunião bi-lateral (americana e brasileira) em Carbondale - Illinois após aquela conferência (14 e 15 de agosto de 1997).

## 8. Conclusões

A motivação por mudanças se deve, por um lado, ao rápido desenvolvimento de tecnologias disponíveis e à velocidade com que estas se difundem nos processos industriais, exigindo profissionais em engenharia com sólido conhecimento científico, capazes de atuar em problemas novos. Por outro lado, as técnicas de automação levaram à redução da dimensão das empresas e pessoal nos processos industriais. A presente sociedade pós-industrial oferece oportunidades na área de serviços a profissionais criativos com visão de mercado. A estratégia de mercado, substituindo a estratégia de defesa, característica do pós-guerra, exige o crescimento do número de consumidores e de prestadores de serviços. Um sistema educacional atual precisa ser sistêmico e qualificar grande número de pessoas, do primeiro ao terceiro grau.

A abertura dos mercados implica na abertura da visão das atividades de ensino e pesquisa em Física. O ensino, através da necessária presença da Física na formação de profissionais, em sua maioria não físicos. A pesquisa, por desenvolver o conhecimento científico que permeia a compreensão das tecnologias emergentes, e por manter o ambiente de criatividade que forja futuros profissionais. A proposta de um novo curso de engenharia foi aqui apresentada, incluindo esforços de interação com o segundo grau e com o setor produtivo. A universidade de pesquisa, conclui-se, é a única que pode, dentro de nova visão, satisfazer as necessidades de geração e difusão da cultura que se desenha para o próximo milênio.

## APLICAÇÃO DO MODELO P.S.H.G. NA AVALIAÇÃO DO LABORATÓRIO DE FÍSICA COMO FERRAMENTA DIDÁTICA NO ENSINO DE 2º GRAU

Francisco Cordeiro Filho<sup>1</sup>  
Sérgio Tobias da Silva<sup>2</sup>  
Antonio Julio Barreira Neto<sup>3</sup>  
Levilaam Rodrigues de Lima<sup>3</sup>  
Alexandre Renato Horta Costa<sup>3</sup>

1- Departamento de Didática da Faculdade de Educação da UFRJ

2- Coordenador de Física do 2º grau do Colégio Santo Inácio

3- Licenciandos de Física pelo Instituto de Física da UFRJ

O estágio supervisionado desenvolvido em instituições de ensino de 2º grau, propiciou na Prática de Ensino uma comparação dos desempenhos dos alunos de turmas de mesma série, submetidas à programas semelhantes. Foram introduzidos conceitos básicos da Física: (a) grandezas físicas, (b) medidas físicas e (c) unidades, sendo em duas instituições por procedimentos de laboratório que instigavam o aluno a descrever matematicamente uma série de fenômenos simples da Física, como a queda de areia em uma ampulheta, a deformação de uma mola e o deslocamento de um móvel ao longo de um plano inclinado de atrito desprezível. Na terceira instituição, os conceitos citados foram trabalhados sem recursos experimentais, utilizando-se apenas a exposição oral e material de apoio impresso. Consideraram-se as concepções prévias dos alunos sobre as prováveis relações entre as grandezas envolvidas e sua confrontação com as concepções científicas aceitas à nível de 2º grau. Foi utilizado neste estudo o modelo P.S.H.G. fundamentado na Teoria de Mudança Conceitual que a partir do levantamento das pré-concepções dos alunos provocou a discussão sobre eventuais contradições que estimularem a insatisfação dos indivíduos com suas crenças, confrontando-os com a possível inteligibilidade, plausibilidade e fecundidade das novas concepções adquiridas. A partir de questionários com perguntas abertas, fez-se um levantamento das concepções alternativas dos alunos e sua categorização de acordo com um critério, classificando-as a partir de representações pré-aristotélicas até aquelas conceituadas pós-congresso Solvay. Todos os encontros foram registrados a partir não só dos depoimentos dos alunos ao longo das discussões como também dos questionários propostos após a intervenção laboratorial e/ou das aulas regulares, no caso do grupo de controle. Constatou-se diferenças significativas nos desempenhos obtidos nas turmas que contaram com o apoio laboratorial em relação às que não o tiveram.

Segundo pesquisas realizadas por Mc Dermott (1984 e 1990), Reif (1987) e outros, as dificuldades de compreensão dos conceitos básicos da Física por parte de alunos do 2º grau, professores e mesmo especialistas nesta área estão relacionadas com o fato de que os indivíduos, antes de ingressarem na escola, já possuem sólidas concepções sobre os fenômenos



da Natureza, construídas através de uma contínua interação com o ambiente natural e social. Essas representações adquirem elevado grau de significação e caso não sejam identificadas em sala de aula, podem dificultar a aprendizagem de novos conceitos, criando muitas vezes a coexistência de dois tipos de concepção: uma para ser utilizada na escola - a concepção científica - e outra na vida - a concepção alternativa.

Viennot (1979) percebeu que essas concepções prévias, que os autores chamam de alternativas, são extremamente resistentes à mudança e que a dificuldade na construção dos conceitos da Física está relacionada com a incapacidade de alguns indivíduos evoluírem das concepções alternativas para as científicas, não se verificando assim, a aprendizagem, ou seja, a mudança conceitual.

Autores ligados ao ensino da Física - área em que se concentra a maior parte dessas pesquisas - têm elaborado modelos de ensino visando à mudança conceitual, ou seja, a passagem das concepções alternativas para as concepções científicas. Dentre esses modelos, o mais frequentemente citado pela literatura ficou conhecido como modelo P.S.H.G., por ter sido elaborado por Posner, Strike, Hewson e Gertzog (1982).

Hewson e Hewson (1988) afirmam que, para que possam utilizar os dados provenientes das pesquisas sobre concepções alternativas e mudança conceitual, os professores precisam assumir uma posição construtivista no que se refere ao processo de aprendizagem, ou seja, a de que os alunos constroem ativamente seus novos conhecimentos. Nessa perspectiva, este estudo procurou resgatar o papel do laboratório de Física como ferramenta didática poderosa, no ensino de 2º grau, para provocar a mudança conceitual.

O estudo teve como objetivo inicial comparar a aplicação de uma estratégia baseada no modelo P.S.H.G. com a utilização de laboratório ou apenas exposição oral no ensino de Física no 2º grau.

A pesquisa foi realizada em três instituições: duas públicas e uma particular, em turmas de 1ª série do 2º grau submetidas a programas semelhantes.

Foram levantadas, através de perguntas abertas e testes estimulados, as concepções alternativas dos alunos sobre: (a) grandeza física; (b) medida física; e (c) unidades. Os resultados em todas as turmas se caracterizaram por: (I) ausência total de respostas; (II) citação de fórmulas matemáticas; (III) expressões numéricas de supostas medidas, muitas vezes com unidades equivocadas ou inexistentes; (IV) referências a significados bem diferentes dos conceitos científicos; e (V) respostas recorrentes a propriedades mensuráveis.

A partir da análise desse material, foi percebida a importância e a necessidade de se propor aos alunos situações concretas de fenômenos que permitissem a realização de observações para a identificação da presença de propriedades mensuráveis que os levassem, sem uma predisposição inicial, à construção de uma relação entre elas.

A pretensão inicial de abrir-se mão de uma ação laboratorial para a aprendizagem teve que ser abandonada, na medida em que percebeu-se a impossibilidade de promover a mudança conceitual sem que os alunos tivessem a possibilidade de experienciar a manifestação concreta das grandezas envolvidas. Nas escolas públicas, carentes de laboratório, tentou-se suprir essa necessidade com o empréstimo de equipamentos e a construção de materiais de baixo custo.

Dentre as atividades desenvolvidas, cabe destacar a que propunha a constatação das deformações sofridas por uma mola submetida a diferentes forças. Os alunos de um modo geral não conheciam a proporcionalidade entre as grandezas envolvidas. Alguns acreditavam até numa "provável aleatoriedade" do comportamento a mola. A medida que eram anotados os valores das massas aferidas e dos alongamentos da mola, perceberam a possibilidade de se estabelecer uma relação confiável. A utilização de escalas na construção de gráficos, proporcionou a descoberta de uma linguagem que expressava a relação percebida diretamente no aparato. A turma que não teve oportunidade de uma ação laboratorial, teve grande dificuldade inicial para entender o comportamento elástico de um corpo - os exemplos da bola deformada po ocasião de um impacto, ou de um elástico sujeito a um esforço ajudaram no reconhecimento de uma reversibilidade do processo de deformação, mas ainda assim haviam dúvidas sobre uma relação de proporcionalidade entre a deformação e a força. Num outro momento, já com a utilização das molas, chumbinhos (servindo como massas aferidas) e réguas, conseguiu-se elaborar em papel quadriculado, escalas que traduziam as mensurações necessárias para a construção da proporcionalidade.

A importância do trabalho acima descrito teve desdobramentos como a busca de um significado físico para o valor da constante de proporcionalidade da Lei de Hooke. Foi questionado se o valor obtido era meramente um resultado numérico ou se poderia ser considerado como uma grandeza física, isto é, uma propriedade do corpo elástico mensurável e que propiciaria distinções de comportamentos observáveis. Não foi difícil atingir conclusões do tipo: "a mola mais macia/dura tem essa constante mais baixa/elevada".

Numa outra situação em que os alunos foram solicitados a relacionar comprimento e tempo, alguns deles consideraram impossível essa relação na medida que fenômenos que envolvessem deslocamentos, não teriam necessariamente compromissos com algum tipo de periodicidade como o que é atribuído ao relógio.

Para elucidar essa concepção, foi proposta a observação da altura de areia acumulada em um tubo prismático caindo de um pequeno reservatório dotado de um orifício, e o tempo decorrido. Foi possível a construção de um gráfico que demonstrou a proporcionalidade direta entre as duas grandezas anotadas. A visualização do alinhamento dos pontos obtidos na correlação cartesiana entre as grandezas medidas instigou os alunos a fazerem analogias com outras situações como a da

força elástica e do alongamento da mola ou ainda os deslocamentos de móveis em movimento uniforme e uniformemente variado e os tempos decorridos. Criou-se aqui um clima de debate sobre a representação matemática dessas relações, sua semelhança e o poder de antecipar outros valores através dessa linguagem. Nas turmas que não tiveram acesso ao laboratório desde o início, as dificuldades foram acentuadamente maiores, uma vez que as tentativas de interpretação gráfica e de análise puramente matemática tornaram-se abstratas demais. Para recuperar o nível de compreensão dos alunos foi construído um pequeno aparato com um tubo plástico transparente, contendo óleo e no qual se podia acompanhar a passagem lenta de uma gota d'água. A passagem da gota pelo óleo, controlada junto a uma régua graduada produziu um efeito semelhante ao do experimento anterior.

Ao longo do processo, foi constatada a necessidade constante da concretização de situações através de experimentos simples. Por mais que fosse tentada a explanação, utilizando apenas o quadro de giz e argumentos verbais, não se conseguiu resultados satisfatórios antes de ser introduzida uma situação experimental.

Os resultados do presente estudo parecem indicar a permanente necessidade de elaboração de experimentos simples no decorrer das aulas, capazes de proporcionar a construção de conceitos básicos da Física a partir das concepções prévias dos alunos. Nas instituições que não disponham de laboratórios, cabe ao professor não só estar atento às representações que os alunos já trazem, mas além de não desprezá-las, tentar construir modelos de baixo custo que promovam a compreensão das relações que se tornam necessárias à descrição dos fenômenos observados.

Deve ser enfatizado que um fator decisivo para o sucesso do presente estudo foi a interação sempre presente entre os licenciandos e o professor responsável tanto pela Didática Especial como pela Prática de Ensino de Física.

### Referências Bibliográficas

- Mc Dermott, L. A perspective on teacher preparation in Physics and other sciences: the need for special science course for teachers. American Journal of Physics, 58 (8), August 1990, 734-742.
- Mc Dermott, L. Research on conceptual understandings in Mechanics. Physics Today, American Institute of Physics, vol. 22, 1984, 24-42.
- Posner, G. J.; Strike, K. A.; Hewson, P. W. & Gertzog, W. A. Accomodation of a scientific conception. Toward a theory of conceptual change. Science Education, 1982, 66 (2), 211-227.
- Reif, F. Instructional design, cognition and technology: applications to the teaching os scientific concepts. Journal of Research in Scientific Teaching, vol. 24, n.4, 1987, 309-324.

- Hewson, P. W. & Hewson, M. G. A. B. An appropriate conception of teaching science. A view from studies of science learning. Science Education, 1988, 72 (5), 597-614.
- Viennot, L. Le raisonnement en dynamique elementaire. These de Doctorat D'État Presentée à L'Univcrsité Paris VII, 1979.

## A INTRODUÇÃO DA FÍSICA MODERNA NO 2º GRAU : OBSTÁCULOS E POSSIBILIDADES

Antonio José Camargo

Departamento de Física - Universidade Estadual de Ponta Grossa

O tema central deste trabalho é investigar a possibilidade de inserção da Física Moderna no 2º grau, a partir de uma consulta a professores da Região de Ponta Grossa-PR, com relação a sua prática didático-pedagógica e suas reflexões sobre o tema em foco. A proposta é construída a partir das necessidades teóricas, da consulta a docentes, da análise bibliográfica de diversos livros didáticos que incluem o assunto pesquisado e da análise crítica de documento da SEED/PR. Reflexões conceituais sobre a grandeza "tempo" e sobre "dualidade onda-partícula", são contribuições que pretendem viabilizar a proposta. A pesquisa é qualitativa, de cunho etnográfico. Apoiado em autores da epistemologia, história e filosofia da ciência e em pesquisadores de Física /CN, justifica-se as questões da pesquisa. Utilizava-se da experiência da dupla fenda, como elemento desencadeador das reações cognitivas, servindo-se de uma fonte laser de uso corrente, bem como de suporte e lâminas idealizadas para este fim. Acompanham fotos do experimento e de alguns usos desta opteira. Indica-se alguns caminhos que viabilizarão a inserção dos conhecimentos de FM e Contemporânea a nível de 2º grau.

### A experiência de Thomas Young - (1801)

Como parte da organização do conhecimento e meio de provocar questionamentos sobre a natureza da luz, escolhemos a desequilibrante experiência de Young.

Apesar de estarmos há quase duzentos anos da sua primeira execução, esta experiência ainda suscita dúvidas e diversas interpretações.

Tomamos como exemplo um artigo, em que Jener B.B. e Antônio F. Siquiera, refutam um artigo de Marcelo A. Monteiro, quando este se referindo ao experimento da dupla fenda, escreve: "este é o terreno da total incognoscibilidade: não existe nenhum meio de saber o que realmente acontece". (MONTEIRO, 1990, p.159)

Os refutadores da posição de Monteiro, alegam que ele ao tomar posição filosófica agnóstica, apenas acompanha a Escola de Copenhagen-Göttingen, esquecendo-se de considerar outras tendências, defendidas por físicos de prestígio considerável no meio científico como Bohm, Bunge, Margenau, Landé, Selleri, Vigler e Bell.

Escolhendo três posturas distintas, analisam-se as peculiaridades de cada tendência: a de um realismo não-dualista do tipo corpúscular, a do não realismo dualista, baseado na exclusão mútua constituído pelo

“Princípio da Complementaridade (Escola de Copenhagen), e a do realismo dualista objetivo que segue a trilha de Einstein e de De Broglie.

Nessa experiência o feixe que sofre a interferência é de elétrons monoenergéticos.

As três situações são analisadas, probabilisticamente, concluindo os argumentadores que a teoria mais satisfatória é a do realismo dualista objetivo, por permitir, “[...] tornar inteligível e absolutamente compreensível todos os aspectos do experimento da dupla fenda e no contexto da lógica distributiva”.(SIQUEIRA & BASTOS, 1993, p. 156)

Ao concluírem o texto, assumem posição radicalmente contrária à Escola de Copenhagen, por entender que esta, ao lançar princípios como o da “Complementaridade”: “...esconde conseqüências de profundo teor obscurantista” (SIQUEIRA & BASTOS, 1993, p. 161).

Acreditando que a exploração de um fenômeno físico, através das diversas interpretações, por diferentes escolas, possa contribuir para uma escolha em que a criatividade, a crítica e o bom senso sejam prioridade.

O nosso argumento experimental localiza-se na experiência da dupla fenda, nos moldes daquela proposta por Young, em 1801, com as seguintes adaptações:

1. A fonte não será o sol e sim uma ponteira laser, monocromática, constituída por um diodo laser, de comprimento de onda, entre 660 nm e 680 nm, de cor vermelha e potência 5  $\mu$ W.

2. As fendas não serão buracos em uma cortina e sim espaços produzidos pela aproximação de duas giletes<sup>3</sup>, em que posteriormente entre elas será fixado um fio de linha, que repartirá a fenda em duas outras.

3. Utilizaremos um suporte por nós projetado e construído com a ajuda de um acadêmico<sup>4</sup>.

4. Os padrões de interferência foram fotografados<sup>5</sup> e anexados ao trabalho.

## Experiência da Dupla Fenda de Young - Dedução da Expressão de Young

Algumas aproximações são feitas:

1. Pela pequena distância entre fontes ( $S_1$  e  $S_2$ ) e pela considerável distância ( $S_1P$  e  $S_2P$ ), admite-se que esses segmentos bem como AP são paralelos.

Assim, pelo princípio de que perpendiculares entre si formam ângulos iguais, o ângulo  $AS_2B$  é igual a 0.

2. Novamente, aceitando que  $S_1P$  : AP e  $S_2P$  estão paralelos, a diferença  $r_1 - r_2$  será dada em função do espaçamento entre as fendas (a).

---

<sup>3</sup> Técnica sugerida pelo professor André Briuatti, do Departamento da UEFG.

<sup>4</sup> Jeferson Luiz Woiczulz, acadêmico do 2º ano da Licenciatura em Química da UEFG.

<sup>5</sup> As fotos foram realizadas por Leonel B. Monarstiske, Kelly e Raquel.

$$\sin \theta = r_1 \cdot r_2 / a \quad \therefore \quad r_1 - r_2 = a \sin \theta$$

3- Considerando que  $\theta$  é um ângulo tão pequeno que  $\sin \theta$  e  $\tan \theta$  são aproximadamente iguais, temos:

$$\sin \theta = \tan \theta = x/D$$

O valor de  $r_1 - r_2 = a \sin \theta$ , substituindo o valor do  $\sin \theta$  por  $x/D$  vem:  $r_1 - r_2 = a \cdot x/D$

Sabendo-se que na equação de onda a condição necessária para que haja interferência construtiva é que a diferença de fase entre as ondas tenha por valor um número inteiro de comprimentos de onda.

$kr_1$  = fase inicial da 1ª onda

$kr_2$  = fase inicial da 2ª onda

$\delta$  = diferença de fase

$$\delta = k (r_1 - r_2)$$

Temos como condição de interferência construtiva que o termo  $\cos \delta = 1$ , o que implica que  $\delta = 2n \pi$ , e  $\cos \delta = -1$  para interferência destrutiva, assim:  $\delta = (2n+1) \pi$

Sabendo que  $k = 2\pi/\lambda$  substituído na expressão  $\delta = k (r_1 - r_2)$  e igualando com  $\delta = 2n \pi$  vem:

$$2\pi/\lambda (r_1 - r_2) = 2n \pi$$

mas  $r_1 - r_2 = a x/D$ , que resulta:

$$2\pi/\lambda \cdot ax/D = 2n \pi$$

$$x = \lambda D n / a$$

onde  $n$  é número inteiro positivo ou negativo, e a ordem da franja contada a partir do centro,  $D$  a distância das fendas ao anteparo,  $a$  é o espaçamento entre as fendas,  $x$  a distância da franja brilhante ao centro,  $\lambda$  comprimento de onda.

A separação entre duas franjas brilhantes sucessivas é verificada pela expressão:

$$\Delta x = D\lambda / a$$

### Dados experimentais da experiências de dupla fenda com fonte laser diodo

Descrição dos componentes da experiência

Fonte: Ponteira laser diodo

Comprimento de onda: 660 a 680 nm

Potência: 5 mW

Cor : vermelha

Lâminas: 3 lâminas de vidro 3mm perfuradas ao centro com broca de 1/2"

Das lâminas: 2 com fenda simples, provocada pelo afastamento das giletes, 1 com fenda dupla, pois um fio de linha de costura, foi fixado no intervalo (fenda simples), disposto simetricamente, produzindo duas fendas.

Suporte: de madeira, parafusado, com sulco para colocação da ponteira e ranhura para fixar as lâminas.

## As medidas efetuadas e cálculos

Optando por isolar  $\lambda$ , tornando-o como valor a ser determinado, uma vez que conhecemos o intervalo em que ele deverá posicionar-se, nos permitimos comprovar a relação determinada por Young.

Os aparelhos usados para as medidas são régua e trena ou até um paquímetro plástico, perfeitamente acessíveis a qualquer escola.

A melhor distância  $D$  é obtida, usando o critério de nitidez da figura de interferência, percebida a olho nu.

$$\Delta x = D \lambda / a$$

$$\Delta x = 0,6 \text{ mm}$$

$$D = 72 \text{ cm}$$

$$a = 0,8 \text{ mm (utilizar fio de diâmetro impresso na embalagem)}$$

$$\lambda = ?$$

Tornando as medidas coerentes:

$$a = 0,8 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$\lambda = \Delta x \cdot a / D$$

$$\Delta x = 0,6 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$\lambda = 0,6 \cdot 10^{-3} \cdot 0,8 \cdot 10^{-3} / 0,72$$

$$D = 0,72 \text{ m}$$

$$\lambda = 0,666 \cdot 10^{-6} \text{ m}$$

$$\lambda = ?$$

$$\lambda = 666 \text{ nm}$$

Desta forma, o valor verificado está dentro do intervalo proposto pelos dados nominais do aparelho.

## Os custos da experiência

Uma caixa de lâminas de barbear	R\$ 2,00
3 lâminas de vidro transparente 3mm	R\$ 1,00
madeira para o suporte, 4 parafusos	R\$ 2,00
cola tipo superbond	R\$ 2,00
ponteira laser	<u>R\$ 45,00</u>
Total	R\$ 52,00

## Fatores relevantes

O uso de materiais alternativos, tem por objetivo que esse experimento seja confeccionado em qualquer escola.

A observação das figuras de difração e interferência podem ser realizadas mesmo em ambiente claro.

Optamos pelo perfurar das lâminas de vidro, por entender que efeitos de reflexão e refração prejudicam a experiência.

## Variações da utilização da fonte laser

1. Ao emitir o feixe perpendicularmente às pás de um ventilador ligado, notamos ser possível visualizar o raio neste espaço, coberto pela rotação da hélice. A nossa atenção foi despertada, ao desligarmos o ventilador. Observamos que com a perda da velocidade de rotação, o raio que encontrava-se visível na forma de segmento de reta na cor vermelha,



passou a tornar-se pontilhado, dando a nítida impressão de descontinuidade nessa emissão e permitindo-nos fazer a analogia: em dois instantes distintos, um mesmo objeto pode ter duas interpretações sobre sua natureza, (ondulatória ou corpuscular).

2. Quando utilizamos a emissão do feixe laser, por trás de uma garrafa transparente de refrigerante de 2 litros, na direção de um filete de água que escoava por um orifício realizado na parte frontal inferior, observamos que a emissão laser acompanhava o filete, como que aprisionada por este.

Novamente fazendo uso da analogia, podemos aliar tal fato ao princípio de funcionamento da fibra ótica.

Esta experiência, ainda, permite ao professor discutir fenômenos físicos ligados à óptica geométrica, envolvendo refração e reflexão total, bem como ângulo limite.

Podemos abordar, também, aspectos ligados à hidrodinâmica, bem como velocidade de escoamento através de um orifício, aplicando o "teorema de Bernoulli".

Algumas das possibilidades aqui elencadas foram sugestão do professor da disciplina de instrumentação, ou dos próprios alunos que sempre participaram de nossas discussões.

Neste instante cabe-nos responder à seguinte questão: Se experiências como difração e interferência são bastante exploradas na Física Clássica. Onde está a Física Moderna? Salientamos que experiências como difração de elétrons, interferência de feixe de elétrons, são iniciativas da FM e interpretá-las tem sido objeto de acaloradas discussões no meio científico. Apontamos ainda a análise da "fonte laser", como dispositivo que funciona com emissão estimulada, característica da tecnologia gerada pela FM.

A seguir, apresentamos algumas fotos da montagem do aparelho e da realização dos experimentos.

## UM PROGRAMA DE ATIVIDADES VISANDO A REFORMULAÇÃO CONCEITUAL NOS TÓPICOS INTRODUTÓRIOS DA ÓPTICA GEOMÉTRICA

João Batista Siqueira Harres<sup>6</sup>  
Fundação Alto Taquari de Ensino Superior - FATES - Lajeado - RS

Este programa de atividades é resultado de várias aplicações e algumas reformulações de uma versão inicialmente elaborada para a dissertação de Mestrado em Educação defendida pelo autor na PUC-RS. Nesta pesquisa, realizou-se um estudo que procurou investigar se um planejamento de ensino, em tópicos introdutórios da Ótica Geométrica, que tivesse como ponto de partida as concepções espontâneas dos alunos resultava em uma aprendizagem mais eficiente em relação a outro que não as levasse em conta. Foram elaborados materiais instrucionais correspondentes a cada tipo de planejamento que foram aplicados a dois grupos equivalentes (sem diferenças estatisticamente significativas) de estudantes de 2º grau. Para o grupo experimental adotou-se um modelo de mudança conceitual defendido por outros pesquisadores na área de aprendizagem de conceitos científicos. Para identificar o nível de presença das concepções científicas na área de ensino em questão, foi elaborado um teste de lápis e papel, com quinze questões de escolha múltipla, que foi aplicado antes e depois da aplicação dos materiais instrucionais. Os resultados quantitativos obtidos evidenciaram um rendimento melhor, com uma diferença estatisticamente significativa em nível inferior a 5%, embora pequena em valores absolutos (cerca de 15%), no pós-teste favorável ao grupo em que as concepções espontâneas foram consideradas. Este texto, com algumas modificações é apresentado como uma proposta para a reformulação conceitual em tópicos como: processo da visão, propriedades da propagação da luz, reflexão da luz e imagens em espelhos planos, já que as pré-concepções sobre estes tópicos são muito variadas e resistente a mudança, o que contrasta com o tempo médio e atenção geralmente dedicada ao ensino introdutório da Ótica Geométrica.

### Introdução

Este programa de atividades é resultado de várias aplicações e algumas reformulações de uma versão inicialmente elaborada para a dissertação de Mestrado em Educação defendida pelo autor na PUC-RS (Harres, 1991).

Nesta pesquisa, realizou-se um estudo que procurou investigar se um planejamento que tivesse como ponto de partida as concepções espontâneas dos alunos resultava em uma aprendizagem mais eficiente em relação a outro que não as levasse em conta.

No ensino de física, muitos estudos, nos últimos anos, tem se dedicado à investigação das concepções que indivíduo constrói em função de sua interação com o meio em que vive. Em virtude da diversidade de populações investigadas, estes estudos puderam mostrar que as concepções espontâneas (também denominadas intuitivas, alternativas ou ainda contextualmente errôneas) apresentam algumas características marcantes: são muito freqüentes, transculturais e resistentes à mudança.

Como parecer ser pequena a atenção dedicada, em sala de aula, ao fato de que o estudante já possui concepções sobre a Física, anteriores ao ensino e geralmente contrárias as que se quer ensinar (Watts, 1985), propõe-se uma estratégia que propicie a mudança conceitual, aproximando o estudante do conhecimento científico.

Assim, adotou-se o modelo de mudança conceitual que, embora não tenha ainda uma base teórica muito sólida, é defendido por diferentes autores de diferentes visões sobre a questão do ensino e aprendizagem de conceitos científicos (Perales, 1990; Posner et alii, 1982; Silveira, 1989).

Para efeitos de comparação, foram elaborados, na pesquisa original (Harres, 1991) materiais instrucionais correspondentes a cada tipo de planejamento que foram aplicados em dois grupos equivalentes de estudantes de 2º grau. Os resultados quantitativos obtidos evidenciaram um rendimento melhor do grupo em que as concepções espontâneas foram consideradas. É justamente as características deste programa de atividades que são apresentadas aqui.

### **Aspectos gerais da estrutura do programa**

O programa pretende fazer com que o aluno reformule aquelas concepções apresentadas mesmo antes da instrução que contrariam às concepções cientificamente aceitas. Para tanto, o texto parte da exposição e identificação, o mais claro possível, das pré-concepções do estudante.

O modelo de mudança conceitual desenvolve-se, de maneira mais ou menos rígida, de acordo com a seguinte linha de ação:

1º) Propiciar ao estudante, a través de perguntas, discussões em pequeno e em grande grupo, a articulação de suas concepções da forma mais clara possível;

2º) Criar situações que identifiquem os problemas das concepções espontâneas na explicação dos fenômenos;

3º) Colocar o estudante em contato com a concepção científica estabelecendo um confronto entre as concepções que propicie a incorporação da concepção correta.

O programa tem início com a aplicação de um teste, que aparece logo nas primeiras páginas, visando a detecção destas concepções. Isto dá ao professor condições de avaliar o nível de presença das concepções científicas sobre os tópicos introdutórios da ótica geométrica em sua clientela.

O teste foi elaborado a partir de resultados de pesquisas com este fim e que mostraram uma grande incidência de concepções errôneas nos tópicos introdutórios da ótica geométrica. Os resultados obtidos nestas pesquisas apontam para uma independência da idade, do meio cultural e do nível de instrução, evidenciando, desta forma, que estas concepções são resistentes à mudança e que, portanto, exercem forte influência na aprendizagem.

As concepções errôneas mais apontadas são as seguintes, por tópicos da ótica geométrica:

a) Propriedades da propagação da luz: ela não é reconhecida, não considerada unicamente retilínea e o alcance da luz depende da intensidade fonte emissora;

b) Processo da visão: dissociação entre os fenômenos luminosos e o processo da visão, não necessidade que a luz chegue até os olhos para que um objeto seja visto e qualidade da visão associada à claridade do ambiente;

c) Reflexão da luz: objetos opacos não refletem a luz e o ângulo de reflexão não depende do ângulo de incidência;

d) Imagens em espelhos planos: localização da imagem na superfície do espelho, formação de imagens apenas em objetos que estão colocados na frente do espelho e posição, bem como o tamanho, da imagem depende da posição do observador.

Detalhes sobre as pesquisas que fundamentam o teste, sobre as concepções envolvidas e sobre os processos de validação, além do próprio teste, são encontrados em Harres (1993).

A seguir e dando início propriamente ao programa de atividades, são propostas atividades de leitura, construção de diagramas, observação de fotografias e outras atividades práticas que tentam colocar à prova as concepções apresentadas (ou não) pelos estudantes. O texto desenvolve-se de modo a exigir do aluno intensa participação no processo de "construção" das idéias cientificamente aceitas. A cada novo tópico, são propostas questões que pretendem expor e identificar, o mais claro possível, as pré-concepções do estudante. Algumas delas aparecem várias vezes ao longo dos diferentes tópicos do texto, o que serve tanto para motivar o novo estudo como para confirmar ou reconsiderar àquelas concepções apresentadas quando da aplicação do teste. A concepção científica "correta" só é apresentada após essa discussão inicial.

Estas atividades, e portanto o próprio programa, cujo tempo de aplicação de todo o programa varia entre 10 a 15 horas-aula, envolvem os seguintes tópicos:

- luz e visão;
- propriedades da propagação da luz;
- raios e feixes de luz,;
- reflexão da luz (especular e difusa);
- as leis da reflexão;

- imagens em espelhos planos (processo de formação, posição e tamanho).

O tempo dedicado a estes tópicos já é um diferencial do programa. A grande maioria dos livros didáticos de física do 2º grau, estes tópicos não envolvem mais do que algumas páginas e, como os livros ainda são fortes balizadores do desenvolvimento do ensino de física, pode-se supor com bastante certeza que, normalmente, o número de horas-aula destinados a estes conteúdos fica bem aquém do proposto aqui. Sem contar o fato de que a esmagadora maioria dos livros-texto e, por extensão os professores, sequer consideram a possibilidade de que os alunos concebam, antes da instrução, muitos fatos ligados a estes tópicos de modo diferente.

Em termos de equipamentos, para a realização de algumas atividades práticas faz-se necessário o uso de uma fonte de feixe estreito de luz. Por isso, incluiu-se, no final do texto, a proposta de Violin (1979) do uso de uma lanterna e de um aparato de papalão, a ser construído pelo aluno, que é acoplado à lanterna.

Após a pesquisa inicial (Harres, 1991), o texto passou por algumas revisões e pequenas reformulações. Nos últimos cinco anos ele vem sendo usado em nível de 1º grau (na 8ª série), em nível de 2º grau (na escola de aplicação da FATES, por exemplo, o texto constitui o primeiro contato com Física, uma vez que é adotado já no 1º bimestre da 1ª série do 2º grau), em cursos de formação de professores de Ciências e de Física e em oficinas metodológicas de eventos na área de ensino de Ciências.

A evidência quantitativa da validade do programa, detectada na pesquisa (Harres, 1991) vem sendo confirmada pela avaliação qualitativa. As manifestações dos estudantes, futuros professores e professores já atuantes mostram que os tópicos introdutórios da óptica geométrica, e por extensão, as concepções dos estudantes, após o uso do texto passa a ser considerada de modo diferente.

## **Conclusão**

Em nosso meio, não são muitos os textos que consideram as concepções dos estudantes no momento da apresentação da "teoria oficial". Mais raros ainda são aqueles que apresentam estratégias que visem à mudança conceitual partindo das pré-concepções. O presente trabalho coloca-se como uma proposta nesta linha, isto é, considerar e partir das concepções que os estudantes apresentam antes da instrução.

Espera-se com isso, os resultados parecem apontar nesta direção, propiciar uma aprendizagem mais efetiva no sentido de apropriação de conceitos científicos (e de suas inter-relações) sobre tópicos introdutórios da óptica geométrica.

## Referências Bibliográficas

- HARRES, J.B.S. Concepções espontâneas como ponto de partida para o ensino: um estudo quase-experimental em ótica geométrica. Dissertação de Mestrado. Porto Alegre, PUC-RS, 1991.
- HARRES, J.B.S. Um teste para detectar concepções alternativas sobre tópicos introdutórios de ótica geométrica. *Cad.Cat.Ens.Fis.*, 10(3): 220-234, dez. 1993.
- PERALES, F.J. Um enfoque constructivista en la enseñanza de la optica geométrica. Granada, Universidade de Granada, 1989.
- POSNER, G.J. et alii. Accomodation of a science conception: toward a theory of a conceptual change. *Sci.Edu.*, 66(2):211-227, 1982.
- SILVEIRA, F.L.S. A filosofia de Karl Popper e suas implicações no ensino da ciência. *Cad. Cat.Ens.Fis.*, 6(2):128-142, 1989.
- VIOLIN, A.G. Atividades experimentais no ensino de física de 1º e 2º graus. *Rev.Bras.Ens.Fis.*, 1(2):13-23, 1979.
- WATTS, M. Student conceptions of light: a case study. *Physics Education*, 20:183-7, 1985.

## DIÁLOGO DE DOIS MUNDOS PESQUISA E PRÁTICA EM ENSINO DE FÍSICA

Arnaldo Vaz  
Faculdade de Educação - UNICAMP

À medida em que a pesquisa em ensino foi se estabelecendo, a distância entre docentes dos cursos de formação e os professores nas escolas foi crescendo. Cresceu a ponto de se caracterizar como uma diferença cultural. A melhoria dos cursos de formação depende, portanto, de se superar as dificuldades de comunicação respeitando a diversidade de habilidades, experiências e conhecimento envolvida. Esta conclusão é o resultado de (1) uma releitura filosófico-pedagógica que desenvolvi com base no trabalho de Paulo Freire. É também resultado de (2) uma análise histórica da pesquisa em ensino, além de (3) uma revisão de literatura sobre pensamento dos professores - iniciativas balizadas pelo trabalho de Habermas. Constato, portanto, que (1) há um número reduzido de pesquisas sobre formação e desenvolvimento profissional de professores em nossa área; (2) cresce a preocupação com concepções dos professores entre pesquisadores em ensino; (3) as pesquisas sobre pensamento e prática dos professores têm mudado de abordagem, abandono perspectivas positivistas. Há atualmente um grande debate sobre formação de professores, sobretudo no ocidente. Entre os pesquisadores envolvidos, a tendência é adotar metodologias baseadas na sua colaboração com os professores. As políticas oficiais, por outro lado, tendem a desvincular a formação de professores da pesquisa em ensino. Cabe aos primeiros propôr outras alternativas. Minha proposta é um desenvolvimento profissional dialógico, como detalharei na exposição.

### Introdução

Em trabalho recente (Vaz, 1996), eu lido com várias questões. Elas se referem principalmente:

- ao desenvolvimento profissional docente;
- aos problemas para descobrir o saber profissional dos professores.

Neste artigo, vou discutir o primeiro ponto com o intuito de mostrar como este assunto complexo pode ser racionalizado. Para conseguir isto na tese, eu, primeiro, me limitei a discutir só alguns aspectos do assunto e, segundo, desenvolvi uma investigação empírica com base nos *insights* que a discussão me deu. Nesta investigação, a dificuldade de descobrir o saber profissional dos professores é contornada. Além desta investigação, eu proponho um programa de desenvolvimento para professores. O referencial filosófico, epistemológico e educacional deste meu trabalho é a obra de Paulo Freire.

No que se refere às condições de contorno, o estudo no bojo da tese se limita...

- ao ensino de ciências (tópicos da física);
- por professores que não sejam especialistas;
- enfocando o saber estratégico destes professores.

#### O Saber dos Professores

Shulman (1986) considera necessário um referencial teórico que dê conta da complexidade da relação entre conteúdo e pedagogia. Na sua opinião, saber o conteúdo da matéria a ser ensinada por si só não garante o sucesso do professor. Por outro lado, saber pedagogia, ser didático também não é suficiente. Ele sente que, nas pesquisas sobre o saber dos professores, faltam questões sobre o *conteúdo* das aulas dadas, sobre as perguntas feitas e as explicações dadas. Sendo assim, Shulman sugere que, uma vez que tenha-se começado a sondar as complexidades do saber profissional dos professores e da transmissão de conhecimento de conteúdo, se investigue quais os domínios e categorias do conhecimento de conteúdo na mente dos professores. Que se investigue, por exemplo, como o conhecimento do conteúdo e o saber pedagógico geral são relacionados. E também, de que forma estes domínios e categorias do saber estão representadas na mente dos professores.

Portanto, ao invés de um referencial para descrever o saber dos professores, Shulman propõe dois referenciais independentes.

O primeiro é o referencial das categorias do saber dentro do domínio do *conhecimento do conteúdo no ensino*. Há três categorias dentro deste domínio:

##### a) CONHECIMENTO DA MATÉRIA [em profundidade]

- compreender as estruturas (substantiva e sintática) da disciplina (Schwab, 1964)

##### b) CONHECIMENTO DIDÁTICO DA MATÉRIA

- formas de representação mais úteis das idéias mais ensinadas;
- as melhores analogias, ilustrações, exemplos, explicações e demonstrações ;
- compreensão do que faz com que a aprendizagem de determinado tópico seja fácil ou difícil;
- conhecimento das concepções e preconceitos que alunos de diferentes idades trazem consigo em relação aos tópicos mais ensinados;
- estratégias provavelmente mais frutíferas para re-organizar a compreensão dos alunos e fazê-los entender que suas concepções prévias são concepções erradas.

##### c) CONHECIMENTO CURRICULAR DA MATÉRIA

- arsenal completo de programas desenvolvidos para o ensino de tópicos e matérias específicas, num determinado nível;
- variedade de materiais instrucionais disponíveis em relação a estes programas;
- o conjunto de características que servem tanto como indicação como contra-indicação para o uso de materiais curriculares ou



- programáticos em particular em circunstâncias específicas de sensibilidade, segurança, custo, conveniência, conforto;
- familiaridade com materiais curriculares e programáticos de outras disciplinas que os alunos estejam usando simultaneamente (conhecimento curricular lateral);
- habilidade para relacionar o conteúdo de um curso ou aula, em particular, com tópicos ou assuntos que foram ou serão ensinados durante os anos anteriores e futuros.

O segundo (*framework*) é o referencial das formas de representação do saber dentro dos diversos domínios e categorias do saber profissional do professor. Shulman propõe três formas do saber do professor:

#### a) SABER PROPOSICIONAL

Há fundamentalmente três tipos de proposições. Estes tipos correspondem às três principais fontes de saber, no que concerne ao ensino. São estes os três tipos de proposições e as fontes que correspondem a cada tipo:

- princípios (investigações sistemáticas empíricas ou filosóficas);
- máximas (experiência prática);
- normas (reflexões morais ou éticas).

#### b) SABER EPISÓDICO

Shulman propõe três tipos de episódios, ou casos, fazendo portanto um paralelo com seu argumento com relação ao saber proposicional. Estes são os tipos de caso que ele propõe:

- protótipos (exemplificam princípios teóricos);
- precedentes (capturam e comunicam princípios práticos ou máximas);
- parábolas (carregam normas ou valores).

#### c) SABER ESTRATÉGICO

"O saber estratégico entra em ação quando o professor enfrenta situações ou problemas específicos, sejam teóricos, práticos ou morais, onde princípios se contrapõem e não há solução simples possível".

Este saber pode ser entendido como um processo de análise, de comparar e contrastar princípios, casos e suas implicações para a prática. Uma vez que este processamento estratégico foi empregado, os resultados podem ser armazenados em termos de uma nova proposição ou um novo caso, um novo episódio.

## O Saber dos Pesquisadores

Como já há quem estude o saber dos professores, é importante estudar também o saber destes pesquisadores. O saber dos que conduzem pesquisa sobre o pensamento dos professores pode ser classificado conforme o propósito e a natureza de seus estudos. Em outras palavras, há de haver um referencial que ajude a mapear as várias idéias sobre teoria, pesquisa e prática educacional. Desenvolver uma tal meta-teoria sobre o saber formalizado dos cientistas sociais é a tarefa que Jürgen

Habermas, filósofo contemporâneo da Escola de Frankfurt, tomou para si. O alto nível escolástico do trabalho de Habermas justificaria um estudo a parte. Ao invés de me dedicar a esta tarefa, eu lancei mão do trabalho que W.Carr e S.Kemmis (1986) desenvolveram com base na obra de Habermas. Este artifício se justifica, uma vez que estes autores também têm um compromisso com o desenvolvimento profissional de professores.

- As abordagens positivista, interpretativa e crítica (Figura 2).

## Diálogo de Dois Mundos

Por que diálogo? E, por que dois mundos? Pois a formação de professores, tanto inicial quanto continuada, é palco de uma série de tensões - tensões entre docentes (acadêmicos) e professores, entre proposições formalizadas e a "voz da experiência", ou entre teoria e prática. O diálogo entre as partes envolvidas pode evitar que tais tensões resultem na separação das mesmas partes. Como disse um educador britânico:

Training and teaching have become two separate worlds. The ivory tower/chalk face, theory/practice rhetoric symbolises not merely an institutional gulf but a linguistic and intellectual one. Educationists agree on the need for dialogue, but dialogue presumes a common language of discourse. Dialogue also depends upon mutual acceptance of the need for self-critique. The character of the training process and of teaching must both be regarded as problematic (Alexander, 1984, p.4).

As diferenças entre docentes e professores podem não ser da mesma ordem que as diferenças entre alfabetizadores e lavradores analfabetos. No entanto, as atitudes de uns para com os outros, tanto na formação continuada de professores quanto na alfabetização de adultos, têm suas semelhanças. Tomemos como exemplo o caso dos especialistas em ensino de ciências e dos professores primários. Neste caso é quase unânime a opinião dos professores de que estes especialistas lhes fazem propostas que, embora interessantes e importantes quando se pensa no futuro das crianças, envolvem o trabalho com idéias que, aos professores, parecem demasiado complexas ou remotas para os alunos da escola primária. Além disto - muitos professores primários certamente acrescentariam - estes são assuntos que só especialistas entendem e dão conta de explicar aos outros. Por outro lado, pode acontecer que os especialistas em ensino de ciências trabalhando em cursos de formação em serviço não se dêem conta da complexidade e demais características do conhecimento formalizado que gostariam de comunicar aos professores. Por exemplo, muitos argumentos que estes especialistas apresentam estão na forma de teorias, se articulando, portanto, em torno de conceitos. As pessoas de fora da academia, professores primários inclusive, nem sempre raciocinam através de teorias e conceitos, preferindo o uso de analogias e de metáforas, por exemplo.

Esta análise, obviamente inspirada na que Freire faz da alfabetização de adultos, em primeiro lugar deixa claro que a perspectiva que vislumbro é a de práticas dialógicas de desenvolvimento profissional de professores. Em segundo lugar, esta análise deixa antever peculiaridades do trabalho preliminar que será necessário para que um tal programa de desenvolvimento se torne possível. Em terceiro lugar, esta análise insinua já uma relação entre a pedagogia crítica de Freire e a ciência social crítica de Habermas; relação que pretendo estabelecer de maneira mais sistemática em trabalhos futuros. Passarei agora a considerar cada uma destas três perspectivas do meu trabalho.

### Desenvolvimento Profissional Dialético do Professor

Há alguma controvérsia sobre a existência ou não de uma epistemologia freireana. Sou dos que argumentam que Freire oferece sim uma epistemologia. A epistemologia freireana, na minha opinião, é particularmente adequada para o trabalho com indivíduos adultos; independente do seu grau de instrução. Não vou aqui digressar a respeito, mas considero que Freire nos oferece uma correspondente, para o indivíduo adulto, à epistemologia socio-constructivista elaborada por Vygotsky para o processo de aquisição de conhecimento pelas crianças. São duas as evidências que me inspiram a estabelecer este paralelo. A primeira é a ênfase que ambos dão a problemas enfrentados pelo indivíduo nos processos, respectivamente, de conscientização e de aprendizagem. A segunda é o reconhecimento da função social da fala e a importância dada, não no conteúdo desta fala, mas ao papel que este conteúdo desempenha na comunicação.

Restringindo-me à epistemologia freireana, creio que o princípio fundamental da mesma é o princípio de dialogicidade. A mim parece que o educador radicalmente democrático se pauta neste princípio que em essência é o que lhe permite encontrar o equilíbrio entre quatro tendências anti-democráticas que eu represento da seguinte forma:

- Representação Alegórica do Princípio de Dialogicidade (Figura 3)

### Um Referencial Freireano de Pesquisa

Num referencial freireano de pesquisa o objeto de estudo não é , nem o que os professores consideram possível ou desejável fazer em sala de aula, nem o que a pesquisa diz que seria ideal que se eles fizessem; o foco de interesse não é nem o espectro de suposições, crenças ou "teorias implícitas" dos professores, nem o que os professores de fato fazem em sala de aula. O foco de interesse, portanto, é o saber estratégico dos professores, mais especificamente no que este se relaciona com o saber estratégico dos especialistas em ensino.

Para ter acesso ao conhecimento estratégico é importante ficar atento às emoções que os professores associam a eventos e episódios

específicos de sua vida profissional, bem como a exemplos, parábolas e alegorias que eles escolhem para ilustrar seus argumentos. Na pesquisa que eu conduzi, escolhi trabalhar com professores vivendo uma mudança curricular e fazer uso do teste de repertório de George Kelly.

O foco de interesse da pesquisa é o saber estratégico dos professores, mais especificamente no que este se relaciona com o saber estratégico dos especialistas em ensino. Isto implica que, ao analisar o discurso dos professores, se faça uso de uma representação do saber formalizado destes especialistas. No Método Paulo Freire, a escolha das palavras geradoras dentro o universo vocabular dos alfabetizando é feita levando em conta princípios fonéticos, semânticos e pragmáticos. Nesta pesquisa, a escolha dos temas geradores dentro do saber estratégico dos professores é feita levando em conta um referencial semelhante a que eu dou o nome de Tetracetro dos Princípios.

- Tetracetro dos Princípios (Figura 6)

## Bibliografia

- ALEXANDER, R.J. (1984) *Primary Teaching*. London, Holt.
- BANNISTER, D.; FRANSELLA, F. (1971) *Inquiring Man: the psychology of personal constructs*. London, Croom Helm. .
- CARR, W.; KEMMIS, S. (1986) *Becoming Critical: Educational Knowledge and Action Research*. London, Falmer Press.
- FRANSELLA, F.; BANNISTER, D. (1977) *A Manual for Repertory Grid Technique*. London, Academic Press.
- FRANSELLA, F.; THOMAS, L.F. (1988) *Experimenting with Personal Construct-Theory*. London, Rutledge & Kegan Paul.
- FREIRE, P. (1967) *Educação como Prática da Liberdade*. Rio de Janeiro, Paz e Terra.
- FREIRE, P. (1970) *Pedagogia do Oprimido*. Rio de Janeiro, Paz e Terra.
- FREIRE, P.; SHOR, I. (1987) *Medo e Ousadia. O cotidiano do professor*. Trad. Adriana Lopez. Rio de Janeiro, Paz e Terra, 2ª edição.
- GIROUX, H. (1988) *Teachers as Intellectuals: toward a critical pedagogy of learning*. New York, Bergin & Garvey.
- GUBA, E.G.; LINCOLN, Y.S. (1994) *Competing Paradigms in Qualitative Research*. In Denzin, N.; Lincoln, Y.S. *Handbook of Qualitative Research*. London, Sage, Chapter 6, pp. 105-17.
- HABERMAS, J. (1974) *Theory and Practice*. Trad. John Veiertel. London, Heinemann.
- KELLY, G.A. (1963) *A Theory of Personality: The Psychology of Personal Constructs*. New York, W.W.Norton.
- KINCHELOE, J.L. (1993) *Toward a Critical Politics of Teacher Thinking: Mapping the Postmodern*. Henry A.Giroux & Paulo Freire (Eds). Westport, USA, Bergin & Garvey.

- SCHWAB, J.J. (1964) *Structure of the Disciplines: Meanings and Significances*. In G.W.Ford; L.Pugno (Eds) *The Structure of Knowledge and the Curriculum*. Chicago, Rand McNally.
- SHULMAN, L.S. (1986) *Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching*. *Educational Researcher*, Vol. 15, 2, pp. 4-14.
- SHULMAN, L.S. (1987) *Knowledge and Teaching: Foundations of the New Reform*. *Harvard Educational Review*, Vol. 57, 1, pp. 1-22.
- VAZ, A.M. (1989) *Estrutura e Função do Laboratório*, Dissertação de Mestrado. Instituto de Física e Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo.
- VAZ, A.M. (1996) *Being Challenged - Reflections on the contribution of Paulo Freire's work to teacher education: the Thematic Investigation of primary teachers' thinking and practice with regard to the teaching of science*

Tese de Doutorado. Roehampton Institute, Universidade de Surrey, Grã Bretanha.

## UN MODELO INTEGRADOR PARA EL APRENDIZAJE DE LAS CIENCIAS PRIMERA PARTE - FUNDAMENTACIONES

Leonor C. de Cudmani; Marta A. Pesa; Julia Salinas  
Instituto de Física - FCEyT - Universidad Nacional de Tucumán  
Av. Independencia 1800 - (4000) Tucumán - Argentina

Un modelo muy usado y difundido de aprendizaje de las ciencias, há sido el de "cambio conceptual" (Posner et al 1982), que tiene como supuesto implícito a idea que en los aprendizajes significativos, los cambios conceptuales van acompañando de cambios simultáneos en los campos axiológicos, metodológicos y ontológicos. Esta concepción está basada en las epistemologías de Kuhn y Lakatos. Algunos autores propusieron a la epistemología de Laudan como alternativa. Laudan propone un modelo reticular, no jerárquico: sostiene que un cambio holístico que abarque a todas las áreas de la estructura cognoscitiva. En sucesivos trabajos los autores han venido insistiendo sobre la necesidad de integrar métodos y contenidos, conceptualizaciones y formas de razonamiento con que se las construye, métodos y concepciones epistemológicas, fines y valores. El cambio conceptual no implica necesariamente cambios simultáneos o por añadidura de los otros campos. El cambio de paradigma pareciera requerir acciones intencionales orientadas a producir re-estructuraciones en los distintos componentes del sistema cognitivo. Distintas investigaciones aportan evidencia empírica y teórica a favor de un modelo integrador para el aprendizaje de las ciencias que contemple el saber, el hacer y el sentir. En este trabajo se hipotetiza sobre la necesidad de integrar al cambio conceptual no sólo el cambio metodológico sobre los cuales hay ya mucha evidencia en la bibliografía, sino también el cambio epistemológico y el actitudinal, sin dejar de lado la dimensión social del aprendizaje y los procesos de metacognición. Se propone, como síntesis, un cambio del sistema cognoscitivo del aprendiz, entendido como "el conjunto de conocimientos conceptuales y de nociones ontológicas, epistemológicas, metodológicas y axiológicas, que el aprendiz construye en sus interacciones con los fenómenos naturales y con otros individuos". A fin de fundamentar la propuesta se analizan ejemplos de problemas de aprendizaje a que da lugar la falta de integración que se propone. Se concluye que el aprendizaje significativo de los conocimientos teóricos es indisoluble de una familiarización con objetivos, sistemas de valores, criterios metodológicos, estrategias cognoscitivas y concepciones epistemológicas.

### Introducción

Un modelo muy usado y difundido en la última década dentro de las concepciones constructivistas del aprendizaje de las ciencias, ha sido el de "cambio conceptual" (Posner et al. 1982). Este modelo tiene como supuesto implícito la idea que en los aprendizajes significativos, los cambios conceptuales van acompañados de cambios simultáneos en los

campos axiológicos, metodológicos y ontológicos. Esta concepción está basada en las epistemologías de Khun y Lakatos.

Durante la década de los 80, la investigación educativa destinó atención preferencial a la detección e identificación de las ideas propias de los estudiantes sobre contenidos específicos. Algunos trabajos mostraron que esas ideas persistían, aún a posteriori de una instrucción basada en modelos de cambio conceptual (Engel y Driver 1986; Shuell 1987; White y Gunstone 1989). Estos resultados fortalecían una hipótesis alternativa según la cual, los aspectos no conceptuales (estrategias cognoscitivas, actitudes y valoraciones, concepciones epistemológicas, etc.) tienen influencia significativa sobre el aprendizaje de las ciencias.

Algunos autores (Duschl y Gitomer 1991; Villani 1992) propusieron a la epistemología de Laudan como alternativa a las de Khun y Lakatos.

Laudan (1986) propone un modelo reticular, no jerárquico; sostiene que un cambio en uno de los campos, no necesariamente resulta en un cambio holístico que abarque a todas las áreas de la estructura cognoscitiva. "Donde el modelo reticular difiere más fundamentalmente del jerárquico es en la insistencia de que hay un proceso complejo de ajuste mutuo y justificación mutua que ocurre entre todos los niveles de los compromisos científicos. Las justificaciones fluyen tanto hacia abajo como hacia arriba en la jerarquía, estableciendo lazos entre propósitos, métodos y afirmaciones factuales. No deberíamos seguir considerando a ninguno de estos niveles como privilegiado o primario o más fundamental que los otros. Demandas axiológicas, metodológicas y factuales están inevitablemente interconectadas en relaciones de mutua dependencia. El orden implícito en la aproximación jerárquica debe dar lugar a una clase de principio nivelador que enfatiza los patrones de dependencia mutua entre estos varios niveles."

Para Laudan los objetivos y valores que definen el campo actitudinal justifican las metodologías. Estas metodologías justifican la teoría y muestran la factibilidad de los objetivos científicos. Por su parte la teoría debe armonizar con los objetivos y restringir las metodologías eficientes. Esta dependencia mutua posibilita que los cambios puedan iniciarse en cualquiera de los niveles y extenderse a los otros. En particular, es posible que los científicos puedan alterar compromisos teóricos sin modificar compromisos metodológicos y axiológicos desarrollados desde una estructura previa.

En la investigación educativa en ciencias, estas aportaciones de Laudan convergen con otras que vienen insistiendo sobre la necesidad de integrar contenidos, métodos, objetivos y valoraciones a fin de favorecer aprendizajes más significativos (Gil y Carrascosa 1985 y 1990; Duschl y Gitomer 1991; Salinas 1991 y 1994a; Gil 1993; Cudmani, Salinas, Pesa 1994; Salinas, Gil y Cudmani 1995).

Al reflexionar sobre las relaciones entre los contenidos y los aspectos psicológicos del aprendizaje, Pozo (1987) señala que los estudios "se han centrado muchas veces en una sola idea o concepto aislado,

identificando ideas precientíficas o alternativas, dejando de lado estudios psicológicos que se ocuparon más de la estructura y organización de los conocimientos y de los modos de razonamiento de expertos y principiantes. Por su parte, este énfasis en las investigaciones psicológicas se hizo en desmedro de los contenidos: como máximo se asume una posición débil con respecto a la influencia del contenido según la cual éste influiría en la facilidad o disponibilidad de aplicación de un proceso o de un conocimiento en un dominio dado ... La investigación psicológica está carente de un modelo integrador que le permita abordar los problemas de contenido."

En publicaciones recientes (Strike y Posner 1993), los propios generadores del modelo de cambio conceptual han señalado sus limitaciones, al admitir que el cambio conceptual no implica necesariamente cambios simultáneos o por añadidura de los otros campos. Reflexionando sobre la necesidad de modificar el modelo, destacan: "Nuestra visión del cambio conceptual debe ser más dinámica y desarrollista, enfatizando los patrones de cambio, de influencia mutua entre los varios componentes de una ecología conceptual en evolución". En el mismo artículo analizan la interacción de las visiones epistemológicas de los estudiantes en el aprendizaje de los conceptos físicos. Consideraciones críticas en esta línea han sido formulados también por Moreira (1994).

El cambio de paradigma pareciera requerir entonces acciones intencionales orientadas a producir re-estructuraciones en los distintos componentes del sistema cognitivo.

Conscientes de esta problemática, fuimos señalando la necesidad de integrar, en las estrategias docentes, elementos que no se limiten a lo conceptual.

Así profundizamos en los peligros de dicotomizar métodos y contenidos (Salinas 1991; Salinas y Cudmani 1994a), conceptualizaciones y formas de razonamiento con que se las construye (Salinas, Cudmani y Pesa 1993; Salinas 1994b; Pesa, Cudmani y Bravo 1995a y b), métodos y concepciones epistemológicas (Cudmani 1992; Salinas y Cudmani 1994b; Salinas, Cudmani y Jaén 1995), y destacamos la importancia de los fines y valoraciones (Cudmani, Salinas y Pesa 1991).

Los resultados presentados en estos trabajos constituyen, a nuestro entender, evidencia empírica a favor de un modelo de aprendizaje integrador de aspectos conceptuales y no conceptuales de las ciencias. Al mismo tiempo, brindan elementos de juicio que permiten profundizar y precisar más dicho modelo.

En los ítems 2 y 3 que siguen, consideraremos aspectos característicos del modelo. Los apartados 4, 5, 6 y 7 serán destinados a informar sobre algunos de los resultados experimentales obtenidos. Finalmente, en las conclusiones, sugeriremos implicancias para la práctica docente que surgen de dicho modelo.



## Las Interdependencias entre Aspectos Conceptuales y no Conceptuales en el Aprendizaje de Ciencias Fáticas

En un modelo integrador para el aprendizaje de las ciencias como el que orienta nuestros trabajos, no tiene sentido separar entre sí el hacer, el saber y el sentir (Hodson 1993; Novak 1981; Moreira 1993). Por el contrario, se enfatiza la importancia de las interrelaciones entre estos tres ámbitos.

Así, por ejemplo, es preciso reconocer que la capacidad para usar eficientemente los procesos científicos depende de la comprensión teórica, que el aprendizaje de destrezas de procedimiento es inseparable del aprendizaje conceptual (Hodson 1992). Aprender a observar significa adquirir un esquema conceptual en el que las observaciones puedan ser hechas, y merezcan ser hechas. Un esquema teórico apropiado permite observar correctamente. Lo mismo ocurre con otros procesos o destrezas, tales como clasificar, medir, formular hipótesis, etc.. Para que estos procesos sean científicos, es preciso utilizarlos en el marco de contenidos científicamente significativos, relevantes y apropiados, y con propósitos científicos (Salinas 1994a).

Así como no corresponde separar al conocimiento de la acción, tampoco parece adecuado separar a éstos (conocimientos y acciones) de las valoraciones. Debe advertirse, por ejemplo, que "el logro de una mentalidad abierta y comprometida" incluye la consideración de alternativas, el análisis de inconsistencias y ambigüedades, etc.. O que la experimentación requiere de compromiso y perseverancia (Hodson 1993).

Si las metas del estudiante no son coherentes con las de la actividad científica, se dificultará el aprendizaje significativo de la ciencia y el estudiante no hará uso adecuado al saber científico cuando enfrente situaciones problemáticas (Cudmani, Pesa 1990). Se ha señalado que, como las metas escolares generalmente difieren de las metas existentes en la actividad cotidiana, se reduce la posibilidad de activación del conocimiento científico fuera del aula (Villani 1992) ... y también dentro del aula, cabría añadir, si no se favorece una adecuada comprensión de los aspectos axiológicos del saber científico.

En lo que respecta a los factores epistemológicos que intervienen en las estructuras cognitivas de los estudiantes, se señala que existe una armonía entre los contenidos y las epistemologías subyacentes, y que no es posible construir conocimientos científicos al margen de una adecuada epistemología de la ciencia (Aikenhead 1992; Cudmani y Pesa 1995).

Para cambiar las concepciones espontáneas no científicas es necesario alterar sus fuentes; algunos autores informan sobre correlaciones significativas entre un aumento en el conocimiento de la disciplina y un aumento en la visión de la ciencia como objetiva, racional y fáctica (Strike y Posner 1991). Las epistemologías ocultas aparecen como una variable significativa en el aprendizaje de las ciencias (White y Gunstone 1989).

Con un enfoque similar, y retomando ideas de Schwab (1968), Duschl (1995) propone "hacer de la enseñanza de la ciencia una reflexión sobre el proceso de investigación". Aparece así la dimensión social: "los debates, las normas de argumentación, el repaso detallado, las presentaciones y revisiones de ideas científicas son prácticas científicas que ayudarán a los estudiantes a aprender el lenguaje y las normas de la ciencia como una manera de conocer".

En efecto, el tratamiento colectivo de las cuestiones es esencial si se pretende aproximar el aprendizaje de las ciencias a la labor de los científicos (Gil, Carrascosa et al. 1991). La ciencia se construye a través de argumentaciones: el intercambio de ideas, la crítica y el consenso cimentan la racionalidad científica. En el aula, con la orientación del profesor, los estudiantes pueden incorporarse a presentaciones y debates colectivos, que requieran de capacidad para exponer y defender argumentaciones con criterios científicos (Aikenhead 1992).

Otros investigadores han señalado que, si bien las concepciones alternativas son construcciones espontáneas y personales, ellas se construyen en un contexto social que induce y favorece ciertos tipos de ideas a través del intercambio dialéctico de perspectivas y significados entre los individuos. Quiroga (1985) explica que "somos esencialmente no sólo seres sociales sino sujetos cognoscentes. Y somos también en cada aquí y ahora el punto de llegada de una historia social y vincular que puede ser caracterizada como una trayectoria de aprendizajes. Es en esa trayectoria en la que hemos ido construyendo un modelo interno o matriz de encuentros con lo real: hemos ido aprendiendo a aprender ... En cada experiencia puede haber un aprendizaje explícito que se objetiva y condensa en un contenido o una habilidad ... pero la experiencia en la que se realiza ese aprendizaje explícito es a la vez fuente de aprendizaje. Esa experiencia deja en nosotros una huella, se inscribe en nosotros ... es un aprendizaje implícito, profundo, estructurante de la subjetividad ... Cada acto de conocimiento es el eslabón de una cadena, es la fase de un proceso en el que cada uno configura una actitud de aprendizaje ... un modelo o matriz de contacto con el mundo ..."

Se ha alertado sobre el hecho de que las ideas opuestas no son necesariamente incompatibles en la estructura cognoscitiva espontánea de los estudiantes, porque en el conocimiento común no se imponen al conocimiento los fuertes requerimientos de coherencia interna que caracterizan al saber científico. Se hace por lo tanto imprescindible un cierto proceso de reflexión metacognitiva explícita con los estudiantes, vale decir, una reflexión sobre sus propios saberes y sus modos de producción (Cudmani, Salinas y Jaén 1991).

Esta reflexión metacognitiva permitiría delimitar los propósitos y características de los conocimientos común y científico y sería una condición determinante para un real cambio de paradigma, para la resolución de un conflicto entre ideas espontáneas e ideas científicas (Hewson y Thorley 1989).

A fin de englobar todos estos factores, algunos autores proponen concebir al sistema cognitivo "como un sistema de autoreferencia que se desarrolla a sí mismo por su propia dinámica y por interacción con otros sistemas tales como los sistemas de conocimiento de los profesores y científicos o el sistema de acciones individuales" (Niedderer y Schecker 1991). Los aportes de Vigotsky (1989) permiten incorporar a los otros estudiantes como factores externos importantes para el desarrollo del sistema cognoscitivo de un alumno.

En síntesis, por "sistema cognoscitivo" de un aprendiz, entendemos "el conjunto de representaciones de la realidad, y de instrumentos intelectuales que hacen posible la construcción de esas representaciones" que posee dicho aprendiz. En otras palabras, es "el conjunto de conocimientos conceptuales, y de nociones ontológicas, epistemológicas, metodológicas y axiológicas, que el aprendiz construye a través de, y emplea en, sus interacciones con los fenómenos naturales y con otros individuos" (Cudmani, Salinas y Pesa 1994; Salinas y Cudmani 1994b).

### **Las Estructuras Sustancial y Sintáctica, Aspectos Indisolubles del Sistema Cognoscitivo**

El aprendizaje de las ciencias no debiera limitarse a realizar cambios hacia paradigmas preestablecidos y seleccionados por el docente, sino que se debieran intentar estrategias que faciliten al estudiante modificar sus paradigmas, sus esquemas interpretativos, en forma autónoma, autogenerada, cada vez que lo requiera la situación problemática que enfrenta (Cudmani, Salinas y Pesa 1991).

En esta concepción el paradigma engloba tanto las estructuras sustanciales de las ciencias como sus estructuras sintácticas. Estas categorías propuestas por Schwab (1968) reemplazan a las tradicionales de conceptualizaciones y metodologías desde una visión muy enriquecedora.

En efecto, el concepto de estructura sustancial no es sinónimo de estructura conceptual. Aquél engloba no sólo los conceptos, sino también las concepciones en el nivel óntico que implícita o explícitamente sustentan las ideas sobre los fenómenos naturales. Así por ejemplo, el realismo subyacente a las concepciones de la mecánica clásica, tiene características diferentes del realismo de la física del sentido común o de la física de partículas elementales. Podríamos decir que el realismo de la física del sentido común es más un fenomenismo, pues le interesa fundamentalmente tratar con lo que se presenta por sí mismo a nuestra sensibilidad. En la mecánica clásica el realismo presupone que la realidad es cognoscible, no considera a la experiencia como una instancia última, y estimula la invención de teorías que rebasan los datos experienciales e inventan objetos trasobservacionales (Bunge 1985a). En el ámbito de las partículas elementales, el realismo se enfrenta a nuevos dilemas, acallados durante décadas de predominio positivista: ¿existe una realidad independiente del observador?, ¿las leyes y teorías científicas

obedecen a regularidades objetivas de la naturaleza, o son impuestas a ésta por la mente ordenadora de los seres humanos?, etc.. Recuérdense, a modo de ejemplos, el espacio-tiempo cuádrdimensional de la mecánica relativista, o las nociones de causalidad, probabilidad y determinismo en la mecánica cuántica.

Después de haber conocido los trabajos de Pauli, Max Born le escribía, expresándole la necesidad de un cambio en el nivel óptico: "La solución de todas las dificultades cuánticas ha de buscarse desde un punto de vista básicamente nuevo: los conceptos de espacio y de tiempo, concebidos como un continuo cuádrdimensional, no pueden transferirse del mundo macroscópico de nuestra experiencia al mundo de los átomos. Esto requiere, sin duda, como representación adecuada otro tipo de variedad numérica ..." (Inv. y Ciencia 1985).

Más recientemente, Bunge (1985b) reflexiona acerca de la interpretación sobre el determinismo en la mecánica cuántica y pone de manifiesto las interpretaciones contrapuestas con la escuela de Copenhagen: "Ciertamente el determinismo en que se encuadra la mecánica cuántica no es el clásico o laplaciano, sino mucho más rico. El determinismo cuántico tiene una fuerte componente estocástica (que se resume en la función de onda) y una fuerte componente causal (representada por el hamiltoniano). Este determinismo cuántico está lejos del indeterminismo radical de la escuela de Copenhagen, atribuido al libre albedrío del experimentador."

Algo similar ocurre con el concepto de estructura sintáctica, que trasciende a lo meramente metodológico para incorporar criterios de validación, modos de explicación e interpretación, metas, normas metodológicas, es decir, todos los elementos que confluyen en ciencia para vincular los datos brutos con las construcciones hipotético-deductivas, en un proceso dialéctico en ambos sentidos.

Al reflexionar sobre la interpretación ortodoxa de la mecánica cuántica, Bunge (1985b) sostiene que la filosofía de esta interpretación "hace imposible subordinarla a la psicofisiología del observador humano". No basta que los enunciados de la ciencia sean empíricamente contrastables. "Copenhagen alega que todos los enunciados deberían referirse a situaciones de contrastación, pues de lo contrario carecen de significado. La escuela de Copenhagen confunde el referente de una teoría con su contrastación, identifica una cuestión metodológica con una semántica." Por cierto que esta interpretación es polémica, pero nuestra elementos de la sintáctica que van más allá de la metodología.

De acuerdo a lo expresado en este ítem y en el anterior, parece claro que un cambio significativo en la estructura cognoscitiva no se agota en lo conceptual y metodológico.

De las uniones fértiles de estructuras sustanciales con estructuras sintácticas, de su interacción profunda, emergen los programas de investigación (Lakatos 1983) capaces de generar nuevos conocimientos científicos. La separación entre estos elementos sólo tiene sentido a los

finés del análisis: su síntesis es imprescindible para comprender la naturaleza de la labor y del conocimiento científico (Cudmani y Lewin 1984; Cudmani 1992; Salinas 1991; Salinas y Cudmani 1994a; Cudmani y Pesa 1995).

Las estructuras sustanciales y sintácticas no están meramente yuxtapuestas o relacionadas, sino totalmente integradas en un sistema capaz de procesar todos estos elementos para generar el conocimiento científico. Son todos esos elementos los que debieran integrarse armónicamente en el aprendizaje de las ciencias (Cudmani 1992; Salinas y Cudmani 1995).

Pasaremos en la segunda parte de este trabajo a considerar algunos ejemplos, extraídos de trabajos en los que hemos participado. Pero antes de entrar en la ejemplificación, haremos una digresión para discriminar entre dos niveles de aprendizaje que nos parece tienen características diferenciadoras significativas.

El primer nivel es el referido al proceso que lleva del conocimiento común al conocimiento científico. Como ya se viene señalando en numerosos trabajos (Gil y Carrascosa 1985 y 1990; Salinas 1991 y 1994; Gil 1993; Pesa, Cudmani y Bravo 1995; Salinas, Gil y Cudmani 1995), este cambio es cualitativamente significativo. Se trata de un nuevo modo de conocer, cuyos presupuestos epistemológicos se modifican radicalmente.

El conocimiento común, generado en la interacción con las experiencias de la vida diaria y con otros individuos, se construye en base a criterios, modos de razonar, propósitos y valoraciones que si bien suelen ser suficientes para enfrentar las exigencias de la cotidianidad, difieren sustancialmente de los desiderata de precisión, coherencia, objetividad y sistematicidad del conocimiento científico.

Los numerosísimos trabajos realizados en los últimos quince años respecto a las preconcepciones y a su resistencia y arraigo frente a las concepciones científicas, muestran claramente cuán profundo es el cambio de estructura cognoscitiva necesario para pasar del conocimiento común al conocimiento científico.

El segundo nivel, también importante en el aprendizaje de las ciencias, es el de los cambios entre distintos paradigmas científicos, alternativos o superadores. En estos casos los cambios epistemológicos, metodológicos y actitudinales concomitantes, pueden, o no, ser tan significativos como en el primer nivel.

En efecto, pasar del paradigma galileano al newtoniano o laplaciano no plantea cambios epistemológicos, metodológicos o actitudinales demasiado significativos. Podríamos generalizar esta consideración a todo el ámbito de la física clásica.

Por lo contrario, esos cambios son importantes cuando se pasa de la mecánica clásica a la cuántica, a las concepciones probabilísticas de la física estadística, a los modelos holísticos de caos, etc. Los docentes conocemos bien las dificultades que se plantean en el aula con el

aprendizaje en estos ámbitos. También en estos casos es necesario generar cambios cualitativamente significativos en los modos de conocer: las concepciones epistemológicas y ontológicas subyacentes al conocimiento científico cambian sustancialmente.

Consideremos por ejemplo el principio de comprensibilidad de la naturaleza. Este ha permanecido intacto por muchos siglos, hasta el advenimiento de la mecánica cuántica. El principio de incertidumbre, la alegada falta de conexión estrictamente causal en la naturaleza, la imposibilidad de ser un observador externo de un mundo objetivo, pueden interpretarse como un abandono parcial de este principio.

Schrodinger (1951) explica este cambio ontológico en los siguientes términos: "No podemos hacer afirmación fáctica alguna sobre un objeto natural determinado (o sistema físico) sin "acceder a su contacto". Este contacto es una interacción física real. Incluso para que veamos un objeto necesitamos que éste reciba el impacto de rayos de luz y los refleje hasta mi ojo o hasta algún instrumento de observación. Esto significa que la observación afecta al objeto. No es posible obtener conocimiento de un objeto si se lo mantiene aislado. La teoría afirma que esta perturbación no es irrelevante ni totalmente controlada. Es decir, tras cualquier número de cuidadosas observaciones, el objeto queda en un estado del que se conocen ciertas cosas (las últimas observadas), pero otras (las inferidas por la última observación) no se conocen, o no son conocidas con precisión. Así se explica por qué no es posible dar una descripción completa de cualquier objeto físico."

En la segunda parte de este trabajo consideraremos algunos ejemplos de investigaciones realizadas en el marco de este modelo. En ese trabajo explicitaremos las conclusiones finales y las referencias bibliográficas.

En la segunda parte de este trabajo consideraremos algunos ejemplos de investigaciones realizadas en el marco de un modelo integrador de aprendizaje de las ciencias.

### **Ejemplo Referido al Divorcio entre Contenidos Conceptuales y Procedimentales**

Los primeros ejemplos de la necesidad de integrar los cambios en los distintos ámbitos, aparecieron con referencia al divorcio entre métodos y contenidos (Salinas 1991; Salinas y Cudmani 1994a).

La práctica docente presenta múltiples ejemplos de esta dicotomía. Los programas curriculares jerarquizan alternativamente uno u otro aspecto. Así el modelo de transmisión-recepción enfatiza los contenidos en tanto que el de "redescubrimiento" se centra en las metodologías. La literatura abunda en críticas a ambas propuestas (Gil Pérez 1991; Moreira 1983).

En nuestro trabajo (Cudmani, Salinas y Jaén 1991; Cudmani y Salinas 1991; Cudmani 1992) destacamos dos ejemplos: a) el intento de basar la enseñanza de la Física en la observación de lo cotidiano y las

explicaciones en lo obvio y en el sentido común. Esto implica renunciar a enseñar las teorías científicas como sistemática construcción de una comunidad de especialistas. Se desvirtúa así tanto la naturaleza del proceso como la del producto de la labor científica. (Gil y Carrascosa 1990).

b) La aplicación totalmente acrítica de métodos de obtención y procesamiento de datos como si éstos tuvieran validez universal, sin el análisis del campo práctico al que va a aplicarse. Un ejemplo sería el uso indiscriminado de la teoría Gaussiana para procesar errores experimentales sin hacer ningún tipo de control sobre la aleatoriedad de los datos con que se trabaja (Cudmani, Pesa 1990).

La enseñanza de la física no debiera caer en esta dicotomía. Métodos vacíos de contenido se convierten en automatismos acríticos y acientíficos. Contenidos sin metodología que los sustente se reducen a fórmulas o verbalizaciones carentes de significados claros y precisos.

### Ejemplo Referido a las Concepciones Epistemológicas

En una investigación (Salinas 1994a; Salinas y Cudmani 1994b) hemos recabado abundante información sobre las concepciones epistemológicas de estudiantes de ciclos básicos de carreras de ingeniería, mediante la aplicación de diversos instrumentos. Los resultados obtenidos permitieron identificar las siguientes características sobresalientes, manifestadas por porcentajes muy importantes de alumnos:

- una generalizada visión lineal, secuencial, de la investigación científica, a la que se concibe como un conjunto ordenado de etapas predeterminadas, separadas y sin retroalimentación;
- concepciones distorsionadas del papel que juegan los experimentos en la ciencia; estas distorsiones se presentan con especial fuerza a través de dos modelos de ciencia: el empírico-inductivo y el falsacionista extremo;
- escasas menciones a las situaciones problemáticas que desencadenan un proceso investigativo; la investigación científica, las leyes y las teorías aparecen mayoritariamente naciendo, o de una observación inicial a-teórica y a-problemática, o de una hipótesis inicial sin objetivos y sin referentes fácticos;
- una elevada incapacidad para identificar aspectos que diferencian significativamente al trabajo científico de la forma en que se piensa y actúa en la vida cotidiana frente a los fenómenos naturales.

## Ejemplo Referido a los Modos Espontáneos de Razonar y a las Reglas Heurísticas de Sentido Común

Otro ámbito de investigación que muestra la unidad semántico-sintáctica en el aprendizaje de ciencias, aparece cuando se trata de analizar los problemas de aprendizaje que se generan a raíz del uso de formas de razonamiento incompletas. En efecto, al trabajar a partir de las ideas aportadas por los estudiantes, los investigadores y docentes están en mejores condiciones para diagnosticar tanto las estructuras de conocimiento como las técnicas de razonamiento (Duschl 1995).

Numerosas situaciones docentes en los más diversos campos de la física (electromagnetismo, óptica, termodinámica, mecánica) parecían mostrar que cuando los estudiantes no razonan correctamente tampoco construyen correctamente los significados de las conceptualizaciones. Además estos modos de razonar espontáneos parecían presentarse en distintos contenidos específicos (Pozo 1991, Viennot 1985).

Los estudios (Pesa, Cudmani y Bravo 1995 (a) y (b); Salinas Cudmani y Pesa 1993) nos permitieron caracterizar diversos tipos de razonamientos no científicos y reglas heurísticas de sentido común que mostraron que el aprendizaje de los conceptos no había estado acompañado por los correspondientes y necesarios cambios en las metodologías, actitudes y criterios epistemológicos de la ciencia.

Algunas de las categorías de razonamientos (op. cit.) sistematizadas son las siguientes:

- **Razonamiento monoconceptual:** Los estudiantes suponen a priori y sin control, que la respuesta a un problema depende siempre de una sola variable. Este razonamiento conduce a dificultades en la resolución de problemas experimentales como: discriminación de variables relevantes y evaluación de la interacción entre variables.
- **Razonamiento secuencial lineal:** La tendencia a la reducción funcional, ignorando los aspectos sistemáticos de un problema, genera en los estudiantes razonamientos causales lineales en el que cada modificación de una cantidad conduce a la de otra cantidad, la cual, a su vez, implica a una tercera, ... y así sucesivamente. Como resultado, fenómenos complejos son a menudo analizados como resultado de otros más simples. Estos fenómenos simples son considerados uno después del otro, en una cadena lineal que tiene un doble status: implicativo y cronológico.
- **Razonamiento irreversible:** una consecuencia de esta manera reduccionista y direccional de pensar, es la gran dificultad que manifiestan los estudiantes para razonar holísticamente, "centrando su análisis en cambios locales o en deducciones directas" y en los aspectos puramente algorítmicos (Cudmani, Lozano y Lewin 1981).



- Razonamiento inconsistente: las ideas alternativas reflejan a menudo, nociones relativamente no diferenciadas, fuertemente dependientes del contexto. La electricidad, por ejemplo, es un concepto no bien definido que incorpora otras nociones como potencia, corriente y energía (Cudmani, Fontdevila 1990) de un modo confuso e indiscriminado. Este carácter impreciso lleva a que los estudiantes, durante la resolución de una dada situación problemática, manejen dos o más significados diferentes para un mismo concepto, sin ser conscientes de ello.
- Razonamiento reduccionista: los estudiantes atienden más a las propiedades que a las funciones de los elementos en juego en la situación problemática, sean éstos conceptuales o fácticos.
- Razonamiento ad-hoc: los estudiantes elaboran una explicación para cada caso. La búsqueda de generalidad y sistematicidad (propia de un abordaje con pretensiones científicas) no es espontáneamente atendida por los estudiantes.
- Razonamiento puramente algorítmico: los estudiantes emplean los formalismos matemáticos, y otros símbolos representacionales, despojándolos de significado físico.

Estos trabajos muestran también que la metodología intuitiva sigue una serie de reglas de carácter heurístico que ayudan a los individuos en la resolución de problemas cotidianos. Señalaremos a continuación algunos ejemplos:

- - tendencia a explicar los cambios, no los estados. En concordancia con una tendencia habitual del conocimiento cotidiano, los estudiantes no se cuestionan sobre los estados, sólo sobre los cambios. Este comportamiento implica una importante limitación para la comprensión de concepciones fundamentales en la ciencia como son las nociones de equilibrio y de conservación donde el análisis de los estados es de particular importancia, así como para entender la significación y la diferencia entre las variables, las constantes y los parámetros característicos de una dada teoría (Cudmani, Salinas, Pesa 1995).
- - lo que no se percibe no se concibe. En la vida cotidiana los juicios, dominados por la percepción, tienden a focalizarse en los trazos salientes de una situación material, no admitiéndose la existencia física real de los elementos no-observables. Destacamos que la mayor parte de las investigaciones sobre concepciones alternativas en la Óptica han estado focalizadas en este aspecto: investigar en qué medida los estudiantes logran discriminar antes y después de la instrucción la física de la luz de los fenómenos de la percepción visual. Pueden citarse varios ejemplos: estudios referidos a concepciones alternativas sobre color, muestran que "uno de los errores más comunes es considerar que el "blanco" como color existe por sí mismo... Los

estudiantes no consideran que el blanco es una percepción resultante del hecho de que el sistema visual no es capaz de discriminar las componentes espectrales de la luz"; estudios referidos a las concepciones alternativas sobre interferencia de la luz muestran que los estudiantes (y los profesores) consideran "ausencia de interferencia" cuando analizan el comportamiento resultante de dos fuentes de emisión espontánea en lugar de "patrones de intensidad uniforme cuando el sensor no es capaz de detectar los cambios" (Pesa, Colombo, Cudmani 1995).

- - pensamiento egocéntrico. En la vida cotidiana los sujetos asimilan las experiencias del mundo en general a esquemas derivados de sus propios mundos inmediatos y lo ven todo en relación consigo mismo. Este egocentrismo natural es, según Piaget (1977), el que dificulta la objetividad en los razonamientos, por las dificultades que genera en el estudiante para salirse de sí y construir una representación más objetiva de la realidad. Así Piaget escribe: "la objetividad consiste en conocer bien las mil intrusiones del yo en el pensamiento de todos los días y las mil ilusiones que de ellas se derivan - ilusiones de los sentidos, del lenguaje, de los puntos de vista, de los valores, buscando desprenderse de las trabas del yo para emitir juicios. El realismo, por el contrario, consiste en ignorar la existencia del yo y en considerar la perspectiva propia como inmediatamente objetiva y absoluta. El realismo es, pues, la ilusión antropocéntrica, es el finalismo, son todas las ilusiones que abundan en la historia de las ciencias".
- - uso frecuente del recurso de accesibilidad. De acuerdo a esta regla, característica del pensamiento espontáneo, los alumnos tienden a atribuir a un dado efecto la causa que resulta más accesible a la memoria, o sea, la que se recupera más fácilmente, (Pozo 1991) ya sea porque es información más reciente (efecto de recencia en la recuperación de la información de la memoria), o porque ha dado respuestas cotidianas exitosas más frecuentemente (efecto de recuencia). En ambos casos la recuperación de la información depende de la forma en que ésta es recibida y procesada. Las representaciones abstractas requieren un nivel de formalización que las hace más difícil de recuperar que las representaciones concretas. Esta característica es denominada saliencia de la información.

El recurso de accesibilidad ha sido detectado en investigaciones que intentaban explicar las respuestas contextualmente erróneas de los estudiantes a situaciones problemáticas referidas a la formación de imágenes virtuales cuando extrapolaban acríticamente algunos

resultados obtenidos para la formación de imágenes reales (Pesa, Cudmani, Bravo 1995).

### Ejemplo Referido a la Conceptualización de las Constantes Físicas

Una tercera línea de investigación, la cual fue encarada con otros objetivos, llevó a convalidar la necesidad de este cambio integrado. Ella estuvo referida al aprendizaje de conceptualizaciones sobre constantes físicas. La experiencia docente nos permitió detectar importantes fallas en la comprensión del rol y el significado del término "constante" en la construcción de las teorías científicas. Pudimos además relacionar estas fallas, con carencias en el ámbito de las valoraciones, de las metodologías y de las concepciones epistemológicas (Cudmani, Salinas, Pesa 1995).

Así nuestras primeras hipótesis de trabajo fueron formuladas en los términos siguientes:

- I. "Muchas de las dificultades de aprendizaje sobre las constantes físicas son consecuencia de una falta de reflexión epistemológica sobre el estatus de los distintos tipos de leyes en la física y sobre los límites de validez de los modelos teóricos referenciales".
- II. "El análisis de todos estos resultados parece confirmar un cambio conceptual realmente significativo está indisolublemente ligado a cambios en la metodología (cambio metodológico), en las valoraciones (cambio actitudinal), en las concepciones epistemológicas (cambio epistemológico) de docentes y alumnos".
- III. "El significado que se otorga al término "constante" muestra confusiones que podrían atribuirse a que estos significados no tienen un claro contexto teórico de referencia, no se identifican con precisión al modelo ni a sus límites de validez. No hay en general un claro análisis de los "supuestos" necesarios para que una "constante" lo sea en realidad, como tampoco está claro de qué propiedades del sistema físico que se estudia "dependen" esas constantes".

Todos estos ejemplos parecen confirmar la necesidad de focalizar la atención sobre todos estos campos del comportamiento a fin de producir en ellos también los cambios necesarios, si es que queremos que el cambio conceptual sea profundo, estable y significativo.

La otra hipótesis que se trató de convalidar en este trabajo reafirma los resultados de los otros campos de la Física en lo que se refiere a formas incompletas de razonamiento, en este caso el puramente algorítmico.

En resumen, la integración de estos campos en el aprendizaje de la ciencia es un proceso complejo y laborioso pero imprescindible para el aprendizaje. Habrá que elaborar estrategias cada vez más eficientes para

conseguirlo, pero parece claro que no se logrará mediante una única panacea, o receta que lleve rápidamente al cambio esperado.

## Conclusiones

Nuestras investigaciones educativas en distintos campos de la Física se han encuadrado en modelos de aprendizaje que se han ido enriqueciendo y complejizando a través de los años con el aporte de muchas fuentes y el de nuestra propia práctica (Pesa, Cudmani, Salinas 1993). Parecía pues, oportuno hacer un alto para formular una revisión y una explicación más o menos coherente del estado actual de situación. Por cierto que se trata de un campo fluido y en constante revisión la cual no quita valor a este intento.

Como se viene sosteniendo dentro de los modelos más consensuados en este momento, la ciencia requiere, para su aprendizaje, de recursos creativos coherentes con los que intervienen en la labor de la comunidad científica que la elabora. El aprendizaje significativo de los conocimientos teóricos es indisoluble de una familiarización con objetivos, sistema de valores, criterios metodológicos, estrategias cognitivas, concepciones epistemológicas que intervienen en la construcción de dicho conocimiento.

Los cambios en el campo "conceptual" han merecido privilegiada atención en la investigación educativa. Los campos metodológicos y actitudinal se han rescatado en etapas sucesivas de complejización del proceso, llegando incluso a formularse modelos fuertemente jerarquizados, privilegiando una u otra de estas áreas. En este trabajo se destaca, además de éstos, la importancia de los aspectos ontológicos, epistemológicos y sociales.

De acuerdo con el concepto de "tradiciones de investigación" de Laudan (1993) que él define como "un conjunto de creencias acerca de las clases de entidades y procesos que integran el dominio de la investigación y un conjunto de normas epistémicas y metodológicas acerca de cómo se debe investigar en ese dominio, cómo se deben poner a prueba las hipótesis, cómo se deben recabar los datos...". Laudan también asocia estas "tradiciones", familias de teorías, que se aplican a diferentes ámbitos en forma congruente: "lo que todo estas teorías tienen en común es que comparten las ontología de la tradición madre y se las puede poner a prueba y evaluar empleando sus normas metodológicas".

En lo que se refiere al campo social, no se puede dudar que la ciencia es un producto de una cultura, de una sociedad. Sus logros son resultados de consensos colectivos de comunidades de científicos. Por otro lado, en el aspecto social se manifiesta también fuertemente en "la matriz de aprendizaje" del alumno que es el resultado de un largo y complejo proceso durante el cual distintas instituciones educativas: padres, familias, escuela, medios, ... mediante variados sistemas de gratificaciones y castigos han ido generando hábitos y modos de aprender

no siempre compatibles con los necesarios para el aprendizaje de las ciencias.

Las estrategias educativas debieran aproximar las actividades del aula a las que desarrolla la comunidad científica.

En este proceso, el saber científico, en todas sus facetas, actúa como referente permanente, ya que, aunque la construcción personal es una parte central del aprendizaje, debe tenerse siempre presente que el conocimiento científico no es idiosincrático (Hodson 1988): la ciencia es una actividad colectiva, y el conocimiento científico se valida por consenso. En el decir de Astolfi y Perterfalvi (1993), se trata de conciliar en las actividades una dosis de capacidad adaptativa que permita a cada estudiante poner en juego sus propias ideas, y una dosis de rigidez que garantice no perder de vista el saber científico a construirse.

El profesor actúa como un experto, miembro de la comunidad científica, que orienta el trabajo de los estudiantes para que éste sea coherente con la naturaleza de la ciencia y del trabajo científico, para que los estudiantes construyan el conocimiento consensuado por la comunidad científica, y para que modifiquen sus hábitos de aprendizaje transformándolos en herramientas más eficientes para el conocimiento y la investigación científica.

Los resultados obtenidos por Gunstone y White (1989), entre otros, sobre el valor de las estrategias de metaaprendizaje que se refieren a la reflexión crítica de los estudiantes sobre sus modos de aprender son campos prometedores para promover estos campos descuidados (Cudmani, Salinas, Jaen 1991).

Por otra parte el modelo de cambio integrador y reticular que aquí se sostiene, al reconocer que los cambios de metodologías, de valoraciones, de supuestos filosóficos y sociales, de metas y fines... no se da en forma simultánea y "per se" con el cambio conceptual, trae como consecuencia importante el requerimiento de que el acto docente esté intencionalmente dirigido a generar las estrategias docentes, los diseños curriculares, las actividades de aprendizaje, los criterios de evaluación, que se propongan como propósitos explícitos para favorecer el cambio de sistema cognitivo buscado.

Dejaríamos para trabajos futuros, profundizar sobre la hipótesis de que los plazos en que se dan los cambios en estos distintos campos no son del mismo orden. A nuestro criterio, la historia de la ciencia parece mostrar que los cambios epistemológicos y ontológicos importantes se dan a más largo plazo que los conceptuales y metodológicos. Si esto fuera así, habría que estudiar cómo inciden estos aspectos en el aprendizaje de las ciencias.

Como hipótesis de trabajo se produce arriesgar también la idea que los fuertes obstáculos epistemológicos que se detectan al pasar de la "física del sentido común" a la de la "Física clásica" o de éstas a las concepciones cuánticas, o relativistas y más recientemente a la teoría de

caos, podrán explicarse por los profundos cambios no sólo metodológicos y epistemológicos sino también ontológicos que estos aprendizajes implican.

### Referencias Bibliograficas

- \* AIKENHEAD G.S., 1992, How to teach the epistemology and sociology of science in a historical context, Proceedings of the Second International Conference on History and Philosophy of Science in Science Education (Toronto, Ontario, Canadá, may 1992), Vol. Y, 23-34.
- \* ASTOLFI J., PETERFALVI B., 1993, ASTER, 16, 103, 141.
- \* BUNGE M., 1985a, La investigación científica (Ed. Ariel: Barcelona)
- \* BUNGE M., 1985b, Filosofía de la ciencia (Ed. SXX-Bs. Aires).
- \* CUDMANI L. C. de, 1992, Importancia del contexto en la conceptualización científica: implicancia para el aprendizaje. Serie Investigación y Desarrollo. Revista de la Facultad e Ciencias Exactas y Tecnología CET, Noviembre.
- \* CUDMANI L. C. de, FONTDEVILA P., 1990, concepciones previas en el aprendizaje significativo del electromagnetismo, Revista de Enseñanza de la Física, Vol. 1 (1).
- \* CUDMANI L. C. de, LEWIN A. M. F. de. 1984, La epistemología y la Historia de la Física en la Formación de los licenciados en Física, Memorias de REF IV, Tucumán, Argentina.
- \* CUDMANI L. C. de, SALINAS J., 1991, Modelo y realidad. Importancia de la exactitud en Física. Implicancias para el aprendizaje. Caderno Catarinense de Ensino de Física, 8(3).
- \* CUDMANI L. C. de, PESA M., 1990, El histograma, una herramienta de aprendizaje constructivista, Caderno Catarinense de Ensino de Física, Vol. 12.
- \* CUDMANI L. C. de, PESA M., 1995, La integración de saberes en la formación de formadores en Física, enviado a publicación.
- \* CUDMANI L. C. de, LOZANO S. R. de, LEWIN A. M. de, 1981, El problema de aplicación como instrumento de aprendizaje operativo, Revista Brasileira de Física, 11(1).
- \* CUDMANI L. C. de, SALINAS J., PESA M., 1995, Distintos tipos de constantes en Física y aprendizaje significativo de la disciplina, Enseñanza de las Ciencias, Barcelona, España.
- \* CUDMANI L. C. de, SALINAS J., PESA M., 1991, La generación autónoma de "Conflictos cognitivos" para favorecer cambios de paradigmas en el aprendizaje de la Física, Enseñanza de las ciencias, 9 (3), 237-242.
- \* CUDMANI L. C. de, SALINAS J., PESA M., 1994, El aprendizaje, implica sólo un cambio conceptual? Memorias del II Simposio de Investigadores en Educación en la Física, Buenos Aires.
- \* CUDMANI L. C. de, SALINAS J., JAÉN M., 1991, Relación entre modelo y realidad en la Enseñanza de la Física, Congreso de

- Epistemología, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Nacional de Tucumán, Argentina.
- \* CUDMANI L. C. de, SALINAS J., PESA M., 1995, Distintos tipos de constantes en Física y aprendizaje significativo de la disciplina, Enseñanza de las Ciencias, 13(2), 237-248.
  - \* DUSCHL R., 1995, Más allá del conocimiento: los desafíos epistemológicos y sociales de la enseñanza mediante cambio conceptual, Enseñanza de las Ciencias, 13(1).
  - \* DUSCHL R., GITOMER D. H., 1991, Epistemological perspectives on conceptual change: implications for educational practice, Journal of Research in Science Teaching, 28(9), 839-858.
  - \* ENGEL E., DRIVER R., 1986, A study of consistency in the use of students conceptual frameworks across different task contexts, Science Education, 70(4), 473-496.
  - \* GIL PEREZ D., 1993, Contribución de la Historia y Filosofía de las Ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación, Enseñanza de las Ciencias, 11(2), 197-212.
  - \* GIL PEREZ D., CARRASCOSA J., 1985, Science learning as a conceptual and methodological change, European Journal of Science Education, 7(3), 231-236.
  - \* GIL PEREZ D., CARRASCOSA J., 1990, What to do about science "Misconceptions"?, Science Education, 74(5), 531-540.
  - \* GIL PEREZ D., CARRASCOSA J., FURIO C., MARTINEZ TORREGROSA J., 1991, La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria (Ed. ICE-HORSORI: Barcelona).
  - \* HEWSON P. W., THORLEY R., 1989, The condition of conceptual change in the classroom, International Journal of Science Education, 11(5), 541-553.
  - \* HODSON D., 1988, Towards a philosophical more valid science curriculum, Science Education, 72(1), 19-40.
  - \* HODSON D., 1992, In search of a meaningful relationship: an exploration of some issues relating to integration in science and science education, International Journal of Science Education, 14(5), 541-562.
  - \* HODSON D., 1993, Re-thinking old ways: towards a more critical approach to practical work in school science, Studies in Science Education, 22, 85-142.
  - \* LAKATOS Y., 1983, La metodología de los programas de investigación científica, (Alianza Editorial, Madrid).
  - \* LAUDAN L., et. al., 1986, Scientific change : philosophical models and historical research, Synthese, Vol. 69, 141-223.
  - \* MAX BORN, 1985, Investigación y Ciencia, Edición Española de Scientific America, Ed. Prensa Científica, Barcelona, España.
  - \* MOREIRA M. A., 1993, A teoria de educacao de Novak e o modelo de ensino aprendizagem de Gowin, Fascículos da CIEF, Série Ensino-Aprendizagem, nº 4.

- \* MOREIRA M. A., 1994, Cambio conceptual: crítica a modelos actuales y una propuesta a la luz de la teoría de aprendizaje significativo de Ausubel. Memorias del II SIEE, Bs. Aires, Arg.
- \* MOREIRA M. A., 1983, Uma Abordagem cognitivista ao ensino da física, Editora da Universidade, Brasil.
- \* NIEDERER H., SHECKER H., 1991, Towards an explicit description of cognitive system for research in physics learning. Proc. of an Int Work shop in Physics Learning - Bremen, Germany.
- \* NOVAK J., 1981, Uma teoria de educacao, Sao Pioneira, traducao de M. A. Moreira do original "A theory of education", Cornell University Press, 1977.
- \* PESA M., CUDMANI L. C. de, BRAVO S., 1995a, "Formas de razonamiento asociadas a los sistemas preconceptuales sobre naturaleza y propagación de la luz" aceptado para publicación en el Caderno Catarinense de Ensino Física-Brasil.
- \* PESA M., CUDMANI L. C. de, BRAVO S., 1995b, "De los modelos intuitivos a los modelos científicos. Un estudio referido a la comprensión de la formación de imágenes con espejos, prismas y hologramas", enviado a publicación.
- \* PESA M., CUDMANI L. C. de, SALINAS J., 1993, Transferencia de resultados de la Investigación Educativa al aprendizaje de la Óptica, Revista Brasileira de Ensino de Física, 15 (n° 1-1).
- \* PIAGET J., 1977, A desenvolvimento do pensamento - Ed. Dom Quixote, Lisboa.
- \* POSNER G., et al., 1982, Accommodation of a scientific conception : toward a theory of conceptual change, Science Education, 66 (2).
- \* POZO J., 1987, ... Y sin embargo se puede enseñar ciencia, Infancia y Aprendizaje 38, pág. 109-113.
- \* POZO J., 1991, "Las ideas de los alumnos sobre ciencia: una interpretación desde la sicología cognitiva" - Enseñanza de las Ciencias 9 (1).
- \* QUIROGA A., 1985, Matrices de aprendizaje. Constitución del sujeto en el proceso de conocimiento. Ediciones Cinco. Buenos Aires.
- \* SALINAS J., 1991, La unidad de método y contenido en la construcción histórica y en el aprendizaje de la Física, Memorias de la Séptima Reunión Nacional de Educación en la Física, Partes I y II (Mendoza, Argentina), 181-194.
- \* SALINAS J., 1994a, Las prácticas de Física básica en Laboratorios Universitarios, Tesis Doctoral, Universitat de Valencia, España.
- \* SALINAS J., 1994b, Manifestaciones de la tendencia espontánea hacia el razonamiento "ad-hoc" en estudiantes de ingeniería, versión preliminar publicada en las Memorias del Segundo Simposio de Investigación en Educación en Física (Buenos Aires) : versión definitiva aceptada para publicación en Revista de Enseñanza de la Física.



- \* SALINAS J., CUDMANI L. C. de, 1994a, Los desencuentros entre método y contenido científicos en la formación de los profesores de Física. Revista de Enseñanza de la Física, 7(1), 25-32.
- \* SALINAS J., CUDMANI L. C. de, 1994b, Concepciones epistemológicas de estudiantes de ciclos básicos de carreras de ingeniería, Memorias del Segundo Simposio de Investigación en Educación en Física (Buenos Aires).
- \* SALINAS J., CUDMANI L. C. de, JAEN M., 1995, Las concepciones epistemológicas de los docentes en la enseñanza de las ciencias fícticas. Revista Brasileira de Ensino de Física, 17(1), 55-61.
- \* SALINAS J., CUDMANI L. C. de, PESA M., 1993, Modos espontáneos de razonar: un análisis de su incidencia sobre el aprendizaje del conocimiento físico a nivel universitario básico, Memorias de la Octava Reunión Nacional de Educación en la Física (Rosario, Argentina), 321-338.
- \* SALINAS J., GIL D., CUDMANI L. C. de, 1995, La elaboración de estrategias educativas acordes con un modo científico de tratar los problemas, Memorias de la Novena Reunión Nacional de Educación en Física (Salta, Argentina), 336-349.
- \* SALINAS J., SANDOVAL J., 1993, El diseño experimental de "un factor cada vez": universal o específico?, Revista Española de Física, 7(2), 52-57.
- \* SCHRODINGER .....
- \* SCHWAB J. J., 1968, Problemas tópicos y puntos en discusión, en La educación y la estructura del conocimiento (compilación de S. Elam) (Ed. El ateneo, Buenos Aires).
- \* SCHRODINGER E., 1951, Science and Humanism, Cambridge University Press, England.
- \* SHUELL T. J., 1987, Cognitive psychology and conceptual change: implications for teaching science, Science Education, 71(2), 239-250.
- \* STRIKE K. A., POSNER G. J., (en prensa), A revisionist theory of conceptual change, capítulo en Philosophy of Science, Cognitive Science, and Educational Theory and Practice (Duschl R. y Hamilton R. (Eds.) SUN y Press: New York.
- \* VIENNOT L., 1985, Analyzing students' reasoning: tendencies in interpretation, American Journal of Phys., 53, pág. 432-436.
- \* VIGOTSKY L. S., 1989, El desarrollo de los procesos psicológicos superiores (Ed. Crítica, Barcelona).
- \* VILLANI A., 1992, conceptual change in science and science education, Science Education, 76(2), 223-237.
- WHITE T. R., GUNSTONE F. R., 1989, Metalearning and conceptual change, International Journal of Science Education, 11, 577-586.

## UN MODELO INTEGRADOR PARA EL APRENDIZAJE DE LAS CIENCIAS SEGUNDA PARTE - EJEMPLOS DE INVESTIGACIONES REALIZADAS

Leonor C. de Cudmani, Marta A. Pesa, Julia Salinas  
Instituto de Física - FCEyT - Universidad Nacional de Tucumán  
Avenida Independencia 1800 - (4000) Tucumán - Argentina

En la segunda parte de este trabajo consideraremos algunos ejemplos de investigaciones realizadas en el marco de un modelo integrador de aprendizaje de las ciencias.

### Ejemplo Referido al Divorcio entre Contenidos Conceptuales y Procedimentales

Los primeros ejemplos de la necesidad de integrar los cambios en los distintos ámbitos, aparecieron con referencia al divorcio entre métodos y contenidos (Salinas 1991; Salinas y Cudmani 1994a).

La práctica docente presenta múltiples ejemplos de esta dicotomía. Los programas curriculares jerarquizan alternativamente uno u otro aspecto. Así el modelo de transmisión-recepción enfatiza los contenidos en tanto que el de "redescubrimiento" se centra en las metodologías. La literatura abunda en críticas a ambas propuestas (Gil Pérez 1991; Moreira 1983).

En nuestro trabajo (Cudmani, Salinas y Jaén 1991; Cudmani y Salinas 1991; Cudmani 1992) destacamos dos ejemplos: a) el intento de basar la enseñanza de la Física en la observación de lo cotidiano y las explicaciones en lo obvio y en el sentido común. Esto implica renunciar a enseñar las teorías científicas como sistemática construcción de una comunidad de especialistas. Se desvirtúa así tanto la naturaleza del proceso como la del producto de la labor científica. (Gil y Carrascosa 1990).

b) La aplicación totalmente acrítica de métodos de obtención y procesamiento de datos como si éstos tuvieran validez universal, sin el análisis del campo práctico al que va a aplicarse. Un ejemplo sería el uso indiscriminado de la teoría Gaussiana para procesar errores experimentales sin hacer ningún tipo de control sobre la aleatoriedad de los datos con que se trabaja (Cudmani, Pesa 1990).

La enseñanza de la física no debiera caer en esta dicotomía. Métodos vacíos de contenido se convierten en automatismos acríticos y acientíficos. Contenidos sin metodología que los sustente se reducen a fórmulas o verbalizaciones carentes de significados claros y precisos.

### Ejemplo Referido a las Concepciones Epistemológicas

En una investigación (Salinas 1994a; Salinas y Cudmani 1994b) hemos recabado abundante información sobre las concepciones epistemológicas de estudiantes de ciclos básicos de carreras de ingeniería, mediante la aplicación de diversos instrumentos. Los resultados

obtenidos permitieron identificar las siguientes características sobresalientes, manifestadas por porcentajes muy importantes de alumnos:

- una generalizada visión lineal, secuencial, de la investigación científica, a la que se concibe como un conjunto ordenado de etapas predeterminadas, separadas y sin retroalimentación;
- concepciones distorsionadas del papel que juegan los experimentos en la ciencia; estas distorsiones se presentan con especial fuerza a través de dos modelos de ciencia: el empírico-inductivo y el falsacionista extremo;
- escasas menciones a las situaciones problemáticas que desencadenan un proceso investigativo; la investigación científica, las leyes y las teorías aparecen mayoritariamente naciendo, o de una observación inicial a-teórica y a-problemática, o de una hipótesis inicial sin objetivos y sin referentes fácticos;
- una elevada incapacidad para identificar aspectos que diferencian significativamente al trabajo científico de la forma en que se piensa y actúa en la vida cotidiana frente a los fenómenos naturales.

### **Ejemplo Referido a los Modos Espontáneos de Razonar y a las Reglas Heurísticas de Sentido Común**

Otro ámbito de investigación que muestra la unidad semántico-sintáctica en el aprendizaje de ciencias, aparece cuando se trata de analizar los problemas de aprendizaje que se generan a raíz del uso de formas de razonamiento incompletas. En efecto, al trabajar a partir de las ideas aportadas por los estudiantes, los investigadores y docentes están en mejores condiciones para diagnosticar tanto las estructuras de conocimiento como las técnicas de razonamiento (Duschl 1995).

Numerosas situaciones docentes en los más diversos campos de la física (electromagnetismo, óptica, termodinámica, mecánica) parecían mostrar que cuando los estudiantes no razonan correctamente tampoco construyen correctamente los significados de las conceptualizaciones. Además estos modos de razonar espontáneos parecían presentarse en distintos contenidos específicos (Pozo 1991, Viennot 1985).

Los estudios (Pesa, Cudmani y Bravo 1995 (a) y (b); Salinas Cudmani y Pesa 1993) nos permitieron caracterizar diversos tipos de razonamientos no científicos y reglas heurísticas de sentido común que mostraron que el aprendizaje de los conceptos no había estado acompañado por los correspondientes y necesarios cambios en las metodologías, actitudes y criterios epistemológicos de la ciencia.

Algunas de las categorías de razonamientos (op. cit.) sistematizadas son las siguientes:

\* **Razonamiento monoconceptual:** Los estudiantes suponen a priori y sin control, que la respuesta a un problema depende siempre de una sola variable. Este razonamiento conduce a dificultades en la resolución de problemas experimentales como: discriminación de variables relevantes y evaluación de la interacción entre variables.

\* **Razonamiento secuencial lineal:** La tendencia a la reducción funcional, ignorando los aspectos sistemáticos de un problema, genera en los estudiantes razonamientos causales lineales en el que cada modificación de una cantidad conduce a la de otra cantidad, la cual, a su vez, implica a una tercera, ... y así sucesivamente. Como resultado, fenómenos complejos son a menudo analizados como resultado de otros más simples. Estos fenómenos simples son considerados uno después del otro, en una cadena lineal que tiene un doble status: implicativo y cronológico.

\* **Razonamiento irreversible:** una consecuencia de esta manera reduccionista y direccional de pensar, es la gran dificultad que manifiestan los estudiantes para razonar holísticamente. "centrando su análisis en cambios locales o en deducciones directas" y en los aspectos puramente algorítmicos (Cudmani, Lozano y Lewin 1981).

\* **Razonamiento inconsistente:** las ideas alternativas reflejan a menudo, nociones relativamente no diferenciadas, fuertemente dependientes del contexto. La electricidad, por ejemplo, es un concepto no bien definido que incorpora otras nociones como potencia, corriente y energía (Cudmani, Fontdevila 1990) de un modo confuso e indiscriminado. Este carácter impreciso lleva a que los estudiantes, durante la resolución de una dada situación problemática, manejen dos o más significados diferentes para un mismo concepto, sin ser conscientes de ello.

\* **Razonamiento reduccionista:** los estudiantes atienden más a las propiedades que a las funciones de los elementos en juego en la situación problemática, sean éstos conceptuales o fácticos.

\* **Razonamiento ad-hoc:** los estudiantes elaboran una explicación para cada caso. La búsqueda de generalidad y sistematicidad (propia de un abordaje con pretensiones científicas) no es espontáneamente atendida por los estudiantes.

\* **Razonamiento puramente algorítmico:** los estudiantes emplean los formalismos matemáticos, y otros símbolos representacionales, despojándolos de significado físico.

Estos trabajos muestran también que la metodología intuitiva sigue una serie de reglas de carácter heurístico que ayudan a los individuos en la resolución de problemas cotidianos. Señalaremos a continuación algunos ejemplos:

- tendencia a explicar los cambios, no los estados. En concordancia con una tendencia habitual del conocimiento cotidiano, los estudiantes no se cuestionan sobre los estados, sólo sobre los cambios. Este comportamiento implica una importante limitación para la comprensión

de conceptualizaciones fundamentales en la ciencia como son las nociones de equilibrio y de conservación donde el análisis de los estados es de particular importancia, así como para entender la significación y la diferencia entre las variables, las constantes y los parámetros característicos de una dada teoría (Cudmani, Salinas, Pesa 1995).

- lo que no se percibe no se concibe. En la vida cotidiana los juicios, dominados por la percepción, tienden a focalizarse en los trazos salientes de una situación material, no admitiéndose la existencia física real de los elementos no-observables. Destacamos que la mayor parte de las investigaciones sobre concepciones alternativas en la Óptica han estado focalizadas en este aspecto: investigar en qué medida los estudiantes logran discriminar antes y después de la instrucción la física de la luz de los fenómenos de la percepción visual. Pueden citarse varios ejemplos: estudios referidos a concepciones alternativas sobre color, muestran que "uno de los errores más comunes es considerar que el "blanco" como color existe por sí mismo... Los estudiantes no consideran que el blanco es una percepción resultante del hecho de que el sistema visual no es capaz de discriminar las componentes espectrales de la luz"; estudios referidos a las concepciones alternativas sobre interferencia de la luz muestran que los estudiantes (y los profesores) consideran "ausencia de interferencia" cuando analizan el comportamiento resultante de dos fuentes de emisión espontánea en lugar de "patrones de intensidad uniforme cuando el sensor no es capaz de detectar los cambios" (Pesa, Colombo, Cudmani 1995).

- pensamiento egocéntrico. En la vida cotidiana los sujetos asimilan las experiencias del mundo en general a esquemas derivados de sus propios mundos inmediatos y lo ven todo en relación consigo mismo. Este egocentrismo natural es, según Piaget (1977), el que dificulta la objetividad en los razonamientos, por las dificultades que genera en el estudiante para salirse de sí y construir una representación más objetiva de la realidad. Así Piaget escribe: "la objetividad consiste en conocer bien las mil intrusiones del yo en el pensamiento de todos los días y las mil ilusiones que de ellas se derivan -ilusiones de los sentidos, del lenguaje, de los puntos de vista, de los valores, buscando desprenderse de las trabas del yo para emitir juicios. El realismo, por el contrario, consiste en ignorar la existencia del yo y en considerar la perspectiva propia como inmediatamente objetiva y absoluta. El realismo es, pues, la ilusión antropocéntrica, es el finalismo, son todas las ilusiones que abundan en la historia de las ciencias".

- uso frecuente del recurso de accesibilidad. De acuerdo a esta regla, característica del pensamiento espontáneo, los alumnos tienden a atribuir a un dado efecto la causa que resulta más accesible a la memoria, o sea, la que se recupera más fácilmente. (Pozo 1991) ya sea porque es información más reciente (efecto de recencia en la recuperación de la información de la memoria), o porque ha dado respuestas cotidianas exitosas más frecuentemente (efecto de recuencia). En ambos casos la

recuperación de la información depende de la forma en que ésta es recibida y procesada. Las representaciones abstractas requieren un nivel de formalización que las hace más difícil de recuperar que las representaciones concretas. Esta característica es denominada saliencia de la información.

El recurso de accesibilidad ha sido detectado en investigaciones que intentaban explicar las respuestas contextualmente erróneas de los estudiantes a situaciones problemáticas referidas a la formación de imágenes virtuales cuando extrapolaban acríticamente algunos resultados obtenidos para la formación de imágenes reales (Pesa, Cudmani, Bravo 1995).

### **Ejemplo Referido a la Conceptualización de las Constantes Físicas**

Una tercera línea de investigación, la cual fue encarada con otros objetivos, llevó a convalidar la necesidad de este cambio integrado. Ella estuvo referida al aprendizaje de conceptualizaciones sobre constantes físicas. La experiencia docente nos permitió detectar importantes fallas en la comprensión del rol y el significado del término "constante" en la construcción de las teorías científicas. Pudimos además relacionar estas fallas, con carencias en el ámbito de las valoraciones, de las metodologías y de las concepciones epistemológicas (Cudmani, Salinas, Pesa 1995).

Así nuestras primeras hipótesis de trabajo fueron formuladas en los términos siguientes:

I - "Muchas de las dificultades de aprendizaje sobre las constantes físicas son consecuencia de una falta de reflexión epistemológica sobre el estatus de los distintos tipos de leyes en la física y sobre los límites de validez de los modelos teóricos referenciales".

II - "El análisis de todos estos resultados parece confirmar un cambio conceptual realmente significativo está indisolublemente ligado a cambios en la metodología (cambio metodológico), en las valoraciones (cambio actitudinal), en las concepciones epistemológicas (cambio epistemológico) de docentes y alumnos".

III - "El significado que se otorga al término "constante" muestra confusiones que podrían atribuirse a que estos significados no tienen un claro contexto teórico de referencia, no se identifican con precisión al modelo ni a sus límites de validez. No hay en general un claro análisis de los "supuestos" necesarios para que una "constante" lo sea en realidad, como tampoco está claro de qué propiedades del sistema físico que se estudia "dependen" esas constantes".

Todos estos ejemplos parecen confirmar la necesidad de focalizar la atención sobre todos estos campos del comportamiento a fin de producir en ellos también los cambios necesarios, si es que queremos que el cambio conceptual sea profundo, estable y significativo.

La otra hipótesis que se trató de convalidar en este trabajo reafirma los resultados de los otros campos de la Física en lo que se

refiere a formas incompletas de razonamiento, en este caso el puramente algorítmico.

En resumen, la integración de estos campos en el aprendizaje de la ciencia es un proceso complejo y laborioso pero imprescindible para el aprendizaje. Habrá que elaborar estrategias cada vez más eficientes para conseguirlo, pero parece claro que no se logrará mediante una única panacea, o receta que lleve rápidamente al cambio esperado.

## Conclusiones

Nuestras investigaciones educativas en distintos campos de la Física se han encuadrado en modelos de aprendizaje que se han ido enriqueciendo y complejizando a través de los años con el aporte de muchas fuentes y el de nuestra propia práctica (Pesa, Cudmani, Salinas 1993). Parecía pues, oportuno hacer un alto para formular una revisión y una explicación más o menos coherente del estado actual de situación. Por cierto que se trata de un campo fluido y en constante revisión la cual no quita valor a este intento.

Como se viene sosteniendo dentro de los modelos más consensuados en este momento, la ciencia requiere, para su aprendizaje, de recursos creativos coherentes con los que intervienen en la labor de la comunidad científica que la elabora. El aprendizaje significativo de los conocimientos teóricos es indisoluble de una familiarización con objetivos, sistema de valores, criterios metodológicos, estrategias cognitivas, concepciones epistemológicas que intervienen en la construcción de dicho conocimiento.

Los cambios en el campo "conceptual" han merecido privilegiada atención en la investigación educativa. Los campos metodológicos y actitudinal se han rescatado en etapas sucesivas de complejización del proceso, llegando incluso a formularse modelos fuertemente jerarquizados, privilegiando una u otra de estas áreas. En este trabajo se destaca, además de éstos, la importancia de los aspectos ontológicos, epistemológicos y sociales.

De acuerdo con el concepto de "tradiciones de investigación" de Laudan (1993) que él define como "un conjunto de creencias acerca de las clases de entidades y procesos que integran el dominio de la investigación y un conjunto de normas epistémicas y metodológicas acerca de cómo se debe investigar en ese dominio, cómo se deben poner a prueba las hipótesis, cómo se deben recabar los datos...". Laudan también asocia estas "tradiciones", familias de teorías, que se aplican a diferentes ámbitos en forma congruente: "lo que todo estas teorías tienen en común es que comparten las ontología de la tradición madre y se las puede poner a prueba y evaluar empleando sus normas metodológicas".

En lo que se refiere al campo social, no se puede dudar que la ciencia es un producto de una cultura, de una sociedad. Sus logros son resultados de consensos colectivos de comunidades de científicos. Por otro

lado, en el aspecto social se manifiesta también fuertemente en "la matriz de aprendizaje" del alumno que es el resultado de un largo y complejo proceso durante el cual distintas instituciones educativas: padres, familias, escuela, medios, ... mediante variados sistemas de gratificaciones y castigos han ido generando hábitos y modos de aprender no siempre compatibles con los necesarios para el aprendizaje de las ciencias.

Las estrategias educativas debieran aproximar las actividades del aula a las que desarrolla la comunidad científica.

En este proceso, el saber científico, en todas sus facetas, actúa como referente permanente, ya que, aunque la construcción personal es una parte central del aprendizaje, debe tenerse siempre presente que el conocimiento científico no es idiosincrático (Hodson 1988): la ciencia es una actividad colectiva, y el conocimiento científico se valida por consenso. En el decir de Astoffi y Perterfalvi (1993), se trata de conciliar en las actividades una dosis de capacidad adaptativa que permita a cada estudiante poner en juego sus propias ideas, y una dosis de rigidez que garantice no perder de vista el saber científico a construirse.

El profesor actúa como un experto, miembro de la comunidad científica, que orienta el trabajo de los estudiantes para que éste sea coherente con la naturaleza de la ciencia y del trabajo científico, para que los estudiantes construyan el conocimiento consensuado por la comunidad científica, y para que modifiquen sus hábitos de aprendizaje transformándolos en herramientas más eficientes para el conocimiento y la investigación científica.

Los resultados obtenidos por Gunstone y White (1989), entre otros, sobre el valor de las estrategias de metaaprendizaje que se refieren a la reflexión crítica de los estudiantes sobre sus modos de aprender son campos prometedores para promover estos campos deseados (Cudmani, Salinas, Jaen 1991).

Por otra parte el modelo de cambio integrador y reticular que aquí se sostiene, al reconocer que los cambios de metodologías, de valoraciones, de supuestos filosóficos y sociales, de metas y fines... no se da en forma simultánea y "per se" con el cambio conceptual, trae como consecuencia importante el requerimiento de que el acto docente esté intencionalmente dirigido a generar las estrategias docentes, los diseños curriculares, las actividades de aprendizaje, los criterios de evaluación, que se propongan como propósitos explícitos para favorecer el cambio de sistema cognitivo buscado.

Dejaríamos para trabajos futuros, profundizar sobre la hipótesis de que los plazos en que se dan los cambios en estos distintos campos no son del mismo orden. A nuestro criterio, la historia de la ciencia parece mostrar que los cambios epistemológicos y ontológicos importantes se dan a más largo plazo que los conceptuales y metodológicos. Si esto fuera así, habría que estudiar cómo inciden estos aspectos en el aprendizaje de las ciencias.



Como hipótesis de trabajo se produce arriesgar también la idea que los fuertes obstáculos epistemológicos que se detectan al pasar de la "física del sentido común" a la de la "Física clásica" o de éstas a las concepciones cuánticas, o relativistas y más recientemente a la teoría de caos, podrán explicarse por los profundos cambios no sólo metodológicos y epistemológicos sino también ontológicos que estos aprendizajes implican.

### Referencias Bibliográficas

- \* AIKENHEAD G.S., 1992, How to teach the epistemology and sociology of science in a historical context, Proceedings of the Second International Conference on History and Philosophy of Science in Science Education (Toronto, Ontario, Canadá, may 1992), Vol. Y, 23-34.
- \* ASTOLFI J., PETERFALVI B., 1993, ASTER, 16, 103, 141.
- \* BUNGE M., 1985a, La investigación científica (Ed. Ariel: Barcelona)
- \* BUNGE M., 1985b, Filosofía de la ciencia (Ed. SXX-Bs. Aires).
- \* CUDMANI L. C. de, 1992, Importancia del contexto en la conceptualización científica: implicancia para el aprendizaje. Serie Investigación y Desarrollo. Revista de la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología CET, Noviembre.
- \* CUDMANI L. C. de, FONTDEVILA P., 1990, concepciones previas en el aprendizaje significativo del electromagnetismo, Revista de Enseñanza de la Física, Vol. 1 (1).
- \* CUDMANI L. C. de, LEWIN A. M. F. de, 1984, La epistemología y la Historia de la Física en la Formación de los licencias en Física, Memorias de REF IV, Tucumán, Argentina.
- \* CUDMANI L. C. de, SALINAS J., 1991, Modelo y realidad. Importancia de la exactitud en Física. Implicancias para el aprendizaje. Caderno Catarinense de Ensino de Física, 8(3).
- \* CUDMANI L. C. de, PESA M., 1990, El histograma, una herramienta de aprendizaje constructivista, Caderno Catarinense de Ensino de Física, Vol. 12.
- \* CUDMANI L. C. de, PESA M., 1995, La integración de saberes en la formación de formadores en Física, enviado a publicación.
- \* CUDMANI L. C. de, LOZANO S. R. de, LEWIN A. M. de, 1981, El problema de aplicación como instrumento de aprendizaje operativo, Revista Brasileira de Física, 11(1).
- \* CUDMANI L. C. de, SALINAS J., PESA M., 1995, Distintos tipos de constantes en Física y aprendizaje significativo de la disciplina, Enseñanza de las Ciencias, Barcelona, España.
- \* CUDMANI L. C. de, SALINAS J. PESA M., 1991, La generación autónoma de "Conflictos cognitivos" para favorecer cambios de paradigmas en el aprendizaje de la Física, Enseñanza de las ciencias, 9 (3), 237-242.

- \* CUDMANI L. C. de, SALINAS J., PESA M., 1994, El aprendizaje, implica sólo un cambio conceptual? Memorias del II Simposio de Investigadores en Educación en la Física, Buenos Aires.
- \* CUDMANI L. C. de, SALINAS J., JAEN M., 1991, Relación entre modelo y realidad en la Enseñanza de la Física, Congreso de Epistemología, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Nacional de Tucumán, Argentina.
- \* CUDMANI L. C. de, SALINAS J., PESA M., 1995, Distintos tipos de constantes en Física y aprendizaje significativo de la disciplina, Enseñanza de las Ciencias, 13(2), 237-248.
- \* DUSCHL R., 1995, Más allá del conocimiento: los desafíos epistemológicos y sociales de la enseñanza mediante cambio conceptual, Enseñanza de las Ciencias, 13(1).
- \* DUSCHL R., GITOMER D. H., 1991, Epistemological perspectives on conceptual change: implications for educational practice, Journal of Research in Science Teaching, 28(9), 839-858.
- \* ENGEL E., DRIVER R., 1986, A study of consistency in the use of students conceptual frameworks across different task contexts, Science Education, 70(4), 473-496.
- \* GIL PEREZ D., 1993, Contribución de la Historia y Filosofía de las Ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación, Enseñanza de las Ciencias, 11(2), 197-212.
- \* GIL PEREZ D., CARRASCOSA J., 1985, Science learning as a conceptual and methodological change, European Journal of Science Education, 7(3), 231-236.
- \* GIL PEREZ D., CARRASCOSA J., 1990, What to do about science "Misconceptions"?, Science Education, 74(5), 531-540.
- \* GIL PEREZ D., CARRASCOSA J., FURIO C., MARTINEZ TORREGROSA J., 1991, La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria (Ed. ICE-HORSORI: Barcelona).
- \* HEWSON P. W., THORLEY R., 1989, The condition of conceptual change in the classroom, International Journal of Science Education, 11(5), 541-553.
- \* HODSON D., 1988, Towards a philosophical more valid science curriculum, Science Education, 72(1), 19-40.
- \* HODSON D., 1992, In search of a meaningful relationship: an exploration of some issues relating to integration in science and science education, International Journal of Science Education, 14(5), 541-562.
- \* HODSON D., 1993, Re-thinking old ways: towards a more critical approach to practical work in school science, Studies in Science Education, 22, 85-142.
- \* LAKATOS Y., 1983, La metodología de los programas de investigación científica. (Alianza Editorial, Madrid).
- \* LAUDAN L., et. al., 1986, Scientific change : philosophical models and historical research, Synthese, Vol. 69, 141-223.

- \* MAX BORN, 1985, Investigación y Ciencia, Edición Española de Scientific America, Ed. Prensa Científica, Barcelona, España.
- \* MOREIRA M. A., 1993, A teoría de educacao de Novak e o modelo de ensino aprendizagem de Gowin, Fascículos do CIEF, Série Ensino-Aprendizagem, nº 4.
- \* MOREIRA M. A., 1994, Cambio conceptual: crítica a modelos actuales y una propuesta a la luz de la teoría de aprendizaje significativo de Ausubel. Memorias del II SIEF, Bs. Aires, Arg.
- \* MOREIRA M. A., 1983, Uma Abordagem cognitivista ao ensino da física, Editora da Universidade, Brasil.
- \* NIEDERER H., SHECKER H., 1991, Towards an explicit description of cognitive system for research in physics learning. Procc. of an Int Work shop in Physics Learning - Bremen, Germany.
- \* NOVAK J., 1981, Uma teoría de educacao, Sao Pioneira, traducao de M. A. Moreira do original "A theory of education", Cornell University Press, 1977.
- \* PESA M., CUDMANI L. C. de, BRAVO S., 1995a, "Formas de razonamiento asociadas a los sistemas preconceptuales sobre naturaleza y propagación de la luz" aceptado para publicación en el Caderno Catarinense de Ensino Física-Brasil.
- \* PESA M., CUDMANI L. C. de, BRAVO S., 1995b, "De los modelos intuitivos a los modelos científicos. Un estudio referido a la comprensión de la formación de imágenes con espejos, prismas y hologramas", enviado a publicación.
- \* PESA M., CUDMANI L. C. de, SALINAS J., 1993, Transferencia de resultados de la Investigación Educativa al aprendizaje de la Optica, Revista Brasileira de Ensino de Física, 15 (nº 1-4).
- \* PIAGET J., 1977, A desenvolvimento do pensamento - Ed. Dom Quixote, Lisboa.
- \* POSNER G., et al., 1982, Accommodation of a scientific conception : toward a theory of conceptual change, Science Education, 66 (2).
- \* POZO J. 1987, ... Y sin embargo se puede enseñar ciencia, Infancia y Aprendizaje 38, pág. 109-113.
- \* POZO J., 1991, "Las ideas de los alumnos sobre ciencia: una interpretación desde la sicología cognitiva" - Enseñanza de las Ciencias 9 (1).
- \* QUIROGA A., 1985, Matrices de aprendizaje. Constitución del sujeto en el proceso de conocimiento. Ediciones Cinco, Buenos Aires.
- \* SALINAS J., 1991, La unidad de método y contenido en la construcción histórica y en el aprendizaje de la Física, Memorias de la Séptima Reunión Nacional de Educación en la Física, Partes I y II (Mendoza, Argentina), 181-194.
- \* SALINAS J., 1994a, Las prácticas de Física básica en Laboratorios Universitarios, Tesis Doctoral, Universitat de Valencia, España.
- \* SALINAS J., 1994b, Manifestaciones de la tendencia espontánea hacia el razonamiento "ad-hoc" en estudiantes de ingeniería.

versión preliminar publicada en las Memorias del Segundo Simposio de Investigación en Educación en Física (Buenos Aires); versión definitiva aceptada para publicación en Revista de Enseñanza de la Física.

- \* SALINAS J., CUDMANI L. C. de, 1994a, Los desencuentros entre método y contenido científicos en la formación de los profesores de Física, Revista de Enseñanza de la Física, 7(1), 25-32.
- \* SALINAS J., CUDMANI L. C. de, 1994b, Concepciones epistemológicas de estudiantes de ciclos básicos de carreras de ingeniería, Memorias del Segundo Simposio de Investigación en Educación en Física (Buenos Aires).
- \* SALINAS J., CUDMANI L. C. de, JAÉN M., 1995, Las concepciones epistemológicas de los docentes en la enseñanza de las ciencias fácticas, Revista Brasileira de Ensino de Física, 17(1), 55-61.
- \* SALINAS J., CUDMANI L. C. de, PESA M., 1993, Modos espontáneos de razonar: un análisis de su incidencia sobre el aprendizaje del conocimiento físico a nivel universitario básico, Memorias de la Octava Reunión Nacional de Educación en la Física (Rosario, Argentina), 321-338.
- \* SALINAS J., GIL D., CUDMANI L. C. de, 1995, La elaboración de estrategias educativas acordes con un modo científico de tratar los problemas, Memorias de la Novena Reunión Nacional de Educación en Física (Salta, Argentina), 336-349.
- \* SALINAS J., SANDOVAL J., 1993, El diseño experimental de "un factor cada vez": universal o específico?, Revista Española de Física, 7(2), 52-57.
- \* SCHRODINGER .....
- \* SCHWAB J. J., 1968, Problemas tópicos y puntos en discusión, en La educación y la estructura del conocimiento (compilación de S. Elam) (Ed. El ateneo, Buenos Aires).
- \* SCHRODINGER E., 1951, Science and Humanism, Cambridge University Press, England.
- \* SHUELL T. J., 1987, Cognitive psychology and conceptual change: implications for teaching science, Science Education, 71(2), 239-250.
- \* STRIKE K. A., POSNER G. J., (en prensa). A revisionist theory of conceptual change, capítulo en Philosophy of Science, Cognitive Science, and Educational Theory and Practice (Dusehl R. y Hamilton R. (Eds.) SUN y Press: New York.
- \* VIENNOT L., 1985, Analyzing students' reasoning: tendencies in interpretation, American Journal of Phys., 53, pág. 432-436.
- \* VIGOTSKY L. S., 1989, El desarrollo de los procesos psicológicos superiores (Ed. Crítica, Barcelona).
- \* VILLANI A., 1992, conceptual change in science and science education, Science Education, 76(2), 223-237.

- \* WHITE T. R., GUNSTONE F. R., 1989, Metalearning and conceptual change. International Journal of Science Education, 11, 577-586.

## LA INTEGRACION DE SABERES EN LA FORMACION DE FORMADORES EN FISICA

Leonor Colombo de Cudmani, Marta A. Pesa

Instituto de Física - Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología - Universidad Nacional de Tucumán  
Avenida Independencia 1800 - (4000) Tucumán - Argentina.

Se hace un análisis de numerosos estudios y trabajos previos que permiten hipotetizar, con fundamentos, que fallas muy importantes en la formación de los docentes en Física, tienen como núcleo problemático la falta de una propuesta curricular integradora de los diversos saberes que se abordan en los planes vigentes. El estudio pone en evidencia una compartimentalización que se traduce en una serie de disociaciones entre la formación de científica en la disciplina específica y la formación docente profesional, entre los principios teóricos estudiados en diversas disciplinas y la práctica docente, entre los diversos tópicos y disciplinas de la formación docente profesional, ... A partir de propuestas de investigadores que consideran a la Didáctica de la Ciencia y a la Práctica de la Enseñanza como ejes integradores. Se estudió la incidencia curricular de esas disciplinas en planes de estudio en vigencia, se tomó como base de datos las publicaciones del proyecto IBERCIMA y los planes de estudio de quince profesorado argentinos. Se hizo un estudio comparativo para cuatro países de los tiempos dedicados y el lugar asignado a esas disciplinas, los porcentajes permiten inferir que con diseños de este tipo la Didáctica Especial no logra las integraciones que se buscan. A partir de este cuadro de situación se formulan y fundamentan propuestas sugeridas para lograr la integración de saberes a lo largo del currículum, tomando como núcleos integradores: la explicación y operativización en los objetivos, la integración de equipos docentes en actividades de discusión y reflexión, la reflexión colectiva de estudiantes, la inmersión de los estudiantes en el proceso de la investigación educativa, la inclusión curricular de asignaturas integradoras.

### Introducción

El momento que vive nuestro país en lo que se refiere a la reestructuración del sistema de educación dentro del marco que fija la Ley Federal de Educación, replantea con mayor fuerza que nunca la problemática de la formación de los profesores en ciencias.

Un análisis previo sobre el estado de situación actual permite consensuar al respecto la siguiente hipótesis crítica: **las propuestas curriculares para la formación de profesores se han caracterizado hasta ahora por estar estructuradas como procesos acumulativos de saberes no relacionados.**

En los últimos tiempos han aparecido publicaciones con valiosos aportes sobre el tema (Gil et. al. 1994, 1993, 1991; Dumas Carré et. al.

1990, Furió et. al. 1989, McDermott 1990). En particular, las publicaciones que recogen resultados del proyecto IBERCIMA de la Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura, han clarificado muchos aspectos de esta compleja problemática.

En estos trabajos, se plantean interesantes cuestiones y desideratas que debieran tomarse en cuenta al diseñar las currículas de los profesionales:

- \* la necesidad de conocer la materia a enseñar,

- \* la importancia de superar visiones simplistas e ideas docentes de "sentido común" respecto a la naturaleza de la ciencia y la enseñanza,

- \* la vinculación de la enseñanza de las ciencias con la investigación educativa en ciencias.(Cudmani y Pesa 1995) ,

- \* la necesidad de desarrollar nuevas estrategias que hagan más eficiente el aprendizaje en el aula,

- \* la resignificación del rol de la evaluación en el proceso.

En este trabajo queremos referirnos a una cuestión específica: **la necesidad de elaborar diseños curriculares que propongan explícitamente estrategias de integración de las distintas áreas de conocimiento que se abordan en la formación docente.**

## La Integración de Saberes

Algunos autores ya vienen señalando la disociación y compartimentalización que existe en el diseño curricular de los profesados. En particular se resalta la brecha entre la formación del profesor en lo que se refiere a la disciplina científica y la formación docente. Así, L. McDermott (1990) señala respecto a las disciplinas pedagógicas que "...si los métodos de enseñanza no son estudiados en el contexto en que han de ser implementados, los profesores pueden no saber identificar los aspectos esenciales, ni adaptar las estrategias instruccionales, que les han sido presentadas en términos abstractos a su materia específica o a situaciones nuevas". Esta disociación suele llegar al punto, en el cual son, distintos cuerpos docentes de facultades diferentes, sin ninguna interacción entre sí, los que están a cargo de esta tarea. Por cierto que, el que la asignaturas dependan de una dada facultad, no garantiza de ningún modo que por lo menos haya integración dentro de cada una de estas áreas.

En efecto, esta disociación aparece en varios niveles: ya señalamos la disociación entre formación científica y formación pedagógica, pero, además en cada una de estas áreas las materias se presentan como compartimentos estancos. No hay integración, por ejemplo, entre la Física y las Matemática que se estudian simultáneamente en las distintas etapas del plan de estudio (**integración transversal** - ver fig. 1). Pero tampoco hay integración entre distintos campos de una disciplina

(integración longitudinal - ver fig. 1). La enseñanza que se viene impartiendo no prevé estrategias y actividades generadoras de las necesarias "reconciliaciones integrativas" (Ausubel, 1978) imprescindibles para un aprendizaje significativo.

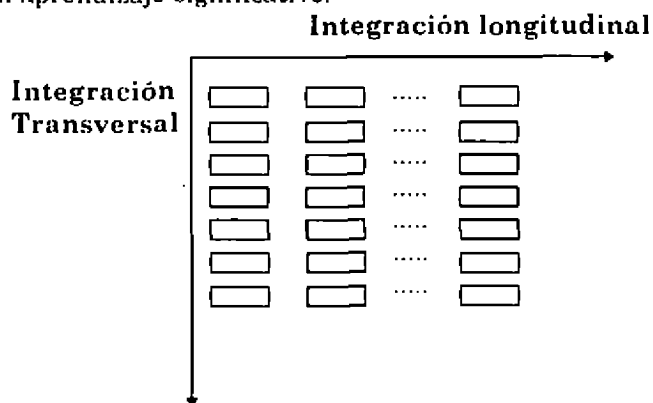


Figura 1. En la figura las casillas representan las distintas materias de un típico plan estudio.

El problema se agudiza si se considera que, muy probablemente el estudiante del profesorado estudiará en las materias de formación docente, modelos de aprendizaje de que rescatan la importancia de estas integraciones.

"El modelo sumativo de saberes académicos. Tiene como principal obstáculo la falta de integración de los principios teóricos estudiados en los cursos de educación con la práctica docente" (Gil et. al. 1994).

Hay así una dicotomía, entre lo que decimos que se debe hacer y lo que realmente hacemos. Esto genera en nuestros mejores alumnos frustraciones y disconformismo.

En el trabajo de la cita anterior se propone a la Didáctica de las Ciencias como núcleo vertebrador y se establecen requisitos claros para esta disciplina. En nuestra propuesta consideramos que esto no es suficiente. Justificaremos en los próximos parágrafos esta afirmación.

### Cómo se Ubica Actualmente la Didáctica en los Planes de Profesorado

En base a los estudios recopilados en el "Diagnóstico sobre formación inicial y permanente del Profesorado de Ciencias y Matemática (nivel medio) en los países iberoamericanos" (Nuñez Jimenez 1992) se ha tratado de estimar la incidencia porcentual de horas de estudio dedicadas a las Didácticas específicas y a las Prácticas de la Enseñanza en los planes de profesorado en nuestro país.

Para ello se seleccionaron quince profesorado argentinos, tanto de nivel terciario como universitario, entre los considerados como de mayor prestigio en nuestro medio.



Los resultados muestran que a la Didáctica específica se le asigna alrededor del 5% del total de horas del currículo y sólo el 10% a las Prácticas de la Enseñanza.

Para Brasil los números correspondientes dan un 7% para la Didáctica específica y un 4% para la Práctica Docente. Es decir que el tiempo total dedicado a la integración es en Argentina del 15% y en Brasil del 11%.

La situación en Chile y en Uruguay no es demasiado diferente

País	% horas dedicadas a la práctica de la enseñanza	% horas dedicadas a la didáctica	Total
argentina	10	5	15
brasil	4	7	11

Parece entonces poco probable con este diseño curricular de la Didáctica Especial, lograr la interacción de la que se hablaba anteriormente. En los distintos foros en que se está discutiendo actualmente sobre el diseño de los currículos para los profesores es común seguir considerando a la Didáctica Especial como el ámbito natural de integración de saberes.

Pero, bastará con dedicar más tiempo a estas actividades y dejar en manos de esa disciplina las integraciones que se reclaman? Creemos que no. Consideramos que por lo menos sería necesario:

- \* resignificar profundamente lo que entendemos por Didáctica de la Ciencia,

- \* complementarla con otras estrategias integradoras que excedan los límites de una materia para impregnar todo el diseño curricular.

Es claro que los nuevos modelos curriculares que se diseñen en el futuro deberán asignar a las Didácticas Especiales un rol muy diferente del actual y un número de créditos significativamente superior. Es tan importante el cambio que debiera operarse respecto a esta disciplina, que cabría preguntarse si no sería conveniente llamarla de otro modo, para que los significados tradicionales no se conviertan en obstáculos para el cambio.

Proponemos a continuación una serie de estrategias integradoras que, en algunos casos, no se limitan a ser complementos de la Didáctica, sino que fundamentan todo el diseño curricular.

### Propuesta de Estrategias Integradoras

#### El rol de los objetivos en la integración

En el trabajo a que hacíamos referencia en el parágrafo 1 se ha destacado la necesidad de definir claramente los objetivos de la carrera.

"Las curriculas de ciencia deben hacer explícita la formulación de objetivos. Estos deben ser alcanzables y estar relacionados coherentemente con los contenidos, las actividades y la evaluación ...y deben atenerse a procedimientos y actividades características del aprendizaje de la ciencia" (Gil et. al. 1993). En la enunciación de objetivos para una carrera de formación de docentes debieran proponerse claramente estas integraciones.

A modo de ejemplo se transcriben en el Apéndice I objetivos generales, formulados en una propuesta para la formación de profesores en ciencia en la Educación General Básica (E.G.B.) [Cudmani et. al. 1995]. De ellos se desprende claramente la preocupación por la integración, así por ejemplo la expresión habitual "adquirir sólidos conocimientos científicos" se complementa con el requisito de "una implementación didáctica y de un ajuste a contextos específicos de actualización profesional". La enunciación de los objetivos 5 y 6, muestran claramente la necesidad de integrar los saberes referidos a la ciencia específica con los supuestos teóricos de los modelos de aprendizaje, tanto en lo que se refiere a las estrategias docentes, como a la adquisición de actitudes reflexivas que vinculen la enseñanza y el aprendizaje de la ciencia con el desempeño de su rol docente.

La mera enunciación de objetivos integradores no es suficiente. Se hace necesario además, idear actividades que permitan:

- \* operativizarlos y "ponerlos en acto", y

- \* mecanismos de control de gestión que evalúen y realimenten el proceso.

### El rol de los equipos docentes en la integración

La enunciación y operativización de objetivos integradores así como la evaluación y realimentación de todo el proceso de formación de formadores difícilmente tendrá éxito si el cuerpo docente no está organizado en equipos que puedan reflexionar permanente y sistemáticamente sobre acciones integradoras en su doble **dimensión longitudinal y transversal**. Por ejemplo, los aportes de los profesores de Epistemología, de Didáctica, de Historia y Filosofía de las Ciencias, etc. serán sin duda de gran valor en el proceso de diseñar, desarrollar y evaluar los módulos de enseñanza de las ciencias específicas. Lo mismo vale, como otro ejemplo, respecto a los aportes de los profesores de las ciencias respecto a la Epistemología, o a la Historia y Filosofía, o a la Psicología del Aprendizaje.

Desde esta perspectiva la formación de comisiones: de gestión, de seguimiento, de supervisión, etc. , jugarán un rol muy importante. Estos equipos docentes deberán planificar y guiar:

- \*\* actividades de integración longitudinal** a fin de lograr que cada disciplina o área del conocimiento desarrolle actividades tendientes a lograr una efectiva síntesis integradora. Por ejemplo, elaboración de

miniproyectos de investigación, preparación de trabajos monográficos de síntesis, trabajos sistemáticos en grupos de discusión respecto a los valores o disvalores de lo aprendido en cada disciplina con referencia a los objetivos de la carrera, etc.

**\*\* actividades de integración transversal** tendientes a la reconciliación integrativa entre las distintas asignaturas que se cursan simultáneamente. Un ejemplo de este tipo de integración sería la inclusión, en cada ciclo del plan de estudio, de un taller integrador de entre 10 y 20 horas. Estos talleres abrirían un espacio para la labor interdisciplinaria por medio de actividades similares a las ya señaladas: proyectos, trabajos monográficos, seminarios de discusión y análisis, solución de situaciones problemáticas concretas abordables desde distintos ámbitos del saber, etc.

Una propuesta concreta para el control de gestión es la de constituir una comisión de seguimiento o supervisión, integrada por especialistas de las ciencias específicas y las ciencias de la educación. Esta comisión tendría que ocuparse, a los fines de la integración, de compatibilizar las planificaciones de las curriculas de las distintas asignaturas que se desarrollan en un dado período (integración transversal) atendiendo todos los aspectos, académicos, estructurales, de infraestructura, de condicionamientos exógenos, ... a fin de lograr una mayor eficiencia en la concreción de los objetivos, garantizar que en cada asignatura disciplina o área de conocimiento que se desarrolla en diferentes períodos se implementen actividades tendientes a lograr la síntesis integradora de saberes en cada una de esas áreas (integración longitudinal).

Todas estas acciones tienden a lograr en forma efectiva una "reconciliación integrativa" (Ausubel 1978, Moreira 1986) capaz de reorganizar y relacionar los significados, generar nuevas significaciones y darles mayor permanencia y estabilidad en la estructura cognoscitiva de los futuros profesores, habilitándolos para encarar con mayor eficiencia la práctica docente.

### **Inclusión de asignaturas integradoras**

Algunas asignaturas suelen estar referidas a ámbitos del conocimiento que se enfocan desde distintas perspectivas. Ellas se constituyen en excelentes elementos integradores. Valga como ejemplo el campo de la Educación ambiental, así como el de la Historia y Epistemología de las Ciencias.

Sin embargo, debe tenerse en cuenta, que la introducción de estas asignaturas es un problema complejo. Por ejemplo, algunos investigadores (Cudmani, Lewin 1985; Mathews 1994) señalan la importancia de considerar a la Historia y a la Filosofía de las Ciencias como dos aspectos indisolubles: "la historia no se presenta tal cual es a los ojos del espectador, los materiales y fuentes han de ser seleccionados,

las cuestiones han de ser formuladas, han de tomarse decisiones sobre las contribuciones relevantes,... Todos estos aspectos están influenciados por las opiniones sociales,

nacionales, psicológicas,.. del historiador. Y lo que es más importante están influidas por la teoría de la ciencia, o la filosofía de la ciencia, sostenida por el historiador... Como mucha gente ha dicho, si la filosofía de la ciencia está vacía sin historia de la ciencia, la historia de la ciencia sin filosofía está ciega".

Sería deseable entonces que en su implementación se incorporen invitados especiales como expertos de las distintas especialidades que permitan a los profesores y alumnos enriquecer el campo en el cual se realizará la integración final.

### **Incorporación activa de los estudiantes en el diseño, planificación y ejecución del currículo**

Es importante destacar que en todo este accionar tendiente a integrar saberes, el principal protagonista - nuestro alumno - no puede quedar excluido.

Es fundamental que ellos conozcan y compartan los objetivos en todos los niveles, no sólo de la carrera, sino de cada materia, disciplina y área de conocimiento. Es necesario que participen y se comprometan con los diseños curriculares y con todos los recursos ideados para lograr la integración de sus saberes. Para ello habrá que diseñar mecanismos de interacción efectivos entre los estudiantes y con la comisión de supervisión y con los equipos docentes.

La mecánica más difundida hasta ahora para hacer participar a los estudiantes estuvo centrada en las encuestas (evaluaciones post-instruccionales). Estas en general se toman al final de las actividades, podríamos decir "cuando el paciente está muerto". Sirven para correcciones futuras pero no para el grupo que emite su opinión.

Sin desmerecer el valor de esta técnica, consideramos que no es suficiente. La participación activa de los estudiantes debiera, a nuestro criterio, ser un derecho y un deber con canales múltiples y permanentes:

- \* en el aula, a través de actividades grupales de síntesis parciales y finales, donde los estudiantes evalúen tanto su propio aprendizaje, como las formas y los modos de razonar en que los nuevos conocimientos fueron construídos y las actividades planificadas por el profesor;

- \* en la integración de grupos de trabajo y comisiones específicas, donde se comprometan en proyectos colectivos de reflexión e innovación, expliciten sus expectativas, motivaciones y necesidades profesionales y participen en el planteo de objetivos y en la solución de problemas.

Se propone una participación activa, no sólo como actores, sino también como planificadores y evaluadores de todas las acciones educativas que aquí se proponen para lograr la integración.

En síntesis, para que la integración sea efectiva el trabajo y la reflexión colectiva debería ser considerada como una meta importante que guíe a todos los actores del proceso de formación de profesores: alumnos, profesores y autoridades.

### La integración de la investigación educativa en ciencias en la formación docente

Por último, merece destacarse el importante rol innovador que han tenido las investigaciones y desarrollos en Educación en Ciencias. Dentro de ese campo se han logrado articular propuestas integradoras fundamentadas en conocimientos de distintas disciplinas a los que hicimos mención en trabajos anteriores (Cudmani, Pesa 1994):

- conocimientos específicos de las ciencias,
  - de los procesos implícitos y explícitos en la enseñanza-aprendizaje,
  - de los aspectos sociales y psicológicos subyacentes,
    - de los procesos de construcción
    - y validación del conocimiento científico,
- por enumerar algunos de los aspectos importantes.

La síntesis de todos estos aspectos ha generado un cuerpo articulado, coherente y sistemático de conocimientos capaz de dar lugar a una tarea fértil y creativa. Se logra así superar los planteamientos puramente pragmáticos, se facilita la transferencia de resultados a otros contextos y se aumenta la posibilidad de convalidación de las hipótesis.

Dadas estas perspectivas, la iniciación de los estudiantes del profesorado en la investigación en enseñanza de las ciencias se convierte en una necesidad formativa esencial, donde docencia creativa e investigación aparecen como asociaciones indisolubles. "La inmersión del profesor en la investigación didáctica debería ser una exigencia de su propio trabajo, ya que el conocimiento de las principales líneas de investigación y de las implicaciones didácticas de sus resultados le proporcionarán orientaciones sin las cuales será bastante difícil fundamentar una crítica reflexiva de su práctica docente y, consecuentemente, también lo será la puesta a punto de innovaciones fructíferas que mejoren el aprendizaje" (Furió 1994).

### Conclusiones

En este artículo se parte de un hipótesis crítica sobre la formación tradicional de los profesores de ciencias como suma de saberes no articulados. Se señala que la integración llega, en general con muy pocas probabilidades de éxito, como un curso aislado de Didáctica específica al final de la carrera. Este es un curso de corta duración y poco preponderante, que no logra salvar la brecha que se establece en el currículum entre la instrucción en educación y la instrucción en los contenidos específicos.

Se propone como hipótesis superadora la **integración de los saberes a lo largo de todo el currículum**. Se destacan como **núcleos integradores** los siguientes aspectos:

- la **explicitación y operativización de objetivos,**
- la **integración de equipos docentes en actividades de discusión y reflexión curricular que garanticen la doble integración longitudinal y transversal,**
- la **reflexión colectiva de los futuros profesores respecto a todas las acciones del proceso educativo,**
- la **iniciación de los futuros profesores en el proceso de investigación educativa,**
- la **inclusión en el currículum de asignaturas integradoras,**

Se prevén para un futuro próximo investigaciones que tendrán como objeto el diseño y desarrollo de estos programas de formación de profesores, así como la evaluación de los mismos, a fin de dar a conocer resultados y recibir los aportes y críticas de la comunidad educativa.

### **Referencias Bibliográficas**

- AUSUBEL D., 1978, *Psicología Educativa*, Editorial Trillas, México.
- CUDMANI L. C. DE, LEWIN A. M., 1985, *La epistemología y la historia de la física en la formación de los bachilleres y licenciados en física*, Memorias de la IV Reunión Nac. de Educación en la Física, Tucumán, Argentina.
- CUDMANI L. C. DE, PESA M., 1993, *La integración de aportes interdisciplinarios en la generación de una nueva disciplina: la Educación en Física - Importancia para la formación de profesores*, Revista de Enseñanza de la Física, (6), Número extraordinario.
- CUDMANI L. C. DE, PESA M., 1995, *La interacción entre los roles del docente y del investigador en enseñanza de las ciencias*, Trabajo en preparación.
- CUDMANI L. C. DE, YAPUR M. C. y otros, 1995, *Proyecto de plan de estudio de profesorado en ciencias naturales para la Educación General Básica - Presentado para ser publicado en las Memorias de la IX Reunión Nac. de Educación en la Física*, Salta, Argentina.
- DUMAS-CARREA., FURIO C., GARRET R., 1990, *Formación inicial del profesorado en ciencias en Francia, Inglaterra, Gales y España. Análisis de la organización de los estudios y nuevas tendencias*, Enseñanza de las Ciencias, 8(3).
- FURIO C., 1994, *Tendencias actuales en la formación del profesorado de ciencias*, Enseñanza de las Ciencias, 12(2).
- GIL D., 1991, *Qué han de saber y saber hacer los profesores de ciencias?*, Enseñanza de las Ciencias, 9(1).

- GIL D., MOREIRA M. A., DIAS C., GARRET R., 1993, Proyecto Ibero-cima - Recomendaciones para el Diseño de los Currículo de Ciencias', Revista de Enseñanza de la Física, (6), Número extraordinario.
- GIL D., PESSOA A. M., FORTUNY J., AZCARATE C., 1994, Formación del profesorado de las ciencias y la matemática - Tendencias y experiencias innovadoras, Ed. Popular S. A., España.
- MATHEWS M., 1994, Historia, filosofía y enseñanza de las ciencias: la aproximación actual, Enseñanza de las Ciencias, 12(2).
- McDERMOTT L., 1990, A perspective on teacher preparation in physics and other sciences: the need of special science courses for teachers, American Jour. of Physics, 58(8).
- MOREIRA M. A., 1983, Uma abordagem cognitivista ao ensino de Física, Ed. da Universidade, Porto Alegre.
- NUÑEZ JIMENEZ S., 1992, Diagnóstico sobre formación inicial y permanente del Profesorado de Ciencias y Matemática (nivel medio) en los países iberoamericanos - Centro de Perfeccionamiento, Experimentación e Investigaciones Pedagógicas - Ministerio de Educación - Chile.
- SCWAB J., 1973, La estructura sustancial y sintáctica de las disciplinas, del texto La Educación y la Estructura del conocimiento editado por S. Elam - Ed. El Ateneo, Buenos Aires.

## Apéndice I

Durante su formación los profesores deberán:

\*\* Adquirir sólidos conocimientos científicos, así como su implementación didáctica y ajustados a contextos específicos de actualización profesional.

\*\* Adquirir conocimientos básicos que le permitan la reflexión epistemológica y el análisis histórico del proceso de producción de conocimientos en el campo de las Ciencias Naturales.

\*\* Evaluar estrategias de investigación de acuerdo con los problemas y fenómenos a investigar, desde un abordaje que implique la utilización de procedimientos de la producción científica.

\*\* Evaluar el proceso de transposición didáctica y las teorías del aprendizaje que sustentarán las diferentes estrategias de enseñanza elegidas para el aprendizaje de las Ciencias Naturales.

\*\* Formular, desarrollar y evaluar proyectos didácticos en Ciencias Naturales fundamentados desde supuestos teóricos y factibles de ser llevados a cabo en su realidad cotidiana.

\*\* Adquirir actitudes reflexivas vinculadas a la enseñanza y el aprendizaje de las Ciencias Naturales que se vinculen estrechamente con el desempeño de su rol docente.

**\*\*** Facilitar la inserción del docente en la comunidad para transformarse en un eficiente generador de cambio.



## O COTIDIANO E A PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA

Alice Pierson<sup>1</sup>; Yassuko Hosoume<sup>2</sup>

1 - UFSCar; 2 - IFUSP

A preocupação que levou-nos a realização deste trabalho foi o reconhecimento de importantes diferenças nas formas de abordagem do cotidiano, mesmo entre linhas de pesquisa que o utilizam por reconhecê-lo enquanto espaço privilegiado de interação do sujeito com o conteúdo de sua aprendizagem. Comparando dados levantados nas Atas dos últimos SNEF's verificamos que o número de trabalhos que, no seu texto, fazem referência ao cotidiano do aluno, passou de 25% em 1991 para mais de 35% em 1995, mostrando que, para além das recomendações oficiais de que o ensino esteja relacionado ao universo do aluno, a utilização do cotidiano vem crescendo também no meio acadêmico seja enquanto objeto, seja enquanto espaço de pesquisa. Inicialmente organizamos as diferentes formas de utilização do cotidiano em três grupos, mesmo os reconhecendo enquanto não excludentes: - o cotidiano unicamente enquanto elemento de motivação; - o cotidiano enquanto o espaço onde o aluno constrói seus primeiros esquemas e modelos explicativos; - o cotidiano enquanto fornecedor de elementos para seleção e organização do conteúdo. A análise interna de cada um dos grupos acima permitiu-nos levantar alguns elementos, tais como: - que aspectos (sociais, epistemológicos, psicológicos, ...) são priorizados no processo de ensino? - como se dá a interação do sujeito com o mundo a sua volta? - quem é este sujeito que participa do processo de ensino e aprendizagem? - como organizar a Física enquanto conteúdo escolar? - qual a função da história da ciência no processo de ensino desta ciência? Este questionamento feito internamente a cada um dos grupos, inicialmente organizados a partir da forma de utilização do cotidiano no processo de ensino e aprendizagem da Física, extrapolando a própria visão do cotidiano da qual partimos, permitiu-nos ter um novo olhar sobre a área e compreender alguns novos caminhos que vêm sendo trilhados.

### Introdução

O objetivo deste trabalho é verificar a frequência, o contexto e com que objetivo tem se feito referência ao cotidiano nos trabalhos da Área de Ensino de Física, a partir da análise das publicações dos últimos três Simpósios Nacionais de Ensino de Física (IX SNEF/ S.Carlos/ 1991 - X SNEF/ Londrina/ 1993 - XI SNEF/ Niteroi/ 1995).

Antes da seleção e análise das utilizações do cotidiano em si, iniciamos nossa pesquisa homogeneizando as diferentes divisões temáticas utilizadas nos simpósios em questão a partir de uma reclassificação dos trabalhos em categorias que permitissem organizá-los independente do simpósio em que tenham sido apresentados. A nova classificação abaixo, ao mesmo tempo que procura não se afastar

demasiadamente daquelas utilizadas originalmente, possibilita uma visão mais global dos trabalhos apresentados ao longo dos três eventos.

### **Classificação temática dos trabalhos apresentados nos três eventos:**

-Pesquisa em Ensino de Física: trabalhos que partindo de uma pesquisa de campo, de um levantamento de dados, de uma pesquisa bibliográfica ou de uma discussão teórica, procuram aprofundar ou redefinir opções de trabalhos, organizar suas fundamentações teóricas. Estas pesquisas ocorrem em diferentes campos, em alguns casos abarcam toda uma concepção de educação e em outros tratam de releituras de conteúdos específicos ou discussões sobre evolução histórica de determinados conceitos, com diferentes níveis de aprofundamento e formas de abordagem;

-Inovações Curriculares e Didáticas: nesta classificação incluem-se os trabalhos que se referem obrigatoriamente a experiências realizadas em algum nível de escolarização ou trazem sugestões de como levá-las à sala de aula. O que diferencia esta classificação das Pesquisas em Ensino de Física é que as primeiras não trazem de maneira explícita propostas de intervenção;

-Ensino Experimental:esta classificação, mesmo pudesse ser incorporada à classificação anterior, foi criada em separado dada a importância que o tema teve até 1985, quando predominava de maneira inquestionável em todos os eventos. Consideramos Ensino Experimental aqueles trabalhos que não apenas propõem atividades ou equipamentos para o desenvolvimento de aulas práticas, como também aqueles que discutem atitudes do professor e do aluno numa aula de laboratório;

-Avaliação em Ensino de Física: trabalhos que discutem e avaliam o desenvolvimento de atividades, sejam elas cursos sobre conteúdos específicos ou toda uma grade curricular, desenvolvimento de projetos de pesquisa, problemas de repetência e evasão escolar. Compõem uma parte considerável dos trabalhos classificados neste tema, textos apresentando a avaliação das atividades desenvolvidas por grupos responsáveis pela educação informal, tais como clubes de astronomia, grupos voltados para divulgação científica, ou mesmo órgãos vinculados às secretarias de ensino que trabalham com formação de professores.

Os dados referentes a distribuição dos trabalhos nesta nova classificação encontra-se na tabela 1.

**Tabela 1: Distribuição dos trabalhos a partir de uma classificação temática única para todos os simpósios analisados**

	IX SNEF	X SNEF	XI SNEF
Pesq. em Ens. de Física	41	55	58
Inov. Curric. e Didáticas	25	46	44
Ensino Experimental	17	21	17
Avaliação	9	23	9
Totais	92	145	128

Uma melhor visualização da distribuição dos trabalhos entre as diferentes classificações é possível a partir do diagrama de barras ao lado (gráfico 1)

Utilização do cotidiano - critérios utilizados na seleção dos trabalhos: Do conjunto dos trabalhos apresentados nos simpósios, selecionamos todos aqueles que de alguma forma fazem referência, nos textos publicados, ao cotidiano do aluno (seu dia-a-dia, universo vivencial, vida diária), a fim de verificarmos a frequência com que estas referências aparecem e de que forma evoluem ao longo dos três simpósios. Não nos preocupamos, inicialmente, com a utilização que é feita deste cotidiano, ou mesmo do significado que esta utilização tem para os autores. Neste sentido consideramos como referências ao cotidiano, além das afirmações categóricas de sua utilização:

- -alusões a situações cotidianas, mesmo que não valorizadas ou utilizadas por esta característica, mas que recuperam situações já vivenciadas pelo aluno;
- -explicitação da utilização do conhecimento organizado pelo aluno, em situações de ensino e aprendizagem;
- -alusão a situações, que mesmo não vivenciadas diretamente pelo aluno, fizeram parte da mídia, com destaque suficiente a garantir que o aluno tenha tido alguma informação sobre elas. São exemplos de situações deste tipo o Acidente de Goiânia, as diferentes eclipses ocorridas no período, etc.;
- -situações de aprendizagem que partem e se organizam a partir de visitas que levem os alunos a vivenciar determinados fatos, acumulando uma primeira visão sobre eles.

A partir desta divisão temática obtivemos os seguintes resultados, que face ao diferente peso relativo que cada um tem no conjunto de trabalhos selecionados de cada simpósio, serão apresentados em valores absolutos e em termos percentuais:

Tabela 2: Distribuição do conjunto total de trabalhos e trabalhos que fazem referência ao cotidiano a partir de uma classificação temática única para todos os simpósios analisados

	IX SNEF			X SNEF			XI SNEF		
	nt7	ns	n%	nt	ns	n%	nt	ns	n%
Pesq. em Ens. de Física	41	10	24	55	12	22	58	15	26
Inov. Curric. e Didáticas.	25	12	48	46	21	46	44	19	43
Ensino Experimental	17	1	6	21	7	33	17	7	41
Avaliação	9	0	0	23	3	13	9	2	22

7nt = n° total de trabalhos referentes ao tema

ns = n° de trabalhos que fazem referência ao cotidiano

n% = % dos trab. selecionados relativamente ao total de trabalhos classificados no

tema.

TOTAIS	92	23	25	145	43	30	128	43	33
--------	----	----	----	-----	----	----	-----	----	----

A distribuição acima é mais facilmente observada através do diagrama de barras abaixo (gráfico 2), onde encontra-se representada a distribuição dos trabalhos que fazem referência no cotidiano em números absolutos.

Análise preliminar dos dados obtidos: Esta classificação permite-nos visualizar a priorização, nos eventos analisados, de referências ao cotidiano nos trabalhos que envolvem Inovações Curriculares e Didáticas. Mesmo que esta priorização apresente uma tendência a redução (conforme dados percentuais constantes na tabela 2), a percentagem dos trabalhos selecionados que se encontram classificados neste tema representam, nos três simpósios analisados, algo da ordem de 50%.

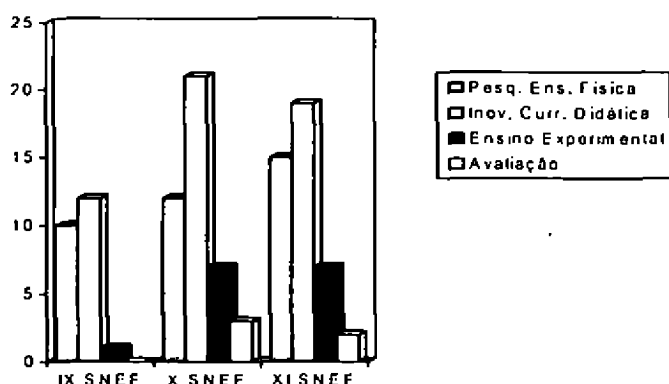


Gráfico 2: Distribuição temática dos trabalhos que fazem referência ao cotidiano

Os trabalhos classificados em Pesquisa em Ensino de Física, embora tenham uma participação menor que aquela representada por Inovações Curriculares e Didáticas, diferentemente destes últimos, têm apresentado um crescimento expressivo em números absolutos. Mesmo tendo uma participação percentualmente menor em 1993 do que a apresentada em 1991, no último simpósio analisado esta participação volta a crescer.

É interessante notarmos na distribuição percentual apresentada na tabela 2 (n%), uma tendência a desaparecer a concentração dos trabalhos selecionados em uma ou outra classe, ao longo dos três simpósios. Se podemos perceber uma concentração no IX SNEF de referências ao cotidiano percentualmente concentradas nos dois primeiros temas, esta mesma concentração não ocorre no último simpósio analisado, onde temos uma distribuição mais uniforme, levando a ocorrência de referências ao cotidiano quase que independente do tema.

Comparando os gráficos 1 e 2 vemos que a distribuição temática dos trabalhos que fazem referência ao cotidiano é diferente da distribuição temática da totalidade dos trabalhos apresentados.

Diferentemente da distribuição dos trabalhos que fazem referência ao cotidiano (gráfico 2), na distribuição do conjunto total de trabalhos apresentados nos simpósios (gráfico 1), encontramos nos três eventos um número bem maior de trabalhos classificados como Pesquisa em Ensino de Física do que em Inovações Curriculares e Didáticas. Podemos considerar então que, na medida que a predominância verificada de trabalhos que fazem referência ao cotidiano em trabalhos envolvendo Inovações Curriculares e Didáticas não reproduz uma distribuição presente no conjunto total de trabalhos apresentados, a utilização do cotidiano trata-se de uma tendência deste tema de pesquisa.

Ainda da comparação dos dois gráficos (1 e 2) podemos perceber que mesmo existindo para o conjunto completo de trabalhos uma clara predominância de trabalhos nas duas classes acima citadas, a participação do Ensino Experimental e da Avaliação em Ensino de Física se faz mais presente que quando olhamos apenas para os trabalhos que fazem referência ao cotidiano. Tal fato mostra uma baixa utilização do cotidiano nestes temas específicos.

Os dados levantados até aqui nos possibilitaram verificar um crescimento no número de trabalhos que fazem referência ao cotidiano, assim como uma maior concentração destas referências naqueles trabalhos classificados como Inovações Curriculares e Didáticas e Pesquisa em Ensino de Física. Entretanto, não nos é possível melhor caracterizar esta utilização do cotidiano em virtude das diferentes formas como ele é utilizado, as diferentes compreensões do seu significado e função no processo de ensino e de aprendizagem.

As diferentes formas de abordagem do cotidiano presentes na Área de Ensino de Física: No processo de seleção dos trabalhos foi possível perceber a existência de diferenças nas formas de abordagem do cotidiano, mesmo entre aquelas linhas de pesquisa que o utilizam por reconhecê-lo enquanto espaço privilegiado de interação do sujeito com o conteúdo de sua aprendizagem.

A utilização pode se dar em alguns momentos de maneira tópica e casual e em outros de forma absolutamente fundamental, caracterizando-se a utilização do cotidiano enquanto pressuposto do trabalho, ou mesmo, elemento central na forma de organização tanto didática como curricular.

Neste sentido torna-se essencial para podermos dar prosseguimento às nossas discussões podermos reconhecer, diante dos trabalhos selecionados, de que maneira o cotidiano está sendo utilizado e com que objetivo.

Foram identificar diferentes formas de abordagem do cotidiano, o que nos permitiu criar categorias de utilização do cotidiano no ensino de Física, baseadas na função que o cotidiano exerce no processo educacional.

As categorias levantadas foram as seguintes:

- a) Cotidiano como espaço de organização e seleção do conteúdo a ser desenvolvido;
- b) Cotidiano enquanto espaço de desenvolvimento da física nas suas relações com Ciência, Tecnologia & Sociedade;
- c) Cotidiano enquanto elemento de motivação para o ensino de Física;
- d) Cotidiano enquanto espaço onde se organizam concepções espontâneas;
- e) Cotidiano enquanto espaço de aplicação/ exemplificação do conhecimento físico.

É importante ressaltarmos que o processo de categorização dos trabalhos selecionados ocorreu baseado na análise do material escrito, apresentado pelos autores, nos eventos em questão. As categorias criadas, não são excludentes entre si, o que levou-nos a optar por uma priorização de determinadas categorias frente a outras. Por exemplo, a maioria dos autores que vem o cotidiano como elemento fundamental para a organização e seleção do conteúdo a ser desenvolvido, também o acabam utilizando como espaço de aplicação deste mesmo conteúdo. O que, em princípio nos levaria a uma dupla categorização, ou seja, o trabalho estaria tanto na categoria A como também na categoria D. Entretanto, não foi esta a nossa dinâmica de categorização, optamos sempre por uma única categoria. Ou seja: todos os trabalhos agrupados em torno da categoria C, utilizam o cotidiano unicamente enquanto elemento de motivação, sem dar a ele nenhuma outra função, assim como aqueles que irão compor a categoria E também o utilizam unicamente enquanto espaço de aplicação ou exemplificação de um conhecimento que, no seu desenvolvimento, esteve isolado do espaço cotidiano do aluno.

Com a finalidade de nos auxiliar nesta categorização, para caracterização da função exercida pelo cotidiano alguns elementos foram identificados a cada uma das categorias. Elementos complementares à função exercida pelo cotidiano e que, em diferentes momentos, reconhecemos como explicitadores de uma função que nem sempre era colocada claramente nos textos analisados. São eles:

A. Trabalhos que têm na Pedagogia de Paulo Freire sua fundamentação teórica, o conteúdo a ser abordado é organizado a partir de Temas Geradores, e neste contexto o cotidiano é visto enquanto espaço a ser decodificado e a física enquanto um elemento decodificador. Ou ainda o cotidiano é abordado numa perspectiva interdisciplinar, onde o conteúdo a ser desenvolvido tem uma organização temática, mesmo que a partir de um referencial não obrigatoriamente freireano, enquanto tema extraído de estudos da realidade social. É finalmente aqueles trabalhos onde a compreensão da física presente no cotidiano é colocada explicitamente como objetivo do Ensino de Física;

B. Nesta categoria encontramos aqueles trabalhos que têm suas preocupações voltadas para o ensino da Física nas suas relações com a Ciência, a Tecnologia & Sociedade, mas não utilizam o cotidiano como articulador e elemento de definição do conteúdo (situação que os levaria a serem categorizados na categoria anterior). Reconhecendo as mudanças pelas quais têm passado as sociedades modernas e o importante papel que as ciências têm desempenhado neste contexto, podem reivindicar não apenas a incorporação de uma física "mais" moderna nos currículos escolares, como também o reconhecimento da física enquanto cultura incorporada pelo cidadão nos instrumentos e aparelhos dos quais faz uso no seu cotidiano;

C. Nesta categoria, conforme já colocado acima, o cotidiano não cumpre outra função senão aquela de elemento de motivação ou ilustração para a aprendizagem de conteúdos pré-estabelecidos, independente da sua presença no cotidiano do aluno, numa forma de abordagem que não o considera enquanto elemento articulador, ou integrador do conteúdo. O cotidiano pode em alguns trabalhos ser utilizado como laboratório natural, ou em outros casos substituir o laboratório convencional - seja pela ausência ou pela impossibilidade da utilização de outro "mais apropriado";

D. Nesta categoria o cotidiano é visto como "reservatório" de concepções espontâneas. Espaço natural das situações vivenciais dos alunos e conseqüentemente espaço de construção dos primeiros modelos explicativos. Compõem esta categoria trabalhos que, preocupados com a mudança conceitual ou unicamente com o conhecer a forma de pensar do sujeito, utilizam situações do cotidiano. Esta utilização é também explicitada no conteúdo das entrevistas ou questionários aplicados aos sujeitos das pesquisas;

E. A utilização do cotidiano, nos trabalhos que fazem parte desta categoria, é feita após os alunos terem estudado determinados conceitos ou conteúdos específicos da física, utilizando este cotidiano enquanto espaço de aplicação ou exemplificação do conhecimento desenvolvido. Em alguns casos a utilização do cotidiano é sugerida enquanto possibilidade, colocada após vários outros objetivos ou sugestões de atividade terem sido elencados.

Análise da utilização do cotidiano ao longo dos três simpósios a partir das categorias de utilização levantadas: Uma vez definidas as categorias analisamos o número total de trabalhos em cada categoria (tabela 3 e gráfico 3), independente da sua distribuição temática.

Tabela 3: Distribuição dos trabalhos por simpósio, entre as diferentes categorias do cotidiano

	A	B	C	D	E
IX SNEF	7	5	4	5	2
X SNEF	14	5	10	6	8
XI SNEF	9	6	7	15	6
total	30	16	21	26	16

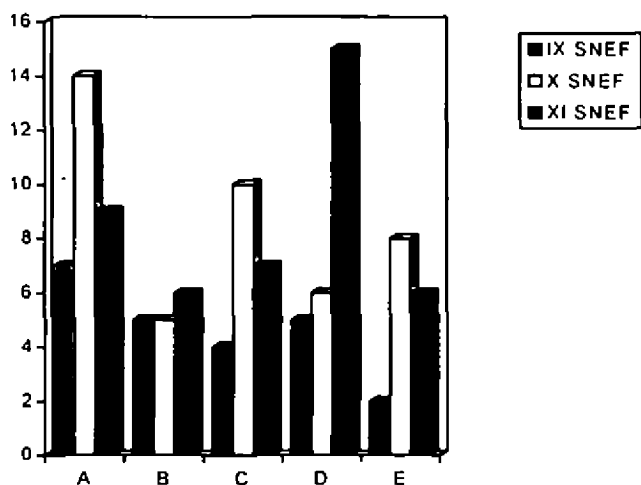


Gráfico 3: Distribuição dos trabalhos organizados por simpósios, entre as diferentes categorias

Mesmo que possamos verificar, na tabela 3, uma maior concentração de trabalhos na categoria A no IX e X SNEF e na categoria D no X SNEF, se observarmos a distribuição dos valores no decorrer dos três simpósios, não se caracteriza, para nenhuma das categorias isoladas, uma supremacia frente às demais. Podemos apenas localizar uma baixa incidência, em todos os simpósios, de utilizações do cotidiano unicamente enquanto espaço de aplicação/ exemplificação do conhecimento (categoria E) - única categoria que em nenhum momento atingiu uma utilização acima de 18% - e categoria B que, embora tenha uma participação constante em termos absolutos, percentualmente tem uma participação bastante reduzida nos dois últimos eventos.

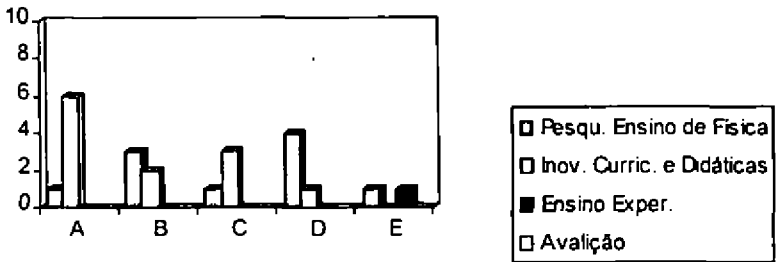
Neste sentido, as formas e objetivos da utilização do cotidiano, quando não fazemos nenhuma referência à distribuição temática dos trabalhos, não nos fornece elementos suficientes para qualquer avaliação do processo ou previsão de tendências futuras.

Passamos, em seguida, a verificar de que maneira se dá, não apenas a distribuição dos trabalhos selecionados entre as categorias de utilização do cotidiano, mas de que maneira estes mesmos trabalhos, anteriormente organizados por temas, utilizam o cotidiano. Obtem-se resultados bastante interessante do cruzamento destes dados quando, ao invés de analisarmos isoladamente a distribuição temática dos trabalhos que fazem referência ao cotidiano e as distribuições destes trabalhos entre as categorias de utilização deste cotidiano, analisamos o cruzamento destas duas classificações

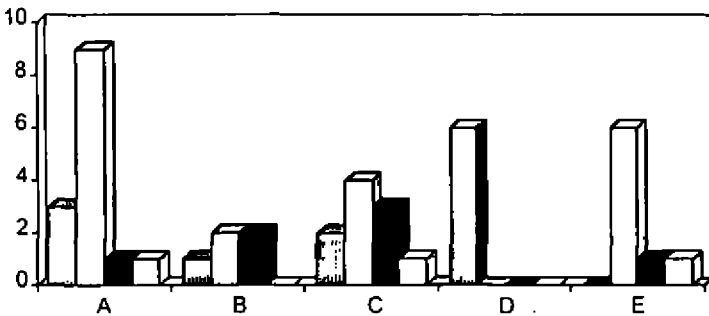


A partir das cinco categorias de abordagens do cotidiano obtemos as distribuições apresentadas abaixo (gráfico 4), onde os trabalhos selecionados, por simpósio, foram organizados também por tema.

IX SNEF



X SNEF



XI SNEF

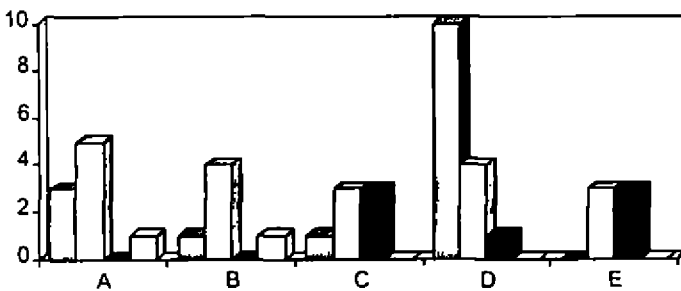


Gráfico 4: Diagramas da distribuição dos trabalhos classificados por tema e por categoria de cotidiano

Análise das relações entre classificação temática e categoria de utilização do cotidiano: Para o IX SNEF verificamos, no gráfico 4, uma maior concentração de trabalhos no cruzamento da categoria A com Inovações Curriculares e Didáticas. Tendência esta que se mantém no X SNEF, alterando-se apenas no simpósio de 1995 quando a maior concentração passa a ocorrer no cruzamento da categoria D com o tema Pesquisa em Ensino de Física.

É interessante observarmos que para os três eventos analisados serão estes dois cruzamentos os responsáveis pela maior concentração de trabalhos. Mesmo que no X SNEF tenhamos a mesma concentração tanto para o cruzamento categoria D/ Pesquisa em Ensino de Física, como para categoria E/ Inovações Curriculares e Didáticas, este último aparece apenas neste simpósio com um número expressivo de trabalhos, o que não caracteriza, pela análise dos demais simpósios, uma tendência da área.

O número de trabalhos de intervenção, para a categoria A, é sempre superior aos trabalhos relacionados aos outros temas, conforme podemos verificar no gráfico 4. A distribuição dos trabalhos classificados por tema e categorias do cotidiano apresentadas neste gráfico, permite supor a existência de uma transferência de parte dos trabalhos voltados para Inovações Didáticas e Curriculares para a Pesquisa em Ensino de Física no XI SNEF, que podemos interpretar como uma preocupação da área em organizar teoricamente uma experiência acumulada a partir dos trabalhos de intervenção.

Movimento contrário percebemos, no mesmo gráfico, naqueles trabalhos para os quais o cotidiano aparece como o espaço privilegiado para o aparecimento ou explicitação de conceitos espontâneos. Neste caso a maior incidência de trabalhos ocorre em trabalhos de Pesquisa em Ensino de Física, delineando-se ao longo dos simpósios uma tendência à transferência deste saber para trabalhos de intervenção, que aumentam em número no último simpósio analisado.

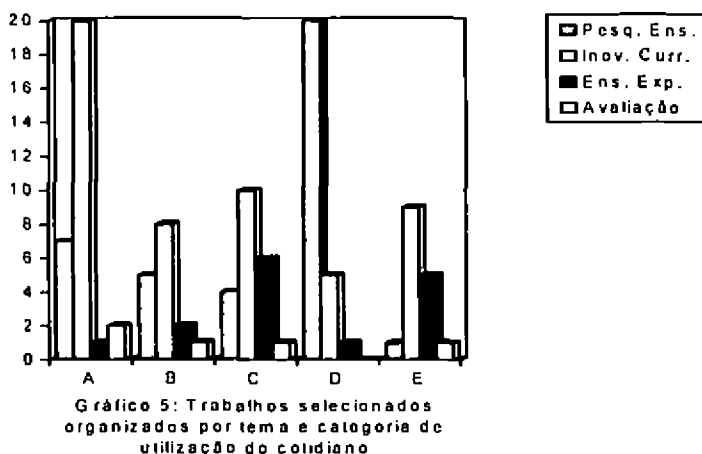
**Tabela 4:** Produção acumulada ao longo do IX, X e XI SNEF, organizada por tema e categoria de utilização do cotidiano

	A	B	C	D	E
Pesquisa Ensino de Física	7	5	4	20	1
Inov. Curric. e Didáticas	20	8	10	5	9
Ensino Experimental	1	2	6	1	5
Avaliação	2	1	1	0	1

Se pensarmos, não apenas na evolução destas tendências, mas na produção acumulada ao longo dos simpósios analisados, obtemos os dados constantes na tabela abaixo e respectivo diagrama de barras (tabela 4 e gráfico 5). Estes dados mostram uma concentração das produções da área que fazem referência ao cotidiano em dois cruzamentos da categoria do cotidiano com a classificação temática - valores em negrito.

As formas e objetivos da utilização do cotidiano, quando relacionadas aos temas dos trabalhos, nos fornecem elementos para algumas considerações sobre a forma como esta utilização tem se dado. É

possível verificarmos a priorização da utilização do cotidiano, de um lado enquanto organizador do conteúdo em pesquisas prioritariamente de intervenção, em propostas de ensino, trabalhos desenvolvidos diretamente em sala de aula ou na formação ou aperfeiçoamento de professores e de outro um cotidiano enquanto espaço onde se organizam as concepções espontâneas em trabalhos que estamos classificando aqui como *Pesquisa em Ensino de Física*.



**Considerações Finais:** A partir dos dados levantados até aqui e das categorias utilizadas para análise da utilização do cotidiano, podemos pensar que estamos diante de uma área que tem utilizado o cotidiano do aluno como elemento do processo de ensino e aprendizagem da física prioritariamente a partir de duas concepções distintas de cotidiano. Uma que o compreende como espaço onde se desenvolvem explicações para fatos e fenômenos que virão a compor o universo de interrogação da física, e por esta razão o conhecimento adquirido no cotidiano é visto como espaço importante de intervenção, ao menos no momento inicial da aprendizagem quando o modelo científico deverá ser contraposto a aquele organizado a partir das experiências vividas. A outra concepção vê no cotidiano o espaço do real por excelência, espaço onde todo conhecimento deverá ser utilizado como elemento auxiliador no processo de compreensão do universo a nossa volta e conseqüentemente elemento de intervenção. Um cotidiano visto enquanto elemento inicial de problematização do conhecimento a ser desenvolvido e espaço obrigatório de aplicação deste mesmo conhecimento.

Quando observamos a utilização do cotidiano nos trabalhos da área de Ensino de Física, estamos diante de dois movimentos que vêm se dando simultaneamente na área. Um que partindo de um trabalho de intervenção, busca propor inovações curriculares ou didáticas para os diferentes níveis de escolarização, num movimento de acumulação de experiências anterior à sistematização destes resultados em trabalhos de

pesquisa e outro que, partindo da pesquisa procura organizar os elementos que os levam, num momento posterior, a propostas de intervenção, de inovações na prática curricular e didática.

## UM MODELO GERENCIAL DINÂMICO PARA APLICAÇÃO DE MÓDULOS TEMÁTICOS VIA WEB

Carlos Henrique Grilo Diniz (*chgd@ncc.ufm.br*)  
Maria Cristina Dal Pian Nobre (*dalpian@ncc.ufm.br*)  
Glêdson Elias da Silveira (*gledson@ncc.ufm.br*)  
Departamento de Educação  
Universidade Federal do Rio Grande do Norte

### Resumo

O presente trabalho tem por objetivo propor um modelo interativo para implementação de Módulos Temáticos via Web utilizando conhecimentos oriundos da áreas de tecnologia da informação e de programação de condições de ensino. O modelo pressupõe três fases distintas:

a disponibilização de Módulos Temáticos em formato HTML-Servidor WWW numa máquina Unix;

a utilização de uma ferramenta para Conferência Eletrônica que permite a atualização de informação do servidor WWW (*Hypermail*), também executada em ambiente Unix; e

a transferência de dados através do protocolo TCP/IP da rede Internet para programas em Visual Basic que tratam e analisam dados, realimentando o servidor no âmbito da conferência.

### Desenvolvimento

O trabalho aqui descrito tem como objetivo definir um modelo gerencial de módulos temáticos via WEB, tendo se originado de estudos desenvolvidos nos últimos dois anos junto ao grupo de "Cultura Científica e Produção do Conhecimento nas Ciências", do Programa de Pós-Graduação em Educação na Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Este grupo atua numa área interdisciplinar conhecida como "Educação, Ciência e Tecnologia" e realiza estudos que tem por objetivo a produção e a transformação de conhecimentos científicos em conhecimentos pedagógico.

O modelo proposto é mostrado na Fig.01.

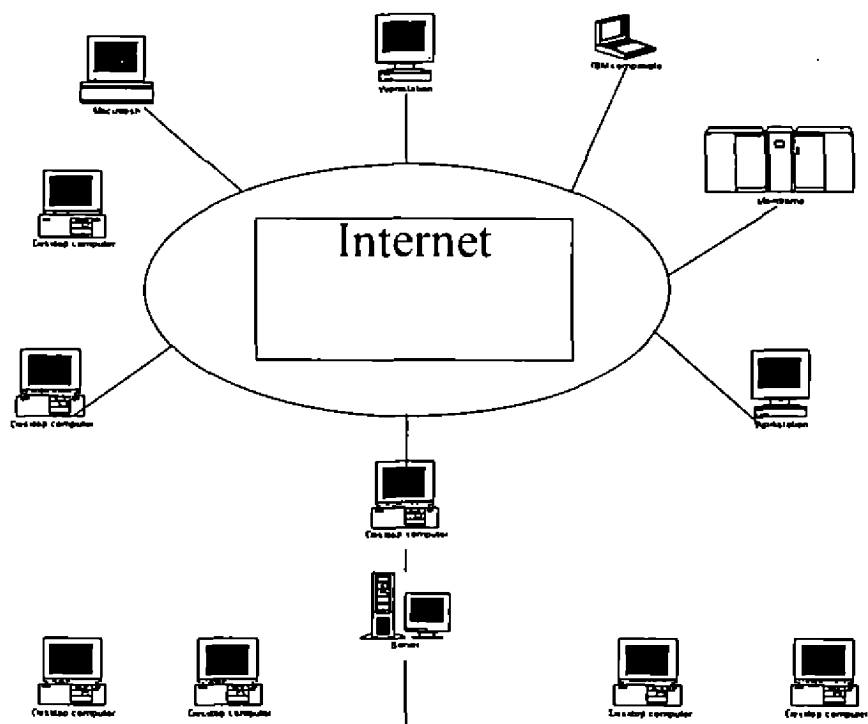


Figura 01 - Esboço do Modelo Gerencial Dinâmico Para Aplicação de Módulos Temáticos na WEB.

Dentre os trabalhos deste grupo destaca-se a utilização de Módulos Temáticos de Ensino para as séries iniciais do 1º grau. Estes Módulos, baseados na linguagem HTML, são disponibilizados na Internet permitindo que todos os seus usuários possam acessá-lo. A interação entre os participantes é facilitada no modelo proposto, através da utilização de questionários desenvolvidos em CGI que automatizam a captação de dados, que são posteriormente transformados em mensagens, contendo as respostas dos questionário, que são enviados via Internet à uma Rede Local com Microsoft Windows 3.1, sendo então tratados pelo software "VIDA" (SOUZA, M. F. 1996).

A seguir é mostrado um exemplo de como os dados tratados são exibidos graficamente pelo software "VIDA" (Fig.02).

O transporte das mensagens "primárias geradas na máquina servidora WWW, para a máquina que realiza o seu tratamento faz uso, para tanto, do protocolo de comunicação SMTP (*Simple Mail Transfer Protocol*). Este protocolo descreve um sistema de correio eletrônico com seções para o *host* e os usuários.

Estas mensagens ao chegarem ao software VIDA são desenvolvidas, isto é, os dados relevantes são coletados e o cabeçalho é desconsiderado, e encaminhados para tratamento estatístico, bem como para a construção de gráficos do tipo: Linhas, Análise de Agrupamentos e Análises de Componentes Principais.

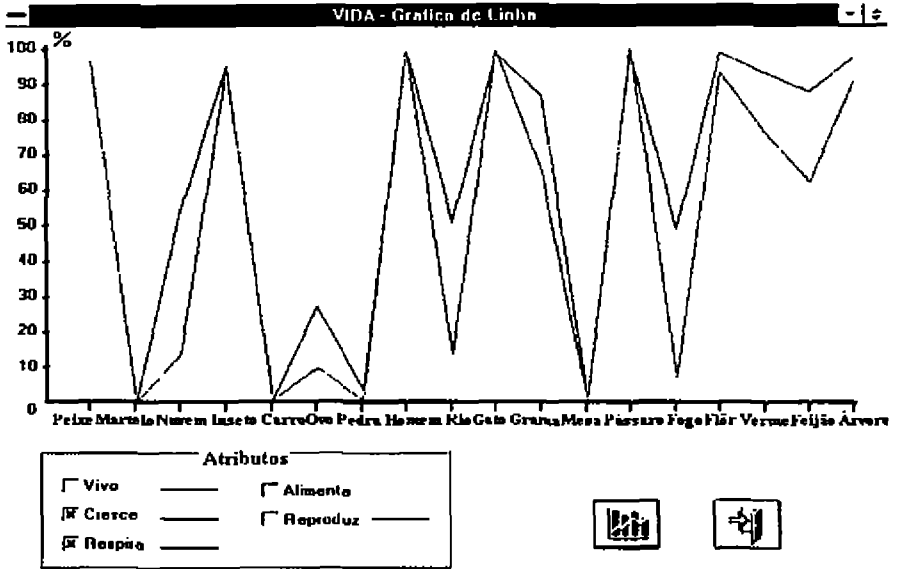


Figura 02 - O software "VIDA", exibindo um Gráfico de Linhas, a partir de dados obtidos anteriormente.

Um exemplo da estrutura típica de uma mensagem no formato UNIX é mostrado na página 6 (Fig. 03).

```

From owner-esquina-das-listas@dcc.unicamp.br Tue Mar 5 08:43:51 1996
Return-Path: owner-esquina-das-listas@dcc.unicamp.br
Received: from grande.dcc.unicamp.br by Pitagoras.ct.ufrn.br (8.6.9/8.6.9)
id IAA01542; Tue, 5 Mar 1996 08:43:51 -0300
Date: Sun, 25 Feb 1996 22:09:29 -0300
Message-Id: <9602260109.AA09661@trem.cnt.org.br>
X-Sender: lucia@cnt.org.br
X-Mailer: Windows Eudora Version 1.4.3
Mime-Version: 1.0
Content-Type: text/plain; charset="us-ascii"
To: esquina-das-listas@dcc.unicamp.br
From: lucia@trem.cnt.org.br (lucia berbert)
Subject: consultores em transporte
Content-Length: 559
Sender: owner-esquina-das-listas@dcc.unicamp.br
Errors-To: owner-esquina-das-listas@dcc.unicamp.br
X-EdL-Lists: transportes
Precedence: junk
Status: RO
X-Status:
/*
#11010#01101#01010#01011#01111#00001#10001#11010#11010#11011#
11111#10101#10101#11111
#00000#10111#10110#10101
*/

```

Figura 03 - Mensagem Original em Formato Unix - a qual será Desenvolpada.

Após a construção destes gráficos e da análise e processamento dos dados contidos, os mesmos retornam ao servidor WWW na forma de novas mensagens, utilizando-se também do protocolo SMTP. No servidor WWW estas mensagens são tratadas pelo software de Conferência Eletrônica Hypermail que as transforma em documentos, no formato HTML, que são classificados por:

- título do artigo;
- nome e endereço eletrônico do remetente;
- data no qual o artigo foi enviado;
- links para as mensagens, para reply, para o remetente e para a próxima mensagem em outra conferência.

Uma típica "home-page" criada pelo software HyperMail com os seus links é mostrada na figura 04.

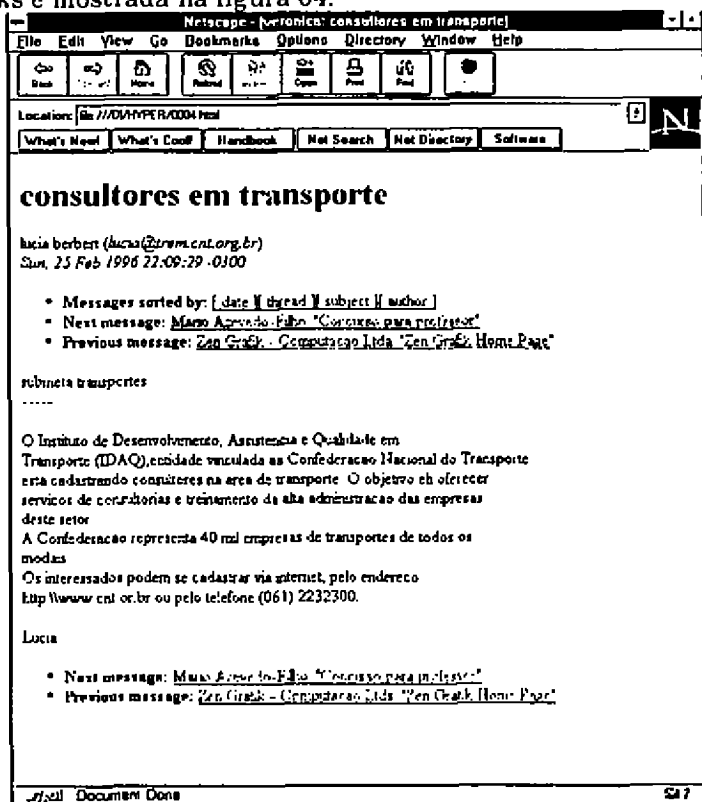


Figura 04 - Mensagem transformada em hipertexto pelo HyperMail.

## Bibliografia

- DAL PIAN, M. C. (1990): The Characterization of Communal Knowledge: Case Studies in Knowledge Relevant to Science and Schooling. *PhD Thesis*. Institute of Education of London.



- DAL PIAN, M. C. (1993a): Living With Seismicity. The Second International Conference on Planning and Disaster Management. Lankaster, UK.
- DAL PIAN, M. C. *et al.* (1993b): Sismicidade. *Anais. X SNEF - Simpósio Nacional do Ensino de Física.* UFL. Londrina, Paraná.
- DAL PIAN, M. C. (1994): Representação e Aquisição de Conceitos: Implicações para o Ensino de Ciências. Projeto Integrado de Pesquisa - CNPq. UFRN. Natal/RN.
- FRANK J. DERFLER, JR. : Guide of Conectivity - PC MAGAZINE.
- KIRCH, OLAF - Linux Network Administration Guide - O'REILLY & ASSOCIATES, INC.

### Referências Bibliográficas

- SOUZA, M. F. (1996) : CONCEITO DE VIDA : ANÁLISES ESTATÍSTICAS PARA CATEGORIZAÇÃO E SIMILARIZAÇÃO - ANAIS XI CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFRN.

## ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DE IMAGENS :-DEFEITOS CRISTALOGRÁFICOS EM SÓLIDOS-

R.Assumpção, N. Cheung e C. R. Pinceli  
Universidade Estadual de Campinas - DEMA/FEM  
CP 6122 cep 13081-970, Campinas-SP, Brasil

### Resumo

Este trabalho descreve a metodologia de construção de imagens com base em um processo de observação e reprodução de amostras observadas por microscopia ótica.

São apresentados resultados comparativos das imagens de defeitos cristalográficos em sólidos (deslocações, fases, etc.), construídas pelo observador (desenhos), com imagens obtidas por método fotográfico convencional. Descreve ainda o processo analógico de mediação (medida) qualitativa de dados (Imagens).

### 1- Introdução

A análise de imagens requer um processo de abstração, interpretação e reconstrução ( *desconstrução* ) com o objetivo de verificar a significação dos distintos aspectos à mostra. Trata-se, portanto, de um processo analógico em busca de relações com imagens já conhecidas e, no caso particular da observação de micrografias de defeitos em sólidos, na procura da origem do defeito e de seu efeito na estrutura e nas propriedades do material.

Do ponto de vista de aprendizado, mais importante que o processo ou método abstrato, quantitativo e funcional é o conceito de reconhecimento do caráter constitucional e qualitativo do sólido, uma vez que isto possibilita a correlação entre diversos defeitos e destes com as propriedades macroscópicas do material.

Do ponto de vista conceitual, entretanto, é importante reter a origem do processo geral de experimentação, obtenção de medidas através de diversos procedimentos, dentre os quais a produção de imagens é de particular importância.

A figura 1 ilustra o processo de medidas.

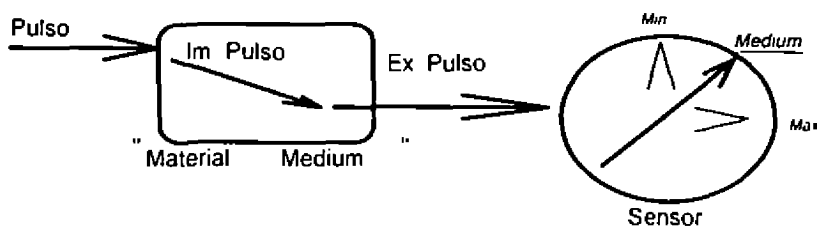


Figura 1- O Processo de Medida

## 2 - O Processo de Medidas

O processo de medida consiste em enviar um Pulso ao meio ( "medium" ) material; este Pulso é Mediado dentro (ImPulso) e pelo material, o qual Expulsa um pulso Similar para o Sensor de medidas. A leitura dada pelo sensor é uma média. Assim :

- 1) O resultado de toda e qualquer medida é uma Média . A Média dada pelo sensor é aquela que foi Mediada pelo material sob medida , e
- 2) O Processo de medidas é Mediado.

A não observância ou má interpretação dos itens 1 e 2 acima pode levar a resultados inexatos, em particular quando este é expresso em termos Analógicos, através de uma imagem, fotografia ou micrografia da amostra. É interessante observar que no início do desenvolvimento das técnicas fotográficas, as imagens foram descritas como instantâneos ( Quadro = Picture = Photograph = *Instantaneous* ) .

Esta nomenclatura, embora passada, permanece de certa forma presente no sentido de que imagens fotográficas são consideradas Imediatas ( Im = não ) , não mediadas, e também consideradas como uma medida de segunda categoria, posto que mera expressão qualitativa de um fenômeno, cujo entendimento completo requer dados quantitativos precisos.

Longe de expressar a realidade física de aquisição de conhecimento, estas considerações mais exprimem a limitação do conhecimento adquirido com base única em dados quantitativos .

Não que um dado ou mesmo um resultado Qualitativo seja superior ao Quantitativo. Apenas o primeiro compreende o segundo .

Um dado quantitativo, um número, um dígito, são compreendidos quando se consegue *construir* uma imagem (modelo), qualitativa, analógica, expressão simbólica da significação do fenômeno observado, medido, mediado.

Um dado Qualitativo, uma fotografia , micrografia, é *apreendido* quando se consegue *desconstruir* a imagem observada, do fenômeno medido, mediado, através de um processo analógico na busca de relações significativas com imagens já conhecidas, pré-concebidas.

Isto significa, que ao receber a informação proveniente do Sensor ( olho ) , o cérebro vai estabelecer uma correlação usando dados (Imagens) já armazenados, procurando um meio de expressar o novo dado, como um resultado significativo. É importante aqui distinguir com clareza uma imagem pré-concebida de um pré-conceito.

A Figura 1 ilustra este ponto.



Figura-1 (a) Homem Caminhando (b) Homem Falando

Imagens pré-concebidas são necessárias até mesmo para a observação experimental de novos efeitos e muito importantes para a posterior interpretação do fato, mas os pré-conceitos não devem figurar na experimentação científica. Conceitos como bem e mal, bom e ruim, etc..., devem ser eliminados antes do procedimento experimental de tirada dos dados, para minimizar o pré-juízo no processo final de transformação dos dados em resultados, na interpretação do fenômeno observado, medido, mediado.

Por exemplo, contornos de grão são muitas vezes considerados (ruins) prejudiciais por se constituírem em regiões favoráveis à segregação de impurezas, o que é verdade, mas o efeito prejudicial nem sempre é tão "ruim", mesmo em materiais "nobres" (Si) empregados em aplicações também "nobres" (optoeletrônica) [1].

É bom ainda lembrar que como existem dois olhos, um destes conectado ao hemisfério cerebral correspondente a uma função lógica e o outro ao hemisfério analógico, é importante que tanto a experimentação como a interpretação dos dados sejam conduzidos levando em conta este fato, ou seja, permitindo a detecção sincrônica dos dados (dois olhos) de

forma a induzir uma descrição analógica dos resultados, antes que qualquer análise quantitativa seja conduzida.

Detalhes do olho humano e de seu comportamento ótico [2], do cérebro e de suas principais funções [3] e do processo de interpretação de imagens [4] podem ser encontrados nas citações bibliográficas ao final deste texto.

### 3- O Procedimento Experimental de Construção de Imagens

O procedimento experimental de construção de imagens supõe o conhecimento prévio de conceitos teóricos. O resultado experimental suporta a teoria, mas é a teoria que aporta ao experimento.

Em particular, o conhecimento anterior dos conceitos envolvidos e mesmo da forma de defeitos cristalográficos possibilita uma adequada visualização através de microscopia ótica, conduzindo a uma identificação e reprodução exatas.

A identificação dos defeitos e a posterior transcrição sob a forma de desenho permite ressaltar detalhes mais relevantes, por exemplo, defeitos já esperados. A fotografia traz somente uma idéia generalizada de todas as características do material.

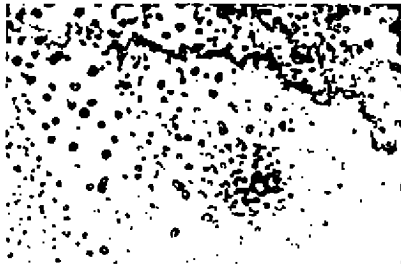
Neste sentido, enquanto uma foto carrega um mesmo aumento para toda a amostra, o método de desenho amplia a capacidade de aumento, p.ex., por um fator de 10 ou 100, em uma região particular. Além disso, é possível ampliar a profundidade de foco através de um procedimento de focagem e refocagem durante a reprodução da imagem.

Estes detalhes técnicos são interessantes, mas o mais importante do ponto de vista de aquisição de conhecimento é o fato de que ao construir a imagem a etapa de interpretação, ou seja, desconstrução da imagem e transformação dos dados (Foto) em resultados (Foto + interpretação) fica muito facilitada.

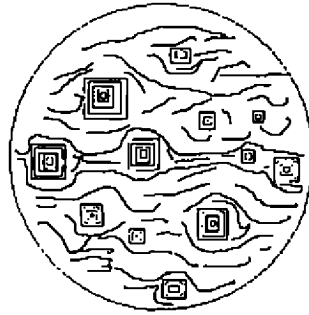
A secção seguinte mostra comparação de imagens fotográficas com desenhos construídos por estudantes.

### 4- Resultados

As Figuras 2, 3 e 4 mostram uma comparação entre imagens obtidas por método fotográfico ( formato retangular ) e as obtidas por construção ( formato circular ). Este formato circular reproduz o campo de visão da lente objetiva .

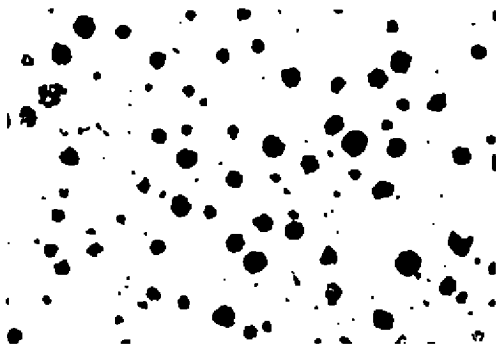


A ~ 400 X



A ~ 800 X

Figura 2 - Deslocações em NaCl



A ~ 160 X

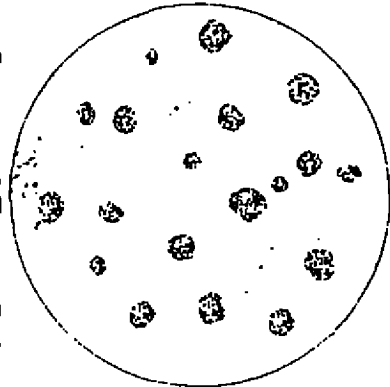
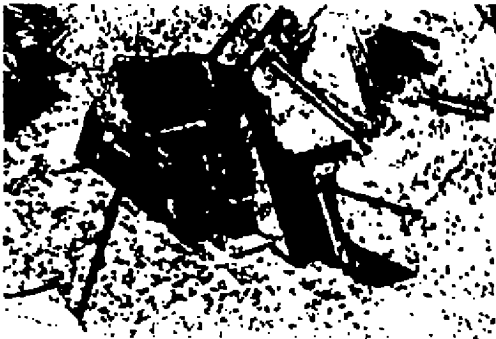


Figura 3 - Ferro com fases ricas de grafite .



A ~ 400 X



A ~ 800 X

Figura 4 -Deslocações e Falhas de Empilhamento em Silício

As Figuras 2 e 4 das amostras de NaCl e Si, mostram que a profundidade de foco no desenho é maior que nas fotografias. Não que estas últimas estejam mal focalizadas, mas o fato é que como o objetivo

aqui é a observação de "etch pits" de deslocações, a superfície destas amostras não é polida, apresentando de fato uma variação de nível.

Além disto, o ataque químico utilizado para revelação das deslocações provoca uma erosão não uniforme no material. É interessante observar que, em ambos os casos, o desenho mostra com mais clareza que a micrografia a morfologia destes defeitos, que seguem o padrão estrutural dos materiais : cúbico no NaCl, representado por uma série de quadrados superpostos e projetados no plano do desenho, com um ponto central ( note que este ponto é a linha de deslocação, com dimensão da ordem de  $\text{\AA}$ , não sendo visível na fotografia) -Fig.2- e "piramidal" no Si, representado pelos triângulos na Figura 4 .

A Figura 3 mostra um desenho quase idêntico à fotografia. Neste caso a amostra foi polida e a morfologia de superfície é "lisa". Mas mesmo aqui o desenho revela uma leve rugosidade, de fato presente na amostra, sendo neste aspecto mais exato que a imagem fotográfica.

Embora o objetivo aqui seja qualitativo, cabe mencionar que análises quantitativas realizadas sobre os desenhos ( densidade de deslocações, proporção relativa de fases, etc...) mostraram excelente concordância com resultados obtidos a partir das imagens fotográficas.

Estes resultados foram obtidos por estudantes de graduação em um período de 2 horas de laboratório. Os desenhos foram fotografados para uniformizar a comparação .

## 5- Considerações Finais

A aquisição de conhecimento com base na separação da realidade física em entidades ( "grandezas" ) teóricas e experimentais é uma abstração, e falsa .

Quando esta virtualidade é rompida e o observador impedido de separar a teoria do experimento, acaba sitiado na essência do fenômeno, sendo, de certa forma, forçado a usar a totalidade de conhecimento prévio (teórico) para a aquisição (experimental) de um novo dado.

A simultaneidade da construção e interpretação de imagens induz o observador ao exercício pleno de sua capacitação, da capacidade de imaginação.

**" A verdade está com a Imaginação dos locutores. E repito: - a Imaginação está muito mais próxima das essências. Ao passo que o video-tape é uma espécie de lambe-lambe do passeio público, que retira das pessoas toda a sua grandeza humana e esvazia os fatos de todo o seu patético .**

Disseram os locutores que o Brasil fizera, contra a Inglaterra, uma exibição deslumbrante. Pura **imaginação** e, por isso mesmo, altamente veraz. O video-tape demonstrou o contrário. Azar da **Imagem**." [5]

O procedimento aqui descrito é um bom treino para facilitar a etapa de interpretação de imagens e mesmo para a construção de modelos teóricos (imagéticos) a partir de dados quantitativos.

Na atualidade, o método "científico" de aquisição de conhecimento utiliza a sofisticação tecnológica procurando o limite de precisão da instrumentação. Isto tem seu reflexo no processo de transmissão do conhecimento (Ensino).

Um método interessante é aquele que induz à busca do limite do conhecimento, não o do equipamento.

## 6- Citações Bibliográficas

- [1]- R.Assumpção - J.Phys.: Condensed Matter, 5(1993) A 403
- [2]- F.A.Jenkins and H.E.White - "Fundamentals of Optics", 4th ed., McGraw- Hill International Editions, Physics Series, 1981, ch.10 .
- [3]- A.C.Guyton - "Tratado de Fisiologia Médica" . 4a. ed., Ed. Guanabara Koogan S.A., 1973. cap. 61.
- [4]- C.J.Jung e col.- "O Homem e seus Símbolos" , 13a. ed., Ed. Nova Fronteira, 1964 © , cap.1 .
- [5]- N.Rodrigues - em: "À Sombra das Chuteiras Imortais" - Crônicas de Futebol, coord.: R.Castro - Companhia das Letras, 1993, 1a. reimpressão, pg. 90 Original em: "O Globo" - 14/6/1962 . Grifos nossos.



## O DESIGN NA GEOLOGIA E NA TECTÔNICA DE PLACAS - SEU PAPEL NO ESTUDO DE CASO EM DESENVOLVIMENTO COGNITIVO E MUDANÇAS TEÓRICAS

Daniella dos Santos Medeiros

Maria Cristina Dal Pian Nobre

UFRN

### 1. Introdução à Visão Alternativa sobre Mudanças Conceituais ao longo do Desenvolvimento Cognitivo

Nas últimas décadas, alguns pesquisadores como Susan Carey e Frank Keil têm apresentado uma nova visão, que chamamos de alternativa, sobre desenvolvimento cognitivo. De acordo com a visão dominante anteriormente, acreditava-se que todos nós possuíamos habilidades cognitivas que nos permitiriam dar conta de qualquer tarefa sem que o seu conteúdo específico tivesse importância, haveria mecanismos de aprendizagem de domínio geral que funcionariam da mesma forma para qualquer conteúdo. A visão alternativa tem concluído que, na verdade, nós contamos com uma série de habilidades cognitivas que são especializadas para lidar com conteúdos específicos. Isto implica que as mudanças que se dão ao longo do desenvolvimento cognitivo não seriam de domínio geral, mas sim de domínio específico.

#### 1.1. As Teorias Primárias

Carey (1987) propõe não apenas que tais reorganizações do conhecimento são de domínio específico como também que elas deveriam ser entendidas como mudanças teóricas, nas quais novas teorias emergem a partir de outras mais antigas. Para a autora, as crianças possuem idéias que podem ser consideradas como teorias (no senso comum), já que formam um conjunto de conhecimentos que é coerente e sistematizado internamente, apresenta resistência a refutações, tem comprometimentos ontológicos e respeita princípios causais de domínio específico. Estas teorias funcionariam como vínculos que restringiriam as hipóteses e interpretações das crianças e as direcionaria para os fatos e conceitos relevantes para o aprendizado no domínio cognitivo com o qual elas estão lidando.

Segundo Carey, as crianças contariam com apenas algumas poucas estruturas cognitivas do tipo de teorias (teorias primárias), possivelmente uma do tipo físico-mecânica e outra do tipo psicológica-intencional, que englobariam suas noções de causalidade e explicariam seus comprometimentos ontológicos. O desenvolvimento cognitivo se daria, em parte, pelo surgimento de novas teorias a partir destas mais antigas através da reestruturação dos conceitos mais importantes e do

aparecimento de novos aparatos explicativos, dando origem a novos domínios.

Uma vez que, inicialmente, só haveria dois tipos de teorias primárias nas quais todos os conceitos estariam inseridos, surgiriam problemas de má inserção pois alguns conceitos seriam forçados a se encaixar em teorias inadequadas. Para Carey, o domínio do pensamento biológico só emerge tardiamente ao longo do desenvolvimento cognitivo, normalmente por volta dos 6 ou 7 anos. Antes disto, as idéias e crenças das crianças sobre fenômenos e tipos biológicos fariam parte de uma teoria primária do tipo psicológica, gerando erros e distorções e impossibilitando, muitas vezes, a distinção entre fenômenos biológicos e psicológicos. Por exemplo, uma criança responderia sobre a atividade de "comer" somente em termos de seus desejos e crenças ("a gente come porque está na hora do jantar" ou "para ficar forte") e não em termos de seu papel fisiológico ou nutricional.

## 1.2. Modos de Construtos ou Stances

Keil (1994) discute a visão de Carey das teorias primárias propondo que se façam estudos e testes em diversos subdomínios da biologia para verificar se encontramos distorções compatíveis com a idéia de que o pensamento biológico estaria mesmo inserido numa teoria primária psicológica. Senão, há a possibilidade de que um outro conjunto coerente de crenças esteja organizando o pensamento biológico ou até mesmo que não haja nenhuma estrutura organizadora do tipo de teoria nos quais os conceitos iniciais estariam inseridos.

O autor realizou diversos experimentos sobre a transmissão de propriedades biológicas, observando as diferenças entre as idéias dos adultos e das crianças sobre que propriedades seriam transmissíveis. Segundo Keil (1994), *"embora crianças pequenas podiam bem ter crenças diferentes sobre quais propriedades são mais prováveis de serem herdadas e que mecanismos são plausíveis, suas crenças nunca são guiadas nem por absorção numa psicologia leiga (naive) nem por referência a similaridades fenomenológicas aos exemplos mais frequentes e/ou mais salientes. Ao invés, há apelos consistentes a propriedades que têm papéis funcionais/fisiológicos e a mecanismos que são internos aos organismos envolvidos (Keil, 1992b)."* (p 241).

Outros experimentos foram realizados sobre contágio biológico e causas e sintomas de doenças, todos eles indicando que as crianças não pensam sobre tipos biológicos como se eles fossem seres psicológicos, com intenções. Elas não fazem simples analogias a seres biológicos intencionais quando raciocinam sobre entidades biológicas. Suas inferências parecem estar condicionadas por um outro grupo de princípios que enfatiza as noções de função e de estrutura organizada. Quando lidam com questões pertencentes ao domínio da biologia, as

crianças parecem privilegiar modos de construto teleológico/funcionais e costumam associá-los fortemente a tipos biológicos.

Keil propõe então que o domínio do pensamento biológico possa ter uma origem distinta daquelas propostas para o pensamento sobre as pessoas (psicológica/intencional) e sobre as coisas (físico/mecânico). Ao lado das stances físico/mecânica e psicológica/intencional haveria também uma stance do "design" (Dennet, 1989), a partir da qual o domínio do pensamento biológico se originaria. Segundo Keil, esta stance permite observar as coisas como se elas tivessem uma função, ou como se suas propriedades tivessem sido projetadas (designed) para determinados propósitos. Ela abriria perspectivas diferentes daquelas oferecidas pelas duas outras instâncias isoladas, fornecendo explicações que apresentariam perdas significativas de especificidade e/ou poder explicativo caso fossem reduzidas ao nível mecânico ou elevadas ao nível intencional (psicológico).

Veremos agora o que são stances, o que significa cada uma das stances propostas por Daniel Dennet (1989), e qual o poder explicativo e preditivo de cada uma delas. Posteriormente, voltaremos às conclusões de Keil e suas implicações para nosso trabalho.

### 1.2.1. As Stances Física, Intencional e do Design

Segundo Dennet, para utilizar a stance (ou estratégia) física para abordar um determinado sistema e fazer previsões sobre o seu comportamento, nós teríamos que determinar os elementos e componentes da sua constituição física, assim como a natureza física do que estaria atuando sobre ele. A partir daí, poderíamos prever os resultados de quaisquer interações utilizando as leis físicas conhecidas. Exemplos de aplicação desta stance são os experimentos realizados em laboratórios de física e química em que o pesquisador consegue programar e prever os resultados de diversos fenômenos, até mesmo um *cozinheiro consegue prever as conseqüências de deixar um bolo no forno por um tempo muito longo.*

Já nos casos em que nós não conhecemos profunda e detalhadamente a constituição física de um objeto, seria mais interessante e eficiente em termos preditivos que nós abandonássemos a stance física e adotássemos a stance do design. Nesta estratégia, nós ignoraríamos os detalhes físicos de sua constituição e assumiríamos que o objeto tem um certo design, foi projetado para desempenhar uma determinada função. Poderíamos assim, prever que este objeto se comportará *"como ele foi projetado para se comportar"* (Dennet, 1989) nas mais diversas situações. Um bom exemplo de utilização desta abordagem é a interação do usuário leigo com uma calculadora científica. Ele não precisa ter a menor idéia de como são e como funcionam os diferentes componentes da calculadora, nem que *princípios físicos regem seu funcionamento.* Basta saber que ela tem um design, foi projetada para

uma função. Seu comportamento será bastante confiável e previsível, desde que ela esteja sendo utilizada nas condições de trabalho normais para as quais foi projetada.

Dennet nos lembra que nós só podemos prever de um objeto, a partir da stance do design, o comportamento para o qual ele foi projetado. Há muitos objetos, não apenas os artefatos, que podem ser considerados como tendo um design. As plantas, os animais e seus órgãos também são sistemas portadores de um design e, portanto, podem ser estudados e ter seus comportamentos previstos através da stance do design.

Quando não podemos lançar mão da stance do design, há ainda uma outra abordagem que pode ser adotada, a stance intencional. Esta estratégia consiste basicamente em considerar o objeto cujo comportamento queremos prever como um agente racional. Devemos então, dotá-lo de crenças e opiniões que ele deveria possuir considerando-se o seu propósito e o seu papel no ambiente. A partir daí poderemos prever o seu comportamento assumindo que ele agirá no intuito de satisfazer suas crenças e seu desejos. Para Dennet, esta estratégia é uma poderosa ferramenta preditiva e funciona muito bem para plantas e para animais, desde mamíferos até pássaros, répteis e insetos.

### 1.2.2. Conclusões de Keil

Embora seus estudos apontem para a ocorrência de uma mudança conceitual no que diz respeito ao pensamento biológico ao redor dos 10 anos de idade, Keil afirma que não há indicações de que haja uma emergência gradual de uma teoria biológica a partir de uma teoria primária psicológica. Ainda que as crianças questionadas nos experimentos nunca tivessem pensado sobre muitas das perguntas que foram feitas, elas ainda assim mostravam uma forte inclinação para alguns tipos de mecanismos que não pareciam provenientes de uma teoria primária física nem psicológica. Tais mecanismos apresentavam uma inclinação claramente teleológica.

Segundo o autor, os modos de construto, aparentemente, não incorporam crenças específicas sobre coisas biológicas, o que eles incorporam são inclinações para determinados tipos de explicações e arquiteturas funcionais que ajudariam a orientar o indivíduo cognitivamente em direção a coisas do tipo biológico. Nós possivelmente seríamos dotados de não muitos modos de construtos ou stances, tais como a psicológica, a física e a do design (ou teleológica) e mais alguns, no máximo seis. Nós utilizaríamos estas stances como base para adquirirmos sistemas de crenças mais sofisticados em diversos domínios específicos.

Para Keil, os modos de construto vinculam os conceitos desde muito cedo e geram formas de explicações que estão em ressonância com alguns grupos de fenômenos específicos. Eles não são teorias ou conceitos reais, mas devem ser compreendidos como predisposições para interpretar padrões de relações. Os modos de construto são entidades que estão

sempre buscando encontrar ressonâncias com a estrutura do mundo real e também com outros conjuntos de fenômenos. Como são em número relativamente pequeno, eles devem incorporar suficiente diversidade para nos permitir compreender os vários e diferentes padrões encontrados no mundo natural e social. Entretanto tal diversidade não pode chegar ao ponto de dispersar o estudo dos conceitos em uma infundável cadeia de estruturas diferentes encerradas em pequenos domínios distintos.

## 2. A Tectônica de Placas no Domínio da Geologia

A Tectônica de Placas (TP) é o modelo geral para os fenômenos geodinâmicos globais. Desta forma, ela se articula com todas as áreas da geologia, tais como paleontologia e estratigrafia, pois todos os fenômenos observados e explicados nestas especialidades terão um lugar na Tectônica de Placas, serão coerentes com seus princípios básicos. Uma característica importante da TP é que grande parte dos conceitos que ela utiliza têm um significado fortemente teórico, não é possível observar diretamente uma zona de subdução ou medir precisamente a taxa de deslocamento de uma placa. Estas entidades só têm significado no escopo da teoria.

Procuraremos descrever como seriam as explicações da TP adotando cada uma das stances propostas por Dennet e, ao final, pretendemos observar se a stance do design gera uma explicação mais apropriada do ponto de vista de especificidade e poder explicativo e de previsão.

### 2.1. A Tectônica de Placas e as Stances

Como vimos anteriormente, a adoção da stance física exigiria que nós conhecêssemos a constituição física do objeto analisado e a natureza física do que estaria atuando sobre ele. Embora nós conheçamos a maior parte das leis físicas que regem os diversos fenômenos englobados pela TP, devido à própria natureza do modelo, nós não conhecemos completamente os seus elementos constituintes. Uma descrição ou explicação a partir da stance física ficaria assim comprometida, não nos permitindo explicar satisfatoriamente a TP, nem fazer previsões sobre o modelo como um todo. Isto pode ser feito apenas sobre alguns de seus elementos mais ou menos isolados.

Para adotarmos a stance intencional devemos considerar o objeto cujo comportamento queremos prever como um agente racional dotado de crenças e desejos compatíveis com o seu propósito. Tal agente atuaria no sentido de satisfazer seus desejos e crenças. No caso da TP, poderíamos considerar seus componentes básicos, as placas, como agentes intencionais que desejam se formar nas cadeias meso-oceânicas e se afastar, colidir umas com as outras e subduzir se reciclando para formar novo material e retornar na cadeia meso-oceânica. Esta stance nos permitiria prever que este ciclo continuaria a acontecer por um tempo

indeterminado, mas embora ela permita abranger o sistema de forma global, ela não consegue explicar porque ele se comporta desta forma nem prever novos comportamentos de alguns de seus elementos.

Para desenvolver esta explicação nós necessitaríamos adotar a stance do design, que se encontra em uma posição intermediária em relação às duas outras stances. Nós não conhecemos detalhadamente todos os elementos e processos envolvidos na TP e, portanto, não podemos explicá-la completamente a partir da stance física. Esta stance nos possibilita atingir um determinado nível de detalhe no que diz respeito a alguns dos elementos constituintes, mas não nos permite uma explicação mais geral. Já a stance intencional nos fornece uma explicação geral mas pouco satisfatória tanto do ponto de vista do poder explicativo quanto do preditivo.

Quando adotamos a stance do design em relação a um objeto, nós não precisamos conhecer sua composição profundamente, basta que nós não nos preocupemos com seus detalhes físicos e o consideremos como possuidor de um certo design. Como o objeto teria sido projetado para desempenhar uma determinada função, poderíamos então prever que ele se comportaria em conformidade com o seu projeto. A explicação da TP pode ser feita, adotando esta stance, do ponto de vista mais global. Basta tomarmos o modelo e considerarmos que ele tem um projeto, - o que, no caso, é a mais completa verdade - uma função: organizar todos os elementos que fazem parte dele e mantê-los funcionando em harmonia com as leis físicas conhecidas e com os dados disponíveis sobre os fenômenos. Não precisamos conhecê-los todos detalhadamente, eles vão se comportar conforme eles foram projetados para se comportar..

Ainda assim, num maior nível de detalhe, alguns de seus elementos têm um lugar na explicação que permite predições. O manto superior, que apresenta um comportamento físico que implica num certo grau de viscosidade, tem uma função - a de fornecer material para a formação de novas placas e permitir o deslocamento das mesmas. Podemos dizer isto mesmo sem sabermos com certeza se isto se dá pelo mecanismo de convecção ou outro qualquer. O papel da cadeia meso-oceânica é de gerar novo assoalho oceânico, portanto, o assoalho apresentará datas mais antigas à medida que se afasta da cadeia. Podemos prever também que ao longo das zonas de colisão de placas teremos grandes atividades sísmicas e vulcânicas. Embora tenhamos pouquíssimos conhecimentos e dados sobre a zona de subducção sabemos que ela tem a função de permitir que, nas zonas de colisão, uma placa mergulhe sob a outra e seja fundida e reintegrada ao manto superior.

Sabemos que cada elemento do modelo tem uma função, um papel a desempenhar, podemos prever que ao desempenhar suas funções eles estarão garantindo o funcionamento do modelo como um todo. A stance do design nos permite trabalhar tanto no nível dos componentes quanto no nível mais geral mesmo com o grau de conhecimento ainda incompleto de que dispomos.

## 2.2. Conclusões

Considerando o que foi exposto até o momento, estamos aceitando a proposição de Keil de que o domínio da biologia não tenha emergido de uma teoria primária psicológica. Ele teria se originado a partir de uma stance do design. Como reconhecemos que a geologia apresenta um forte caráter teleológico e que de certa forma se presta ao mesmo tipo de raciocínio aplicado à biologia, estamos estendendo a proposta de Keil para o domínio da geologia. Ou seja, estamos trabalhando com a hipótese que o pensamento geológico tenha surgido a partir de uma stance do design. Sobre esta questão - utilizando a tectônica de placas, algumas outras sub-áreas da geologia e alguns conceitos mais relevantes (talvez tempo ou escala) - é que vamos desenvolver a nossa pesquisa.

É importante verificarmos se há uma mudança no pensamento sobre fenômenos geológicos semelhante àquela observada no domínio da biologia ao redor dos 10 anos. Precisamos observar se as crianças demonstram uma inclinação a adotar a stance do design (teleológica) ao lidar com questões relacionadas às geociências. Um importante cuidado deve ser tomado uma vez que os conceitos com os quais pretendemos trabalhar apresentam, no domínio da geologia, uma peculiaridade para a qual devemos estar atentos: as dimensões que extrapolam as escalas humanas e portanto não podem ser percebidos diretamente.

## 3. Bibliografia

- CAREY, S. (1987). Theory Change in Childhood. In: B. Inhelder, D. de Caprona and A. Cornu-Wells (Eds.) *Piaget Today*. 141-163.
- CAREY, S. (1988). Reorganization of Knowledge in the Course of Acquisition. Sidney Strauss (Ed.) *Ontogeny, Phylogeny and Historical Development*. Norwood, N.J.: Ablex Publishing Corporation.
- DENNET, D. (1989). *The Intentional Stance*. Cambridge, MA: MIT Press.
- DENNETT, D. C. (1995). *Darwin's Dangerous Idea: Evolution and the Meaning of Life*. New York: Simon & Schuster.
- KEIL, F. C. (1992a). *Concepts, Kinds, and Cognitive Development*. Cambridge, Massachusetts: MIT Press.
- KEIL, F. C. (1992b). The origins of an autonomous Biology. In: M. Gunnar and M. Maratsos (eds.) *Modularity and constraints in language and cognition: The Minnesota Symposium on Child Psychology*. vol.25. Hillsdale, N.J.: Erlbaum, 103-107.
- KEIL, F. C. (1994). The birth and nurturance of concepts by domains: The origins of concepts of living things. In: L. A. Hirschfeld and S. A. Gelman (eds) *Mapping the Mind*, Cambridge, Mass: Cambridge University Press. 234-254.

## O ENSINO DA CONSERVAÇÃO DE ENERGIA: UMA ANÁLISE A PARTIR DO DESENVOLVIMENTO HISTÓRICO DO CONCEITO E DO CONHECIMENTO DO SENSO COMUM

Kália Ferreira Henrique<sup>1</sup>

Jesuina Lopes de Almeida Pacca<sup>2</sup>

1 - Mestranda em Ensino de Ciências (modalidade Física) - IFUSP/FEUSP

2 - Instituto de Física da Universidade de São Paulo

As dificuldades encontradas pelos estudantes em compreender o conceito científico de energia e em descrever e interpretar os fenômenos físicos através da conservação da energia têm sido apontadas por diversos investigadores (Duit, 1981; Driver e Warrington, 1985; Grimellini et al. 1993).

Neste trabalho procuramos discutir, a partir de uma análise do desenvolvimento histórico do conceito de energia e de características do conhecimento do senso comum, a natureza dessas dificuldades.

A fim de tornar nossa análise mais clara ao leitor, examinaremos uma situação real, procurando localizar tanto os aspectos por nós destacados, quanto possíveis conseqüências para o ensino do conceito de energia.

### A natureza da energia e sua relação com o ensino do conceito

Em nossa análise histórica, procuramos resgatar a natureza do conceito de energia. A partir de um artigo de Kuhn (1977) consideramos que a construção deste conceito está apoiada na relação transformação/conservação. De fato, o conceito de energia emergiu e adquiriu significado na Ciência, em meados do século XIX, quando diversas pessoas, nas diversas áreas de conhecimento, foram capazes de perceber que por trás das diferentes conversões existia "algo" que ao se transformar se conservava. Logo, foi quando estas conversões passaram a serem vistas como transformações que o conceito físico de energia ganhou significado. Energia foi então definida porque era conservada: a história da conservação da energia é a própria história da energia. Assim, ao menos classicamente, não faz sentido falar em energia sem associar a ela a conservação.

Consideramos importante explicitar a natureza do conceito de energia - identificada na sua origem - pois, se se pretende ensinar o conceito físico de energia no 2º grau, as preocupações devem estar voltadas à conservação. No entanto, não é isso que se observa na prática comum de ensino do conceito: trata-se de maneira isolada e mecanizada da energia, transformação e conservação. Energia é aplicada e calculada em situações concretas antes de ser considerada sua conservação nos processos físicos envolvidos no fenômeno. Logo, procuramos ressaltar que



abordar o conceito científico de energia envolve orientar o processo educativo em direção à idéia de conservação, mais especificamente, em direção à relação energia/transformação/conservação.

### A natureza da energia, as concepções do senso comum e as dificuldades de aprendizagem do conceito

Como já comentado, vários trabalhos têm apontado que os estudantes apresentam grandes dificuldades em compreender *energia* enquanto quantidade que se conserva e em trabalhar com a Lei de Conservação da Energia. Ora, se o conceito de energia está associado à conservação, essas dificuldades precisam ser compreendidas para que possam ser enfrentadas nas situações de ensino/aprendizagem do conceito, através de estratégias e planejamentos adequados.

Suportados pelos resultados das diversas investigações sobre as concepções de força e energia - não significativamente diferenciadas pelo senso comum - examinamos as idéias mais fundamentais relacionadas a esses conceitos no sentido de compreender a natureza das dificuldades encontradas pelos estudantes.

### Sobre as concepções de força

Com relação às concepções de força, encontramos na pesquisa na área duas concepções mais freqüentes e significativas para nossa análise. A primeira é a idéia de força como ação de um sujeito sobre um objeto, ou como algo que puxa, empurra, comprime, movimenta. É uma concepção que emerge essencialmente em virtude das experiências sensoriais de ação física e esforço muscular. Força, segundo este ponto de vista, é, então, identificada em situações em que estejam ocorrendo mudança, transformação - é um agente causal, externo à situação/ao objeto em análise.

A segunda concepção é a idéia do '*ter força*', principalmente força dos objetos que se movem. Ou seja, um movimento é sustentado por uma *força interna* ao objeto. Essa força é adquirida por ele devido à ação de uma força externa, de um agente externo (Viennot, 1979; Watts e Zylbertajn, 1981; Brown, 1989; etc).

Essas duas concepções de força - associadas à **causa** e a **movimento** - revelam que o senso comum tende a observar os fenômenos segundo uma perspectiva local, isto é, as atenções estão voltadas a um único corpo, de tal forma que são observadas apenas as características deste corpo, bem como ações e efeitos sobre ele, sem dar conta das *interações* que ele sofre com o meio. De fato, muitas pesquisas têm evidenciado as dificuldades apresentadas pelos estudantes na utilização da 3ª Lei de Newton (Maloney, 1984; Terry e Jones, 1986; Brown, 1989; Boyle e Maloney, 1991). Assim, por exemplo, constata-se uma forte tendência em se aplicar as forças ação e reação a um mesmo corpo, grandes dificuldades na identificação dos pares dessas forças

(especialmente em interações à distância) e em perceber que as forças envolvidas são iguais em intensidade (principalmente nos casos em que há movimento). Outra dificuldade diz respeito à idéia de que a reação segue temporalmente à ação, noção esta claramente ligada à concepção de força enquanto agente causal.

Essa dificuldade de compreensão de força como produto de uma *interação* evidencia, então, algumas características do raciocínio do senso comum, que se constituem, como procuraremos argumentar adiante, nos maiores obstáculos à descrição e interpretação dos fenômenos através das leis de conservação.

### Sobre as concepções de energia

Energia é uma palavra muito freqüente na linguagem cotidiana e utilizada com os mais diversos conteúdos. No entanto, são muitos os trabalhos que têm investigado as idéias dos estudantes sobre energia (Watts, 1983; Solomon, 1983; Beynon, 1990; Lijnse, 1990; etc.), o que nos tem permitido encontrar algumas regularidades que se encontram por trás do uso dessa palavra pelo senso comum.

Nos parecem serem três as concepções fundamentais identificadas no pensamento do senso comum sobre energia. Uma das mais frequentemente apontadas na literatura é a idéia de *fonte de energia*, na qual energia é vista como um agente causal, causa/fonte de atividade. É algo que está armazenado dentro dos objetos que os permite agir, produzir mudanças, transformações. A partir deste ponto de vista, alguns objetos têm energia e são recarregáveis, enquanto outros necessitam de energia e a gastam quando têm. Por exemplo, carvão, petróleo, sol, comida, bateria, eletricidade têm energia, o que permite que alguma ação aconteça; uma lâmpada, o homem, uma planta necessitam desta energia para realizarem a ação de iluminar um ambiente, correr, crescer. Muitos enfatizam nesta concepção o caráter de *força e potência* envolvido nessa concepção.

Energia também costuma ser identificada com a presença explícita de ação/atividade, particularmente movimento (de qualquer tipo). Energia é identificada não com a causa e, sim, com a própria ação.

Há, ainda, uma outra característica do conhecimento do senso comum que se expressa significativamente no pensamento sobre energia: a materialização de entidades abstratas (Santos, 1991, p.104/p.117; Viennot, 1994).

Apesar da substancialização da energia não ser uma das concepções mais frequentemente apontadas no discurso dos estudantes, é possível identificá-la em outras concepções, como fonte de energia. De fato, quando os estudantes se referem à energia armazenada no carvão, sol, comida, eletricidade, a idéia de uma "substância ativa" é sugerida. A própria linguagem utilizada - *gastar energia, produzir energia, consumir*

energia - denuncia a concepção de energia como algo que possui uma existência quase material.

Uma pesquisa sobre o raciocínio do senso comum sobre conservação (Mariani e Ogborn, 1990) mostra que entidades abstratas muitas vezes são imaginadas na forma de objetos reais que têm alguma permanência em mudanças. No caso específico de energia, essa entidade é freqüentemente tratada de tal forma que implique indestrutibilidade e substancialização.

Logo, são três os aspectos do pensamento espontâneo sobre energia que nos parecem mais fundamentais e se mostram mais significativos para nossa análise: **causa, ação e materialização**. No entanto, apesar de em determinadas situações um desses elementos estar mais evidente, os três parecem estar sempre presentes de forma simultânea e dialética no pensamento do senso comum sobre energia.

### **As tendências de raciocínio espontâneo e as dificuldades de aprendizagem do conceito**

As concepções apresentadas revelam modos do pensar próprios do raciocínio espontâneo que, segundo nossa interpretação, estão diretamente relacionados às dificuldades encontradas pelos estudantes em descrever e interpretar os fenômenos através da conservação da energia.

Assim, por exemplo, a concepção de força e energia como agentes causais, associada - mais explicitamente no caso da energia - à tendência em se atribuir um caráter quase material a essas entidades, denuncia que o senso comum tende a interpretar os fenômenos a partir de um ponto de vista local, aonde as entidades e quantidades são concebidas como propriedades absolutas dos corpos.

São tendências do pensar, portanto, bem distantes da perspectiva científica, na qual as quantidades físicas dependem de sistemas de corpos, sistemas de referência e interações físicas. Ou seja, a visão local própria do raciocínio do senso comum se opõe a idéia de sistemas e interações ou, ainda, a propensão em se conceber as grandezas físicas como qualidades intrínsecas aos corpos se opõe à idéia de quantidades que dependem de referências.

### **Análise de uma situação real: a "ausência de interação" reforçando a materialização e o pensamento causal**

A fim de explorar as características do pensamento do senso comum, localizar os problemas de aprendizagem delas decorrentes e, ainda, exemplificar algumas conseqüências para o ensino do conceito de energia, apresentaremos e analisaremos, a seguir, parte da discussão de um problema que teve lugar em um curso de atualização para professores em serviço oferecido no Instituto de Física da USP.

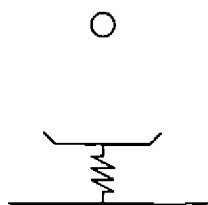


fig 1

No problema em questão, a idéia fundamental era procurar descrever em detalhe o que ocorre quando uma bola cai sobre uma balança de molas, como indicado na figura 1.

O problema foi discutido sob diferentes perspectivas: em um primeiro momento foi pensado com enfoque nas forças, utilizando-se basicamente as Leis de Newton e, a seguir, procurou-se analisá-lo também a partir do conceito de energia. Nos dois casos apareceram concepções e tendências de raciocínio já apresentadas.

Durante a discussão do problema, foi afirmado que a bola, na situação inicial, teria energia potencial gravitacional armazenada por se encontrar em uma certa altura em relação à superfície da Terra. Aparentemente, uma afirmação deste tipo não levanta nenhuma suspeita quanto às concepções do senso comum à ela associadas, mesmo porque é encontrada com freqüência em qualquer um dos livros didáticos classicamente usados no 2º grau. No entanto, não é o que acontece aos olhos de quem tem se preocupado em compreender o que há por trás do discurso das pessoas sobre fenômenos físicos, ainda que ele esteja revestido pela linguagem comum aos livros e cursos de física.

As discussões que se seguiram, conduzidas pelos coordenadores do programa, colocaram a nu que por trás da afirmação inicial aparentemente correta está presente a forte tendência em se atribuir um caráter quase material às quantidades físicas, associada à idéia de energia enquanto agente causal/fonte de potência, como "algo" que é intrínseco aos corpos e que os permite agir (no caso, especialmente ganhar velocidade). Mais do que isso, pudemos localizar em que medida entender essas quantidades como propriedades intrínsecas de um corpo conduzem à dificuldades na compreensão do conceito de energia enquanto quantidade que se conserva e, ainda, o quanto o ensino tradicional - que não dá enfoque à idéia de interação - cria condições para que estas concepções sejam reforçadas.

Se o trabalho resultante é nulo,  
como pode a bolinha estar ganhando  
energia potencial gravitacional?



fig 2

Após esta afirmação de que a bola tinha energia potencial gravitacional armazenada, os professores foram colocados diante de um conflito: se considerarmos que a bola é levantada até a altura inicial com velocidade constante, ou seja, que a força para cima tem a mesma intensidade da força peso, o trabalho resultante sobre a bolinha neste processo é nulo (fig. 2). Como pode, então, a bola estar adquirindo energia potencial gravitacional?

Os professores de alguma forma associavam trabalho realizado sobre um corpo com variação da energia do mesmo e, para o caso de um corpo que sobe em relação à Terra, entendiam estar ele ganhando necessariamente energia potencial gravitacional, já que está ganhando altura. Assim, caíram em um paradoxo: a energia potencial se calcula por  $mgh$  - o que sugere que é a bola de massa  $m$ , que se encontra na altura  $h$ , que possui essa quantidade - mas, ao mesmo tempo, o trabalho resultante sobre ela é nulo. O que estaria errado nestas idéias?

O problema só foi resolvido com o uso de uma outra situação física na qual, a interação presente no fenômeno foi concretizada numa mola. Os professores foram levados a considerar o caso de dois blocos ligados por uma mola que são separados de tal forma a deformá-la (fig. 3). A expressão 'energia potencial elástica' é logo sugerida pelos professores, sem entretanto maiores referências ao seu significado físico. Na seqüência foi feita a pergunta: após a mola se deformar, onde se encontra a energia potencial elástica?

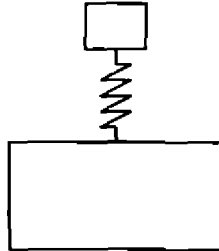


fig. 3

Os professores então responderam estar ela armazenada na mola (e, não no bloco de menor massa ou nos dois). E esta comparação se mostrou fundamental para compreensão das dificuldades envolvidas na resolução do problema anterior: por que, para o senso comum, no primeiro caso a energia deve **estar na bolinha**, enquanto na segunda situação ela está **armazenada na mola**?

A analogia levou os professores a concluir que a mola estaria fazendo o mesmo papel do campo: sem mola não há força elástica, sem campo não há força gravitacional. Então, por que em um caso a energia está na bola e no outro na mola? Assim, depois de muita discussão, chegou-se à idéia da energia associada ao campo, em virtude da interação deste com a bolinha; ou ainda à idéia da energia associada ao sistema Terra-bola devido à interação gravitacional entre os dois corpos, o que também não havia sido dito no início da discussão.

Atribuir energia à mola parece ser um pensamento mais natural que atribuí-la ao campo, afinal a mola tem uma existência material - mesmo tendo desprezado sua massa, como foi o caso.

O conceito físico de campo é complexo para o senso comum; o campo é uma entidade abstrata até mesmo no sentido de que não é visto, não tem massa; de fato é apenas um modelo através do qual se interpreta a interação gravitacional (no caso do problema analisado). Assim, na concepção espontânea energia é atribuída a corpos com massa, como se ela fosse uma propriedade intrínseca ao corpo - muito distante, portanto, de uma quantidade física que depende de sistemas de corpos e interações físicas.

### Algumas conseqüências para o ensino do conceito

Esta tendência de materialização das quantidades e entidades físicas é reforçada pela própria forma pela qual o conteúdo é tradicionalmente abordado na escola média. Assim, por exemplo, a força de interação gravitacional é tratada como  $mg$ , o que sugere ser o peso uma propriedade do corpo de massa  $m$ , já que  $g$  é tratada apenas como aceleração da gravidade, com valor suposto constante e aproximadamente igual a  $10 \text{ m/s}^2$ . O mesmo acontece com a energia potencial gravitacional, que sendo definida e calculada por  $Ph$  ou  $mgh$ , conduz de fato à idéia de que é uma propriedade do corpo de massa  $m$  que se encontra em uma altura  $h$ . Por outro lado, no caso da mola, o cálculo da energia do sistema não depende de uma característica do corpo; portanto não é vista no bloco de menor massa (ou nos dois), uma vez que na expressão utilizada para determinação da energia elástica -  $Kx^2/2$  - não envolve massas, apenas a constante elástica que é própria da mola.

Ora, se o peso fosse tratado como uma força de interação gravitacional não apenas no estudo da Gravitação Universal, mas da Física como um todo, se propiciaria a visão de sistema; a força gravitacional abordada como  $GMm/d^2$  talvez evitasse a idéia de uma propriedade intrínseca de um corpo e, favorecesse a de uma interação entre corpos. Ou mesmo no caso de se estar observando apenas um corpo (no nosso caso, a bola), a introdução da idéia de campo gravitacional quando pensamos o peso, poderá dar conta de todas as interações gravitacionais que o corpo sofre; em vez de se observar a todas elas, se pensaria apenas na interação com o campo global, resultante. Sob esta perspectiva, olhar a definição de energia potencial gravitacional  $Ph$  ou  $mgh$  se faz com outros óculos: partindo-se do peso como  $GMm/d^2$  ou da aceleração da gravidade como  $GM/d^2$ .

De uma forma geral, podemos dizer que a aprendizagem do conceito de energia não ocorre sem dificuldades já que, por estar inerentemente associado à conservação, exige a visão de sistema e das interações envolvidas nos processos de transferência/transformação de energia.

Os resultados de nossa análise são consistentes com a idéia de Viennot (1994) de que a busca de maiores regularidades que se encontram por trás das concepções do senso comum pode contribuir não apenas para a compreensão da própria natureza desse conhecimento, como também, na sugestão de novas formas de organização de conteúdos da Física.

Assim, por exemplo, a tendência em se interpretar as entidades da Física como propriedades intrínsecas e absolutas dos corpos sugere que maiores atenções devem ser dadas ao papel dos referenciais na construção dos conceitos físicos. Este enfoque se mostra importante também no sentido de conduzir ao rompimento com o pensamento material, isto é, caminhar em direção a uma maior abstração. No mesmo contexto, a ênfase nas interações se mostra importante no sentido de desafiar a visão local típica do raciocínio espontâneo.

### Referências Bibliográficas

- BEYNON, J. Some myths surrounding energy. *Physics Education*, 25, p. 314-317. 1990.
- BOYLE, R. K. & MALONEY, D. P. Effect of Written Text on Usage of Newton's Third Law. *Journal of Research in Science Teaching*, V.28, n.2, p.123-139. 1991.
- BROWN, D. E. Student's concept of force: the importance of understanding Newtons' third law. *Physics Education*, V. 24, p. 353-358. 1989.
- DRIVER, R. & WARRINGTON, L. Students' use of the principle of energy conservation in problem situation. *Physics Education*, V. 20, p. 171-176. 1985.
- DUTT, R. Understanding Energy as a Conserved Quantity - Remarks on the Article by R. U. Sexl. *European Journal of Science Education*, V. 3, n.3, p. 291-301. 1981.
- GRIMELLINI-TOMASINI, N., PACCA, J. L. A., PECORI-BALANDI, B. & VILLANI, A. Understanding Conservation Laws In Mechanics: Students' Conceptual Change in Learning about Collisions. *Science Education*, V. 77, n.2, p.169-189. 1993.
- KUHN, T. S. Energy conservation as an example of simultaneous discovery. In: *Kuhn, T. S., Critical Problems in the History of Science*, M. Clagett (Ed.). Madison. The University of Wisconsin Press, 1959.
- LIINSE, P. Energy between the Life-World of Pupils and the World of Physics. *Science Education*, V. 74, n.5, p.571-583. 1990.
- MALONEY, D. P. Rule-governed approaches to physics - Newton's third law. *Physics Education*, V.19, p.37- 42. 1984.
- MARIANI, M. C. & OGBORN, J. Common-sense reasoning about conservation: the role of action. *International Journal of Science Education*, V. 12, n.1, p.51-66.1990.

- SANTOS, M. E. **Mudança Conceitual em Sala de Aula.** *Livros Horizonte, Lisboa, 1991.*
- SOLOMON, J. Learning about Energy: How Pupils Think in Two Domains. *European Journal of Science Education*, V. 4, p.49-59. 1983.
- TERRY, C. E JONES, G. Alternative Frameworks: Newton's Third Law and Conceptual Change. *European Journal of Science Education*, V.8, n.3, 291-298. 1986.
- VIENNOT, L. Spontaneous Reasoning in Elementary Dynamics. *European Journal of Science Education*, V.1. n.2, p.205-221. 1979.
- VIENNOT, L. The Contents of Physics - Essential Elements, Common Views. *In: Thinking Physics for Teaching*, Bernardino, C. et al (eds.) 1994.
- WATTS, P. M. Some alternative views of energy. *Physics Education*, V. 18, p.213-216. 1983.
- WATTS, P. M. & ZYLBERSTAJN, A. A Survey of Some Children's Idea About Force. *Physics Education*, V.16, p.360-365. 1981



## O USO DO PRINCÍPIO DE RELATIVIDADE NA INTERPRETAÇÃO DE FENÔMENOS POR ALUNOS DE GRADUAÇÃO EM FÍSICA

Maurício Pietrocola e Arden Zylbersztajn

Departamento de Física - Universidade Federal de Santa Catarina

O trabalho que apresentamos se insere na linha de pesquisa em concepções alternativas. O objeto específico desse estudo é a análise das respostas de alunos de graduação em física sobre situações relacionadas à Teoria da Relatividade Restrita. Embora, a maioria das pesquisas nessa linha tenha centrado atenção no entendimento e uso de conceitos científicos, eles não são os únicos elementos presentes na construção do conhecimento físico. Trabalhos históricos e epistemológicos têm evidenciado a importância dos princípios na elaboração das teorias físicas. No caso da Teoria da relatividade Especial, é um consenso admitir o papel fundamental do Princípio de Relatividade na elaboração da mesma. Esta pesquisa procurou estudar a incorporação e uso do Princípio da Relatividade "física" na interpretação de fenômenos em situações móveis. A metodologia empregada na pesquisa foi baseada em entrevistas clínicas, centradas na apresentação de situações físicas e na previsão de seu comportamento em referenciais móveis. A análise das respostas foi feito seguindo dois critérios complementares: um centrado na estrutura interna das questões que permitiu identificar e analisar quatro situações físicas com maior índice de erros; outro agrupando as respostas dos alunos em padrões de interpretação comuns, que gerou a construção de cinco categorias. Os resultados levaram-nos a duas conclusões principais: 1) o princípio de relatividade não é uma ferramenta heurística para os alunos na confecção de suas respostas; 2) as situações apresentadas não se constituíram em "problemas" para os alunos. Eles não sentiram a necessidade de utilizar estruturas interpretativas outras que a mecânica clássica, embora algumas situações apresentadas se assemelhem a problemas enfrentados pela mecânica ao longo do século XIX. (Parcialmente financiado pelo CNPq)

### Introdução

Em uma pesquisa destinada a investigar o uso do Princípio de Relatividade na interpretação de fenômenos físicos, foi detectado um padrão de resposta que evidenciou a geração de concepções alternativas da apreensão de conhecimento científico. A pesquisa, baseada na metodologia de entrevistas centrou-se nas respostas de alunos de graduação em física sobre o comportamento de fenômenos diversos em situações móveis. Era solicitado ao aluno que previsse o que se passaria com uma montagem experimental ou situação física em um trem em movimento retilíneo e uniforme. Os resultados gerais da pesquisa estão

apresentados no trabalho "O uso do Princípio de Relatividade na realidade de fenômenos por alunos de graduação em Física" também apresentado ao V EPEF. O que nos interessa no presente trabalho é em detalhes uma categoria de respostas que demonstrava a utilização de conteúdos da teoria da relatividade pelos alunos, que no entanto resultavam em conclusões não-relativísticas. Em linhas gerais, os alunos incorporam elementos pertencentes à Teoria de Relatividade, em particular os efeitos previstos pela teoria, mas originando uma estrutura interpretativa completamente avessa à teoria. A influência negativa desses "conhecimento em relatividade" nas respostas desses grupos de alunos levou-nos a defini-los como "Ruído Relativístico". Essa estrutura levava os alunos a fazerem previsões contrárias aos princípios básicos da teoria einsteinianas. Nossa análise centrou-se na forma de incorporação dos elementos científicos pelos alunos e no carácter estrutural de seus mecanismos de interpretação. As conclusões obtidas foram: 1) que um conhecimento científico desvinculado do seu contexto não é operatório; 2) que os alunos frente a conhecimentos que eles julgam superiores, abrem mão de suas estruturas interpretativas na tentativa de utilizar tal conhecimento. Dessa submissão geralmente, resulta um padrão de interpretação que não é nem aquele científico, nem o pessoal do aluno, levando invariavelmente ao erro.

Uma linha importante de investigação em Ensino de Física tem se preocupado em levantar as concepções pessoais de estudantes sobre conteúdos específicos. Trabalhos nessa linha, elaborados a partir do final dos anos 70 demonstraram que os indivíduos desenvolvem formas de entendimento sobre situações físicas que diferem daquelas propostas pelas teorias científicas ensinadas na escola. Na verdade, o que se tem observado é que essas construções são estruturas conceituais alternativas àquelas científicas tendo um alto grau de valoração para os estudantes. Essa característica das chamadas concepções alternativas explica, em parte, a sua resistência aos processos de ensino.

Educadores preocupados com a aprendizagem em ciências investiram esforços no sentido de conhecer melhor essas concepções com o objetivo de elaborar instrumentos instrucionais que permitissem diminuir a resistência dessas concepções àquelas científicas. Desse esforço de pesquisa resultou uma grande quantidade de trabalhos que permitiu um mapeamento amplo sobre as concepções alternativas nos mais variados campos da física.

Muitas pesquisas apontaram também algumas causas que podem ser associadas à construção de concepções específicas. Elas podem ser divididas em dois grandes grupos: intra-escolar e extra-escolar. Ou seja, as concepções podem ser resultado da incorporação de elementos oriundos da vida do indivíduo fora da escola, como por exemplo as informações vindas do ambiente familiar, da mídia em geral do ambiente religioso, etc e também do próprio ambiente escolar. A princípio parece estranho admitir que o ambiente escolar possa induzir à formação de

concepções alternativas, porém as pesquisas têm indicado que em muitos casos, a informação transmitida pelos professores é processada de maneira diferente pelos alunos, sendo interiorizada segundo padrões próprios

O presente trabalho se insere nessa linha de pesquisa onde buscaremos levantar concepções dos alunos sobre situações físicas relacionadas à teoria da Relatividade especial.

### Justificativa

Apesar de enquadrar-se na linha de pesquisa em concepções, será necessário destacar alguns pontos que parecem sugerir uma diferenciação das principais pesquisas nessa área. Como expusemos acima, os trabalhos realizados têm procurado traçar o perfil das concepções dos alunos sobre conceitos físicos. Por exemplo, pesquisas levantaram as concepções dos alunos sobre a dinâmica dos movimentos, sobre o uso do conceito de energia, outras buscaram entender como os alunos interpretavam os conceitos de calor e temperatura. Os resultados obtidos foram todos de grande importância para estabelecer as concepções alternativas como uma realidade. Eles serviram também de embasamento para a elaboração de estratégias específicas de ensino visando a modificação destas em direção aos conceitos cientificamente aceitos. Ainda como resultados dessas pesquisas, foi possível compreender um pouco sobre os processos de construção de conhecimento físico por parte dos alunos. De certa forma, poderíamos dizer que essas pesquisas fornecem subsídios para o entendimento do processo de construção conceitual dos conhecimentos físico por parte dos alunos.

Embora fundamental na construção do conhecimento físico, os conceitos não são os únicos elementos aí presentes. Na verdade, trabalhos epistemológicos e históricos têm evidenciado a importância dos princípios na construção de teorias físicas. Eles funcionam como guias genéricos na produção científica, e, como diria Einstein, são responsáveis pela elaboração de teorias com uma perfeição lógica e fundamentação segura (1950, pag. 54). Neste trabalho, o foco de atenção será dirigido para a utilização de Princípios físicos. Em particular, para o uso do Princípio de Relatividade.

Parece-nos importante destacar o papel do Princípio de Relatividade na estruturação da Teoria da Relatividade Especial. Embora muitos trabalhos históricos e epistemológicos ofereçam versões diferentes sobre as origens da teoria, parece-nos existir um consenso sobre a importância do Princípio da Relatividade na sua elaboração.

Passando para uma análise histórica, parece certo que o Princípio de Relatividade apresentado por Galileu e precisado por Newton estava ameaçado na óptica e no eletromagnetismo do século XIX. A introdução do conceito de éter, primeiramente apenas óptico e posteriormente eletromagnético sugeria aos cientistas da época que as leis físicas não

estariam em acordo com Princípio de Relatividade. A formulação privilegiada das equações de Maxwell para um observador parado em relação ao éter, parecia indicar a possibilidade de detecção de um referencial privilegiado e a determinação de velocidades absolutas.

A teoria eletromagnética de Lorentz, baseada na idéia de éter e nos campos elétricos e magnéticos que expressavam seu estado, desenvolvia-se satisfatoriamente, constituindo um programa promissor. As quatro leis que descreviam as propriedades do éter davam conta da interpretação de uma grande quantidade de dados experimentais, sugerindo que as bases físicas dos fenômenos eletromagnéticos estavam bem fundamentadas. Essa convicção no êxito da teoria eletromagnética gerou um movimento na comunidade científica da época em direção a extensão da visão eletromagnética a todos os ramos da física. (Miller 1981)

A continuidade desse programa de pesquisa levou a busca e interpretação de fenômenos eletromagnéticos sobre referenciais em movimento. O campo de pesquisa designado como "eletromagnetismo dos corpos em movimento" deparou-se com vários problemas, quando levado a determinar efeitos decorrentes do movimento relativo ao éter. Embora a pesquisa avançasse no eletromagnetismo como um todo, em particular com a teoria do elétron proposta por Lorentz em 1904, a parte destinada aos corpos em movimento sofria da sua incompatibilidade com a invariância das leis físicas com relação ao movimento uniforme.

A Teoria da Relatividade Einsteiniana é introduzida nesse contexto, tomando o princípio de relatividade como guia é tirando daí as consequências necessárias.

Tomando por base esse papel do PR na constituição da Teoria da Relatividade, nossa pesquisa se propõem a investigar o seu valor na atividade interpretativa dos alunos. Nosso objetivo é dirigido à incorporação e à utilização do Princípio de Relatividade por alunos universitários de um curso de física.

## **Metodologia**

Foram selecionados alunos iniciantes e formandos dos cursos de licenciatura e bacharelado. A coleta de dados da pesquisa centrou-se exclusivamente no método de entrevistas clínicas. As entrevistas individuais versavam sobre situações físicas apresentadas ora em montagens experimentais simples, ora através de descrições verbais. Aos alunos era solicitado imaginar que a sala de entrevistas constituía-se num vagão de trem que estaria em repouso ou em movimento retilíneo e uniforme. O movimento do trem podia ser hipoteticamente identificado por um velocímetro digital, situado no interior do vagão. O trem nas situações apresentadas poderia supostamente se mover com duas velocidades diferentes: uma baixa e outra muito alta. A velocidade baixa foi geralmente mencionada como 50 Km/h e a alta dependia da situação e do aluno, variando entre 500, 5000, 50000 ou algo próximo a velocidade

da luz. O importante na identificação da velocidade era que a pergunta versasse sobre um movimento próximo do cotidiano, e outro fora desse domínio.

As situações físicas sobre as quais a entrevista versou relacionavam-se aos conteúdos de mecânica, termologia, eletricidade/magnetismo, óptica e acústica. A base de escolha dos fenômenos foi varrer o domínio da Física.<sup>8</sup> Duas situações um pouco diferentes foram anexadas ao roteiro de entrevista: uma sobre temperatura do corpo humano e outra sobre pressão arterial.

Todos os fenômenos eram apresentados aos alunos supondo inicialmente o trem (e conseqüentemente o vagão) em repouso. Em seguida, era pedido ao aluno que previsse o comportamento do mesmo fenômeno com o trem andando em baixa e depois alta velocidade. As respostas dos alunos deveriam ser justificadas.

## Resultados

Os resultados obtidos foram sintetizados na tabela em anexo. Nela apresentamos as respostas afirmativas ou positivas dos alunos com relação a cada pergunta. As justificativas foram analisadas através das fitas, e permitiram classificar os alunos em categorias de acordo com os argumentos apresentados.

As situações analisadas pelos alunos eram compostas de fenômenos mecânicos e não mecânicos (eletricidade, óptica, magnetismo etc). O princípio da inércia pode ser utilizado como instrumento teórico na interpretação clássica de fenômenos teóricos. Dessa forma, a primeira classificação dos alunos ocorreu entre aqueles que haviam respondido corretamente às questões envolvendo situações mecânicas dos outros. Os alunos tinham condições de responder corretamente a essas questões, visto que eles haviam estudado esse conteúdo duas vezes, no segundo grau e nos cursos básicos da universidade.

Porém, verificamos que alguns alunos não apresentavam um padrão de raciocínio compatível com a dinâmica inercial. Outros extrapolaram o domínio de validade da mecânica, aplicando o conceito de inércia a questões não-mecânicas.

Para operacionalizar a classificação dos alunos nesses dois grupos, as respostas dos alunos com respeito as questões 1 e 2 foram tomadas como parâmetros. Um aluno foi classificado como inercial se tivesse respondido corretamente (negando a modificação do fenômeno) às duas questões. caso contrário, ele seria enquadrado como não-inercial. Dessa classificação resultou que 28 % dos alunos eram Não-Inerciais (NI) e 72% Inerciais (I).

Esse resultado está de acordo com resultado de pesquisas especialmente destinadas à utilização da dinâmica inercial. (Mac Dermott 1983).

Com situações diferentes daquelas normalmente analisadas nas disciplinas, a utilização pelos alunos de esquemas alternativos se intensifica.

Passaremos a seguir a apresentar e discutir algumas estratégias utilizadas pelos alunos para responder às questões.

### **Estratégias de resposta:**

#### **Exportação do conceito de Inércia ou Referencial Inercial**

A classificação dos alunos em grupo de inercial ou não inercial relaciona-se, como mencionamos anteriormente, ao tipo de esquema conceitual incorporado da mecânica clássica pelo aluno. Assim, do ponto de vista científico, é totalmente correto identificar o fenômeno no trem em movimento com aquele que ocorre no trem parado em relação a estação como apresentadas nas questões 1 e 2, valendo-se do Princípio de Inércia ou da noção de referencial inercial. Porém, encontramos uma série de respostas de alunos que não restringiam seu uso às questões mecânicas. Eles usavam esse mesmo tipo de argumentação para fenômenos envolvendo a eletricidade, o magnetismo, a propagação luminosa. Esses fenômenos, a princípio, encontram-se fora do domínio estrito da mecânica, e conseqüentemente os conceitos de inércia e referencial inercial deveriam ser aí inoperantes.

#### **Velocidade de conjunto**

Outra estratégia utilizada pelos alunos para construírem suas respostas baseava-se na inexistência de velocidade entre as partes que compunham o fenômeno. Pelo fato de todos os objetos no interior do trem se moverem em conjunto, a situação era identificada ao repouso. Não parecia importar aos alunos se o movimento do conjunto seria ou não uniforme, numa postura contrária a física inercial, e mesmo à Relatividade Restrita. O simples fato de observador e experimento estarem parados um em relação ao outro seria critério suficiente na determinação do comportamento do fenômeno.

Essas respostas deixam claro que a base da argumentação encontra-se ligada a velocidade comum que todos os elementos do sistema têm. Não houve a preocupação em precisar na resposta se o movimento compartilhado era retilíneo e uniforme.

#### **Velocidade sem relação com o fenômeno**

Outro ponto que chamou atenção na análise era a freqüente alegação dos alunos de que não haveria relação da velocidade do trem

com o fenômeno enfocado. Muitas respostas pareciam exprimir a idéia de que a questão era absurda, como se ao negá-la não houvesse necessidade de nenhuma justificativa. Nessa concepção, o movimento do trem não afetaria as características dos fenômenos.

As questões com maior incidência de respostas desse tipo foram as não-dinâmicas, isso é da terceira em diante.

Esses alunos não buscavam complementar essa afirmação valendo-se de uma avaliação mais analítica da situação apresentada. Nós entendemos por avaliação analítica aquela feita sobre um modelo físico construído para representar a situação. Nossa avaliação é que a negação de mudanças ocorre pois os modelos elaborados pelos alunos não comportavam um questionamento dessa natureza. Seus modelos deles não serviam de base para analisar e negar possíveis modificações introduzidas pela velocidade do trem em questão, apenas inviabilizam a problematização da situação em um referencial móvel.

### Uso de analogias

Ao longo das entrevistas, constatamos também o uso freqüente de analogias pelos alunos nas suas justificativas. Para negar que determinado fenômeno modificasse seu comportamento com o trem em movimento, os estudantes buscavam trazer exemplos de situações invariantes do seu dia-a-dia, onde fenômenos não se modificavam quando percebidos em em situações em movimento;

Mesmo quando eram questionados sobre o que ocorreria com o trem em altas velocidades, muitos alunos não conseguiram articular novas respostas nesse contexto. Muitos simplesmente ratificaram suas respostas anteriores (em baixas velocidades) afirmando que não se estava introduzindo nenhuma modificação de qualidade à situação em questão. Essa postura pode ser interpretada como uma tentativa de extrapolar o domínio cotidiano, porém sem nenhum argumento de ordem teórica. Basicamente o aluno valia-se de uma intuição pessoal. O uso de analogias, nesse sentido, parece uma boa, estratégia cognitiva para a interpretação do real imediato, mas ineficiente quando se trata de extrapolar, fazer previsões sobre domínios fora do cotidiano.

### Ruído Relativístico

As categorias de respostas anteriores em nada se relacionavam com conhecimentos ligados à teoria da relatividade. Um grupo de alunos valeu-se de tal conhecimento na confecção de suas respostas, porém de forma diferente daquela contida na própria teoria. Esses alunos demonstraram ter um conhecimento superficial da teoria, e ao incorporar alguns conceitos da mesma a sua estrutura interpretativa chegaram a conclusões contrárias daquelas previstas pela Teoria da Relatividade. Eles afirmavam que com o trem em movimento haveria mudanças nos

fenômenos, pois o tempo se dilataria, o espaço se contrairia e a massa aumentaria.

Esse item foi objeto de um trabalho específico intitulado " Ruído Relativístico" e que se encontra publicado nessas atas.

## Conclusões

O resultado que mais surpreendeu nessa pesquisa foi a ausência de menção explícita ao Princípio de Relatividade nas respostas. Não foi possível detectar em nenhuma delas argumentos relativísticos que explicassem a inexistência de mudanças nos fenômenos apresentados.

Em muitos casos os alunos negavam a existência de mudanças nos fenômenos no trem em movimento. O que parece emergir da análise dessas respostas é que para eles as situações apresentadas não se constituíam em problemas ao seu conhecimento mais imediato, composto basicamente pela mecânica clássica e pelo senso comum. Embora muitos alunos pudessem fazer uso de conteúdo relativístico, visto terem tido disciplina específicas, as questões eram respondidas através de esquemas conceituais mais simples. Esse falta de problematização pode explicar o fato do Princípio de Relatividade não ter sido avançado como argumento para negar a mudança dos fenômenos.

Algumas autores tem enfatizado a importância na detecção de problemas para a utilização das estruturas teóricas. (Bachelard 1938, Delizoicov, 1991) Por uma questão de economia cognitiva, não se utiliza uma nova teoria se a antiga dá conta de interpretar a situação apresentada. O que pode ser inferido a partir dessa análise, é que situação problemática e nova estrutura teórica compõem um par indissociável.

No caso desta pesquisa, a inexistência de uma situação problemática à física clássica, que poderíamos definir como situação-problema relativística, não motivou o uso de esquemas conceituais da relatividade.

Essa associação problema-teoria dá conta de interpretar outro resultado obtido dessa pesquisa. Como foi relatado, para muitos alunos os efeitos de dilatação de tempo, contração de espaço e aumento de massa expressavam a realidade em altas velocidades. Para eles, esses efeitos expressavam facetas da realidade veiculadas nas revistas científicas, disciplinas etc. Porém, a incorporação desses elementos conceituais não foi acompanhada do contexto problemático que os gerou. Essa situação resultou na confecção de contextos problemáticos pessoais que podiam acomodar os conceitos relativísticos. O aparecimento do Ruído Relativístico detectado nas respostas dos alunos pode ser entendido como um desses contextos problemáticos pessoais.

Dessa forma, a falta do contexto problemático original da teoria da Relatividade gerou dois procedimentos diferentes: um que dispensava o seu conteúdo, pois não havia contexto onde este poderia se ancorar; outro



que criava contextos problemáticos alternativos para dar sentido ao conteúdo incorporado. A ausência do Princípio de Relatividade nas respostas dos alunos seria reflexo da primeira e o Ruído Relativístico da segunda.

## Anexo

### Situações analisadas

Questão 1 - Pêndulo - Um objeto preso a um barbante era colocado a oscilar paralelamente à direção longitudinal da sala.

Questão 2 - Volei - Pedia-se aos alunos que imaginassem que no trem haveria um "vagão esportivo". A quadra dispunha-se também na direção longitudinal do trem. Era solicitado ao aluno analisar os vários fenômenos que ocorrem durante uma partida.

Questão 3: Ebulição - Na terceira situação apresentava-se aos alunos um becker com água que era levada a ferver.

Questão 4: Bexiga - Essa situação constituía-se de uma bexiga de borracha cheia de ar, considerada totalmente esférica para simplificar a análise. As características realçadas eram o volume do balão e sua forma.

Questão 5: nível de água - Uma cuba de base quadrada contendo água era analisada. O nível da água e a forma horizontal da sua superfície eram pontos destacados na apresentação da situação.

Questão 6 - Interação elétrica. - Nessa situação, um esquema representava duas esferas metálicas, apoiadas em hastes isolantes fixas sobre a mesa, alinhadas longitudinalmente.

Questão 7 - Bússola - Uma bússola e dois ímãs eram dispostos dispostos em forma de "L", com a bússola no vértice. A discussão era conduzida para que o aluno relaciona-se a direção da agulha da bússola com a posição dos ímãs, considerando-se a polaridade e distância do mesmo.

Questão 8 - Reflexão da luz - Apresentava-se um esquema onde um raio de luz refletia-se num espelho plano. A luz propagava-se paralelamente a direção longitudinal da sala e refletia-se na direção transversal.

Questão 9 - refração da luz - Um esquema apresentava um fenômeno de refração numa lente convergente. Um feixe paralelo de luz branca incidia paralelamente à direção longitudinal da sala e uma lente convergia-os para seu foco (vide figura abaixo). Pedia-se ao aluno que analisasse o fenômeno, em particular a posição do foco da lente.

Questão 10- Campainha - Nesta situação, um esquema representava quadro pessoal ao redor de uma mesa no interior do trem. No centro da mesa encontrava-se uma campainha que podia emitir som e um lampejo.

Questão 11- Pressão arterial e temperatura do corpo - Essa questão referia-se a fenômenos relacionados ao metabolismo humano.

Inicialmente perguntava-se ao entrevistado se ele esperaria que a pressão arterial de uma pessoa se modifica-se com o trem em movimento. O mesmo era feito sobre a temperatura corporal.

Questão 12 -Previsão - Dizia-se ao aluno que o placar que indicava velocidade do trem parara de funcionar. Estando ele no interior do trem, perguntávamos se ele poderia inferir o estado de movimento do trem por qualquer método interno ao mesmo.

## **Bibliografia**

- Bachelard, G. (1938). *La formation de l'esprit scientifique*. Paris: Vrin, 1989.
- Delizoicov, D. (1991). *Conhecimento. Tensões e Transições*. Tese de doutorado, Faculdade de Educação, USP, 1991.
- Einstein, A. (1950). *Out of My Laters Years*. New York: Philos. Library, 1950.
- Miller, A. (1981). *Albert Einstein's Special Theory of Relativity*. Adison-Wesley, |Massachusets, 1981.
- MacDermott, L. (1983). *Critical rewien of research in the domain of mechanics*. Proceeding of the INTERNATIONAL SUMMER WORKSHOP: RESEARCH ON PHYSICS EDUCATION. La Londe Les Maures, p. 136, 1983.

## ESTUDO DAS CONCEPÇÕES DE ESTUDANTES DE LICENCIATURA DO IFUSP SOBRE CONTEÚDOS DE MECÂNICA

Zwinglio de Oliveira Guimarães Filho (*Zwinglio@if.usp.br*)

Jesuina Lopes de Almeida Pacca

Instituto de Física da Universidade de São Paulo

A aprendizagem dos Conceitos de Física por estudantes de todos os níveis sempre enfrenta uma dificuldade adicional que é o fato de que os estudantes já possuem algumas concepções intuitivas a respeito do conteúdo a ser tratado, concepções estas que geralmente não coincidem com as científicas, porém que dificilmente são abandonadas, sendo geralmente adaptadas e convivendo com as científicas. Nosso trabalho consistiu em mapear estas estruturas alternativas de interpretação da natureza em conteúdos de Mecânica, fazendo um acompanhamento ao longo do aprendizado para verificar a persistência e a influência destas concepções no aprendizado de novos conteúdos. Acompanhamos os estudantes do curso de Licenciatura em Física do IFUSP ingressantes em 1993, ano em que o curso teve o currículo completamente reformulado, ao longo dos três primeiros semestres nas disciplinas que tratavam de mecânica. A fonte de dados foram as respostas dos estudantes às avaliações regulares das disciplinas acompanhadas, desta forma a nossa pesquisa não interferia no processo de aprendizagem. Organizando estas informações, pudemos levantar os quadros de concepções alternativas para cada avaliação; mapeando estes quadros através de uma análise de suas evoluções ao longo do aprendizado pudemos perceber claramente 9 grupos de categorias que se destacam por sua persistência e por revelarem informações importantes sobre a estruturação dos nodos de pensar globais: (compreendendo 73% de todos os conceitos não científicos observados nas respostas): 1. *Dificuldades em trabalhar com vetores na formalização dos conceitos fundamentais de Física*, 2. *Dificuldades em aplicar os conceitos fundamentais do cálculo diferencial e integral em problemas físicos*, 3. *Falta dos conceitos de variação e de taxa de variação*, 4. *Ausência de uma visão física do conceito de referencial*, 5. *Dificuldades em localizar os pontos de aplicação de forças, bem como conceber as interações*, 6. *Concepção equivocada da relação entre força e movimento*, 7. *Dificuldades com o conceito de sistema*, 8. *Dificuldades com o conceito de trabalho*, e 9. *Dificuldades com as leis de conservação, e as condições em que se aplicam*. A grande persistência de algumas categorias ao longo da aprendizagem, sugere que as discussões e as atividades nos cursos sejam mais direcionadas para revelar as inconsistências dos modelos alternativos.

(FAPESP e CAPES)

### 1. Introdução

A aprendizagem dos Conceitos de Física por estudantes de todos os níveis sempre enfrenta uma dificuldade adicional que é o fato de que os

estudantes já possuem algumas concepções intuitivas a respeito do conteúdo a ser tratado, concepções estas que geralmente não coincidem com as científicas, porém que dificilmente são abandonadas, sendo geralmente adaptadas e convivendo com as científicas. Nosso trabalho consistiu em identificar e organizar essas estruturas alternativas de interpretação da natureza em conteúdos de Mecânica, fazendo um acompanhamento ao longo do aprendizado para verificar a persistência e a influência de tais concepções no aprendizado de novos conteúdos. Acompanhamos os estudantes do curso de Licenciatura em Física do IFUSP, ingressantes em 1993, ano em que o curso teve o curriculum completamente reformulado, ao longo dos três primeiros semestres nas disciplinas que tratavam de mecânica. A fonte de dados foram as respostas dos estudantes às avaliações regulares das disciplinas acompanhadas, desta forma a nossa pesquisa não interferia no processo de aprendizagem.

## 2. Metodologia

A população era constituída pelos alunos ingressantes em 1993 no curso de Licenciatura do IFUSP nos períodos Diurno e Noturno. O curso de Licenciatura do IFUSP foi totalmente reformulado em 1993, de forma que a população era composta exclusivamente de alunos ingressantes em 1993, com opção já feita no vestibular. A população era inicialmente composta de cerca de 40 alunos do Diurno e 45 do Noturno e, ao final do segundo semestre, a população era de cerca de 20 alunos no Diurno e 25 no Noturno, e no final do terceiro semestre o número de alunos que prosseguiram sem reprovação no período Diurno era de 17 alunos.

O procedimento para se levantar os quadros de concepções alternativas foi baseado na análise de conteúdo de discursos escritos dos alunos, obtidos nas avaliações regulares das disciplinas que tratavam sobre conteúdos de Mecânica. As avaliações consideradas eram compostas por problemas tradicionais e por problemas extraídos de publicações sobre pesquisa em concepções alternativas.

## 3-Exemplo de resultados obtidos por avaliação

Apresentamos, a seguir, um exemplo de resultados obtidos na análise de uma avaliação que foi aplicada no primeiro semestre para ambas as turmas, Diurno e Noturno, e cujo enunciado foi extraído de publicações de pesquisas em concepções alternativas.

Esta avaliação foi escolhida por apresentar respostas onde diversas concepções alternativas são manifestadas em diversos conteúdos, inclusive quanto ao conceito de referencial inercial que raramente é abordado nas avaliações; apresenta um grande número de concepções alternativas relacionadas a esse conceito sempre difícil de ser compreendido; a questão era a seguinte, e correspondia à 4ª provinha Diurno e Noturno do primeiro semestre, com um total de 68 alunos.

Dois nadadores A e B flutuam sem se mexer, num rio cuja correnteza tem velocidade de 1 m/s em relação à margem. Cada um dos nadadores está preso a uma bóia individual. Um deles, o nadador A, sem perceber é arrastado pela corrente, com velocidade  $v$  constante e igual a da corrente. O nadador B fica preso na margem do rio.

Um peixe salta, num plano paralelo à correnteza, a altura de 80 cm em relação às águas do rio, gastando 0,8s no salto. Neste instante passa por ele um terceiro nadador C, num barco a motor com velocidade de 3 m/s no mesmo sentido da corrente (em relação a margem).

- Quais os aspectos da Lei da Inércia envolvidos na questão?
- O tempo que o peixe passa fora da água é o mesmo para os três nadadores?
- O comprimento do peixe é o mesmo para os três nadadores?
- O comprimento do salto do peixe é o mesmo para os três nadadores?
- A altura do salto do peixe é a mesma para os três nadadores?
- A velocidade do peixe, num determinado instante, é a mesma para os três nadadores?

A força que age sobre o peixe, no ponto mais alto do salto, é a mesma para os três nadadores?

#### Alguns exemplos de trechos de respostas obtidas

Selecionamos a seguir algumas partes de respostas dadas pelos alunos que revelam algumas concepções alternativas importantes:

"Os aspectos da lei da Inércia envolvidos são que para aceleração constante qualquer corpo tende a manter velocidade constante (num determinado referencial qualquer)."

"...no ponto mais alto, agem o peso e a força que o peixe fez para saltar, que aí se igualam."

"...o nadador que estiver parado..."

"Os nadadores tem aceleração zero em relação aos outros, portanto estão em repouso entre si. Já o peixe possui aceleração durante o salto e portanto não está em repouso em relação aos nadadores."

"...peixe na altura máxima tem velocidade nula para qualquer nadador."

"...enquanto os outros vêem uma força horizontal."

"...pois se há movimento então há força." "...terá a impressão de que..."

"Como  $F=m.a$  então  $F=m.v/t$ , portanto se a velocidade é diferente, então a força também será"

Com a coleção de respostas globais, elaborávamos quadros de categorias organizadas obtidas em cada avaliação. Nestes quadros as respostas eram agrupadas quanto às concepções alternativas reveladas, e portanto estas categorias dão conta de representar as concepções alternativas presentes em cada fase do aprendizado.

Para o caso da avaliação que estamos tomando com exemplo, obtivemos um quadro de oito categorias:

#### Categorias organizadas obtidas na análise da 4<sup>o</sup> provinha do 1<sup>o</sup> semestre

Descrição da categoria.	Ocorrências
1. Não distinguir os conceitos de velocidade e de aceleração.	2
2. Uso do termo Inércia como repouso	6
3. Não considerar o tempo um invariante.	15
4. Crer na existência de vários tipos de referenciais.	28
5. Clara referência a existência de referencial absoluto.	3
6. Associar sempre uma força na direção do movimento.	14
7. Atribuir dificuldades de medição num situação em que existem diferentes referenciais em jogo.	2
8. Associar a velocidade com a posição, e não com a variação da posição.	10

#### 4. Categorias globais organizadas para as provinhas em geral.

A análise das categorias para todas as avaliações realizadas ao longo dos três semestres nos possibilitaram definir algumas categorias globais que são relevantes para explicar os "erros" cometidos pelos alunos e para a compreensão das concepções alternativas que lhes dão sustentação, além de apontar para a elaboração de algumas sugestões didáticas.

As categorias abaixo foram caracterizadas como relevantes, ou devido a sua intensidade, ou a sua persistência ou ainda a sua importância em revelar alguma concepção intuitiva. As ocorrências dessas categorias ao longo de todas as avaliações correspondem a 73% de todas as causas de "erro" que conseguimos interpretar, o que revela a capacidade destas categorias de carregar a parte mais significativa de todas as informações colhidas nas diversas avaliações.

Estas categorias globais carregam a parte mais significativa de todas as informações contidas nos diversos quadros de categorias de cada provinha, assim, analisá-lo corresponde a avaliar as concepções intuitivas presentes ao longo do aprendizado.

A evolução da ocorrência dessas categorias globais durante o curso nos fornece importantes informações sobre a influência das diversas estruturas intuitivas de interpretação da natureza no aprendizado dos conteúdos científicos, bem como quanto à persistência de algumas destas concepções intuitivas.

## Quadro de categorias globais

I	Dificuldade em trabalhar com vetores e suas conseqüências no aprendizado de conceitos fundamentais de Física.
II	Dificuldades em aplicar os conceitos fundamentais do cálculo diferencial e integral em problemas físicos.
III	Falta dos conceitos de variação e taxa de variação.
IV	Não possuir uma visão científica do conceito de referencial.
V	Dificuldades em localizar os pontos de aplicação de forças, bem como conceber as interações.
VI	Associar força na direção do movimento.
VII	Dificuldades com o conceito de sistema.
VIII	Relacionar trabalho somente com a existência de uma força, sem se preocupar com o deslocamento do corpo.
IX	Dificuldades em aplicar as leis de conservação, e em visualizar as condições necessárias para sua utilização.

Os resultados das ocorrências nas categorias consideradas mais significativas foram organizados no quadro a seguir onde se procuram representar as intensidades com que essas ocorrências se dão nas nove categorias cujo desenvolvimento ao longo do tempo (separado nos três semestres do curso) está dado nas linhas. A primeira coluna indica o número de alunos em cada uma das avaliações; a segunda identifica a avaliação e as demais representam cada categoria nomeada no quadro de categorias globais com as intensidades representadas por tons de cinza. (Tabela 1)

Tabela 1 - Quadro de evolução das categorias globais

nº alunos	Avaliação	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
89	1ºp									
83	2ºp									
75	3ºp									
75	1ºPB a)									
"	b)									
33	1ºPC a)									
"	b)									
"	c)									
"	d)									
68	4ºp									
62	5ºp									
67	6ºp									
53	7ºp									
60	8ºp									

n° alunos	Avaliação	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
19	D 1ºp									
27	N 1ºp									
18	D 2ºp									
25	N 2ºp									
19	D 3ºp									
19	D 4ºp									
~ 23	N 4ºp									
11	D - TC									
17	D 5ºp									
22	N 5ºp									
19	D 6ºp									
~ 23	N 6ºp									
19	D 7ºp									
18	D 8ºp									
25	N 7ºp									
17	D 9ºp									
17	2ºp									
16	3ºp									
11	4ºp									
9	5ºp									
11	6ºp									
12	7ºp									

Neste quadro que apresentamos acima, as ocorrências relativas de cada categoria em cada avaliação estão apresentadas segundo o seguinte código de tons de cinza:

apenas 1 ocorrência	.
mais de 1 ocorrência até 35%	

de 35% a 70% de ocorrência	
mais de 70%	

## 5. Conclusões

Percebemos pela análise do quadro anterior algumas interessantes características das concepções intuitivas, ou seja, dos modos alternativos de interpretação da Natureza que são mais utilizadas por esses estudantes e provavelmente pela maioria dos estudantes nesse nível de ensino.

Alguns aspectos relevantes na análise realizada, mostram concepções e persistência delas apesar da seqüência de ensino desenvolvida.



- As grandezas Físicas concebidas intuitivamente pela maioria deles são absolutas, e não se relacionam entre si por variações ou taxas de variações de outras. Além disso, as grandezas desse modelo intuitivo só costumam ter como característica importante o seu valor, não carregando informações referentes a direção e sentido.
- O conceito de sistema é muito pouco intuitivo para os alunos, sendo relacionado também com a dificuldade em conceber as interações entre os corpos.

Estas formas de concepção constituem barreiras de conhecimento que são críticas para a aprendizagem do conteúdo da física que tem esses conceitos como básicos.

- As concepções intuitivas mais fundamentais parecem não serem descartadas pelos alunos durante o processo de aprendizagem, sendo apenas reelaboradas, e portanto reaparecem com a mesma intensidade quando exigidas sob um enfoque diferente.
- Os conceitos intuitivos estão quase sempre muito bem enraizados nos alunos, não sendo portanto abandonados no contato dos estudantes com os conceitos científicos, mais sim, são reelaborados e convivem paralelamente com estes ao longo do aprendizado.
- As avaliações não foram capazes de apontar para algumas concepções intuitivas procurando reelaborá-las; embora presentes nos resultados, não foram reveladas de forma satisfatória pelas questões propostas; além disso algumas foram abandonadas deixando de ser preocupação na elaboração de avaliações que se seguiram na continuação do curso.

Considerando que as concepções dos indivíduos são reelaboradas ao longo da aprendizagem num processo de avanços e regressões locais, este trabalho sugere para o professor um replanejamento constante do seu curso a partir das avaliações intermediárias, buscando favorecer o processo de aprendizagem dos conceitos científicos.

Voltando ao quadro de evolução apresentado (Tabela 1) nota-se que, para algumas das categorias, as linhas mostram espaços vazios que mais adiante são preenchidos com grande intensidade. Isto mostra que as avaliações podem ter perdido a oportunidade de trabalhar sobre essas concepções alternativas, que acabam aparecendo intensamente mais adiante. É por exemplo o caso das categorias V e VII representadas pelas concepções que correspondem a dificuldades em localizar os pontos de aplicação de forças, bem como conceber as interações e a dificuldades com o conceito de sistema.

## 6 . Bibliografia

- Viennot, L., Spontaneous reasoning in elementary dynamics, *European Journal of Science Education*, nº1, 1979
- Pacca, J.L.A.; Villani, A., Conceitos espontâneos sobre colisões, *Publicações IFUSP/P-722 Junho 1988*
- Clement, J., Students' preconceptions in introductory mechanics, *American J. Physics*, vol 50(1), Jan. 1982
- Carvalho, W.L.P., Conceitos " intuitivos " : relações entre força, velocidade, aceleração e trajetória, *Dissertação de Mestrado IFUSP-FEUSP, 1985*
- Saltiel, E.; Malgrange, J. L., 'Spontaneous' ways of reasoning in elementary kinematics, *European Journal of Physics*, nº1, 1980
- Terrazzan, E. A., A conceituação não-convencional de energia no pensamento dos estudantes, *Dissertação de Mestrado IFUSP-FEUSP, 1985*

Para os interessados em maiores informações, elas podem ser obtidas com os autores por e-mail através do endereço: [Zwinglio@if.usp.br](mailto:Zwinglio@if.usp.br)

## INFLUENCIA DEL CONTEXTO ACADÉMICO SOBRE EL TIPO DE EXPLICACIÓN QUE ADOPTAN LOS ALUMNOS PARA ALGUNOS PROCESOS FÍSICOS

Marta Cárdenas e Silvia Ragout de Lozano  
Instituto de Física · Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología  
Universidad Nacional de Tucumán · Argentina

### Resumen

Se realizó un estudio comparativo del desempeño de estudiantes de Ciencias Naturales, Ingeniería Eléctrica e Ingeniería Química, a fin de determinar posibles influencias del contexto académico en el aprendizaje de algunos conceptos de Termodinámica.

Se suministró a los distintos grupos los mismos cuestionarios de respuesta abierta donde se solicitaba explicaciones del comportamiento de gases ideales.

Independientemente de que las respuestas fueran o no correctas, se distinguieron diferentes patrones de explicaciones.

Aunque a priori podría suponerse que los estudiantes de ambas ingenierías responderían

siguiendo la misma distribución de categorías de respuestas, del análisis de las encuestas puede observarse que hay mayor similitud entre las distribuciones correspondientes a los estudiantes de Ciencias Naturales e Ingeniería Química.

Esta observación parece indicar que el cursado previo de Química General, (aunque en facultades diferentes y con docentes distintos), es determinante y ejerce mayor influencia que el hecho de cursar en forma conjunta Física y dos asignaturas de Matemática, como ocurre con las ingenierías.

La conclusión anterior resaltaría la conveniencia de mantener una fluida comunicación entre las cátedras de Física y Química, con el objeto de favorecer el aprendizaje de ambas disciplinas.

### 1.- Introducción

Los resultados de una investigación realizada con estudiantes de Ciencias Naturales (Cárdenas y Ragout de Lozano, 1995) mostraron que para dar cuenta del comportamiento de los gases en procesos termodinámicos, muchos alumnos mencionaban a las moléculas y trataban de describir los efectos macroscópicos (cambios de volumen del gas, variación de temperatura, etc.) a partir del movimiento de estas partículas.

Si bien la Mecánica Estadística describe los procesos termodinámicos en función de los valores medios de las magnitudes microscópicas que caracterizan el proceso molecular correspondiente, los cursos de Física Básica generalmente sólo incluyen la Termodinámica Clásica, y por lo tanto se limitan a la descripción macroscópica de los

fenómenos térmicos basada en los conceptos de presión, volumen, temperatura, energía interna, etc.

En particular, los estudiantes de la Facultad de Ciencias Naturales que fueron encuestados habían recibido instrucción sobre el tema siguiendo los lineamientos de los libros de texto de uso generalizado (Resnick-Halliday, Tipler, Strother, Cromer, etc.), y a pesar de esto sus explicaciones referidas al comportamiento de sistemas gaseosos fueron preferentemente del tipo que F. Halbwach, en el ensayo "Historia de la explicación en Física" denomina batígena, y que se caracteriza por apelar a los mecanismos profundos que dan lugar a los fenómenos y a partir de los cuales se puede dar cuenta de leyes de nivel más superficial.

A partir de los resultados obtenidos en la investigación mencionada se plantearon los siguientes interrogantes: ¿Porqué los estudiantes prefieren las explicaciones batígenas? ¿Esta preferencia está relacionada con el contexto académico? ¿Es una consecuencia de los supuestos epistemológicos de las ciencias biológicas? ¿Los estudiantes de la facultad de Ciencias Exactas responderían de forma similar?

Con el objetivo de dar respuesta a estas preguntas se realizó un estudio comparativo del desempeño de estudiantes de distintas carreras para determinar las posibles influencias del contexto académico en las formas de explicar el comportamiento de sistemas gaseosos sometidos a procesos termodinámicos.

### Descripción de la experiencia

La experiencia se realizó con tres grupos de estudiantes de la Universidad Nacional de Tucumán.

\* Facultad de Ciencias Naturales:

Estudiantes de 2º año de la Licenciatura en Ciencias Biológicas.

\* Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología:

Estudiantes de 2º año de Ingeniería Eléctrica

Estudiantes de 2º año de Ingeniería Química

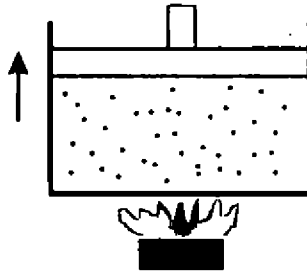
El instrumento utilizado fue un cuestionario de respuesta abierta en el cual se solicitaba, entre otras preguntas, explicaciones del comportamiento de los gases ideales.

La pregunta con la que trabajamos en esta investigación fue seleccionada de un artículo de Rozier y Viennot (1990), en el cual las autoras analizan cómo proceden los estudiantes cuando se enfrentan con problemas que involucran más de una variable.

La pregunta es la siguiente:

Un gas perfecto es calentado a presión constante. Tanto su volumen como su temperatura aumentan ¿Puede explicar por qué?

Todos los alumnos ya habían recibido instrucción sobre el tema, empleándose en los tres grupos el enfoque macroscópico usual. No se dio ninguna consigna específica referida a qué se entendería por explicación.



La primera categorización de las respuestas obtenidas se hizo sin tener en cuenta si las mismas eran o no correctas. Se distinguieron distintos patrones de explicaciones, que se clasificaron de la siguiente manera:

- a.- Las que hacen referencia a mecanismos microscópicos.
- b.- Las basadas en la ecuación de estado de los gases ideales.
- c.- Las basadas en el Primer Principio de la Termodinámica.
- d.- Las basadas en el análisis de los diagramas (p,V) del proceso involucrado.
- e.- No responde.

Aunque hubo muchas respuestas mixtas en las que se combinaban dos o más de los patrones empleados para definir las categorías, se consideró para la clasificación el patrón más destacado en la respuesta.

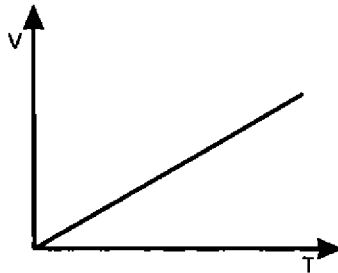
Transcribimos a continuación algunas respuestas.

Categoría a)

El volumen aumenta porque el nivel de agitación de las moléculas aumenta, por lo tanto necesitan mas espacio entre ellas. La temperatura aumenta porque al estar mas agitadas chocan unas con otras y liberan energía que se transforma en calor.

(Lic. en Ciencias Biológicas. 20 años).

Categoría b)

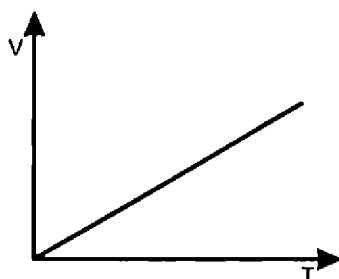


$$p_0 \cdot V_0 / T_0 = p_0 V_1 / T_1 V_0 / T_0 = V_1 / T_1 = K$$

$$V_0 = K \cdot T_0$$

(Ing. Química 20 años)

Categoría c)



$$Q = W + \Delta U$$

$$Q = \int p dV + m c_v \Delta T$$

$$Q = p \Delta V + m c_v \Delta T$$

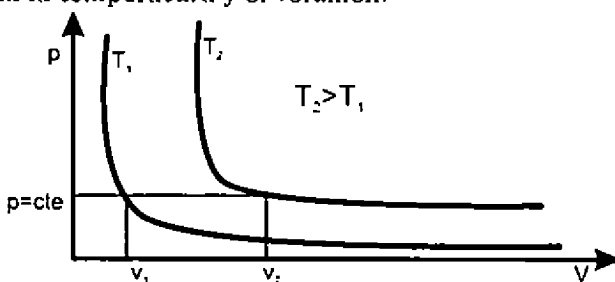
hay variación de V y de T

$$p \Delta V = nR \Delta T \quad \Delta V = (nR / p) \Delta T \quad \Delta V = C \Delta T$$

(Ing. Química 20 años)

Categoría d)

En la gráfica p-V de una expansión isobárica se puede apreciar que aumenta la temperatura y el volumen.



( Ing. Eléctrica 19 años)

Análisis de las respuestas

En el siguiente cuadro se muestra, para cada carrera, el número de respuestas correspondientes a cada categoría.

Categorías	Cs Nat	Ing. Qca	Ing. Eléc
	16	9	16
	8	6	34
	1	0	3
	3	1	8
	6	0	2
Total	34	16	63

Resultados del análisis:

1.- Acerca del tipo de respuesta:

Aunque a priori podría suponerse que todos los estudiantes de ingeniería responderían siguiendo la misma distribución de las categorías de explicación, del análisis de las encuestas puede observarse que:

\* Los estudiantes de Ing. Química y los de Ciencias Naturales prefieren mayoritariamente las explicaciones de tipo a).

\* Los estudiantes de Ing. Eléctrica utilizan preferentemente las de tipo b).

\* Hay mayor similitud en la distribución de respuestas según la categorización realizada, entre los estudiantes de Cs Naturales y los de Ing. Química.

## 2.- Acerca de la calidad de las respuestas:

En el análisis cualitativo de las respuestas puede verse que :

\* En los tres grupos las respuestas correctas son generalmente logradas por los estudiantes que utilizan la ecuación de estado o los gráficos (p, V) para explicar el proceso.

\* En los tres grupos, los alumnos que utilizan explicaciones en las que se hace alusión a mecanismos microscópicos dan respuestas generalmente erróneas.

\* Las respuestas mixtas son las más interesantes y se analizan e interpretan en otro trabajo (Ragout de Lozano y Cárdenas, 1996).

Al realizar una revisión de los planes de estudio de las carreras que cursan los estudiantes encuestados, comprobamos que en primer año, el de Ingeniería Química y el de Ciencias Naturales incluyen la asignatura Química General. Por otra parte, los alumnos de ambas ingenierías cursan juntos en el primer año de la carrera la asignatura Física I y dos Matemáticas, mientras que los de la Licenciatura en Ciencias Biológicas sólo tienen una Matemática.

## Conclusiones

\* La mayor similitud entre las distribuciones de respuestas de los estudiantes de Ciencias Naturales e Ing. Química, parece indicar que el cursado previo de Química General (aunque en Facultades diferentes y con docentes distintos), es determinante y ejerce mayor influencia que el hecho de cursar conjuntamente el primer año de la carrera en la misma facultad y tener materias comunes, como ocurre con las ingenierías.

\* Los alumnos que disponen de dos "herramientas"(los modelos moleculares aprendidos en el curso de Química y la utilización del formalismo propio de la Matemática), se inclinan por las explicaciones batígenas.

\* Las explicaciones basadas en mecanismos microscópicos son en general incorrectas.

Teniendo en consideración lo antes señalado, se considera conveniente la formulación de las siguientes recomendaciones:

a) Procurar, durante el dictado del curso de Física, poner mayor énfasis en los "mecanismos" subyacentes a los fenómenos, como paso previo a la cuantificación que proveen las leyes físicas, a fin de lograr una correcta conceptualización de las mismas, en coincidencia con los procesos históricos del desarrollo de la ciencia (Easley, 1982).

b) Sería muy provechoso lograr una coordinación realmente efectiva y continua entre los docentes de las cátedras de Química y de

Física, para compatibilizar enfoques y favorecer el aprendizaje de ambas disciplinas.

### **Bibliografía**

- CÁRDENAS, M. y RAGOUT de LOZANO, S. 1995. "Explicaciones de procesos termodinámicos a partir del modelo corpuscular: una propuesta didáctica". Aceptado para su publicación en Enseñanza de las Ciencias. España.
- EASLEY, J.A. Jr., 1982. "Naturalistic case studies exploring Social-Cognitive mechanisms and some methodological issues in research on problems of teachers". *Journal of Research in Science Teaching*. Vol. 19, Nº 3, pp 191-203.
- HALBWACHS, F. "Historia de la explicación en Física". Texto proporcionado por la Dra C. Dibar Ure en el Simposio- Escuela realizado en Carlos Paz, Córdoba, Argentina, Octubre 1990.
- RAGOUT de LOZANO, S. y CARDENAS, M. 1996. "Insatisfacción de los alumnos noveles ante las explicaciones nomológicas-deductivas". Presentado en el V EPEF, Aguas de Lindóia, S.P. Brasil.
- ROZIER, S. y VIENNOT, L., 1990. "Students' reasoning in thermodynamics" *Tijdschrift voor Didactiek der  $\beta$  - wetenschappen* 8, Nº1.



## INSATISFACCIÓN DE LOS ALUMNOS NOVELES ANTE LAS EXPLICACIONES NOMOLÓGICO- DEDUCTIVAS

Silvia Ragout de Lozano e Marta Cárdenas  
Grupo de investigación y Desarrollo en Docencia en Física  
Instituto de Física- Universidad Nacional de Tucumán

### Resumen

En el transcurso de una investigación respecto a la conceptualización de temas de Termodinámica, se solicitó a los alumnos que "explicaran" ciertos fenómenos térmicos.

Se encontró que muchos alumnos son capaces de brindar explicaciones de tipo nomológico-deductivo, físicamente correctas e inobjetables desde el punto de vista epistemológico. Sin embargo, se comprobó que un porcentaje apreciable de estos estudiantes, a pesar de haber dado una explicación científicamente correcta, obró como si ésta no les resultara satisfactoria o suficiente, e incluyó una explicación adicional que generalmente hacía alusión a mecanismos microscópicos como responsables del fenómeno, para completar o reafirmar la respuesta inicial. En general, la explicación complementaria fue incorrecta y reveladora de preconcepciones arraigadas, de confusiones producidas durante el aprendizaje, y del hecho de que el empleo apropiado de los formalismos no garantiza el dominio de los temas.

En relación con lo expresado, se analizan las implicaciones que tal comportamiento puede tener para replantear las etapas de planificación, conducción y evaluación del aprendizaje.

### 1.- Introducción

Como continuación de una investigación sobre los distintos tipos de explicación utilizados por los alumnos de la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Tucumán para dar cuenta de algunos procesos termodinámicos, y cuyos resultados ya fueron discutidos (Cárdenas y Ragout de Lozano, 1995), se encuestó a alumnos de la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología, que ya habían recibido instrucción formal sobre Gases y Termodinámica, con el fin de ampliar y profundizar el estudio anterior.

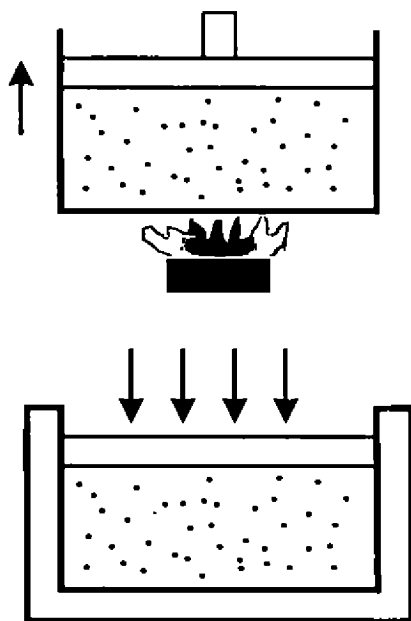
En el trabajo arriba mencionado se había determinado la preferencia de los estudiantes de Ciencias Naturales por las explicaciones que Halbwachas (1990) denomina "batígenas". Estas explicaciones son las que se basan en los *mecanismos profundos* que dan lugar a los fenómenos, y a partir de los cuales se puede dar cuenta de las leyes que relacionan las variables macroscópicas.

En el presente estudio se encuentra que los estudiantes de Ingeniería recurren preferentemente a explicaciones basadas en la ecuación de estado de los gases. Durante el análisis de las encuestas de

ambos grupos, se detectaron concepciones erróneas comunes, que suponemos no espontáneas. Las mismas se categorizaron con el propósito de investigar su origen, y de planificar posibles intervenciones didácticas para evitar este tipo de conceptualizaciones indeseadas.

Del total de preguntas realizadas en diferentes etapas de la investigación, se escogieron para este trabajo dos preguntas tomadas de un trabajo de Rozier y Viennot (1990), en el que estas autoras analizan cómo razonan los estudiantes al resolver problemas que involucran cambios en más de dos variables.

Las dos preguntas seleccionadas son las que se transcriben a continuación:



**Pregunta 1 :**

Un gas ideal es calentado a presión constante.

Tanto su volumen como su temperatura aumentan.

¿Puede explicar por qué?

**Pregunta 2 :**

En la compresión adiabática de un gas ideal,

tanto la presión como la temperatura aumentan.

¿Puede explicar por qué?

Las preguntas fueron administradas a  $N_E = 63$  estudiantes de Ingeniería Eléctrica y a  $N_Q = 16$  estudiantes de Ingeniería Química, que al momento de ser encuestados iniciaban el cursado del segundo año de sus respectivas carreras. Previamente, ambos grupos habían cursado en forma conjunta la misma asignatura (Física II).

## 2.-Categorización de las respuestas

De manera deliberada, no se dio consigna alguna sobre lo que se entendería por "explicación". Una primera lectura de las respuestas mostró que la mayoría de los estudiantes dio razón del fenómeno analizado empleando una argumentación que corresponde al modelo de explicación denominado nomológico-deductivo, o explicación por leyes, conocido también como "modelo de Hempel". El mismo presupone que:

- una explicación es siempre una deducción
- entre las premisas empleadas para la deducción deben figurar leyes (enunciados universales) y también enunciados singulares que fijan las condiciones en las que se produce el fenómeno.
- lo que se deduce lógicamente es la proposición que expresa el hecho que se pretende explicar.

Lo anterior puede esquematizarse :

<i>Deducción</i>	$L_1, L_2, \dots, L_n$	
lógica	$C_1, C_2, \dots, C_k$	explanans
$E$ explanandum		

Aunque desde el punto de vista epistemológico la estructura de las explicaciones de la mayoría de los alumnos se ajusta al modelo descrito, las argumentaciones fueron con frecuencia incorrectas, ya sea porque alguna de las premisas era falsa y/o porque las leyes no fueron interpretadas apropiadamente. También se encontraron pseudoexplicaciones, que en realidad consistían en razonamientos circulares.

Independientemente de que las respuestas dadas por los estudiantes fueran o no físicamente correctas, se distinguieron diferentes patrones de explicación, que se categorizaron de la manera que sigue :

a) explicaciones basadas en la ecuación de estado de los gases ideales

b) explicaciones basadas en el Primer Principio de la Termodinámica

c) explicaciones basadas en los diagramas (P, V) de los procesos involucrados

d) explicaciones basadas en mecanismos microscópicos ("batígenas")

e) explicaciones *mixtas*, en las que se combinaban 2 o más de los patrones empleados para definir las categorías.

En este trabajo, nos limitaremos a analizar las respuestas de tipo mixto en las que a las explicaciones nomológico-deductivas correspondientes a las categorías a), b) y c), los estudiantes adicionaron,

en forma totalmente espontánea, respuestas correspondientes al patrón d) (explicaciones "batígenas").

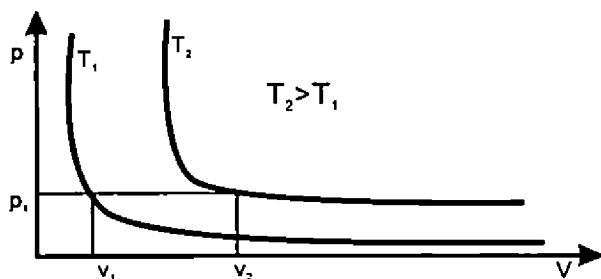
### 3.-Una interpretación de las respuestas mixlas

Las respuestas de tipo mixto, tanto a la pregunta 1 como a la 2, resultan ser muy reveladoras de un aspecto que no debe descuidarse.

En la mayoría de los casos en que los alumnos emplearon una explicación basada en la ecuación de estado de los gases, el procedimiento lógico fue correcto y la conclusión acertada, pero al tratar de explicar el fenómeno haciendo alusión a los mecanismos subyacentes, se revelaron errores conceptuales no sólo acerca de la Termodinámica, sino sobre Mecánica (dinámica de una partícula, sistemas de partículas, colisiones, etc.). Los errores puestos en evidencia en estos casos, tienen características similares a los encontrados en las respuestas de la categoría d), que en general fueron incorrectas.

Como ejemplo, se transcribe y analiza una de las numerosas respuestas de tipo mixto obtenidas respecto a la Pregunta 1

Representación P,V Para dos estados,  $P_1 \cdot V_1 / T_1$  será igual a  $P_2 \cdot V_2 / T_2$



Como  $P_1 = P_2$  queda  $V_1 / T_1 = V_2 / T_2$ , lo que quiere decir que si  $V/T$  será constante para el estado inicial, si realiza un proceso en el cual aumenta  $V$ , deberá aumentar  $T$  para mantener la relación.

*Cuando el gas es calentado se excitan las moléculas de dicho gas. Esto produce una expansión del volumen que ocupa porque las partículas vibran con mayor amplitud, lo que también produce choques entre ellas calentando el gas.*

(Encuesta n° 59, Ing. Eléctrica, edad: 20 años)

La primera parte de la respuesta responde exactamente al esquema de explicación de Hempel mostrado anteriormente, y la conclusión es físicamente correcta. Sin embargo, el estudiante agrega la "aclaración" que hace mención a los fenómenos que se producen a nivel molecular, como reafirmación de lo expresado en primer lugar.

Se pone en evidencia, con esta actitud repetida por un número considerable de alumnos, que si las preguntas de la encuesta hubieran consistido en ejercicios cuantitativos de aplicación de la ecuación de estado de los gases, de aquellos que a menudo suelen denominarse "problemas de ejercitación", se podría afirmar, con muy bajo margen de

error, que los alumnos hubieran respondido satisfactoriamente, quedando sin revelar las graves confusiones que en realidad tienen acerca del comportamiento de los gases, en particular, y sobre la física básica en general.

Del mismo modo, no se tiene evidencia de que los alumnos que respondieron satisfactoriamente dentro de las categorías a) y b), tengan una comprensión cualitativamente correcta de los procesos termodinámicos considerados en esta investigación. Es altamente probable que la gran mayoría sólo haya demostrado habilidades en el manejo de algoritmos matemáticos y en la interpretación de gráficos (contenidos procedimentales), sin que realmente puedan tener éxito en explicaciones cualitativas de los procesos, lo que requiere mayor dominio de los contenidos conceptuales. La misma observación ya fue realizada por las autoras en un trabajo anterior referida al desempeño de los alumnos en la resolución de problemas de Cinemática (Cárdenas y R. de Lozano, 1991). En esa oportunidad se señaló que la utilización de las fórmulas matemáticas que modelizan las situaciones físicas, sólo implicaba una manipulación de ecuaciones *vacías de contenido*, y que los alumnos fracasaban ante problemas conceptuales puramente cualitativos.

Respecto a las explicaciones del comportamiento de los gases, cabe mencionar que Niaz y Robinson (1992) llegan a una conclusión semejante a la aquí expuesta, en una investigación realizada con estudiantes que tomaban un curso de Química a nivel universitario básico.

#### 4.-Algunos comentarios de alumnos

Las encuestas fueron anónimas, pero se trató de indagar las razones que llevaron a los alumnos a adoptar los diferentes patrones de explicación encontrados.

Se transcriben como ejemplo sólo dos respuestas:

- “Yo usé la ecuación de estado, pero no me gusta. Eso es pura matemática y de Física no tiene nada.”
- “Yo hablé de lo que pasa con las moléculas, porque el enunciado decía “explicar”, y se explica con palabras. Con las fórmulas y la Matemática sólo se demuestra, no se explica”

#### 5.-Conclusiones

Los estudiantes que dieron respuestas mixtas, incluyendo análisis de tipo batígeno, lo hicieron espontáneamente, lo que reflejaría insatisfacción ante explicaciones puramente nomológico-deductivas basadas en leyes, que se expresan mediante relaciones matemáticas (o su equivalente representación gráfica) que relacionan las variables macroscópicas de estado. Este hecho refuerza la hipótesis formulada en un trabajo anterior (op. cit., 1993) acerca del valor didáctico de las explicaciones de tipo batígeno, y de la conveniencia de incluirlas, dentro de lo posible, durante el dictado de los cursos.

Las explicaciones de tipo batígeno aportadas por los alumnos, demostraron ser, además, poderosos instrumentos para detectar concepciones alternativas y, especialmente, confusiones probablemente producidas durante el periodo de instrucción.

Puede concluirse en términos generales, que el empleo correcto de algoritmos no garantiza el dominio efectivo de los temas tratados y que, por el contrario, el manejo de formalizaciones puede ocultar la existencia de graves errores conceptuales.

Los resultados anteriores tienen, a nuestro criterio, importantes implicaciones pedagógicas. Por una parte, se evidencia la insatisfacción de los alumnos noveles ante explicaciones puramente formales, que no les permiten o no los remiten, a imágenes mentales o modelos de los fenómenos que se desea explicar.

Parecería ser que las proposiciones no les son suficientes para representar las situaciones físicas que deben explicar.

Por otro lado, la inclusión de explicaciones batígenas pone en evidencia la coexistencia de serias fallas en la conceptualización, pese a un uso "correcto" de las leyes de carácter macroscópico.

Lo señalado sugiere la necesidad de reconsiderar tres aspectos en el proceso enseñanza-aprendizaje, a saber:

\* en el periodo de instrucción, el docente debería incluir en forma más frecuente, las explicaciones que hacen mención a los mecanismos profundos que dan lugar a los fenómenos macroscópicos que se estudian, y,

\* en la etapa de evaluación del aprendizaje, se debería evitar recurrir a los "problemas" de formato tradicional, que permiten arribar a soluciones numéricas correctas, pese a las profundas confusiones subyacentes.

\* destacar, no sólo la estructura sustancial de la disciplina, sino también su estructura sintáctica, para esclarecer debidamente aspectos epistemológicos a fin de que los alumnos comprendan y valoren los diferentes tipos de explicación propios de la Física.

## Bibliografía

- CARDENAS, M. y RAGOUT de LOZANO, S., 1991. "¿Por qué mantener la separación tradicional cinemática-dinámica al enseñar?". *Memorias de la VII Reunión Nacional de Educación en la Física*, pp 224-229, mendoza, Argentina.
- CARDENAS y RAGOUT de LOZANO, S., 1995 "Explicaciones de procesos termodinámicos a partir del modelo corpuscular: una propuesta didáctica" Aceptado para su publicación en *Enseñanza de las Ciencias*, España.
- HALBWACHS, F., 1990. *Historia de la explicación en Física*. Texto proporcionado por la Dra. C. Dibar en el Simposio Escuela realizado en Carlos Paz, Córdoba, Argentina.

- HEMPEL, C.G.,1979. La explicación científica. Ed. Paidós, Buenos Aires.
- NIAZ,M. Y ROBINSON,W., 1992. From 'Algorithmic Mode' to 'Conceptual Gestalt' , en Understanding the behavior of gases: an epistemological perspective, *Research in Science & Technological Education*, Vol 10, N° 1, pp 53-64.
- RAGOUT de LOZANO,S.,CARDENAS,M. y KATZ,V., 1988. " Las concepciones no newtonianas en dinámica y su incidencia en el proceso enseñanza- aprendizaje" *Revista de enseñanza de la Física, APFA*, Vol 2, N° 2, pp 115-123.
- ROZIER, S. & VIENNOT, L.,1990. "Students' reasoning in thermodynamics". *Tijdschrift voor Didactiek der  $\beta$ -wetenschappen* 8, N° 1.

## CONSTRUTIVISMO: PERSPECTIVA CONTEMPORÂNEA DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO

Flávia M. T. Santos<sup>1</sup>

Maurício Pietrocola<sup>2</sup>

1- Pós Graduação em Educação - UFSC

2- Depto. Física - UFSC

A segunda metade do nosso século foi marcada por importantes transformações epistemológicas e metodológicas na pesquisa em ensino e aprendizagem de científicos (Química, Física, Biologia e Matemática), bem como, na visão educacional de professores e pesquisadores.

Durante os anos 50, 60 e 70 as pesquisas em ensino adotaram como eixos teóricos correntes psicológicas (behaviorismo) e filosóficas (positivismo, fisicalismo, verificacionismo) que caracterizavam a educação em ciências: *i*) por um *ensino* centrado nos conteúdos e informações positivas, num ensino individualista, veiculador de uma ciência tradicional baseada no método científico; *ii*) por uma *escola* orientada para o aproveitamento quantitativo, modeladora do comportamento humano com interesse na produção competente e repasse de conhecimentos tecnológicos úteis; *iii*) por um *conhecimento* organizado lógica e psicologicamente, e estruturado na forma de manuais; e *iv*) por uma *metodologia* de transmissão/recepção de informações.

Entretanto, principalmente graças a novos e revolucionários programas de pesquisa na Psicologia e na Filosofia da Ciência, estabelecidos em oposição a vários aspectos da abordagem behaviorista/empirista (e sem rompimento com outros tantos aspectos), surge no final dos anos 70 o movimento construtivista na educação científica.

As novas posições epistemológicas adotadas convergiram para a idéia de que o conhecimento é uma construção humana, interessando-se pelo processo por meio do qual se adquire o conhecimento, rejeitando a idéia de que a ciência progride por acumulação e enfatizando o processo revolucionário pelo qual uma teoria mais antiga é rejeitada e substituída por uma nova teoria (Nussbaum, 1989).

Assim, uma nova abordagem, comprometida com o papel essencial daquele que aprende, que constrói ativamente significados e que encontra sentido ao estabelecer novas relações, passa a guiar as pesquisas em educação.

A nova concepção (mais aberta, criativa, interativa) dirigiu o interesse dos pesquisadores em ensino de ciências para as construções (concepções) dos estudantes; principalmente, o conteúdo das idéias que as crianças e adolescentes constroem para dar sentido aos fenômenos do cotidiano e que estão relacionadas às matérias científicas estudadas durante a escolarização.



Essa grande abertura, possível através da visão construtivista, conferiu ao construtivismo uma ampla variedade de abordagens e visões. Driver et al. (1994), discutem algumas das diferentes tradições para a análise do processo de construção do conhecimento dentro da pesquisa: tradições focadas sobre a "construção pessoal de significados"; tradições que retratam o processo de construção do conhecimento como uma "enculturação dentro do discurso científico"; que vêem o processo envolvendo "aprendizagem de práticas científicas"; ou ainda, focadas no estudo da "interação" entre o conhecimento informal do estudante e o conhecimento científico introduzido em sala de aula.

Entretanto, apesar da diversidade de "leituras construtivistas", há algumas idéias básicas compartilhadas pela maioria dos pesquisadores (Driver, 1989):

- A idéia de que o indivíduo é ativo na construção do conhecimento;
- Que o conhecimento construído pelo estudante, antes da escolarização, desempenha um papel importante no processo educacional.

Dessa forma, na abordagem construtivista, as concepções dos estudantes tomaram um *status* superior: "o que era lugar comum e indigno tornou-se significativo; o que era bem conhecido para ser pensado como merecedor de comentários se tornou, de repente, a substância de uma pesquisa iluminadora" (Solomon, 1994, p. 6).

Os trabalhos construtivistas em educação e ciência, dedicados ao levantamento e à análise das concepções antes do ensino e no desenvolvimento dessas durante a instrução (principalmente tradicional), centraram os interesses dos pesquisadores sobre os conceitos científicos estudados na escola e mostraram a resistência das concepções e a ineficiência da instrução científica.

Os estudos realizados tratam, principalmente, de conteúdos disciplinares de Física, Química e Biologia, procurando investigar os conceitos científicos fundamentais trabalhados pelos conteúdos específicos na escola e levantando os aspectos básicos das concepções das crianças e adolescentes.

Assim, com o aumento do *status* das estruturas conceituais dos estudantes e análise mais criteriosa das estratégias de ensino tradicionais, novas estratégias foram propostas no sentido de que as idéias alternativas fossem transformadas em conceitos científicos.

No modelo de aprendizagem construtivista, a mudança de conceitos é vista como o produto da interação entre as concepções já existentes e as novas experiências, afastando-se da concepção de aprendizagem por "acréscimo de idéias", ou da imagem de *tábula rasa* e analisando a aprendizagem como um processo de construção; uma possibilidade do aluno partilhar da "capacidade de conhecer, compreender e elucidar a realidade, utilizando as informações já existentes e formulando novos entendimentos" (Vasconcelos e Valsiner, 1995, p. 14).

Essa concepção construtivista de aprendizagem, produziu modelos de ensino baseados na explicitação (ou não) das idéias prévias dos alunos; na problematização dessas idéias frente às experiências ou a outras idéias, num processo de discussão e clarificação em sala de aula; exposição a situações conflituosas e construção de novas idéias; processo seguido pela revisão do progresso na compreensão, através da comparação entre as idéias antigas e as recém construídas.

As novas estratégias propostas, apesar de oriundas de diferentes raízes teóricas e comprometidas por amplo espectro de visões, podem ser agrupadas em duas categorias distintas (Scott et al., 1991): *i*) aquelas que são baseadas no estabelecimento de *conflitos cognitivos* e *ii*) aquelas que utilizam *analogias e modelos explanatórios* no processo de mudança de concepções dos estudantes.

O pressuposto básico dos modelos baseados em conflitos cognitivos é que as concepções podem ser transformadas em conceitos científicos, desde que expostas a situações de *conflito* normalmente criadas através de experimentos cruciais. O monitoramento desse processo levará a superação do conflito seja pelo abandono das idéias anteriores, seja por sua subsunção pelas idéias científicas com maior poder explicativo.

Por outro lado, nas estratégias baseadas em analogias o tratamento dado às concepções dos alunos pressupõe que estas devam ser integradas ou subsumidas pelas idéias científicas ao serem estabelecidas novas relações e possibilidades, sem desestruturação no conhecimento anterior dos alunos.

Essa abordagem da mudança de conceitos pode ser questionada sob vários aspectos e pesquisadores construtivistas embuídos de uma visão ainda mais construtiva do pensamento humano apontam para uma análise onde há coexistência de concepções espontâneas e científicas (Chi, 1991 apud Mortimer, 1994a).

Segundo Scott (1987, p. 417), em lugar de mudança conceitual parece haver um "desenvolvimento paralelo de idéias", que resulta em "explicações alternativas que podem ser empregadas em momento e situações apropriados".

A possibilidade de que as concepções prévias dos alunos sobrevivam ao processo de ensino-aprendizagem é fundamentada pelas pesquisas que mostram o fracasso das tentativas de extinção de concepções em sala de aula. Os estudantes (de todos os níveis de escolaridade), os professores e inclusive os profissionais da ciência mantêm suas concepções para vários domínios do conhecimento, por serem estas muito valiosas em determinados contextos, especialmente aquelas que pertencem a áreas não muito familiares.

Por outro lado, os trabalhos construtivistas podem também ser criticados pelo fato de analisarem as concepções dos estudantes como construções individuais, com negligência dos aspectos sociais envolvidos na construção do conhecimento.

Essa característica das pesquisas construtivistas desconsidera os fatores sociais, culturais e representações sociais determinantes na construção de conhecimentos e que todo produto científico e toda produção intelectual humana é devida a um processo de reflexão e reorganização interna das representações simbólicas da experiência e não apenas construções descritivas e esquemas explanatórios do mundo.

Compreendemos, que as estratégias que focam excessivamente as construções dos alunos como construções pessoais, de caráter idiossincrático, caracteristicamente individualista, com o esquecimento e desconexão das estruturas e processos sociais e culturais, indispensáveis à compreensão do processo ensino-aprendizagem esquecem-se também que a escola é um ambiente eminentemente social.

Apesar da abordagem individualista no construtivismo ainda ser majoritária, alguns pesquisadores têm procurado implementar o construtivismo social, por compreenderem que a aprendizagem envolve a introdução do indivíduo em um mundo simbólico, construído a partir de representações culturais.

Efetivamente influenciado pelos trabalhos de Lev Vygotsky, para o construtivismo social, o conhecimento é construído quando indivíduos participam socialmente em conversas e atividades sobre problemas ou questões. "A construção de significados é um verdadeiro processo dialógico envolvendo pessoas-em-conversa, e a aprendizagem é vista como um processo no qual os indivíduos são introduzidos em uma cultura por membros mais especializados"(Driver et al., 1994, p.7). A apropriação dos instrumentos culturais se dá através do envolvimento nas atividades desta cultura.

Sob esta ótica, as concepções dos estudantes não são apenas produto das construções individuais, mas ao contrário, refletem uma representação cultural, muitas vezes produzida por (e refletida através de) construções lingüísticas. As concepções refletem não somente as experiências sensoriais ( indivíduo => objeto), mas refletem também mediações culturais (indivíduo => representações culturais => objeto).

Como alternativa a esta abordagem, se apresenta o ideário educacional com vinculações sócio-interacionistas, e para o qual "o conhecimento e a subjetividade são, continuamente construídas no processo de individuação do sujeito e nas interações sociais (ação partilhada), (...)que qualquer função cognitiva ocorre primeiro ao nível afetivo-social e, depois de ser internalizada pelo sujeito, torna-se individual e única (diferenciada)" ((Vasconcelos e Valsiner, 1995, p. 15).

Dessa forma, aprender ciências não é apenas aprender conceitos, como parecem mostrar as pesquisas em mudança conceitual, que é marcada por um "reduccionismo conceitual" (Gil-Pérez, 1994, p. 157), que se manifesta na "atenção quase exclusiva sobre as preconcepções com esquecimento de aspectos igualmente relevantes para a aprendizagem de ciências", como a compreensão de que a "construção de conhecimentos

científicos tem também exigência axiológicas" (interesse e atitudes dos alunos e do professor, clima da aula e da escola, etc.).

A nosso ver, a concepção de que o conhecimento é composto de conceitos e de que "conhecer é saber conceitos" é incompleta. Cremos que em um ensino nessa perspectiva, apenas representações mentais são privilegiadas, em detrimento da concepção de que na "interação sujeito/objeto para a construção do conhecimento as representações podem ter diversas naturezas - podem ser representações semióticas ou computacionais" (Santos, F., 1995, p.4).

Compreendemos que a função da educação e do trabalho escolar é fornecer ao indivíduo instrumentos conceituais que proporcionem novas formas de ação sobre o mundo, na tentativa de superação da limitada realidade social, principalmente no nosso país e no que se refere ao ensino de ciências, que não pode ser resumido apenas, ao ensino de conceitos. Os conceitos são os formadores do conhecimento científico mas sozinhos, desvinculados de contextos que lhes dêem sentido, tornam-se apenas conhecimento enciclopédico.

Sob outro aspecto, as pesquisas construtivistas em ensino de ciências não romperam com a visão clássica que dicotomiza a Razão e a afetividade - características intrínsecas aos seres humanos.

Compreendemos, entretanto, que o ensino de ciências, por mais racionais que sejam os conhecimentos elaborados pela ciência, é regulado por relações afetivas entre os vários agentes do ato educacional.

Nesse sentido, os indivíduos envolvidos no trabalho escolar (alunos, professores, diretores, especialistas escolares, etc.) não podem ser analisados como seres meramente intelectuais, mas devem ser evidenciadas as diversas dimensões envolvidos no ato educacional escolar. Seres embuídos de sentimentos, emoções, desejos, expectativas, etc.; fatores que são determinantes nas trajetórias evolutivas do conhecimento escolar.

Esse aspectos não são muito tocados na pesquisa construtivista em ensino de ciências. As raras pesquisas realizadas apontam apenas para as dificuldades presentes no tratamento de questões afetivas e motivacionais, e uma postura alienada em relação a esses aspectos é assumida na sala de aula. As pesquisas analisam de forma pontual e subjetiva os aspectos afetivos; as construções afetivas tornam-se puramente idiossincráticas e perdem o caráter de elemento mediador das relações humanas e também educacionais.

É esse elemento mediador que compreendemos necessário à abordagem educacional, as relações sociais e educacionais são intrinsecamente dependentes do estabelecimento de relações afetivas. Uma escola (e um ensino) que pretenda contribuir para a formação integral do estudante deve estar atenta à sua dimensão social, como uma comunidade organizada com regras e espaços comunitários, onde relações afetivas se estabelecem espontaneamente.

Assim, o tratamento conferido a estas questões deve procurar evidenciar o caráter relacional e intersubjetivo das construções e conhecimentos elaborados em sala de aula; nesse sentido, algumas questões de pesquisa tornam-se prioritárias:

- Qual o papel do afetivo e das relações entre os indivíduos na construção do conhecimento?
- Que tipo de possibilidades afetivas e relacionais temos propiciado aos alunos em sala de aula?
- Podemos formar integralmente um estudante fomentando relações "assépticas" entre os indivíduos e o conhecimento, ou entre os próprios indivíduos?
- Como afastar as estratégias educacionais do "conceitualismo" científico, tratando o conhecimento de forma global e integralizada?
- Como elaborar estratégias coletivas de ensino que não recorram a atividades sempre individuais de avaliação e verificação?

Ao procurarmos novos rumos para o construtivismo no ensino de ciência estas questões emergem e sobre elas muito trabalho ainda há por se realizar.

### Referências Bibliográficas

- CHI, M.T.H. Conceptual change within and across ontological categories: Examples from learning and discovery in science. in R. Giere (Ed.). *Cognitive models of Science: Minnesota Studies in the philosophy of Science*. Minnesota: University of Minnesota Press, 1991 citado em MORTIMER, E.F. *Evolução do Atomismo em sala de aula: mudança de perfis conceituais*. São Paulo: FEUSP, Tese de Doutorado, Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, 1994.
- DRIVER, R. Students' conceptions and the learning of science. *International Journal of Science Education*, v.11, n.5, p. 481-490, 1989.
- DRIVER, R., ASOKO, H., LEACH, J., MORTIMER, E.F. e SCOTT, P. Constructing Scientific Knowledge in the Classroom. *Educational Researcher*, v.23, n.7, p.5-12, 1994.
- GIL PÉREZ, D. Diez Años de Investigación en Didáctica de las Ciencias: Realizaciones y Perspectivas. *Enseñanza de las Ciencias*, v.12, n.2, p. 154-164, 1994.
- NUSSBAUM, J. Classroom conceptual change: philosophical perspectives. *International Journal of Science Education*, v.11, n.5, p. 530-540, 1989.
- SANTOS, F. Mudança Conceitual: um Referencial em Transformação. *Educação: Tramas e Temas*, Coleção Laboratório, N° 2, Florianópolis: Núcleo de Publicações do CED-UFSC, 1995.

- SCOTT, P. The process of conceptual change in Science: A case study of the development of a secondary pupil's ideas relating to matter. In NOVAK, J.D. (ed), *The proceedings of The Second International Seminar: Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics*. Ithaca, New York: Cornell University, vol. II, p. 404-419, 1987.
- SCOTT, P., ASOKO, M. e DRIVER, R. Teaching for conceptual change: A review of strategies. In DUIT, R., GOLDBERG, H., NIEDDERER, H. (Eds). *Research in Physics Learning: Theoretical Issues and Empirical Studies*. University of Bremen, 1991, p. 310-329, 1991.
- SOLOMON, J. The Rise and Fall of Constructivism. *Studies in Science Education*, v.23, p. 1-19, 1994.
- VASCONCELOS, V. e VALSINER, J. *Perspectiva Co-Construtivista na Psicologia e na Educação*. Porto Alegre: Artes Médicas, 1995.

## A TEORIA DAS CORES DE NEWTON E AS CRÍTICAS DE HOOKE

Cibelle Celestino Silva e Roberto de Andrade Martins  
Grupo de História e Teoria da Ciência, DRCC, Instituto de Física "Gleb Wataghin",  
UNICAMP, Campinas, SP, Brasil 13081-970.

### 1 Introdução

O estudo da teoria de luz e cores faz parte do curso de óptica e está presente nos livros-texto de física de segundo grau e universitários. Quando um feixe de luz branca incide num anteparo após passar por um prisma podemos observar nesse anteparo um espectro colorido alongado com as mesmas cores presentes no arco-íris. Os livros geralmente apresentam o experimento de dispersão da luz branca por um prisma como evidência de que a luz branca é uma mistura de raios coloridos.

A explicação apresentada por Newton em 1672 em um artigo publicado nas *Philosophical Transactions of the Royal Society* para esse fenômeno é a hipótese de que a luz branca é uma mistura heterogênea de raios de todas as cores<sup>9</sup>. O prisma simplesmente separa a luz branca em seus raios componentes sem produzir nenhuma mudança no feixe de luz branca.

O objetivo principal desse trabalho é mostrar que a hipótese da composição da luz branca aceita por todos não é tão simples como os livros apresentam. A análise do experimento de Newton pode resultar em várias interpretações e hipóteses distintas, e a princípio, corretas. Como veremos, outros elementos experimentais e teóricos são necessários para se decidir entre as possíveis hipóteses. Os livros-texto não apresentam uma discussão detalhada da questão, afirmando a composição da luz como verdade inquestionável.

O estudo histórico da questão nos mostra que o desenvolvimento e aceitação dessa hipótese foi altamente problemático. Logo após a publicação do artigo de Newton em 1672, várias pessoas apresentaram críticas a sua hipótese, entre eles o padre Pardies, Hooke e Huygens. Essas críticas questionaram os resultados apresentados por Newton e a sua interpretação desses resultados. Somente através desse experimento não é possível concluir que a luz branca é uma mistura heterogênea de raios com cores e refrangibilidade diferente.

### 2 A Teoria das Cores nos Livros Texto

A discussão sobre a constituição da luz branca geralmente é feita nos livros-texto na seção de óptica geométrica, junto com o estudo do prisma e suas propriedades. O prisma e seu efeito sobre a luz branca são

---

<sup>9</sup> NEWTON, Isaac. *Papers & Letters on Natural Philosophy*. Ed. I. Bernard Cohen e R. E. Shofield. Cambridge: Harvard University Press, 1978, pp.47-59.

apresentados a partir da análise da dispersão da luz branca pelo prisma. Quando um feixe de luz branca atravessa um prisma perpendicularmente a seu eixo a mancha formada num anteparo tem a forma alongada. Os livros não comentam nenhum cuidado especial quanto a posição do prisma e a maneira como a luz incide no anteparo<sup>10</sup> (perpendicularmente ou não) para a realização dos experimentos. Como veremos a seguir esses dois pontos foram essenciais na fundamentação da teoria das cores de Newton.

Para explicar o surgimento das cores após a passagem da luz pelo prisma, os livros partem de hipóteses que não são discutidas previamente. A primeira delas é a de que a cada cor corresponde um índice de refração diferente, através da relação  $n(\omega)$ . A imutabilidade das cores é outra hipótese usada mas, embora seja de fundamental importância na elaboração do argumento para a explicação da formação do espectro, ela é usada implicitamente.

O argumento apresentado pelos livros pode ser resumido da seguinte maneira: como a cada cor corresponde um índice de refração diferente o espectro é resultado do desvio devido à refração diferente que cada raio sofre.

Esse argumento só faz sentido se admitirmos que a hipótese da imutabilidade dos raios de luz está presente. Caso contrário poder-se-ia pensar que o prisma modificou a luz branca imprimindo-lhe essa nova característica - refrangibilidade diferente para os raios de cor diferente - que permanece inalterável por outras refrações.

Os livros-texto não levantam a possibilidade de surgirem outras interpretações para esse experimento, já que ele não elimina a possibilidade de o prisma produzir as cores quando o feixe de luz branca o atravessa. Os estudantes que estudam por esses livros são obrigados a acreditar na validade das hipóteses, embora não haja nenhum motivo para isso, pois as hipóteses não são óbvias e muito menos intuitivas. Vários outros experimentos são necessários para justificar tais hipóteses.

Não é apenas nos livros didáticos que existe uma apresentação equivocada da teoria das cores de Newton. Em alguns trabalhos de História da Ciência o mesmo tipo de exposição simplificada e ingênua é feita. Towne<sup>11</sup>, por exemplo, apresenta uma mesma visão equivocada sobre o desenvolvimento da teoria das cores de Newton. O artigo propõe o uso do artigo de 1672 de Newton juntamente com outros experimentos no ensino de óptica. Em seu artigo, Towne afirma que o trabalho de Newton é claro e fácil de ser entendido:

---

10 É óbvio que quando o feixe cônico de luz não incide perpendicularmente no anteparo a mancha será elíptica.

11 TOWNE, Dudley H. Teaching Newton's color theory firsthand. *American Journal of Physics* : 61, 113-16, 1993.



A simplicidade dos experimentos e ordem na qual Newton os apresenta leva à formação da teoria na cabeça dos estudantes antes que Newton estabeleça formalmente as hipóteses.

De acordo com Towne os estudantes chegarão à mesma teoria que Newton e concluirão que a luz branca é uma mistura de raios.

Towne afirma que o experimento com um prisma de Newton é suficiente para concluir que a luz do Sol é uma mistura heterogênea de raios,

(...) a forma oblonga do espectro pode ser medida com uma régua e é evidência suficiente para a declaração que a luz consiste de "raios diformes alguns dos quais são mais refrangíveis que outros".

Ao se referir a esse experimento Towne também não discute a importância da posição correta do prisma no experimento.

No entanto, essa conclusão não é simples e direta. Muitas críticas se seguiram após a publicação do artigo de 1672 no qual Newton expôs sua teoria sobre luz e cores. As críticas são tanto de caráter teórico quanto experimental. Newton também não apresentou com detalhes sua teoria e nem discutiu vários dos pontos problemáticos existentes na realização do experimento.<sup>12</sup>

### 3 Um "detalhe" experimental: a posição do PRISMA

Newton apresentou vários experimentos para justificar sua nova teoria. No primeiro<sup>13</sup> deles (fig. 1)<sup>14</sup> fez a luz solar entrar em seu quarto através de um pequeno furo na janela. Fez o feixe de luz branca passar por um prisma e incidir perpendicularmente<sup>15</sup> na parede do quarto formando uma mancha<sup>16</sup> alongada e colorida.

12 Para maiores detalhes sobre as dificuldades experimentais e conceituais enfrentadas por Newton e como ele as superou (ou não) veja SILVA, Cibelle Celestino. *A teoria das cores de Newton: um estudo crítico do Livro 1 do Opticks*. Dissertação de mestrado apresentada ao IFGW-Unicamp, 1996.

13 Nesse trabalho nos referiremos ao primeiro experimento descrito por Newton em seu artigo de 1672 como "primeiro experimento de Newton". No entanto deve-se lembrar que este não é o primeiro experimento óptico de Newton. Podemos encontrar a descrição de várias observações e experimentos realizados entre 1664 e 1665 em seu enderno de anotações. Veja Mc GUIRRE, J. E. e TAMNY, Martin. *Certain Philosophical Questions: Newton's Trinity Notebook*. Cambridge: Cambridge University Press, 1983.

14 Newton não apresentou uma figura na descrição desse experimento em seu artigo de 1672. A figura aqui apresentada como ilustração do experimento foi reproduzida do manuscrito *Lectioes opticae (circa 1672)*: MS. Add. 4002, fol. 3 da Cambridge University Library, reproduzido em: WHITESIDE, D.T. *The Unpublished First Version of Isaac Newton's Cambridge Lectures on Optics, 1670-1672*. Cambridge: Cambridge University Library, 1973.

15 Uma discussão detalhada sobre as condições para a realização do experimento está discutida em *A teoria das cores de Newton*.

16 Não é correto dizer que o prisma projeta uma *imagem* na parede, embora Newton utilize essa expressão. Um prisma produz normalmente uma imagem virtual dos objetos. Apenas se usarmos um prisma e uma lente convergente é possível produzir uma imagem real na parede. Apesar dessa ressalva, seguiremos usando a nomenclatura de Newton e utilizaremos o termo *imagem* ao invés de *mancha*.

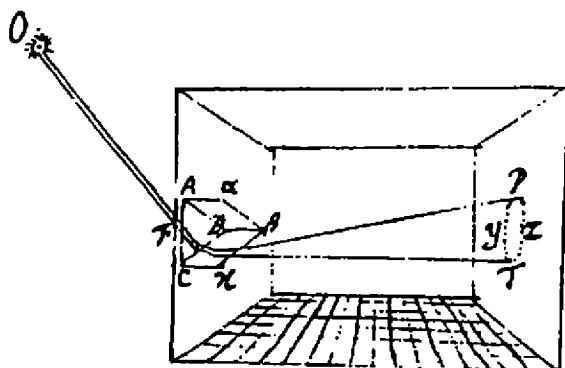


Fig. 1 - Esquema de Newton (não publicado em 1672) para o primeiro experimento descrito em seu artigo de 1672: um feixe de luz solar passa por um prisma e forma uma mancha colorida alongada na parede oposta de um quarto escuro.

Newton se surpreendeu com o resultado obtido. Segundo ele, "de acordo com as leis da refração accitadas" a imagem deveria ser circular. O fato novo do experimento está na forma oblonga da imagem.

Para entender o motivo da surpresa de Newton e a necessidade da nova hipótese deve-se analisar cuidadosamente um detalhe de extrema importância na realização do experimento: a posição do prisma.

De fato, de acordo com a lei cartesiana de refração, para o caso da luz incidente ser monocromática, há uma posição do prisma que produz uma imagem circular. É a chamada posição de mínimo desvio. Quando o prisma está ajustado nessa posição, pequenas rotações ao redor de seu eixo não produzem mudanças na direção dos raios emergentes e o ângulo de desvio (ângulo formado entre os raios incidentes e emergentes) é mínimo<sup>17</sup>. É possível provar que quando o prisma está nessa posição a imagem formada é circular<sup>18</sup>.

Newton realizou seus experimentos com o prisma ajustado na posição de desvio mínimo e por isso esperava observar uma imagem circular. Explicou a forma alongada do espectro como sendo resultado das diferentes refrações dos raios de cores diferentes<sup>19</sup>.

Ao apresentarem esse experimento, os livros-texto também não discutem a importância da posição correta do prisma. Isso impossibilita o entendimento da necessidade da introdução do novo conceito sobre a composição da luz branca. Dessa maneira resta aos alunos "acreditar" na

17 Essa demonstração está presente em vários livros-texto, por exemplo em ALONSO, M. e FINN, E. J. *Física: um curso universitário*. São Paulo: Editora Edgard Bücher Ltda, 1972.

18 A demonstração de Newton pode ser encontrada em NEWTON, Isaac. *The Optical Papers Of Isaac Newton*. Ed. Alan E. Shapiro. Cambridge: Cambridge University Press, 1984. Vol 1 *The optical lectures (1670-1672)*, p. 273.

19 Para estabelecer a relação entre cor e refrangibilidade, Newton realizou vários experimentos que estão discutidos em *A teoria das cores de Newton*.

autoridade dos livros e professores no que se refere a constituição da luz. As críticas que se seguiram à publicação do artigo de 1672 nos mostra que a aceitação da nova teoria de Newton não foi imediata pois há muitos pontos que não são óbvios.

#### 4 As críticas de Hooke

A relação entre cor e refrangibilidade estabelecida por Newton não provocou grandes controvérsias. Mas a hipótese da luz branca como uma "mistura heterogênea de raios" gerou uma grande controvérsia entre Newton e Hooke, Huygens e Pardies<sup>20</sup>.

Vamos nos ater à discussão entre Newton e Hooke. Para Hooke a luz branca é um tipo de vibração (não periódica) e a luz colorida corresponde a modificações que o prisma imprime na luz branca.

Para Hooke a luz branca é um tipo de vibração (não periódica) e a luz colorida corresponde a modificações que o prisma imprime na luz branca. Em um meio homogêneo (figura 2), a luz seria constituída por uma série de frentes de onda ("pulsos orbiculares") perpendiculares à direção ABC de propagação dos raios. Quando a luz incide obliquamente num meio refringente, segundo Hooke, a frente de onda se torna inclinada em relação à direção de propagação<sup>21</sup>.

Os dois lados de um feixe luminoso refratado, ao penetrarem em uma região escura, produziram diferentes efeitos à sua volta (figura 2). Hooke explica o surgimento das cores mecanicamente atribuindo aos raios refratados uma certa propriedade física imposta pelo meio refrator. O feixe de luz refratado tem dois lados ou duas partes: uma que se propaga na frente e que é enfraquecida e outra que se segue e que é fortalecida. O meio refrator não perturbado é o responsável por esse enfraquecimento dos raios. Os raios nos quais predomina a parte enfraquecida são dispostos a exibir o azul, sendo que o azul é mais intenso na região próxima da região escura do meio. Enquanto que os raios nos quais predomina a parte fortalecida exibem a cor vermelha, sendo o vermelho próximo da fronteira do feixe mais intenso. O amarelo e as tonalidades de azul são efeitos da variação de intensidade dos raios vermelho e azul, respectivamente. O resultado da intersecção desses raios azuis e vermelhos com intensidades diferentes são as cores intermediárias.

A teoria de Hooke dá conta daquilo que se observa em experimentos com prismas. Quando se observa o feixe refratado próximo ao prisma, vê-se um feixe branco, com bordas azul e vermelha. As outras cores do espectro são observadas longe do prisma e, segundo Hooke, são resultado da mistura entre o azul e o vermelho em diferentes proporções.

<sup>20</sup> Para uma boa discussão sobre essa ver SABRA, A. I. *Theories of light from Descartes to Newton*. London: Cambridge University Press, 1962.

<sup>21</sup> HOOKE, *Micrographia*, pp. 57-8.

Da mesma maneira que os coetâneos de Newton não aceitaram a nova teoria imediatamente, não há nenhum motivo para os estudantes de hoje a aceitarem sem questionamentos.

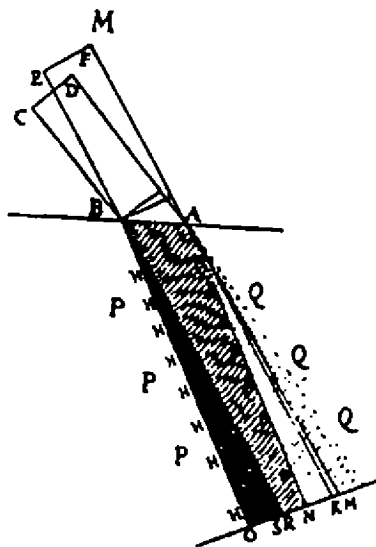


Fig. 2 Esquema da Micrographia de Hooke para ilustrar a produção de cores após a passagem de um feixe de luz branca por um prisma.

A escolha entre a teoria newtoniana e a teoria modificada não pode ser feita apenas através de experimentos, pois em todos os experimentos de Newton a luz é refratada ao menos uma vez. Pode-se pensar que o meio produz mudanças no feixe que permanecem inalterados nas refrações subsequentes.

De fato é impossível saber se as cores estão presentes na luz branca ou não antes dela ser refratada ao menos uma vez. É possível se sustentar que antes da primeira refração a luz branca é homogênea.

Newton percebeu que a escolha entre as duas hipóteses deveria ser feita com base em argumentos metodológicos. Em sua resposta para Hooke, disse:

Eu não vejo razão para suspeitar que os mesmos *Phenomena* possam ter outras causas ao ar livre.

isto é, ele não vê razão para introduzir a distinção entre os dois tipos de luz já que eles exibem as mesmas propriedades em todos os experimentos. Não se deve multiplicar as entidades sem necessidade: deve-se escolher a teoria mais simples. Esta é a regra metodológica conhecida como *Navalha de Occam*<sup>22</sup>.

<sup>22</sup> Newton usou várias vezes esse tipo de argumento. Em seu *Philosophiæ naturalis principia mathematica* este tipo de regra filosófica está presente (*Regulæ philosophandi*). Na primeira edição de seu livro encontramos duas delas: "Regra 1: Não

## 5 Conclusão

O primeiro artigo de Newton apresenta um experimento onde um feixe de luz solar passa através de um prisma colocado na posição de mínimo desvio e atinge perpendicularmente uma parede. A imagem formada na parede era oblonga, mas de acordo com as leis da refração (lei de Snell-Descartes) a imagem deveria ser circular.

A explicação de Newton para esse estranho formato da imagem é que a luz branca é uma mistura heterogênea de raios de cores diferentes e que diferem em refrangibilidade. Para justificar essa explicação Newton combinou argumentos teóricos e experimentais.

Newton estabeleceu a relação entre cor e refrangibilidade em seu *Experimentum Crucis*: a cada cor corresponde uma refrangibilidade e vice-versa. Além dessa relação Newton introduziu o conceito de cores simples e compostas. A relação entre cor e refrangibilidade só se aplica às cores simples.

Um outro ponto importante na argumentação de Newton é a imutabilidade da luz colorida. Como as cores são imutáveis e estão relacionadas com a refrangibilidade esta última também é imutável.

Para estabelecer a imutabilidade das cores Newton realizou vários experimentos com cores simples e compostas. Em nenhum deles observou mudanças ou criação de novas cores e também nenhuma mudança na relação entre cor e refrangibilidade.

Da imutabilidade da refração segue que ela deve ser a mesma antes da luz ser refratada pelo prisma. Isto significa que o prisma não modifica e nem introduz novas características nos raios. Portanto os raios coloridos já estão presentes no feixe de luz branca antes dele passar pelo prisma.

Para confirmar sua teoria Newton apresentou um experimento no qual os raios coloridos provenientes do prisma atravessam uma lente convergente; no foco dessa lente forma-se luz branca com as mesmas características da luz do Sol. Nesse ponto entra um argumento metodológico: como não se deve multiplicar entidades sem necessidade deve-se aceitar essas duas luzes brancas como sendo iguais.

---

admitimos mais causas das coisas naturais que as que são verdadeiras e suficientes para explicar suas aparências. Regra 2: Portanto para os mesmos efeitos naturais devemos, sempre que possível, assumir as mesmas causas". Podemos perceber claramente o uso desse tipo de argumento metodológico. Veja: KOYRÉ, A., COHEN, I.B. e WHITMAN, A. Isaac Newton's *Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica*, Third Edition (1726) With Variant Readings, 2 vols. Cambridge: Cambridge University Press, 1972, vol 2, pp. 550-6.

Os livros-texto usados nos cursos básicos de física não discutem a estrutura da argumentação de Newton. O estudo crítico do trabalho de Newton nos mostra que essa teoria não foi construída por uma pura "indução" dos experimentos. A teoria das cores apresenta muitos pontos problemáticos que se não forem bem discutidos podem causar nos estudantes uma visão distorcida da dinâmica científica.

## VALOR COMO ENERGIA NO DOMÍNIO DAS TEORIAS

Ana Lúcia Assunção Aragão Gomes  
Maria Cristina Dal Pian Nobre  
Programa de Pós-Graduação em Educação  
Depo de Educação/UFRN

### Introdução

Este trabalho/exercício insere-se na perspectiva de estudos desenvolvidos pelo Grupo de Estudos e Pesquisas sobre Cultura Científica do Programa de Pós-Graduação em Educação da UFRN sobre conceitos. Neste contexto, estou particularmente envolvida com o estudo do conceito de área, tomando por base a geometria da cubação tal como proposta por Dal Pian (1990, 1993).

Alguns estudos desenvolvidos sobre o conceito de área (Dal Pian, 1990 e 1993; Dal Pian & outros, 1993, 1994, 1995; Gomes, 1994a e 1994b; Dal Pian, Gomes & outros, 1995, Dal Pian, Gomes & outros, 1995a e 1995b, Gomes & outros, 1995) nos remetem para o âmbito do domínio das teorias<sup>21</sup>, onde procuramos evidenciar elementos que possibilitem relacionar dois domínios teóricos: o da Geometria de Cubação e o da Geometria Euclidiana.

Trabalhar a questão do conteúdo de área na geometria de cubação, cujos modelos idealizados são subjacentes à prática discursiva, requeria um conjunto de recontextualizações do domínio da práxis na agricultura para o domínio da geometria na Ciência. No entanto, tínhamos algumas evidências que tais domínios apresentavam incomensurabilidades (Dal Pian, 1990), o que dificultava a sua comunicação para efeitos de ensino.

No contexto dos sistemas agrários de medida, os conhecimentos associados à prática de cubação nos dão informações, não só sobre relações geométricas propriamente ditas, mas também sobre as relações econômicas estabelecidas através da e com a terra, isto é, envolvem proposições essencialmente humanas.

A interação presente entre o conhecimento e o modo de pensamento é destacada por Hawkins (1964) no seu livro *The Language of Nature*, onde aponta a possibilidade de ampliarmos nosso entendimento de interação, remetendo para o fato de que a teoria e a experiência estão integradas e que, do mesmo modo, muitas teorias também estão historicamente acopladas.

---

<sup>21</sup> Ver também para a discussão sobre Teorias (mudanças teóricas e desenvolvimento cognitivo) Germano, 1995, Dal Pian e Germano, 1995; Dal Pian e Medeiros, 1995; Medeiros, 1995; Dal Pian & Silveira, 1996a e 1996b, entre outros. Uma referência que tem sido base para as citadas acima é a desenvolvida Frank Keil, 1994.

O papel da experiência na construção/estruturação de modelos teóricos é também reforçado por Lakoff e Johnson (1989)<sup>24</sup>, ao apontarem que o uso/estudo de modelos cognitivos idealizados (metáforas) favorece generalizações relevantes e permitem/sugerem 'links' entre dois domínios de conhecimento.

A construção e estruturação dos modelos conceituais idealizados - aqui tomado principalmente o modelo de metáforas- não se limita a uma mera questão de linguagem como defendido pela linguística tradicional. Na verdade, ressalta que a metáfora vai mais além. Trata-se de uma questão de pensamento e raciocínio que envolve todo nosso sistema conceitual ordinário.

Segundo Lakoff (1993) a nossa mente contém um enorme sistema de metáforas conceituais gerais, que propiciam o entendimento de conceitos relativamente abstratos em termos do que é mais concreto e muito de nossa linguagem e pensamentos diários fazem uso deste sistema conceitual. As metáforas estão bem estruturadas e podem ser entendidas como um mapping que envolve entendimento de uma relação de um domínio de experiência com outro domínio de experiência muito diferente, ou seja, de um domínio inicial para um domínio final. O mapping não significa a metáfora propriamente dita, mas sim um grupo de correspondências as quais estão referidas na metáfora. As correspondências presentes no mapping nos permitem raciocinar sobre um domínio usando o conhecimento que nós temos de outro domínio concretamente diferente.

Por ser o mapping justamente uma parte fixa (convencional) do nosso sistema conceitual, é possível chegar a generalizações. As imagens conceituais não são arbitrárias, elas são restringidas pelas metáforas gerais, as quais constituem grupos de correlações fixas entre domínios conceituais no nível superordenado.

Partindo desta perspectiva, procuramos desenvolver um exercício tomando como referência a analogia proposta por Hawkins entre dois domínios teóricos - Valor e Energia - como uma recorrência presente nos Autores para estruturar o conhecimento e organizá-lo em modelos explicativos da realidade, ressaltando a interação historicamente presente entre experiências, conhecimentos e teorias.

É neste nível que estamos propondo este exercício de construção de uma metáfora, tomando a teoria do valor (na sua forma histórica de Quesnay à Marx) como domínio final (*'target'*) e as leis de conservação de energia (na sua forma histórica até a termodinâmica de sistemas globais) como domínio inicial (*'source'*).

Os teóricos da Economia Clássica se utilizam deste recurso metafórico na construção do argumento, elegendo o desenvolvimento do conhecimento na ciência (física como modelo) como referência de origem. A Teoria da Informação também traz importantes contribuições para o

---

<sup>24</sup> Ver também Lakoff (1987, 1988, 1993).



entendimento desta contribuição metafórica, onde merecem destaque as relações entre informação e entropia (consequentemente entre informação e ordem) e entre informação e energia livre (consequentemente entre informação e medida do trabalho máximo necessário que um sistema pode realizar).

### Valor como energia no domínio das teorias

A necessidade de se buscar um padrão de medida para os objetos intercambiáveis motivou os economistas clássicos a estabelecerem o valor como o trabalho socialmente necessário para a obtenção de uma mercadoria. Esta referência, onde o valor aparece como um padrão advém de uma idéia de que existe um progresso natural que desemboca na especialização. Esta idéia movimentou os economistas clássicos na busca por um ponto de referência absoluto.

Nas relações de produção e circulação de mercadorias -de commodities- é possível a definição de uma unidade universal de medida e foi este fato que levou economistas desde Quesnay até Marx a buscarem um procedimento de forma a alcançar a comensurabilidade. O valor de um produto possuía duas medidas; uma é a medida física direta e a outra é o valor definido para os produtos anteriores do qual o produto final derivou. Assim, se o valor do produto exceder a sua medida física direta, o sistema econômico declina. Se o sistema tem consumo improdutivo mas é estacionário, o valor do produto deve ser menor que a sua medida física por uma quantidade igual ao valor que foi improdutivamente consumido. E, se a diferença não for toda contada pelo consumo improdutivo, ele deve ser contado na expansão do sistema.

É a esta transformação de valor que Hawkins propõe como formalmente análoga à lei da conservação de energia. Todavia, o processo de produção é análogo a fonte de energia e dissipa na produção mais ou menos do produto que ele produz. Isto sugere que valor não é realmente como energia propriamente dita, mas sim como a energia livre da informação. Isto não é apenas uma analogia, pois a produção, no entendimento de Hawkins, é informação de coisas materiais de várias maneiras e sua realização requer *input* de energia livre (trabalho útil). Como informação o valor não existe do nada, como informação o valor de mantém, se conserva. É isto que o torna análogo à energia. Tal conservação não é fruto de uma lei natural conforme pensavam os economistas clássicos mas, segundo Hawkins, é a idealização de uma realização social, do fato de que uma sociedade é capaz de reproduzir sua cultura material.

Para Quesnay, o valor commodity era o produto da agricultura; para Smith, Ricardo e Marx este valor commodity era o trabalho, onde a força de trabalho era a unidade consumida por todo o processo. Neste sentido, o valor commodity era considerado uma medida com sua unidade comensurável considerada no contexto das instituições humanas.

A necessidade de um padrão invariável preocupou Ricardo até o fim de sua vida. Para ele, o valor poderia ser definido como o tempo de trabalho, sendo sempre um valor relativo. Antes, Smith já havia adotado que o valor seria a quantidade de trabalho contida na mercadoria, sendo portanto, invariável, enquanto o dinheiro seria variável.

Marx, ao contrário, apesar de também adotar o trabalho como padrão, o faz não no sentido de Smith ou Ricardo, como uma norma da qual os capitalistas divergiam, mas sim como uma norma dos capitalistas, da qual seus comportamentos não divergiam essencialmente.

Para ele, o valor é antes de tudo uma categoria social e desse modo, não há valor sem trabalho. Concebe o valor com duplo significado: valor de uso e valor de troca. O primeiro representa a substância mesma do valor, o seu fundamento material. O valor de uso exprime a utilidade dos produtos para a satisfação das necessidades humanas, sendo a materialização mesma do trabalho humano. Neste sentido, aponta como medida real do valor de uso a quantidade de trabalho (tempo de trabalho) socialmente necessária para a sua obtenção. Até o advento do capitalismo a história humana é marcada pela produção de valores de uso. Com o capitalismo, o valor de uso continua tendo existência real, só que agora como valor de troca.

O segundo, o valor de troca, expressa-se na utilidade do produto para consumo alheio, o que o torna apto para a troca. É a possibilidade de equivalência (para Marx, a quantidade de trabalho) geral entre os valores de uso que permitem a generalização da troca. Aqui não importam mais as qualidades intrínsecas dos produtos, mas exclusivamente a sua virtualidade para a circulação. A mercadoria aparece como a unidade contraditória entre valor de uso e valor de troca.

Neste sentido, o valor não é mais uma medida arbitrária tal como o fora para os economistas clássicos. A partir de Marx, ele assume um aspecto institucional muito forte<sup>25</sup>. É neste contexto, que Hawkins toma como referência a análise destes autores clássicos ressaltando para o fato de que os mesmos têm buscado uma deserção da sociedade a partir de termos mecanicistas análogos às leis da mecânica e da conservação na física que, além de determinísticos, não promovem, não buscam, nem consideram a interação da atividade humana com o objeto de estudo. Considera, contudo, que a análise de Marx avança qualitativamente em relação às anteriores por considerar a atividade humana. Neste sentido, recorre ainda a Teoria da Informação como fonte de novas idealizações

---

<sup>25</sup> O que é importante assinalar neste ponto é que uma vez sendo a força de trabalho a única mercadoria que *cria valor*, a apropriação deste valor pelos capitalistas deve-se no fato de que o trabalhador não detém a posse de sua capacidade produtiva em expansão. No capitalismo, as mercadorias não são trocadas no valor; a mobilidade de posse tende a equacionar a unidade de lucro por capital e não por unidade de saída (produto). Deste ponto de vista, o valor não é mais arbitrário.

metafóricas mais produtivas. A idéia do Demônio de Maxwell é evidenciada como crucial.

Na verdade, considerar o "demônio de Maxwell" é considerar a interação entre dois domínios (no caso, o demônio com o gás que ele manipula, ou seja, da matéria com a radiação) em virtude do qual ocorre uma duplicação de padrões. Dado um sistema altamente desorganizado, o demônio podia medir o movimento e a posição de cada 'elemento' do sistema. Isto significa que o demônio possuía o maior número de informações possíveis sobre os elementos, o que diminuía a diferença, tornando o sistema ordenado para o demônio. Quando o sistema diminui a diferença ele perde energia livre que é repassada para o demônio que irá consumi-la para reter o maior número de informações sobre o sistema. Quem permanece do lado de fora do sistema, sem ter a mesma quantidade de informação do demônio, continua a dizer que a entropia (desorganização) do sistema é máxima.

Para Hawkins, o conceito físico de trabalho, quando distinto de energia, tem ele próprio um aspecto informacional. A realização de "trabalho útil" é no sentido de produzir uma certa ordem, ou seja é para informar um sistema físico para transferir ordem ou informação para ele. Dizer que energia livre é energia disponível para trabalho externo é dizer que a ordem não pode existir do nada, mas apenas por transferência. Quando um sistema está em equilíbrio a quantidade de trabalho que é feita é proporcional à quantidade de informação.

Assim, a adoção de unidades com força produtiva é possível considerando esta unidade como unidade de informação. Assim, o modo de informação que pode ser equacionado com o valor é especialmente definido pela auto-reprodução de uma economia. Informação, aqui implica aquilo que foi necessariamente útil para gerar ordem. Ou seja, informação é o trabalho útil (energia) para gerar ordem no sistema.

## Analogia

Energia Livre	Valor
# usada como padrão	# usado como padrão
# mede a diferença	# mede a diferença
# algoritmos variados	# algoritmos variados
# expressa ordem	# expressa ordem
# informa algo	# informa algo
# possui valor (trabalho útil)	# possui energia (dispersão)
# escolha arbitrária da medida (quantitativo)	# escolha arbitrária da medida
# escolhida medida, impõe restrições	# escolhida medida, impõe restrições
# aumento de entropia - diminuição de e. livre	# aumento de produção-sistema declina
# sistema em equilíbrio incapaz de reproduzir-se a si próprio	# sistema em equilíbrio - sociedade incapaz de se auto-reproduzir
# maior entropia - menos informação	# maior desorganização - menos informação
# menor entropia - maior a diferença e informação	# menor desorganização - mais mais informação
# conserva-se, mantém-se (qualitativo)	# conserva-se, mantém-se

## Bibliografia

- DAL PIAN, M. C. (1993). **The Geometry of Cubação. Proceedings.** Third International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics. Cornell University. Ithaca, N.Y.
- DAL PIAN, M. C. (1990). **The characterization of communal knowledge: case studies in knowledge relevant to science and schooling.** *PhD Thesis.* London: IEUL.
- GOMES, A. L. A. A. (1994a). **Controle-Liberdade: apontamentos para um estudo.** Dissertação de Mestrado. UFRN.
- GOMES, A. L. A. A. (1994b). **Modelos de Representação de Conceitos.** Projeto de Tese de Doutorado. UFRN.
- HAWKINS (1964). **The Language of Nature: an essay in Philosophy of Science.** London: W.H. Freeman and Co.
- KEH, F. C. (1994). **The birth and nurturance of concepts by domains: The origins of concepts of living things.** 234-254.
- LAKOFF, G. (1987). **Women, Fire and Dangerous Things.** Chicago: University of Chicago Press.
- LAKOFF, G. & JOHNSON, M. (1989). **Metaphors we live by.** Chicago: University of Chicago Press.
- LAKOFF, G. (1993). **How Metaphor Structures Dreams: The Theory of Conceptual Metaphor Applied to Dream Analysis.** *Dreaming.* New York, Vol. 3, nº 2
- LAKOFF, G. (1993). **The contemporary theory of metaphor.** In: Ortony, A. (2nd. ed.). **Metaphor and thought.** Cambridge: Cambridge University Press.
- MARX, K. (1988). **O Capital: critica da economia politica.** 12ª ed. Vols. I e II. Rio de Janeiro: Ed. Bertrand.
- NAPOLEONI, C. (1988). **Smith, Ricardo, Marx.** 6ª ed. Rio de Janeiro: Graal.
- NICHOLLS, G; OGBORN, J. Dimension of Children's conception of energy. *International Journal of Science education.* vol 15, nº 1. pag 73-81.
- OGBORN, J. & MARTINS, I. (1994a). **Metaphorical understandings of scientific ideas.** *Preprint.* London: Institute of Education University of London.
- OGBORN, J. (1990). Energy, change, difference and danger. *SSR,* 72(259), p. 81-85.
- HESSE, M. B. (1963). **Models and Analogies in Science.** Londres-Inglaterra: Sheed & Ward.
- WOLF, P. R. **Understanding Marx: A Reconstruction and Critique of Capital.** Brasil Blackwell.

## DISCUSSÃO CIÊNCIA-TECNOLOGIA EM SALA DE AULA

Andréa I. Vannucchi,<sup>1</sup> Anna Maria P. de Carvalho<sup>2</sup>  
1 Faculdade de Educação (USP); 2 Instituto de Física (USP)

A crítica à insipidez dos conteúdos escolares não é recente. Entretanto, poucas propostas concretas de mudança têm sido produzidas, sobretudo no Brasil (Carvalho & Vannucchi, 1996). Apresentamos aqui uma atividade que tem como objetivo a inserção da discussão Ciência-Tecnologia no 2<sup>o</sup> grau, através de um texto baseado no episódio de aperfeiçoamento da luneta por Galileu Galilei no século XVII.

### Introdução

A inclusão das dimensões histórica e filosófica da Ciência nos cursos secundários figura como uma das recomendações de maior destaque da pesquisa em ensino de Ciências. De fato, trata-se, no mínimo, de um elemento passível de sugerir idéias para atividades problematizadoras e interessantes para os estudantes. Argumenta-se, ademais, que a História e Filosofia da Ciência são elementos *constituintes* desse conhecimento e, portanto, devem ser necessariamente abordados nos cursos de Ciência.

Esta nova abordagem, contextualizada, requererá, conforme explicitamente proposto pela *American Association for the Advancement of Science*, que se diminuam os conteúdos dos currículos "inchados e desnutridos" (apud Matthews, 1994).

Por outro lado, o reconhecimento da necessidade de restrição do chamado conteúdo conceitual (fatos, teorias e conceitos) permite a ampliação do que se entende por conteúdo escolar, possibilitando a introdução de conteúdos procedimental e atitudinal na educação científica. Segundo Coll (1992), subjacente à concepção tradicional de conteúdo curricular, existe a "[...] crença implícita de que, ao contrário do que ocorre com os fatos e conceitos, os alunos podem aprender os procedimentos e valores, as atitudes e normas por si próprios sem a necessidade de uma ajuda pedagógica sistemática e planejada. Esta crença carece totalmente de justificativa teórica e de apoio empírico".

No que consistiriam os conteúdos procedimental e atitudinal? Podem ser mencionados, por exemplo, a habilidade para selecionar informação pertinente, saber trabalhar em equipe, argumentar, respeitar e valorizar as idéias dos demais.

Na verdade, com a não inserção de discussões histórico-filosóficas no currículo, toda uma perspectiva tem estado ausente do contexto escolar, sobretudo dos cursos de Ciências: os estudantes não são preparados para vislumbrar os fatos de diferentes pontos de vista, não tomam consciência da diversidade de opiniões possíveis, não se

questionam quanto aos propósitos da investigação e não são solicitados a comparar os próprios pontos de vista aos demais e, portanto, não estão preparados para aprender com eles.

Assim, atividades devem ser elaboradas valorizando as perspectivas atitudinal – com o trabalho em equipe, discussões coletivas – e procedimental por parte dos estudantes – com a necessidade destes adotarem estratégias para resolver e argumentar a respeito de questões problemáticas, selecionando informação pertinente, gerando evidência para respaldar suas hipóteses, contra-argumentando, analisando posições alternativas etc.

### **Ciência-Tecnologia: Por que ensinar?**

Vásquez Alonso et al. (1995) alertam para a aparente dissociação entre atitudes e representações de Ciência. Isto é, para a maior parte dos professores, o conceito de "atitude" é implicitamente identificado com a disposição dos estudantes em relação à aprendizagem de Ciência, o que se operacionaliza, por exemplo, através do interesse dos alunos por Ciência, a motivação por seu estudo, ou a pontualidade no cumprimento das tarefas escolares.

Os autores criticam o caráter reducionista e instrumentalista desta concepção, afirmando que a mudança atitudinal, isto é, a disposição dos estudantes para o aprendizado da Ciência, está vinculada com a compreensão que têm do empreendimento científico, incluindo seu processo de construção.

De fato, diversas pesquisas têm indicado que a concepção que os estudantes fazem de Ciência é, em grande parte, responsável pelas atitudes negativas apresentadas, pela maioria deles, com relação à aprendizagem de Ciência (James & Smith, 1985; Schibeci, 1984; Yager & Penick, 1986, apud Gil-Pérez et al., 1994).

Na revisão de estudos sobre as concepções de estudantes e professores sobre Ciência e Tecnologia, evidencia-se idéias absolutamente equivocadas quanto à natureza dessas atividades (Gil-Pérez, 1995; Moraes et al., 1990).

Desde o Renascimento, a Ciência tem sido abordada segundo duas concepções: a primeira, ligada ao conceito de Cultura, atribui valor à Ciência por esta ser parte do conhecimento humano, mais especificamente, o conhecimento humano construído acerca da natureza.

A segunda concepção, utilitarista – amplamente difundida –, atribui valor à Ciência estritamente à medida que esta possa contribuir com aplicações práticas que tragam benefícios e melhorias à vida do homem.

A esta idéia está associado um critério de avaliação para teorias científicas; nas palavras de Francis Bacon (1973): "De todos os signos nenhum é mais certo ou nobre que o tomado dos frutos. Com efeito, os

frutos e os inventos são como garantias e fianças da verdade das filosofias".

Tal critério implica em que se atribua às teorias científicas o caráter de conjunto de verdades intemporais e absolutas, já que, ao observador, posto que valha-se dos métodos adequados, é reservada a tarefa de "desvendar" a natureza. E, como consequência, no referencial utilitarista, a evolução dos conhecimentos acerca da realidade permitiriam um dia, a possibilidade de manipulá-la tecnicamente, sem limites para a ação humana. Desta forma, por seu poderio ilimitado e aliança com a verdade, a Ciência exerceria, na sociedade, papel semelhante ao das religiões.

A concepção do senso comum separa, portanto, o sujeito do objeto de conhecimento, supondo a investigação científica desvinculada do contexto de realização, referenciais conceituais e finalidades do pesquisador.

É importante salientar o papel da educação escolar – os cursos de Ciência incluídos – tanto para o desenvolvimento individual quanto, em sua dimensão social, para a formação do cidadão. Assim, uma das funções da História e Filosofia da Ciência na educação científica seria a de combater a arrogância e autoridade da Ciência, evidenciando-se suas características de construção humana, sua falibilidade, o impacto de interesses políticos, sociais e individuais.

Siegel (1993) aponta a compreensão da distinção e das relações complexas entre Ciência e Tecnologia como uma maneira de se compreender a própria natureza da Ciência. Segundo o autor, deveríamos procurar para os nossos alunos aquilo que procuramos para nós mesmos: uma consciência e apreciação cada vez mais profundas das inconsistências e implicações de nossa concepção de Ciência.

Constata-se a inverdade da presumida invariância histórica do relacionamento entre Ciência e Tecnologia. Quaisquer concepções ou modelos desta relação apresentarão limitações, oferecendo tentação permanente no sentido de inferências falsas, de generalizações inconsistentes (Barnes & Edge, 1982).

Tem-se, por exemplo, a favor do sentido preferencial Ciência→Tecnologia, os episódios da penicilina ou dos transistores. Entretanto, é possível contrapor-se eventos nos quais ocorreu justamente a relação inversa entre os conhecimentos científicos e tecnológicos, isto é, avanços tecnológicos determinando o desenvolvimento ou retrocesso na Ciência.

Sobre um desses episódios está baseada a atividade apresentada neste trabalho. Trata-se, no mesmo século XVII de Bacon, do aperfeiçoamento da luneta por Galileu. Tal instrumento veio a permitir a realização de importantes observações astronômicas, apesar da Ciência da época não explicar porque e como se dava seu funcionamento. Somente no ano seguinte, Johannes Kepler escreve um livro no qual deduz os princípios de funcionamento do telescópio, analisando geometricamente a refração da luz por lentes. Mas a formulação correta

da lei da refração não estava ainda estabelecida, como também não se tinha ainda um modelo aceitável para explicar porque, afinal, a luz era refratada pelas lentes. Estes fatos só seriam esclarecidos cerca de 70 anos mais tarde por Christian Huygens.

Ao estudante: Esta atividade tem como base as novas descobertas astronômicas proporcionadas pela utilização de telescópios, aperfeiçoados no século XVII pelo estudioso e inventor italiano Galileu Galilei. A partir deste episódio será possível discutir alguns aspectos da atividade científica e das relações entre Ciência e Tecnologia.

Durante o verão de 1609, um holandês visitou Padua, cidade onde Galileu Galilei residia na época, trazendo consigo um instrumento através do qual avistava-se os objetos em tamanho três vezes maior que a olho nu. O estrangeiro tentou vendê-lo ao governo local, mas como o preço solicitado era muito alto e ouvira-se da existência de instrumentos semelhantes com poder de aumento superior, este foi recusado. Soube-se, então, que o aparato consistia de um longo tubo, contendo uma lente de vidro em cada extremidade.

Galileu, além de professor, desenvolvia atividades de consultoria em problemas de engenharia civil e militar. Desta forma, provavelmente prevendo a utilidade de tal instrumento para a frota naval de Veneza, contra os turcos, decidiu tentar sua construção. E assim o fez, raciocinando que uma das lentes teria que ser côncava e a outra convexa. Lentes planas não produziram efeito algum; uma lente convexa ampliaria o objeto, mas sem resolução e nitidez, enquanto que uma lente côncava reduziria seu tamanho aparente, mas talvez pudesse eliminar a falta de nitidez. Tentando esta combinação, com a lente côncava próxima de seu olho, verificou o efeito de fato produzido: era possível observar objetos com suas dimensões ampliadas em três vezes.

Antes do final daquele mesmo ano, Galileu havia construído telescópios de qualidade satisfatória e poder de ampliação significativo para observações astronômicas.

Veja, abaixo, como é narrado o episódio através de um diálogo imaginado entre pessoas da época por Stillman Drake (1983), grande especialista em Galileu Galilei:

*"Sarpì* Por volta de novembro de 1608, recebi da Holanda um pequeno folheto descrevendo um instrumento, elaborado por um fabricante de óculos de Middlebourg. Este instrumento ampliaria objetos distantes, fazendo-os aparentarem estar mais perto. Eu imediatamente escrevi para amigos no exterior indagando a veracidade do fato. [...] Jacques Badovere me respondeu dizendo que o efeito de ampliação era de fato real e que imitações da luneta holandesa já estavam sendo vendidas em Paris, onde ele mora, embora estas imitações fossem pouco potentes, praticamente brinquedos.

[...] Eu e Galileu tínhamos, por diversas ocasiões ao longo dos muitos anos de relacionamento, discutido sobre Ciência, de modo que ele



não havia jamais demonstrado maior interesse pela Astronomia, nem estava pensando em tal assunto quando ouviu falar da luneta holandesa.

**Sagredo** Pelo que eu conheço dele, seu interesse deu-se pela possibilidade de obter vantagem para Veneza sobre os turcos, através da posse de uma luneta pela nossa marinha.

**Sarpi** Você tem razão. Em junho, ele havia requisitado um aumento de salário ao nobre Signor Piero Duono, que visitava Padua, mas as negociações provaram-se infrutíferas. Nosso amigo ouviu falar da luneta pela primeira vez numa breve visita a Veneza, em julho, e então percebeu que talvez pudesse construir uma de valor naval para a República. Tão logo ouviu os relatos, nos quais alguns acreditavam e outros ridicularizavam, ele visitou-me para saber minha opinião. Eu mostrei-lhe a carta de Badovere atestando a existência do instrumento holandês e ele retornou imediatamente a Padua para tentar, em sua oficina, a reinvenção e construção da luneta.

Outro aparato desenvolvido no século XVII foi o microscópio. Sobre sua influência na Ciência daquele século, numa conferência pronunciada na Sorbonne no dia 7 de Abril de 1864, Pasteur afirma ter sido graças à tal descoberta que a teoria da geração espontânea, então em declínio, havia retomado novo incremento (Gibert, 1982).

Percebe-se que os exemplos citados não proporcionam dados que se encaixem num padrão simples. Price (1975) caracteriza a atual interação entre Ciência e Tecnologia como fraca, não sistemática e de difícil previsão. Afirma, com base em dados quantitativos, que as interações significativas se dão entre antigos e novos conhecimentos científicos e, entre antigas e novas tecnologias.

A interação entre Ciência e Tecnologia estaria mais relacionada a circunstâncias até certo ponto aleatórias (pessoais, sociais, políticas e econômicas) do que a características permanentes dessas áreas do saber.

Ciência-Tecnologia: Como ensinar? – Um exemplo de atividade para sala de aula.

**Sagredo** Quando eu voltei da Síria ouvi dizer que, justamente nessa época, um estrangeiro visitou Veneza com um desses instrumentos, tentando vendê-lo ao nosso governo por um preço alto, de modo que a oferta foi recusada. Tal coincidência surpreendente de fato ocorreu?

**Sarpi** De fato. E por coincidência ainda maior o estrangeiro chegou a Padua imediatamente após nosso amigo tê-la deixado para visitar Veneza. Algumas pessoas em Padua viram o instrumento, como nosso amigo descobriu em seu regresso, mas pelo mesmo golpe do destino, o estrangeiro havia acabado de partir para Veneza.

**Sagredo** Então nosso amigo obteve considerável benefício prático, podendo saber por outras pessoas de Padua como o instrumento era construído.

**Sarpi** De modo algum, pois o estrangeiro não permitia a ninguém exame mais minucioso que o de olhar através da luneta. O preço que pedia por ela era de mil ducados, tanto, que os senadores hesitaram agir sem aconselhamento e me indicaram para apreciar a questão. É claro que eu desejava estudar sua construção, mas fui proibido pelo estrangeiro de desmontá-la. Tudo que pude descobrir era que constava de duas lentes, uma em cada extremidade de um longo tubo. Portanto, isto é tudo que poderia ter sido relatado ao nosso amigo em Padua. A luneta não era de fato muito potente, ampliando uma linha distante em apenas três vezes. Sabendo pelo folheto que os holandeses já possuíam lunetas mais potentes, aconselhei o Senado contrariamente a este gasto dos fundos públicos e o estrangeiro partiu contrariado.

[...] Justamente nesta época, recebi uma carta de nosso amigo, que dizia ter obtido o efeito de ampliação, embora fraco. Também estava confiante de poder melhorá-lo consideravelmente, num tempo curto [...]

**Sagredo** Ele contou como havia descoberto o segredo tão rapidamente?

**Sarpi** Não naquela carta rápida. Mas, posteriormente, disse ter raciocinado que uma das lentes deveria ser convexa e a outra côncava. Uma lente plana não produziria efeito algum; uma lente convexa ampliaria os objetos, mas sem resolução e nitidez, enquanto que uma lente côncava reduziria seu tamanho aparente, mas talvez pudesse eliminar a falta de nitidez. Experimentando duas lentes de óculos, com a côncava próxima de seu olho, ele constatou o efeito desejado. Os problemas eram, então, polir a lente côncava mais profundamente que se faz em óculos para míopes e, também, moldar a lente convexa no raio de uma esfera grande, aguçando seu efeito. Por motivos óbvios, ele o fez por si mesmo, pois não desejava que nenhum polidor de lentes soubesse seu plano. No meio de agosto, ele retornou a Veneza com uma luneta que ampliava oito vezes ou mais. Com ela, da campânula em São Marco, descreveu navios que se aproximavam, duas horas antes que pudessem ser avistados por observadores treinados.

**Sagredo** Sabemos que ele presenteou a luneta ao Duque e em retorno recebeu um salário dobrado e posição vitalícia na universidade, embora ele tenha logo deixado o magistério e se colocado a serviço de Cosimo II de' Medici, na corte toscana. Agora, o que fez com que ele voltasse este instrumento comercial e naval para os propósitos da Astronomia?

**Sarpi** O folheto dizia, no final, que estrelas invisíveis a olho nu eram observadas através da luneta. Talvez nosso amigo tenha logo verificado tal fato, ou tenha-o descoberto ele próprio [...]

**Salviati** Talvez eu possa esclarecer o que aconteceu a seguir. Tendo presenteado sua primeira luneta ao Duque, nosso amigo desvencilhou-se de suas obrigações ao príncipe e aluno. Apresentou a

Cosimo, em Florença, um instrumento semelhante, útil para fins militares. Ocorreu-lhe que outro, ainda mais potente, seria um presente

apreciável para o jovem grão-duque. Tencionava aperfeiçoar ainda mais a luneta. Entretanto, para tal finalidade, necessitava de vidro duro e cristalino de espessura que não era utilizada pelos fabricantes de óculos. Recendo que outros o antecipassem, caso tomassem conhecimento do material de que necessitava, solicitou o vidro em Florença, na qualidade e tamanho que desejava. Poliu, então, lentes apropriadas para um telescópio duas vezes mais potente que aquele construído anteriormente, que já era quase três vezes mais potente que os brinquedos feitos com lentes de óculos. Ele completou o empreendimento no fim de novembro e, enquanto testava-o ao entardecer, ocorreu de apontá-lo em direção à Lua, então crescente. Através do telescópio a Lua apresentou-se tão diferente do esperado, tanto em relação à sua porção iluminada, quanto à escura, que durante todo um mês ocupou a atenção exclusiva de nosso amigo".

Assim, embora Galileu tenha transformado a luneta num instrumento que possibilitava até a investigação astronômica, não sabia explicar porque e como funcionava aquele objeto. Somente no ano seguinte, um astrônomo da época, Johannes Kepler, escreve um livro no qual deduz os princípios de funcionamento do telescópio, analisando geometricamente a refração da luz por lentes. Mas a formulação correta da lei da refração não era conhecida, como também não se tinha ainda um modelo aceitável para explicar porque, afinal, a luz era refratada pelas lentes. Estes fatos só seriam esclarecidos cerca de 70 anos mais tarde pelo holandês Christian Huygens.

Ou seja, apenas no ano seguinte ao aperfeiçoamento da luneta por Galileu, Kepler explicou como se dava seu funcionamento. Entretanto, porque o instrumento funcionava daquela forma só pôde ser compreendido 70 anos mais tarde.

1. De que nova Tecnologia trata o texto? Que parte da Ciência descreve e explica seu funcionamento?

2. Por que motivo Galileu decidiu aperfeiçoar a luneta? Você saberia fazer um paralelo com os avanços que ocorrem nos dias de hoje, citando algum que tenha se dado pelo mesmo motivo?

3. Em que trechos você nota o descompasso entre desenvolvimento científico e tecnológico no século de Galileu?

4. Quais foram, afinal, as dificuldades enfrentadas por Galileu para a construção da luneta? Você as definiria como problemas científicos ou tecnológicos? Por que?

5. Qual seria então a relação entre Ciência e Tecnologia no episódio da luneta? Você poderia dar exemplos nos quais a interação entre conhecimentos científicos e tecnológicos seja equivalente à que ocorre nesse episódio? E exemplos nos quais a interação seja diferente?

### Referências Bibliográficas

AZANHA, J. M. P. Uma Idéia de Pesquisa Educacional. São Paulo, EDUSP, 1992, 201p.

- BACON, F. Novum Organum – livros I e II. Trad. José Aluysio R. de Andrade. São Paulo, Abril Cultural, 1973.
- BARNES, B.; EDGE, D. (Eds.) Science in Context – Readings in the Sociology of Science. Inglaterra, The Open University Press, 1982.
- CARVALHO, A. M. P. de; VANNUCCHI, A. O Currículo de Física: inovações e tendências nos anos 90. Investigações em Ensino de Ciências, v.1, n.1, 1996, p.3-19.
- COLL, C. Los contenidos en la educación escolar. In: Los contenidos en la Reforma. Madrid, Santillana, 1992, p. 9-18.
- DRAKE, S. Telescopes, Tides and Tactics – A Galilean Dialogue about the Starry Messenger and Systems of the World. Chicago, The University of Chicago Press, 1983.
- DUSCHL, R. A. Más allá del conocimiento: los desafíos epistemológicos y sociales de la enseñanza mediante el cambio conceptual. Enseñanza de las Ciencias, v.13, n.1, 1995, p. 3-14.
- GIBERT, A. Origens Históricas da Física Moderna. Lisboa, Fundação Calouste Gulbenkian, 1982, 449 p.
- GIL-PÉREZ, D. New trends in science education. International Journal of Science Education, 1995, (preprint).
- GIL-PÉREZ, D.; CARRASCOSA-ALIS, J. Bringing Pupils' Learning Closer to a Scientific Construction of Knowledge: A Permanent Feature in Innovations in Science Teaching. Science Education, v. 78, n. 3, 1994, p. 301-315.
- KOESTLER, A. O Homem e o Universo (The Sleepwalkers – The History of Man's Changing Vision of the Universe). Trad. A. Denis. São Paulo, Ibrasa. 1989, p.426.
- MATTHEWS, M. R. Science Teaching - The Role of History and Philosophy of Science. New York, Routledge, 1994, p.287.
- MORAES, A. G. et al. Representações sobre Ciência e suas implicações para o Ensino de Física. Caderno Catarinense de Ensino de Física, v.7, n.2, 1990, p. 115-122.
- PRICE, D. de S. Science Since Babylon. New Haven and London, Yale University Press, 1975.
- SABRA, A. I. Theories of Light - from Descartes to Newton. Cambridge, Cambridge University Press, 1981, 365 p.
- SIEGEL, H. Naturalized Philosophy of Science and Natural Science Education. Science & Education, v.2, n. 1, 1993, p. 57-68.
- VÁZQUEZ ALONSO, A. et al. Actitudes Relacionadas con la Ciencia: una Revisión Conceptual. Enseñanza de las Ciencias, v.13, n.3, 1995, p.337-346.

## AS IDÉIAS DE GUIDO BECK SOBRE ENSINO E PESQUISA

Antônio Augusto Passos Videira (*Guto@on.br*)

Departamento de Filosofia-UERJ

Rua São Francisco Xavier, 524, sala 9027 B, Maracanã, 20550-013, Rio de Janeiro, RJ ;

Departamento de Astrofísica-ON/CNPq

Rua General José Cristino, 77, São Cristóvão, 20921-400, Rio de Janeiro, RJ

### 1) Objetivo

O objetivo do presente artigo, resultado de uma comunicação oral apresentada no V Encontro Nacional de Pesquisadores em Ensino de Física realizado em Águas de Lindóia (setembro de 1996), consiste em divulgar as principais idéias que nortearam a vida acadêmica de Guido Beck (1903-1988), físico austríaco, que por longos anos atuou na Alemanha, ex-União Soviética, Estados Unidos, Argentina e Brasil. Não discutiremos tanto a concepção de universidade e/ou ciência de Beck. A rigor, ele nunca as desenvolveu explicitamente. Aparentemente, ele nunca acreditou ser importante desenvolvê-las detalhadamente. Assim, o que pretendemos é apresentar algumas de suas opiniões sobre esses temas, ressaltando as razões que o levaram a proferi-las. Todavia, é preciso que se observe que Beck foi levado a proferir e defender as suas idéias sobre ciência e universidade em circunstâncias específicas; muitas delas eram de natureza comemorativa ou evocativa.

Finalmente, pensamos ser relevante para todo aquele que se dedica ao ensino e à pesquisa em nosso país conhecer as idéias e as opiniões defendidas por pesquisadores e professores ao longo de suas carreiras. Algo pode se aprender com eles, nem que seja para evitar os mesmos erros.

### 2) Introdução

Ao longo de seus mais de sessenta anos de carreira como professor e pesquisador, iniciada em 1926, Beck nunca descuidou da orientação de jovens interessados em ingressar na carreira de físico. Estamos convencidos de que, desde o momento em que chegou a este continente, Beck convenceu-se de que a sua maior contribuição à ciência sul-americana seria transmitir, juntamente com as teorias físicas mais modernas de então, os valores e princípios, que acreditava necessários para o florescimento ideal dessas mesmas teorias.

Beck chegou à América do Sul em maio de 1943, vindo de Portugal e à procura de um pouco de tranquilidade, que lhe seria possível, acreditava ele, através da obtenção de uma posição fixa, permitindo-lhe, assim, interromper a sua longa jornada de fuga às instabilidades provocadas pela ascensão do regime nazista ao poder central na Alemanha, iniciada praticamente dez anos, e que o levou a passar por

vários países diferentes (Tchecoslováquia, Estados Unidos, ex-União Soviética, Dinamarca, França e Portugal). Em função mesmo das inúmeras dificuldades que viveu ao longo do período 1933-1943, Beck teve que trabalhar em diferentes condições intelectuais, materiais, políticas e sociais, o que fez com que aprendesse e aprimorasse muito daquilo que é necessário para transmitir o conhecimento científico em meios adversos. Possuidor, pois, de uma rica experiência profissional e pessoal, Beck procurou compartilhá-la com os seus colegas e estudantes sul-americanos.

Sempre que a situação se apresentava, Beck lembrava aos seus interlocutores, ouvintes e leitores quão difícil é a manutenção da ciência e de seus "instrumentos" (institutos, universidades, associações, revistas, etc.) em países que, por não conhecerem devidamente as tradições acadêmicas, não respeitam e/ou não querem respeitar as exigências necessárias para o seu desenvolvimento. Dessa maneira, as intervenções de Beck eram frequentemente negativas, ácidas e pouco simpáticas. Ele nunca procurou "esconder o Sol com a peneira". Ao contrário. Por ser estrangeiro, portanto "detentor" de uma maior capacidade de movimentação e de crítica (os seus vínculos com pessoas e instituições seriam menores do que aqueles dos "nativos"), Beck se aproveitou dessa sua situação para exprimir muito claramente o que pensava. As maiores dificuldades para que países, como Argentina e Brasil, alcancem um bom nível científico raramente estão -ou ao menos, estavam - situadas na falta de dinheiro ou na má vontade do governo. Para Beck, o maior problema era a falta de tradição em ensino e pesquisa, a falta de convívio com aquilo que é verdadeiramente importante para a ciência e para o ensino universitário: dedicação exclusiva, seriedade total, amor intelectual pela ciência e vontade de trabalhar duro.

## 2) As posições acadêmicas ocupadas por Beck:

1921-1925: curso de física na Universidade de Viena

1925: doutoramento em física (supervisor H. Thirring)

1925-1926: assistente na Universidade de Berna

1926-1928: assistente na Universidade de Viena (F. Ehrenhaft)

1928-1932: primeiro assistente na Universidade de Leipzig (W. Heisenberg)

1930: bolsista da Fundação Rockefeller, Laboratório Cavendish, Universidade de Cambridge (E. Rutherford)

1932: bolsista da Fundação Ørsted, Instituto Bohr, Universidade de Copenhague (N. Bohr)

1933-1934: professor visitante da Universidade Alemã de Praga (R. Fuerth, P. Frank)

1934-1935: professor visitante da Universidade de Kansas

1935-1937: professor da Universidade de Odessa (M. Schein)

1937: Instituto Bohr

1938: Paris

1938-1941: bolsista do C.N.R.S. no Instituto de Física Atômica em Lyon (J. Thibaud)

1942-1943: professor visitante nas Universidades de Coimbra e do Porto

1943-1951: "astrônomo" no Observatório de Córdoba

1951-1954: pesquisador titular do CBPF

1954-1956: professor visitante na USP

1956-1962: pesquisador titular do CBPF

1962-1975: pesquisador titular do Instituto José Balseiro

1975-1977: professor visitante na UFRJ

1977-1988: CBPF

3) Os principais trabalhos em que Beck apresentou as suas idéias sobre ensino e pesquisa:

- a) Teaching in a Soviet University, *News Bulletin (The Institute of International Education)*, vol. 14, n°1, october 1938, pp 5-7.
- b) Algunas Palabras sobre los trabajos de Física Teórica. *Revista de la Unión Matemática Argentina*, vol. X, 1944, pp. 33-36.
- c) Reuniones científicas y técnicas (con Enrique Gaviola), *Ciencia e Investigacion*, vol. II, n° 2, 1946, pp. 81-83.
- d) "Full Time", *Ciencia e Investigacion*, vol. X, n° 10, 1946, pp. 437-438.
- e) Trabajos de Física Teórica (Un informe quinquenal poco adelantador), *Ciencia e Investigacion*, n° 8, 1948, pp. 317-321.
- f) Jose Wurschmidt (1886-1950). *Revista de la Union Matematica Argentina*, vol. XV, n° 2, 1951, pp. 53-55.
- g) Ricardo Gans (7-3-1880/28-6-1954), *Revista de la Union Matematica Argentina*, vol. XVI, n° 4, 1955, pp. 150-153.
- h) Escuela de verano para graduados en fisica. *Ciencia e Investigacion*, vol. 13, n° 1, 1957.
- i) José Antonio Balseiro (1919-1062), *Ciencia e Investigacion*, vol. 18, n° 4, 1962, pp. 145-149.
- j) Reflexiones al Cumplirse Diez Años desde la Cración del Centro Atómico Bariloche, *Ciencia e Investigacion*, vol. 21, n° 12, 1965, pp. 555-560.
- k) 25 Años de la A.F.A., IN: *25 Aniversario*, Universidad Nacional de la Plata, La Plata, 1969, pp. 8-16.
- l) Aspects of Physics During the Last Fifty Years, IN: *V Brazilian Symposium on Theoretical Physics*, vol. 3, Edited by Erasmo Ferreira, Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., Rio de Janeiro, pp. 219-233.

- m) Algumas Considerações sobre o Desenvolvimento da Física e o Papel das Universidades, *Série Ciência e Sociedade*, CBPF-CS-009/85, 1985, 7 páginas.

### 3) Algumas das Idéias e Opiniões de Beck sobre Ensino e Pesquisa:

- a) "Todavia, eu senti bastante [ter] que deixar o pequeno grupo de jovens, que havia se tornado bastante interessado em física." [1938, a tradução do inglês é nossa.]
- b) "Não vale a pena falar do que já se logrou obter. O que nos interessa é precisamente aquilo que não funciona e teremos que averiguar a causa." [1944, a tradução do espanhol é nossa.]
- c) "E aqui? As pessoas, as capacidades individuais, as possibilidades não são muito distintas. O que falta é outra coisa.

"Não necessitamos de jovens com "vocações". Necessitamos de jovens que sejam capazes de tomar decisões e que, uma vez tomadas, estejam prontos a dedicar todo o seu esforço àquilo que escolheram.

"Creio que com tais fenômenos teremos que ser absolutamente intransigentes. Teremos que ajudar os jovens, que cumpram com as condições indispensáveis. Pode ser que consigamos pouco. Mas, aquilo que fizermos, tem que estar *bem feito*, tem que ser *são* e tem que *durar*." (grifos no original). [1944, a tradução do espanhol é nossa.]

- d) "A solução do problema universitário argentino é sumamente complexa. Pode ser um pouco facilitada e acelerada por leis e medidas governamentais apropriadas. Creio que muitos dos dirigentes estão bem inspirados. Mas duvido muito que a maior parte do problema possa ser resolvida por aquilo de que dispõem. [Isso] porque aquilo que necessitamos, em primeiro lugar, *não é dinheiro*." (grifos no original) [1946, a tradução do espanhol é nossa.]
- e) "Disponho agora do material necessário para poder comparar a formação, em meu domínio particular, de um formado argentino com a de um brasileiro. A do brasileiro é incomparavelmente superior. [Ele] se presta, quase que imediatamente, sem resistência, a encarar um problema de investigação. O formado argentino está separado do trabalho científico por algo como um muro. É preciso um ano, ou mais, para fazer-lhe entender do que se trata. É um problema sério que tem que ser resolvido. Repito: o que faz falta não é o interesse dos jovens, nem tampouco são, em primeiro lugar, recursos [financeiros]. O que faz falta, principalmente, é a atenção e o respeito perante critérios acadêmicos, existentes



há muitos séculos e elaborados onde existe ciência. Os resultados sobre os quais eu posso relatar são muito modestos e estão acompanhados de um peso de chumbo de circunstâncias adversas, materiais e psicológicas." [1948, a tradução do espanhol é nossa.]

- f) "Não são muitos, nesta América Latina politizada, os homens que sabem prever as dificuldades de um futuro não muito distante e que têm o valor de dedicar suas vidas para esse futuro das jovens nações. Balseiro era um deles. Seu desaparecimento deixa uma lacuna que não será fácil de preencher e uma tarefa pesada para a jovem geração, na formação da qual ele havia participado." [1962, a tradução do espanhol é nossa.]
- g) "Na Europa e nos Estados Unidos, a competição entre os institutos constitui um dos maiores estímulos para o progresso. Na América do Sul, sabemos, através de amarga experiência, que nunca um instituto isolado conseguiu manter seu nível por muito tempo. No Brasil, por várias vezes, foi a competição dos institutos no Rio e em São Paulo que salvou a situação. O mesmo jogo deu, pudemos ver, resultados felizes em Buenos Aires e em Bariloche. Ignoramos, no entanto, qual será o caminho que tomará no futuro a escola de Bariloche. Mas sabemos que o jogo da competição é indispensável para assegurar o progresso dos institutos." [1962, a tradução do espanhol é nossa.]
- h) "Os institutos científicos são instrumentos muito frágeis. [Quando] apropriadamente utilizados podem ser muito eficientes mas não sobrevivem a intervenções bruscas. O trabalho cuidadoso de muitos anos pode ser destruído em poucos minutos através de medidas inadequadas." [1963, a tradução do espanhol é nossa.]
- i) "Não, não era culpa das pessoas que então [por volta de 1944, quando foi criada a Associação Física Argentina] trabalhavam. Elas não possuíam os meios para acompanhar o que acontecia no exterior. Quase não havia contato com o exterior. Não existiam aviões. Uma viagem e uma carta para a Europa demoravam três semanas. Quase não existiam bolsas. As poucas bibliotecas eram atrasadas e incompletas. E, acima de tudo, ninguém chegou para difundir a importância daquilo que havia acontecido na física. E, se de vez em quando, chegou uma pessoa com alguns conhecimentos novos, não lhe deram confiança. Com toda razão. Para ter confiança em uma pessoa, é preciso observá-la durante [algum] tempo." [1969, a tradução do espanhol é nossa.]

- j) "As universidades, em primeiro lugar, fizeram política local. Se separaram umas das outras. Se recusaram a admitir sangue novo." [1969, a tradução do espanhol é nossa.]
- k) "Que fez então a A.F.A.? Primeiro, colocou em contato pessoas de vários lugares." [1969, a tradução do espanhol é nossa.]
- l) "O ambiente da ciência [na Europa do início do século XX] era, portanto, muito reduzido e não oferecia aos cientistas condições econômicas muito brilhantes. Porém era suficiente para assegurar a continuidade do trabalho, garantido pelo entusiasmo do seu pessoal e pela sua vontade de fazer sacrifícios. Prometia, ainda, um lugar tranquilo de trabalho, garantido por uma tradição de seis séculos, já que, desde a Idade Média, a ciência era considerada neutra, fora das lutas políticas de cada época. Não se sabia, naquele tempo, que havíamos chegado ao fim desta era." [1982]
- m) "O país [na América Latina] que tem as melhores condições para chegar a um sistema moderno de universidades é o Brasil. Mas devemos cuidar de não nos fazer ilusões. Só os primeiros passos têm sido dados. Não é suficiente ter um certo número de pesquisadores formados e não é suficiente estabelecer um projeto de pesquisa e dar o dinheiro, como um grupo de banqueiros financia uma fábrica nova, se não se dispõe, simultaneamente, do pessoal científico para aproveitá-lo de maneira adequada e se não existe um ambiente suficientemente crítico para eliminar eventuais falhas. Um erro, aparentemente insignificante numa administração central, pode, eventualmente, destruir esforços de 10 ou 20 anos de duro trabalho dum grupo grande de pesquisadores. Afortunadamente, no Brasil as autoridades parecem mais dispostas ao diálogo com os grupos afetados que em muitos outros países. Todos estes problemas se evitam num ambiente que tem uma velha tradição (quer dizer que já cometeu todos os erros possíveis e se lembra das consequências). A nossa juventude não terá a vida fácil e terá que lutar para evitar erros fundamentais e contribuir para a formação duma tradição nova." [1982]

#### 4) Conclusão

Que idéia, ou melhor, que avaliação teria feito Beck de sua atividade na América do Sul durante os quarenta e cinco anos em que aqui viveu e trabalhou? Em 1973, numa carta que enviou a Heisenberg, Beck comenta, ainda que rapidamente, o desenvolvimento histórico da física na Argentina e no Brasil. Os seus comentários não ultrapassam um parágrafo, ainda que este seja relativamente longo. Neste parágrafo,

Beck comenta as atuações de Gans e de seu aluno Enrique Gaviola, a sua própria e de seu aluno Balseiro e de Wataghin e do aluno deste último César Lattes. Beck reconhece que a situação da física na América do Sul era mais fácil do que antes. Em outras palavras, aqueles que quisesse se dedicar à física na Argentina e no Brasil dispunham de mais facilidades, de mais "espaço", do que há trinta ou quarenta anos atrás. No entanto, as razões para essa melhoria não teriam sido tanto a incorporação, por parte dos cientistas locais e das instituições científicas, dos princípios e valores necessários para o desenvolvimento da ciência.

Mesmo tendo ocorrido uma parcial incorporação, Beck não estava convencido de que ela tivesse ocorrido na "quantidade" suficiente para garantir que a ciência sul-americana pudesse progredir de forma contínua e segura, o que a levaria a desfrutar de uma situação mais segura e cômoda, além de alcançar melhores resultados científicos. Como a principal razão para a melhoria ocorrida, Beck apontava o crescimento da aviação comercial, o que teria permitido e obrigado os cientistas sul-americanos a intensificar os nossos contatos com o exterior. Como pode se ler numa das citações apresentadas acima (3.g), Beck sempre foi favorável à existência de competição entre as instituições científicas. Em suma, a melhoria da física sul-americana deveria ser creditada a uma razão externa à própria ciência.

Foram poucas as pessoas, no entender de Beck que contribuíram significativamente para esse mesmo desenvolvimento. Segundo ele, foram quatro, no máximo, cinco os principais personagens dessa história: Richard Gans, José Antonio Balseiro, Gleb Wataghin e César Lattes. Cabe aqui uma ressalva: Beck não explicita que critérios usou para chegar a essa conclusão. Teriam sido os padrões e valores acadêmicos existentes na Europa e nos Estados Unidos? Se assim for, por que nomear apenas esses poucos personagens? Estaria ele referindo-se apenas aos já falecidos ou àqueles distantes, pouco importando aqui o motivo para isso, desses países? Continuar a levantar hipóteses, parecem-nos descabido dada a falta de elementos, ao menos presentes na carta a Heisenberg, capazes de nos ajudar a solucionar esse problema. No entanto, pensamos ser importante registrá-lo, ainda mais se levarmos em consideração a preocupação que Beck sempre mostrou em não ferir susceptibilidades.

No que diz respeito a Gans e a Wataghin, Beck diz que ambos, nos momentos de sua morte (Gans) e de sua partida para a Itália (Wataghin) estavam amargurados. Em parte, essa amargura era devida à falta de reconhecimento dos argentinos e brasileiros por alguns dos critérios mais importantes para garantir um desenvolvimento sadio da ciência. Quanto a si próprio, Beck afirma que ele participou apenas marginalmente desse mesmo desenvolvimento e mesmo assim, em grande parte, através da atuação de Balseiro. O máximo que ele conseguiu fazer foi convencer, em média, um jovem por ano de que a física é algo bonito e interessante. Na Rússia, os jovens eram cinco vezes mais.

Acreditamos que o julgamento de Beck sobre a sua própria atuação é duro demais. Como parece-nos ser a lista com os nomes que ele formulou e que apresentamos acima. No entanto, não conseguimos apresentar os motivos que o levaram a isso. É inegável que as palavras de Beck traduzem, elas também, um certo ressentimento, mas não com indivíduos ou instituições. Beck sempre soube o quão difícil é fazer ciência. A sua própria vida é um exemplo disso. A rigor, foi justamente essa dificuldade que ele procurou transmitir aos seus colegas e estudantes sul-americanos. Se assim for, qual seria a razão da tristeza que encontramos em suas palavras? Para nós, a razão mais provável se deve à sua impossibilidade de assegurar que todo o seu esforço, bem como o das pessoas que ele nomeou, valeu a pena. Mas, como sabê-lo **antecipadamente?**

Na impossibilidade de sabê-lo pelo próprio Beck, resta-nos apenas conjecturar. Felizmente, Beck, no seu curriculum vitae, nos fornece uma preciosa pista para chegarmos a uma conclusão. Ao final de seu CV, Beck lista os agradecimentos de todos os jovens cientistas que trabalharam com ele e que publicaram artigos e livros inspirados em idéias e discussões que tiveram com ele. São dezenas de agradecimentos, o que nos faz pensar que o registro deles no CV de Beck significa que ele considerava positiva a sua obra de orientador. Talvez possamos mesmo ir um pouco mais longe e dizer que Beck orgulhava-se daquilo que conseguira ao longo de mais de cinquenta anos de dedicação à ciência e à formação de físicos.

## 5) Bibliografia

- VEIDEIRA, A. A. P. : O Arquivo Guido Beck: Origem, Relevância Histórica e Principais Dificuldades, *Revista da Sociedade Brasileira de História da Ciência*, número 12, julho-dezembro de 1994, pp. 19-26.
- NUSSENVEIG, H. M. AND A. A. P. VEIDEIRA (eds.) : Proceedings of the Guido Beck Symposium, *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, vol. 67, Suplemento nº1, 1995.
- VEIDEIRA, A. A. P. : O Arquivo Guido Beck e a História da Física Moderna em Portugal, *Série Ciência e Sociedade* CBPF-CS-001/95, janeiro de 1995.

## TEORIAS PRIMÁRIAS

Auta Stella de Medeiros Germano<sup>1</sup>; Maria Cristina Dal Pian Nobre<sup>2</sup>

1 - Universidade Federal do Rio Grande do Norte; 2 - Programa de Pós Graduação em Educação

Resultados de diferentes pesquisas têm favorecido o surgimento de modelos alternativos para desenvolvimento cognitivo, de tipo domínio específico, dos quais destacamos o modelo de teorias primárias, no entendimento dado por Frank Keil. Retomamos neste trabalho argumentos favoráveis a este modelo e iniciamos um aprofundamento nas distinções entre as três teorias primárias propostas neste contexto: física ingênua, psicológica ingênua, e teoria teleológica (design). Vários resultados possibilitam um diálogo entre a temática de "domínios" e teorias de desenvolvimento cognitivo. Como exemplo, pode-se citar o desempenho de crianças quanto a conhecimentos sobre dinossauros ou em jogos de xadrez, e as discutidas diferenças entre novatos e experts em certas especialidades. Outras pesquisas sobre mudanças conceituais, por sua vez, sugerem limitações quanto ao papel da similaridade na construção de categorias, ou seja, quanto ao papel de mecanismos indutivos e associativos gerais na formação de conceitos. Assimilando estes questionamentos, as 'teorias primárias', ou *modes of construal*, são pensadas como tendências/predisposições para interpretar certos padrões de relações. Estas tendências guiarão (vincularão) nossas explicações e conceitos, estando permanentemente 'latentes', à espera de fenômenos que entrem em ressonância com padrões que elas favorecem. As mudanças conceituais, neste modelo, acompanham mudanças e formação de 'teorias', o que se dá através de metáforas, misturas de domínios, e incorporações de mecanismos gerais de aprendizagem. Distinções entre duas das teorias primárias pressupostas por Keil, a psicologia ingênua e a instância de design, são trabalhadas por ele tomando como base uma discussão da emergência do domínio da Biologia, e as utilizamos como esclarecimento destes "estilos interpretativos". Este estudo teórico é referência para uma pesquisa que objetivará testar o modelo acima citado, examinando-se argumentos teóricos em momentos da História da Ciência. (CNPq)

### Teorias Primárias

Neste trabalho relatamos um estudo do modelo de Teorias enquanto modelo de mudanças conceituais, com a finalidade de explicitar um pouco o contexto/momento teórico em que ele foi proposto, e de aprofundar nosso entendimento quanto aos problemas e respostas com os quais as diferentes teorias primárias propostas lidam.

Na revisão de nossa bibliografia (citada ao final deste texto), encontramos a idéia de teorias, que explicitaremos mais adiante, relacionada com as seguintes discussões e resultados da psicologia cognitiva:

- a constatação de habilidades cognitivas precoces: por exemplo, a observação de que crianças na idade pré-escolar podem apresentar excelente desempenho na leitura e escrita, ou a verificação de uma elevada capacidade de memória;

- relação com domínios específicos: nos quais essas habilidades precoces aparecem de forma mais acentuada, como é o caso do conhecimento sobre dinossauros, bastante explorado em filmes, ou a habilidade em jogos de xadrez. As discussões nesse contexto, se dão no sentido de identificar quais habilidades cognitivas são "acionadas" em atividades e domínios específicos;

- formação de categorias e inferências: na constituição das categorias, experimentos sugerem que as crianças pequenas não se utilizam apenas da tabulação de atributos das categorias, mas também pressupõem certas relações causais. É o que sugere, por exemplo, o fato de atributos típicos de certas categorias serem considerados mais ou menos centrais, dependendo da categoria envolvida, ou seja, as crianças fazem inferências que vão além do dado, e da aparência;

- relação com tipos conceituais: alguns autores sugerem que a importância relativa entre mecanismos de associação e de interpretações causais na composição dos conceitos depende do tipo do conceito, ou seja, se ele é tipo natural, artefato, ou nominal.

### Conceitos inseridos em Teorias

A idéia de que os conceitos e as mudanças conceituais nos indivíduos precisam ser entendidas como inseridas em "teorias", pretende organizar de forma consistente esses resultados e discussões.

Identificamos pelo menos duas visões sobre teorias, no sentido da psicologia cognitiva. Falaremos inicialmente da visão de Susan Carey, e num segundo momento optaremos por um enfraquecimento desta concepção inicial.

Carey se utiliza das concepções de Kuhn sobre teorias científicas, ou seja, para ela teorias se caracterizam por um conjunto de conceitos centrais, um domínio de aplicação, e estratégias de abordagem e de resolução de problemas sobre aquele domínio. Desse modo, as mudanças teóricas podem envolver mudanças em um ou mais destes três aspectos (conceitos, domínios, estratégias), falando-se em mudanças teóricas fortes quando estas se dão nos três aspectos ao mesmo tempo.

Dentro desta visão, toda e qualquer mudança conceitual está inserida em mudanças teóricas, de modo que as mudanças teóricas dizem muito do próprio desenvolvimento cognitivo.

Assume-se inclusive a existência de um conjunto inicial, discreto, de teorias (**teorias primitivas ou primárias**), a partir das quais se dará a emergência das outras estruturas explicativas (outras teorias) que serão desenvolvidas ao longo da vida do indivíduo.

Como as teorias são estruturas que se aplicam a domínios característicos, na medida em que se assume um número limitado delas, o desenvolvimento cognitivo descrito desta forma é de tipo domínio específico. Keil, de cuja abordagem nos aproximamos mais, também trabalha com a idéia de teorias e de teorias primitivas, mas sua fala se distingue da visão acima, sob dois aspectos que achamos importante abordar.

Primeiro, embora se mantenha certa referência ao entendimento de teorias abrangendo conceitos, domínio e estratégias, se atribui às teorias primárias um sentido mais 'diluído'. Fala-se em "modos de construção" (*modes of construal*) do pensamento, que se encontram permanentemente (em estado latente) à espera de fenômenos com os quais entram em ressonância, produzindo certos padrões explicativos característicos.

Uma segunda diferença é que considera que nem todos os conceitos, e nem toda a totalidade de um conceito, se compõe a partir de sua integração em construtos teóricos. Admite-se a possibilidade da significação de informação/conceitos por mecanismos também associativos. O conceito tem assim uma **estrutura heterogênea**, em que relações causais e processos associativos o compõem.

As **metáforas**, por sua vez, enquanto processos cognitivos, são vistas como mecanismos fundamentais que permitem a composição de novas teorias. São processos que podem atuar, de um lado, combinando as teorias e conceitos anteriormente estabelecidos, e ao mesmo tempo, integrando os elementos livres fornecidos pelos mecanismos associativos, ou seja, não vinculados a sistemas interpretativos prévios.

Em qualquer das duas abordagens citadas acima, a idéia de teorias primitivas parece encontrar referência nas proposições de Chomsky sobre uma sintaxe inata, que permitiria organizar e direcionar a aquisição da língua.

De maneira semelhante, as teorias primitivas poderiam fornecer limitações iniciais, vantajosas sob certos aspectos, sobre as possibilidades de organização da grande quantidade de informação com a qual entramos em contato no dia a dia.

Essas limitações ou vínculos, no nosso sistema de interpretação, poderiam ter sido geradas através de um processo evolutivo. Em Wellman e Gelman (1992), encontramos uma sugestão para essa interpretação, que nos parece ser usada também para justificar, em parte, a origem da proposta das duas ou três teorias "referenciais" usualmente mencionadas na literatura (e que expressam as mesmas características das teorias primitivas). Assim, uma **física ingênua** (naive), uma **psicologia ingênua**, e uma **biologia ingênua** parecem ser defendidas como passíveis de terem emergido no homem, a partir da seleção natural: "*Quando consideramos que os primeiros humanos eram uma espécie distintivamente social evoluída para usar objetos como ferramentas e para caçar e farejar alimento no seu ambiente natural, então é difícil imaginar quaisquer tarefas cognitivas mais fundamentais*

do que conhecer sobre pessoas, sobre plantas e animais, e sobre os objetos do mundo físico"26.

Neste trabalho, não entraremos em detalhes no que se refere às teorias física e psicológica, tendo em vista nosso interesse em entender primeiramente a teoria biológica, que se relaciona mais diretamente ao objeto de estudo de nosso projeto de doutorado, o conceito de vida.

### Biologia Ingênua: Teoria Psicológica ou Teoria de Design?

A idéia de perceber ou verificar se um conhecimento está inserido em teorias, que se referem a domínios específicos, pressupõe uma ontologia-causalidade específicas àqueles domínios.

No que se refere a uma teoria primitiva para os fenômenos vivos, ou seja, a uma Biologia Ingênua, Carey e Keil demarcam duas correntes diferentes de pensamento.

Carey considera que um conhecimento específico para o mundo vivo só emerge na idade de aproximadamente 10 anos. Antes disso, esse domínio seria tratado dentro das explicações da **teoria psicológica ingênua**. Sendo assim, as explicações para os processos biológicos, pelas crianças menores, se dariam em termos de comparações com as causas dos comportamentos humanos, no sentido de desejos, crenças e regras sociais. Segundo Carey, em seus experimentos se obtém que as crianças menores consideram o ato de se alimentar como um ato puramente social. Por exemplo, as pessoas se alimentam porque está na hora de comer, e não porque elas tem necessidades biológicas. Outras respostas mostrariam que as propriedades de *ser vivo* só seriam atribuídas a animais parecidos ou próximos aos seres humanos.

Keil, ao contrário, sugere que as primeiras explicações que damos para esses fenômenos não se dão unicamente no nível psicológico, mas usamos um outro modo específico de explicações, um modo de tipo teleológico, ou de *design*. Dentro desse modo, diferenciamos os fenômenos vivos, reconhecendo funções e utilidades, para si próprios, em suas partes.

Esta proposta de uma **teoria primária de design** se utiliza em parte da idéia de *stances*, e da *design stance*, desenvolvida por D. Dennett em pesquisas sobre inteligência artificial.

Alguns experimentos descritos por Keil sugerem que a existência desta teoria deva ser melhor examinada. Não exploraremos detalhes dos experimentos neste texto, mas descritos de maneira bem geral podemos dizer que eles dizem respeito a considerações de crianças sobre: tipos de propriedades hereditárias, tipos de sintomas e contágios de doenças,

---

26 "When we consider that early humans were a distinctly social species evolved to use objects as tools, and to hunt and forage within their natural environment, then it is hard to imagine any more fundamental cognitive tasks than knowing about people, about plants and animals, and about the physical world of objects".



mecanismos de atuação das doenças. Destas considerações se procura inferir se as crianças fazem distinções para o domínio biológico, bem como se estas distinções são de natureza teleológica.

Os resultados confirmam que as crianças fazem inferências que se dão além do nível dado pela aparência, e sugerem que nestas inferências é atribuído um comportamento específico e diferenciado para os seres vivos. Alguns exemplos são os seguintes:

- propriedades funcionais e fisiológicas ou aquelas ligadas a mecanismos internos são mais facilmente identificadas como transmissíveis por hereditariedade;

- ainda referente à transmissão de doenças, a probabilidade de contágio por contato é considerada principalmente segundo distinções do tipo sintomas comportamentais x fisiológicos. Os sintomas fisiológicos são considerados mais prováveis de serem transmitidos, o que se opõe ao pressuposto de que os fenômenos vivos seriam interpretados no contexto de uma teoria psicológica. Além disso, distinções do tipo sintomas bons x ruins não são consideradas importantes pelas crianças;

- agentes não biológicos causam doenças por mecanismos diferentes dos agentes biológicos (mesmo quando estes não apresentam semelhança de comportamento com os humanos);

- aos agentes com ações teleológica e intencional foram atribuídas características de seres vivos numa proporção bem maior do que aqueles com ação mecânica;

- aos agentes de ações teleológica e mecânica não foi atribuída nenhuma intenção.

Estes dois últimos pontos também reforçam uma distinção entre propriedades atribuídas a fenômenos psicológicos e a fenômenos vivos.

## Conclusão

Os resultados e as interpretações expostas por Keil, e a própria idéia de teorias primitivas, soam como proposições muito fortes. Mas embora isso dificulte uma adesão imediata, consideramos que o contexto em que se propõem essas idéias sugere uma maior exploração das mesmas; seja por certa razoabilidade que ao nosso ver podemos lhes atribuir, seja pelas próprias pesquisas descritas na área.

O que achamos relevante trazer para discussão em nossas primeiras considerações é a possibilidade de se considerar a existência de estruturas ou tendências a estruturações, no pensamento das crianças, que lhes levam a inferências não fornecidas estritamente pelos dados da experiência. Tal como, aliás, sabemos que se dá nos experimentos científicos, em que a teoria (aí num sentido mais estrito) constrói muito do que consideramos dos nossos dados.

Se é assim, a existência de tais estruturas primitivas ou primárias podem assumir papel muito importante na significação dos conteúdos trabalhados em sala de aula, ou de qualquer outro conteúdo com que a

criança entre em contato. Podem, ainda mais, permanecerem importantes ao longo história do indivíduo. Seja como base para a construção de outras estruturas, seja porque representem tendências explicativas básicas, sempre potencialmente presentes, e permeando inclusive as construções teóricas científicas.

## **Bibliografia**

- CAREY, S. (1988). Reorganization of Knowledge in the Course of Acquisition. In: Sidney Strauss (Ed.) *Ontogeny, Phylogeny and Historical Development*. Norwood, N.J.: Ablex Publishing Corporation.
- DENNET, D. (1978). *The Intentional Stance*. Cambridge, MA: MIT Press.
- DENNETT, D. C. (1995). *Darwin's Dangerous Idea: Evolution and the Meaning of Life*. New York: Simon & Schuster.
- FODOR, J. A. (1972). Some reflections on L. S. Vygotsky's Thought and Language. *Cognition*, 1, 83-95.
- KEIL, F. C. (1981). Children's thinking: What never develops? *Cognition*, 10,159-166.
- KEIL, F. C. (1992). *Concepts, Kinds, and Cognitive Development*. Cambridge, Massachusetts: MIT Press.
- KEIL, F. C. (1992). The origins of an autonomous Biology. In: M. Gunnar and M. Maratsos (eds.) *Modularity and constraints in language and cognition: The Minnesota Symposium on Child Psychology*. vol.25. Hillsdale, N.J.: Erlbaum, 103-107.
- KEIL, F. C. (1994). The birth and nurturance of concepts by domains: The origins of concepts of living things.
- ROSCH, E. (1977). Human Categorization. In: N. Warren (Ed.) *Advances in cross-cultural psychology*. Vol. 1. London: Academic Press.
- ROSCH, E. (1978). Principles of Categorization. In: E. Rosch & B. B. Lloyd (eds.) *Cognition and categorization*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- WELLMAN, H. M. and GEILMAN, S. A. (1992). *Cognitive Development: Foundational Theories of Core Domains*. *Ann. Rev. Psychol.*, 43, p. 337-375.

## CONSTRUINDO UM PROBLEMA SIGNIFICATIVO PARA O ENSINO- APRENDIZAGEM, DENTRO DO TEMA DA UTILIZAÇÃO DA HISTÓRIA DA CIÊNCIA, A PARTIR DE UMA REVISÃO DA LITERATURA

Sonia Maria Dion e Jesuina Lopes de Almeida Pacca  
Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo

A análise das posições encontradas na literatura acerca de objetivos para utilização da História da Ciência em situações de ensino-aprendizagem permite uma categorização que contemplaria pelo menos 4 grandes eixos: discussão dos processos da Ciências, discussão de questões de linguagem, aprofundamento no significado de conceitos e identificação de obstáculos epistemológicos. Tomando como referencial o último destes eixos é possível discriminar, a partir dos trabalhos relatados na literatura, uma preocupação com a identificação de obstáculos epistemológicos visando basicamente dois objetivos: busca de uma referencia no pesquisa em concepção espontânea e estabelecimento de uma postura pedagógica diante das dificuldades dos alunos no que diz respeito a conceitos aos quais obstáculos estejam associados. A partir da análise de proposta e dificuldades levantadas por autores cujas idéias foram organizadas de acordo com o quadro acima, foi possível a identificação de um ponto que parece se constituir numa questão cujo estudo merece ser aprofundado ou seja, a utilização de textos originais da Ciência em situações de ensino-aprendizagem. Colocamos portanto, como um problema de pesquisa, a investigação do potencial que textos originais da Ciência possam representar privilegiando, como opção, o enfoque dado pela questão dos obstáculos epistemológicos; definida esta opção, nossa proposta se coloca dentro de uma visão que tende a considerar o texto como um instrumento completo de trabalho que, quando inserido em estratégias capazes de articular sua utilização com outros tipos de atividades, seja capaz de levar o leitor tanto a uma reflexão sobre concepções do senso comum, visando a tomada de consciência no sentido de Bachelard, como fornecer elementos que contribuam para a construção de conceitos coerentes com o conhecimento cientificamente estabelecido.

### Introdução

Existem na literatura diversas fontes onde é possível encontrar uma discussão já bastante aprofundada acerca de um papel para a utilização da História e Filosofia da Ciência no ensino de Física; poderíamos citar, por exemplo, trabalhos como os de Matthews (1989, 1990, 1992, 1994) e Jung (1994); Matthews, além de fazer um levantamento e uma análise de projetos que, de alguma forma, propõem ou, propuseram, a inserção da História e Filosofia da Ciência no ensino de Física, faz um rigoroso apanhado das críticas à sua utilização, ao mesmo tempo que reúne argumentos em sua defesa; Jung, ao procurar traçar um contexto para colocar uma proposta particular, faz também um

levantamento sobre diferentes formas através das quais a História poderia ser utilizada no ensino de Física. Além de artigos como estes, a partir dos quais podem-se obter elementos para uma discussão mais geral, encontram-se também relatos de pesquisa e de experiências pedagógicas para as quais a História e Filosofia da Ciência dão alguma contribuição.

A análise desses relatos permite perceber que tanto pesquisas como experiências de utilização pedagógica estão construídas a partir de visões razoavelmente bem definidas para utilização da História da Ciência; assim sendo, procurou-se fazer um esforço de reflexão no sentido de perceber em que medida essas opções continham novidade uma em relação à outra e até que ponto estavam, de fato, sendo exploradas em situações de ensino-aprendizagem.

A partir desta reflexão, feita num momento em que já se estava desenvolvendo um projeto de pesquisa envolvendo a utilização da História da Ciência, procurou-se elaborar um quadro que tanto desse conta das principais tendências encontradas na literatura, permitindo que situássemos nosso próprio trabalho, como fosse produtivo no sentido de contribuir para se perceber possíveis pontos que ainda merecessem um maior aprofundamento, dessa forma delimitando melhor nosso próprio projeto.

Este trabalho constará portanto, de uma exposição desse quadro, fundamentando-o brevemente com base na literatura, e de alguns comentários acerca de pontos que parecem merecer maior aprofundamento e que, após a revisão da literatura, passaram a assumir um lugar significativo dentro do problema de pesquisa que estávamos então construindo.

Sem nos preocuparmos com aspectos mais gerais, e que encontram relativo consenso na literatura, como possibilidade de humanização da Ciência, motivação dos alunos, etc., nosso quadro contempla as seguintes categorias:

- discussão da natureza e processos da Ciência
- aprofundamento no significado de conceitos
- discussão de questões de linguagem e interpretação
- identificação de obstáculos epistemológicos

A primeira tendência é a que propõe o recurso à História em busca do método e da natureza da Ciência no sentido de se entender, por exemplo, como cientistas trabalham, como um novo conhecimento é obtido, quais critérios levam à substituição de uma teoria por outra ou qual a diferença entre conhecimento científico e conhecimento do senso comum, com alguns autores valorizando o entendimento da natureza e processos da Ciência, como um conhecimento útil em si mesmo, e outros colocando ênfase no uso que se possa fazer desse conhecimento.

De qualquer forma, qualquer que seja o enfoque, essa é, sem dúvida, a categoria significativamente mais contemplada entre os trabalhos encontrados na literatura. Matthews, por exemplo, é um dos

autores cuja discussão parece privilegiar esse primeiro eixo; no que diz respeito a trabalho pedagógico com a História da Ciência esse autor tem um projeto particular em que textos originais são utilizados em cursos de formação de professores, visando a compreensão da natureza e características próprias da Ciência, das quais a idealização, pelo menos no que diz respeito à Mecânica, parece ser a principal (Matthews 1990). Já Jung, ao colocar ênfase na discussão dos processos da Ciência e na possibilidade que o exame do material histórico oferece de levar o estudante a "pensar sobre Física, olhar para ela de uma certa distância" está preocupado com sua contribuição no sentido de prepará-lo para a tomada de decisões, especialmente visando as mudanças que confrontam a civilização à frente.

Ao contrário do enfoque que valoriza a busca dos processos, da natureza da Ciência, é apontada, nos trabalhos de alguns autores, a possibilidade da História servir de instrumento auxiliar no tratamento do próprio conteúdo científico, contribuindo para o que seria um aprofundamento no significado de conceitos; essa possibilidade, no entanto, está muito menos explicitada que a anterior, especialmente quando se vai do terreno da pesquisa, da cultura pessoal, para o trabalho pedagógico.

Jung, por exemplo, é um dos autores que levanta essa contribuição: "integrar no conhecimento do que é válido hoje, como isto emergiu, quais foram as motivações dos descobridores, quais eram suas ferramentas conceituais, e como e porque isto tudo se modificou na forma atual de conhecimento", pode contribuir para se "incrementar o conhecimento físico no sentido interno". É, como um exemplo de trabalho que vai à História privilegiando questões de conteúdo e é capaz de derivar daí conseqüências pedagógicas, poderíamos citar a discussão de Gauld (1995) que recorre à História da Ciência para examinar a contribuição que o uso da 3ª lei de Newton deu ao entendimento do fenômeno do impacto nos séculos XVII e XVIII; a partir desse estudo, e assumindo a existência de certa similaridade entre noções de força e movimento entre estudantes atuais e cientistas pré-newtonianos, o autor propõe algumas sugestões sobre estratégias a serem utilizados no ensino da 3ª lei atualmente.

A possibilidade de discussão de questões de linguagem e interpretação, embora muito pouco explorada na literatura, está aqui sendo colocada numa categoria isolada, tanto por apresentar características que a diferenciam das demais como por envolver aspectos que nos parecem fundamentais quando se tem, associado à proposta de utilização da História da Ciência, um trabalho com textos.

Matthews (1992), ao discutir críticas relativas à tradução, no sentido de que as pressuposições de um tradutor e sua época podem afetar um texto, coloca a discussão do problema hermenêutico de interpretação da História da Ciência como a "ocasião para se introduzir os estudantes nas questões significativas de como lemos e interpretamos eventos, aos problemas complexos de significado: os estudantes sabem de

sua vida diária que pessoas vêem as coisas diferentemente, a História da Ciência é um veículo natural para se ilustrar como esse fato impinge a própria Ciência"; o ponto aqui levantado por Matthews parece sugerir que, de alguma forma, discussões envolvendo o próprio estilo do texto e problemas relativos à escolha de termos, pode se constituir numa forma significativa de utilização da História da Ciência em situações pedagógicas.

Já explorando um pouco mais o lado do conteúdo científico propriamente, temos o trabalho de Sutton (1995) que examina o esforço de alguns cientistas e sua contribuição para o estabelecimento de um novo vocabulário para a Termodinâmica. Ao fazer este estudo, chama a atenção para o processo de elaboração de significado por que passaram alguns termos; a partir daí, traz a questão para o terreno pedagógico e a forma como se lida com o ensino da conservação de energia atualmente; segundo o autor, uma compreensão da diversidade de expressões e suas origens temáticas pode, além de proporcionar uma melhor compreensão do papel da linguagem no pensamento científico, lançar alguma luz sobre o conflito existente entre as concepções dos estudantes e o significado que a teoria atribui a certas expressões, particularmente a "conservação de energia". Com um enfoque diferente do proposto por Matthews temos aqui, portanto, uma possibilidade de contribuição da História, ao ensino-aprendizagem e à forma como se lida com as concepções dos estudantes, via questões de linguagem.

A possibilidade de identificação de resistências, manifestadas ao longo de grandes períodos de tempo, é outra utilização sugerida, na literatura, para a História da Ciência; nesse caso porém, diferentemente de alguns trabalhos que poderiam ser enquadrados nas categorias anteriores, a ênfase se dá na compreensão visando a pesquisa, embora se possa, a partir daí, extrair algumas conseqüências pedagógicas.

Saltiel e Viennot, por exemplo, vêem na História uma fonte de informações sobre o estudante, podendo servir como referência ao pesquisador que busca compreender o raciocínio interno ao pensamento espontâneo; para Saltiel (1993), é também possível se extrair conseqüências pedagógicas da pesquisa inspirada em obstáculos epistemológicos na medida em que "tentar compreender os próprios raciocínios, de nossos alunos e dos antepassados, nos obriga a uma certa abertura de espírito acompanhada de um espírito crítico que rompe com o dogmatismo habitual"; esse mesmo conhecimento, segundo a autora, "deve auxiliar os organizadores de currículos em suas escolhas pedagógicas".

Assim, a potencialidade apresentada pela História para determinação de obstáculos epistemológicos parece estar sendo explorada em dois sentidos, como referência à pesquisa e como fator de influência no estabelecimento de uma postura pedagógica diante das dificuldades dos estudantes.

Elaborando-se o material encontrado na literatura da forma como expusemos até aqui, algumas questões então se colocam: Seria possível trazer a exploração de obstáculos epistemológicos para situações envolvendo diretamente o ensino-aprendizagem, situações "pedagógicas"? Nesse caso, que estratégias e que tipo de material utilizar?

Questões como estas parecem não estar ainda suficientemente discutidas na literatura.

Quando se pensa em pesquisa, fica razoavelmente claro que as fontes utilizadas necessariamente passam por textos originais da Ciência; é esse o material adequado para se procurar, para conhecer, as fontes de resistência, os obstáculos epistemológicos; quando se trata porém de trazer a questão para as situações de utilização direta pelo professor, em sua prática pedagógica, não fica clara, na literatura, nem a necessidade nem a possibilidade de se trabalhar com esse material. Saltiel (1993), por exemplo, afirma ainda não possuir uma conclusão clara a esse respeito; para esta autora a linguagem empregada nos originais constitui um problema na medida em que os estudantes não estão familiarizados com o significado de termos presentes nos originais, como "força viva", por exemplo.

A discussão da propriedade ou não de utilização de originais é uma questão que, aliás, perpassa as quatro categorias que acabamos de explicitar.

A dificuldade de linguagem, por exemplo, é uma questão também levantada por Kipnis (1995) em um trabalho em que contrapõe a leitura a outros métodos de utilização da História; além disso, quando a preocupação é com o processo, também coloca dúvidas no sentido da capacidade de um estudante poder compreender o "estilo" de uma investigação científica sem um entendimento suficiente de seu conteúdo; seleção de material adequado, tarefa "consumidora de tempo e difícil sem a devida experiência" é uma dificuldade apontada por Barth (1995), num relato de um trabalho com originais, dentro do conteúdo de ótica, proposto para ser desenvolvido diretamente com estudantes

Já Matthews (1990) considera indispensável a leitura e interpretação de originais pois, segundo o autor, "debates em Filosofia sobre os métodos da Ciência são estéreis se os métodos de Galileu, Newton, Darwin e outros não forem antecipadamente apreciados"; tendo em vista que nos originais está presente não apenas o produto mas o próprio esforço de criação, com suas dificuldades e sucessos, também Jung vê um papel para sua utilização com estudantes pois, "através do estudo de documentos, não isoladamente ou seja, como parte de uma história completa, ele aprende Física do ponto de vista da pesquisa, da aplicação do conhecimento e de métodos, da resolução de controvérsias ...".

Também Golin (1995), num trabalho em relata uma experiência de utilização da História e Filosofia da Física em cursos de treinamento de professores, tem como uma das atividades o contato com originais, vendo

neste instrumento a possibilidade de se "acompanhar o itinerário científico da pesquisa criativa de um autor em seu caminho para uma descoberta científica e de entrar no 'laboratório interior' de um cientista"; e, finalmente, Galdabini e Rossi (1993) que, ao relatar sua experiência na utilização de originais diretamente com estudantes, dentro do conteúdo de eletricidade, destacam diferenças significativas e, positivas, entre um texto original e o livro didático ao salientar que "o original está conectado ao contexto histórico, enfatiza o papel do autor, que é o primeiro a ver ou interpretar o que ele descreve. O assunto não está ainda logicamente assentado, detalhes não podem ser omitidos, simplificação não é permitida, a linguagem deve expressar coisas novas e mostra o esforço de inovação".

Em resumo, elementos da revisão bibliográfica, categorizada da forma que expusemos aqui, parecem fazer emergir alguns pontos que nos parecem significativos para a construção de um problema que se proponha tratar da utilização da História da Ciência por professores e estudantes: identifica-se que a discussão da propriedade ou não, da utilização pedagógica de originais é um tema ainda não profundamente estabelecido na literatura; fica claro também que autores que defendem sua utilização o fazem, basicamente, dentro da categoria que visa explorar o método e não o conteúdo e seus obstáculos; e, mesmo neste caso, não se encontra uma discussão de estratégias de utilização no trabalho pedagógico que mostre concretamente como este objetivo está sendo alcançado; a partir daí, explorar as potencialidades de um original, explicitando estratégias adequadas de utilização parece se colocar como um problema relevante a ser pesquisado.

Assim, estamos colocando como nosso projeto pessoal de pesquisa, a investigação do potencial que textos originais da Ciência possam representar para a prática pedagógica privilegiando, como opção, o enfoque dado pela questão dos obstáculos epistemológicos; definida esta opção, nossa proposta se coloca dentro de uma visão que tende a considerar o texto como um instrumento completo de trabalho que, quando inserido em estratégias capazes de articular sua utilização com outros tipos de atividades, pode levar o leitor tanto a uma reflexão sobre concepções do senso comum, visando superar obstáculos epistemológicos, como fornecer elementos que contribuam para a construção de conceitos coerentes com o conhecimento cientificamente estabelecido.

## **Bibliografia**

Bachelard, G., *Epistemologia*; trad. N. Caixeiro. Rio de Janeiro, Zahar Editores, 1983.

La Formation de l'Esprit Scientifique. Paris, Librairie J. Vrin, 1986.

Barth, M., "Snell's Law/Models of Light: a Historic Approach to Teaching Science", *Proceedings of the Third International*



- History, Philosophy and Science Teaching Conference, Minnesota; vol.1, 1995, pp. 103-114.
- Galdabini, S. & Rossi O., "Using Historical Papers in Ordinary Physics Teaching at High School", *Science & Education*, n. 2, 1993, pp. 239-242.
- Gauld C., "The Newtonian Solution to the Problem of Impact in the 17th and 18th Centuries and Teaching Newton's Third Law Today", *Proceedings of the Third International History, Philosophy and Science Teaching Conference, Minnesota; vol.1, 1995, pp. 441-452*
- Golin G., "Some Experiences in Teaching the History of Science to Future High School Teachers in Universities of the Former Soviet Union (1970-1990)", *Proceedings of the Third International History, Philosophy and Science Teaching Conference, Minnesota; vol.1, 1995, pp. 470-479.*
- Jung, W., "Toward Preparing Students for Change: A Critical Discussion of the Contribution of the History of Physics in Physics Teaching", *Science & Education*, n. 3, 1994, pp. 99-130.
- Kipnis N., "Blending Physics with History", *Proceedings of the Third International History, Philosophy and Science Teaching Conference, Minnesota; vol.1, 1995, pp. 612-623.*
- Matthews, M. R., "A Role for History and Philosophy in Science Teaching", *Interchange*, vol. 20, n. 2, 1989, pp. 3-15.
- "History, Philosophy and Science Teaching: What Can Be Done in an Undergraduate Course?", *Studies in Philosophy and Education*, n. 10, 1990, pp. 93-97.
- "History, Philosophy and Science Teaching: The Present Rapprochement", *Science & Education*, n. 1, 1992, pp. 11-47.
- Science Teaching: The role of History and Philosophy of Science.* N. York, London, Routledge, 1994.
- Saltiel, E., Viennot, L., "Que Apprendemos de las Semejanzas entre las Ideas Historicas y el Razonamiento Espontaneo de los Estudiantes?", *Enseñanza de las Ciencias*, 1985, pp. 137-144.
- Saltiel, E., "De l'Intérêt de la Didactique de la Physique et de l'Histoire de la Physique dans la Formation des Enseignants", *Sciences et Techniques en Perspective*, vol. 25, 1993, pp. 34-42.
- Sutton C., "Energy Talk: The Struggle for Suitable Words", *Proceedings of the Third International History, Philosophy and Science Teaching Conference, vol. 2, 1995, pp. 1169-1180.*
- Viennot L., "Obstacle Epistemologique et Raisonnements en Physique: Tendance au Contournement des Conflits chez les Enseignants", *Colloque International sur Obstacle Epistemologique et Conflit Cognitif, Montreal, 1988.*

## FORMACION Y ACTUALIZACION DE PROFESORES RESULTADOS OBTENIDOS EN UN TALLER DE OPTICA FISICA

Pesa Marta, Scidá Luis, Cabrera Miguel, Bravo Silvia  
Inst. de Física - Fac. de Ciencias Exactas y Tec. - UNT  
Avenida Independencia 1800 - (4000) Tucumán - Argentina

Se presenta una propuesta de actividades de formación y actualización de profesores en el área de Optica Física fundamentadas en resultados de investigaciones educativas. Las actividades se organizan siguiendo la dinámica del taller. Esta técnica favorece la participación activa de los profesores brindando oportunidades de discusión, intercambio y aprendizaje colectivo. Los talleres son excelentes estrategias movilizadoras para hacer aflorar preconcepciones científicas y epistemológicas de los profesores y revisar críticamente actitudes docentes que suelen ser un freno tanto para el aprendizaje de los profesores como para el de los alumnos. Para efectivizar la propuesta se han implementado un conjunto de recursos didácticos: guía de actividades, experiencias de bajo costo comparativo, materiales para demostraciones colectivas, etc. En este trabajo la propuesta se acompaña con la evaluación realizada por los propios participantes a un taller con docentes de nivel medio, terciario y universitario básico, durante la IX Reunión Nacional de Educación en La Física. La evaluación fue realizada a través de discusiones colectivas y mediante un cuestionario. Los resultados se perfilan como muy alentadores.

### Introducción

Se han implementado un conjunto de experiencias de interferencia, difracción y polarización fundamentadas en resultados de investigación educativa, destinadas a profundizar las conceptualizaciones básicas de la óptica física.

Se utilizan equipos de bajo costo comparativo, fácilmente reproducibles en los niveles secundario, terciario y universitario básico.

Esta propuesta se acompaña de una guía de actividades para un taller de actualización y formación de profesores.

El presente trabajo, por razones de extensión, se refiere solamente a las experiencias de polarización.

Los últimos avances científicos y tecnológicos, en especial a partir del advenimiento del LASER, han mostrado la importancia de introducir desde la escuela media las conceptualizaciones referidas a la Optica Física con diferentes niveles de profundización. La reciente Reforma Educativa incluye estas temáticas en los contenidos básicos comunes de la E.G.B., Polimodal y en los Programas de Formación de Profesores.

Respondiendo a este requerimiento del medio, se ha diseñado una propuesta de Taller de Formación y Actualización de Profesores en el área de la Optica Física.

La propuesta se fundamenta teóricamente con mayor profundidad en otro trabajo (Pesa et al, 1996). Este trabajo se refiere a los recursos didácticos especialmente diseñados para este propósito, es decir a las experiencias de Laboratorio, Guía de actividades, etc. La propuesta didáctica ha sido encarada teniendo en cuenta algunas cuestiones fundamentales referidas a la formación de los profesores en ciencias, descritas en trabajos anteriores (Cudmani, Pesa 1996):

- \* la necesidad de conocer la materia a enseñar. Con ello nos referimos a los aspectos conceptuales y sintácticos asociados a los paradigmas científicos, donde se integran armónicamente las concepciones, metodología, valoraciones, formas de razonamiento, metas y objetivos (Schwab, 1973);

- \* la importancia de superar una preconcepción ampliamente generalizada donde se asume que "enseñar es fácil" y es simplemente una tarea de sentido común;

- \* la necesidad de acercar a los profesores a la investigación educativa en el área.

Todo ello requiere de la articulación de propuestas donde se facilite la adecuada "integración de saberes" donde se integren los conocimientos específicos de ciencias con los aspectos psicológicos, sociales, epistemológicos, etc. (Cudmani, Pesa, 1996).

Partiendo de la idea de que la construcción del conocimiento es el resultado de la actividad del aprendiz para resolver problemas (Wheatley, 1991) el taller se implementa como un programa de actividades de resolución colectiva de situaciones problemáticas, donde los aspectos teóricos y experimentales están indisociados. Entendemos, como lo señala Hodson, que la ciencia es una actividad holística, interactiva, orgánica y dinámica en interjuego permanente entre el pensamiento y la acción.

Algunos de los criterios seguidos para la elección de las actividades son los siguientes (Pesa, Cudmani, Salinas 1992; Gil Pérez 1990):

- \* plantear situaciones problemáticas que, teniendo en cuenta las concepciones previas, generen interés y despierten la motivación.

- \* favorecer el estudio cualitativo de las situaciones problemáticas.

- \* crear los espacios para que los aprendices se familiaricen con las nuevas teorías científicas.

- \* orientar el tratamiento científico de los problemas:

- revisión crítica de bibliografía
- emisión y contrastación de hipótesis
- diseño experimental con elementos de bajo costo comparativo
- análisis crítico de resultados
- comparación de resultados obtenidos grupalmente

- \* favorecer las actividades de síntesis y evaluación a través de la discusión y comunicación de resultados, la búsqueda del consenso y la

explicitación de los problemas que quedan abiertos para seguir profundizando.

\* generar espacios de reflexión metacognitivos donde se expliciten los propios procesos de pensamiento, las estrategias seguidas, las ventajas y desventajas de los problemas propuestos, etc. (Duschl, 1995).

Todos estos aspectos, así como la fundamentación teórica de la propuesta, son explicitados a los profesores al inicio del taller a fin de que, al finalizar el mismo, puedan evaluar críticamente si se alcanzaron o no los objetivos.

## **La Construcción de Conceptuaciones Referidas a la Polarización de la Luz**

A continuación enunciaremos brevemente las actividades propuestas durante el taller y señalaremos sus principales objetivos. En cada caso se describen los recursos didácticos y se indican algunas especificaciones de los equipos experimentales especialmente diseñados para el mismo.

Las actividades del taller se inician presentando a los profesores un conjunto de preguntas introductorias cuyo objetivo es sacar a luz las ideas previas, motivar y despertar el interés por la tarea.

Se intenta relacionar la polarización con otras temáticas como por ejemplo la reflexión y la interferencia luminosa, y se procura también formular preguntas referidas a situaciones cotidianas donde aparecen fenómenos con luz polarizada.

Estas actividades se realizan en grupos pequeños de tres a cinco profesores. En el Apéndice I se presentan algunas de estas cuestiones.

Las discusiones grupales referidas a las cuestiones introductorias permiten generar una fructífera discusión acerca de:

\* la polarización como una característica de las ondas transversales;

\* la luz que percibimos, en algunos casos, está parcialmente polarizada. Por ejemplo: luz del cielo, luz reflejada por medios dieléctricos,...

\* las limitaciones de nuestro sensor de luz más usual (el ojo) para detectar el estado de polarización de la luz;

\* la posibilidad de usar "rejillas especiales" para convertir la luz natural en luz linealmente polarizada;

\* la integración entre los fenómenos de interferencia y polarización;

\* la exigencia del mismo estado de polarización de los haces que interfieren, en cada instante, en un dado punto, como condición para generar un patrón estable de franjas claras y oscuras.

## Polarización por Reflexión

Equipo experimental (fig. 1):  
Un conjunto de portaobjetos apilados  
Linterna de bolsillo  
Un polarizador

### Fig. 1

En esta experiencia se trabaja con un conjunto de portaobjetos apilados que refleja la luz proveniente de una linterna. Un polarizador permite analizar el estado de polarización de la luz emergente y determinar el ángulo de Brewster.

### Actividades grupales propuestas.

Las actividades que se enuncian en el Apéndice II tienen como objetivo estudiar una de las fuentes más comunes de luz polarizada: la luz reflejada por un medio dieléctrico. Las experiencias cotidianas de observación a través de anteojos polarizados, de la luz reflejada por el vidrio de una ventana, o por una hoja de papel, o en general por una superficie no metálica, servirán de anclaje para la construcción de las concepciones en esta temática.

Las situaciones problemáticas propuestas generan un marco de trabajo para la reconstrucción colectiva de los modelos científicos que predicen y explican los fenómenos de polarización por reflexión en un enriquecedor interjuego entre los resultados experimentales y las concepciones teóricas.

### Actividad Óptica

El tema de actividad óptica ha sido incluido no sólo por su interés específico en el campo de la óptica, sino también por las múltiples aplicaciones en química y biología, algunas de ellas vinculadas a equipos de control en la industria azucarera, tales como los polarímetros.

Equipos experimentales ( fig. 2 y 3 ) :

1) Erlenmeyer de 250 ml.

filtros de color

solución de sacarosa

lámpara

dos láminas polarizadoras

2) un cilindro de PVC con ventanas de vidrio en sus extremos (conformando un cierre estanco)

solución de sacarosa

proyector o lámpara muy intensa (dicróica)

dos láminas polarizadoras

## Actividades grupales propuestas

En el Apéndice III se enuncian las actividades propuestas para esta temática. Estas permiten a los profesores construir una primera aproximación, a nivel fenomenológico, a una temática muy útil y compleja referida a la interacción de la luz con la materia y las estructuras moleculares. Muchos compuestos orgánicos naturales como el azúcar, el ácido tartárico, el aguarrás, son ópticamente activos en solución o en el estado líquido. En estos casos el poder rotatorio es un atributo de las moléculas individuales.

Los participantes también pueden investigar acerca de la dependencia del ángulo de giro del plano de polarización con: la concentración de sacarosa, la longitud de onda de la radiación empleada y la longitud del tubo, empleando equipos de bajo costo y fáciles de implementar en el aula.

## Birrefringencia

El análisis de las actividades que se proponen, con el equipo experimental que se describe a continuación, facilita a los profesores la comprensión del comportamiento de la luz en un material anisótropo y de los modelos de interacción entre la luz y la materia.

### Equipo experimental ( fig. 4)

\* Cristal de calcita adosado a una placa opaca con orificio (El conjunto está montado en un marco para diapositiva que puede rotar en torno a un eje perpendicular a la placa.

\* Una fuente de luz intensa (proyector de diapositivas)

\* Un polarizador

\* Una pantalla

## Actividades grupales propuestas

En el Apéndice IV se enuncian las actividades propuestas para esta temática.

La discusión de los resultados obtenidos en la experiencia permite:

\* profundizar conceptos como índice de refracción e isotropía, así como su relación con el arreglo de los átomos en la estructura cristalina;

\* comprobar el modelo de interacción de la radiación electromagnética incidente con la estructura cristalina;

\* encontrar aplicaciones al fenómeno de birrefringencia, como la construcción de polarizadores lineales birrefringentes ( prisma de Nicoll, polarizador de Glan-Foucault, prisma de Wollaston) y comprender sus características analogías y diferencias.

## Laminas Retardadoras

Las actividades experimentales propuestas y las preguntas planteadas en el Apéndice V tienen como objetivo generar la discusión grupal acerca de la naturaleza y los principios físicos de las laminas retardadoras.

Se trabaja con distintos materiales que producen diferentes retardos en las componentes de la luz incidente linealmente polarizada. Se analiza el fenómeno, a través de un analizador, de acuerdo a las modificaciones observadas de la luz emergente.

### Equipo experimental (fig.5):

- \* Un conjunto de láminas retardadoras (1. 1/2 y 1/4 longitud de onda) montados en marcos de diapositivas
- \* Portaobjetos, cinta transparente, papel celofán, folio de plástico, mica, láminas delgadas de plástico, etc.
- \* Dos láminas polarizadoras
- \* Linterna de bolsillo

Las actividades propuestas permiten a los participantes:

- \* profundizar la comprensión del modelo de interacción de la radiación electromagnética con la estructura molecular;
- \* poner en evidencia que el resultado de esa interacción depende de la geometría de la estructura molecular y de su posición relativa respecto a la dirección de incidencia de la onda;
- \* distinguir y precisar los parámetros que aparecen en ese modelo, en particular el ángulo de fase entre los dos estado P coherentes constitutivos de una onda polarizada incidente, y el ángulo que forma el vector campo eléctrico E, con algún eje tomado como referencia. Estas cuestiones se prestan usualmente a confusiones.
- \* reconocer el hecho de que el uso de láminas retardadoras permite convertir todo estado de polarización dado en cualquier otro;
- \* conocer qué tipo de materiales (cuarzo, mica, plástico,...) se pueden usar para fabricar láminas retardadoras;
- \* vincular los fenómenos de polarización de la luz con los de interferencia y coherencia luminosa (Cudmani et. al, 1990)

### Resultados Obtenidos en un Taller de Optica Fisica

Esta propuesta se implementó durante el desarrollo de la IX Reunión Nacional de Educación en la Física, con la participación de profesores de nivel secundario, terciario y universitario básico.

Al finalizar el taller los participantes realizaron una evaluación del mismo, a través de una discusión colectiva y de un cuestionario.

Del resultado de esta evaluación se destacan las cuestiones más importantes:

\* el total de participantes considera muy positiva la modalidad propuesta para el proceso de enseñanza-aprendizaje y consideran que ha contribuido a acrecentar y aclarar su comprensión sobre el tema.

\* la mayoría de los participantes valora las experiencias didácticas propuestas, como un recurso eficiente para el aprendizaje de la temática. Sobre este aspecto se destaca la valorización que realizan profesores secundarios al hecho de poder acceder a experiencias fácilmente reproducibles en el aula, realizadas con material de bajo costo, sobre temas "difíciles" para alumnos de la escuela secundaria, por su alto grado de abstracción, tales como interferencia, difracción, polarización, etc.

\* la mayoría de los profesores considera posible transferir aspectos de esta propuesta al aula y manifiestan su motivación para realizarlo.

\* los participantes sugieren focalizar la tarea en una sola temática (por ejemplo: sólo interferencia y difracción, o sólo polarización) a fin de permitir una mayor reflexión y profundización.

## Conclusiones

Además de las conclusiones elaboradas en forma grupal con todos los participantes, y a modo de síntesis, se puede señalar que:

\* La propuesta didáctica planteada como actividades de resolución de problemas permite la revisión de las principales concepciones referidas a los fenómenos de la polarización luminosa, y de interferencia y difracción de la luz.

\* Las experiencias propuestas resultan motivadoras y despiertan el interés para la reconstrucción colectiva de las concepciones.

## Bibliografía

- \* ALONSO, FINN, 1970. Física: Campos y Ondas, Vol. II, Fondo Educativo Interamericano, México.
- \* BERTIN M., FAROUX J., RENAULT J., 1986, Óptica y Física Ondulatoria, Óptica geométrica y física, Fenómenos de propagación, Ed. Paraninfo, Buenos Aires.
- \* BORN M., WOLF E., 1964. Principles of Optics, Pergamon Press, Great Britain.
- \* CRAWFORD F., 1971, Berkeley Physics Course, Vol. 3, De. Reverté, México.
- \* CUDMANI L. C. de, PESA M., 1996, La integración de saberes en la formación de formadores en Física. Enviado a publicación.
- \* CUDMANI L. C. de, PESA M., y otros, 1990, Óptica física básica estructurada alrededor del concepto de coherencia luminosa, De. UNT, Argentina.
- \* DUSCHL R., 1994, Mas allá del conocimiento: los desafíos epistemológicos y sociales de la enseñanza mediante el cambio conceptual, Enseñanza de las Ciencias, Vol. 13 (1).



- \* FALK D., BRILL D., STORK D., 1990, Seeing the light, Ed. Harper and Row, New York.
- \* GIL PEREZ D., 1990, Por una formación permanente efectiva! Del texto La formación de formadores en didáctica de las ciencias, propuestas y materiales para debate, Naw Libres, España.
- \* HECHT E., ZAJAC A., 1977, Optica, Fondo Educativo Interamericano S. A., México.
- \* JENKINS F., WHITE H., 1985, Fundaments of Optics, Mc Graw Hill Co., USA.
- \* LANDSBERG G., 1984, Optica (Tomos I y II), Ed. Mir, Moscy.
- \* PESA M., BRAVO S., CABRERA M. SCIDA L., 1996, Resultados obtenidos en un taller de formación y actualización de profesores en el área de la Óptica Física. Trabajo enviado a publicación.
- \* PESA, CUDMANI, SALINAS, 1992, Los talleres de actualización y formación de profesores. Trabajo presentado a la V Reunión Latinoamericana de Enseñanza de la Física - Gramado, Brasil.
- \* ROSSI B., 1966, Fundamentos de Optica, Ed. Reverté, Buenos Aires.
- \* SCHWAB J., 1973, La educación y la estructura del conocimiento, Recopilación de S. Elam, Ed. El Ateneo, Buenos Aires.
- \* SEARS, 1966, Optica, Ed. Aguilar, España.
- \* SMITH F., THOMSON J., 1979, Optica, Ed. Lumisa, México.
- \* WHEATLEY A., 1991, Constructivist perspectives on science and mathematics learnin, Science Education, Vol 75 (I).

## Apendice I - Preguntas Introdutorias

1- La polarización es una característica de una onda:

- a) electromagnética? b) sonora? c) mecánica en un sólido rígido?
- d) en una cuerda? c) en el agua?

Justifique en cada caso su respuesta.

2- Observe a simple vista la luz reflejada en alguna superficie no-metálica tal como una pared pintada con esmalte sintético, una pared pintada con pintura al agua, o el vidrio de una ventana, el cielo en dirección opuesta al sol, la luz reflejada en el pavimento y la luz emitida por un foco común.

a) ¿Puede decir algo sobre el estado de polarización de la luz que incide sobre su ojo en cada caso?

b) ¿Qué ocurre cuando Ud. observa esos mismos fenómenos a través de un filtro polarizador o polaroide? ¿Qué concluye respecto al estado de polarización de la luz en cada uno de los casos analizados?

3- ¿Qué es un polarizador? Explique.

¿Qué es un analizador? Explique.

4- Suponga un sistema óptico como el de la figura :  
¿Qué características tendrá la luz a la salida el analizador en cada una de las situaciones planteadas?  
(los ejes ópticos del analizador y del polarizador están representados por líneas de puntos). Si es posible haga un esquema para ilustrar cada una de sus respuestas.

5- ¿Por qué los esquiadores utilizan anteojos con cristales polarizados? Explique.

6- Sobre dos polarizadores orientados de tal forma que no transmitan la luz, incide un haz de luz natural. Se introduce un tercer polarizador entre ellos. ¿Se transmitirá la luz? ¿Por qué?

7- ¿Bajo qué condiciones dos haces de luz linealmente polarizados pueden anularse entre sí? Explique.

8-Para que dos haces de luz interfieran dando un patrón observable de franjas claras y oscuras, ¿cual/es de las siguientes condiciones debe cumplirse:

a) estar linealmente polarizados en direcciones paralelas ? b) estar linealmente polarizados en direcciones perpendiculares? c) estar linealmente polarizados en direcciones cualesquiera?

d) no es necesario que estén polarizados?

Justifique sus respuestas tanto en caso afirmativo como negativo.

## Apendice II - Polarización Por Reflexión

1- Ud. observó que la luz reflejada por superficies no metálicas está parcialmente polarizada. Nos proponemos ahora estudiar este fenómeno con mayor profundidad. Para ello se dispone de un conjunto de portaobjetos, una linterna y un polarizador.

a) ¿Qué ocurre cuando se iluminan los portaobjetos y se observa la luz reflejada haciendo rotar el polarizador?

b) Compare el estado de polarización de la luz reflejada en distintas situaciones: incidencia normal, incidencia rasante, ángulos intermedios. ¿ En que ángulo observa el mayor grado de polarización de la luz reflejada?

c) ¿ Qué modelo explica los comportamientos experimentales observados?

d) ¿Por qué utilizó una pila de portaobjetos y no trabajó con uno solo?

2- ¿Coinciden las predicciones del modelo, dentro de los errores experimentales, con sus resultados? Discuta sus conclusiones grupalmente.

## Apendice III -Actividad Optica

Utilizando el equipo de la fig. 2:

a) Coloque una solución de sacarosa en el Erlenmeyer frente a una fuente luminosa y estudie con un analizador el estado de polarización de la luz emergente.

b) ¿Qué observa si hace incidir luz polarizada y monocromática en lugar de luz natural?

c) ¿Cómo explica que el plano de la luz emergente haya rotado en distintas proporciones para una misma solución?. Estudie un modelo fenomenológico que le permita explicar los resultados obtenidos. Discuta sus conclusiones grupalmente.

Utilizando el equipo de la fig. 3:

a) Coloque una solución de sacarosa en la cuba y estudie el estado de polarización de la luz transmitida por la solución.

b) ¿Es necesario que la luz incidente este linealmente polarizada?

c) Investigue el efecto que produce en la luz emergente el aumento de la concentración de sacarosa en la solución. ¿Cómo explica estos comportamientos?

d) ¿Cómo procedería para calibrar el instrumento a fin de medir soluciones de sacarosa de concentraciones desconocidas? ¿Le parece que este efecto tiene aplicaciones prácticas importantes?. Discuta sus conclusiones grupalmente.

#### Apendice IV - Birrefringencia.

1- ¿Qué entiende por refringencia?. ¿Es lo mismo que índice de refracción? ¿Qué entiende por birrefringencia de un cristal?

2- Coloque la placa con el cristal de calcita en el porta slide del proyector y enfoque la imagen del orificio en la pantalla.

a) ¿Qué observa?. Explique

b) Haga rotar el cristal en el soporte cuidando de que no ocurran desplazamientos laterales. Describa y explique lo observado.

c) Interpoga en el camino del haz emergente una lámina polarizadora y rótelas lentamente. Explique qué ocurre.

e) ¿Qué diferencia encuentra entre los haces ordinario y extraordinario?

e) Explique como se relaciona la anisotropía con la estructura cristalina del cristal de calcita.

#### Apendice V- Láminas retardadoras

1 - Haga incidir luz monocromática y linealmente polarizada sobre distintas láminas retardadoras.

a) Analice el estado de polarización de la luz emergente determinando qué tipo de retardo introduce. ¿Por qué es necesario que la luz incidente sea linealmente polarizada y monocromática?. Explique.

b) ¿Cómo procede experimentalmente para investigar si la luz emergente es natural, lineal, circular o elípticamente polarizada?

5 - Interponga un portaobjetos con una tira de CELOFAN en el camino de un haz de luz linealmente polarizado y monocromático.

a) Analice el estado de polarización de la luz emergente. ¿Se comporta el CELOFAN como una lámina retardadora? ¿Qué desfasaje produce? ¿Por qué?

b) Coloque ahora un polarizador y un analizador "cruzados" de tal manera que la intensidad del haz emergente sea mínima. Interponga luego la muestra de CELOFAN entre polarizador y analizador y describa lo que observa. ¿Cómo explica este comportamiento? Ahora rote el analizador y observe cómo se modifica la luz transmitida.

c)Cuál es el rol del polarizador en esta experiencia? ¿Cuál es el rol del analizador en esta experiencia? Explique y discrimine las diferencias de roles.

6 - Con varias capas de polietileno estirado o varias capas de mica o trozos de cinta Scotch pueden construirse láminas retardadoras de distintos tipos. Haga incidir sobre este dispositivo luz polarizada y monocromática (use polarizador y un filtro de color). "Analice" la luz transmitida para distintos ángulos de polarización de la luz incidente.

a) ¿Por qué conviene usar un filtro de color?

b) ¿Bajo qué condiciones obtienen luz linealmente polarizada?

c) ¿Hay algún límite para la cantidad de capas a colocar?

## EXPLORANDO ANALOGIAS PARA O ENSINO DE MATEMÁTICA E DE FÍSICA: AS ENTREVISTAS PRELIMINARES

Tânia C. B. Cabral<sup>27</sup> - Alberto Villani<sup>28</sup>  
Faculdade de Educação, USP, São Paulo, Br  
Instituto de Física, USP, São Paulo, Br

### Introdução

Muitos dos trabalhos sobre ensino e aprendizagem, nas áreas de física e matemática, ditas de formação específica, tematizam a cognição a partir de discussões sobre desenvolvimento de propostas didáticas, elaboração de novas metodologias de ensino, modificação de currículo, estabelecimento de matérias interdisciplinares, alteração dos processos de avaliação [Souza et al., 1995]<sup>29</sup>. O suber específico é a dominante à qual, tudo que diz respeito ao ato de aprender, se articula. Se restringirmos esse conjunto de investigações àquelas em que as concepções do aluno são tematizadas, vemos ser definido o espaço da *mudança conceitual*, com base no construtivismo [Duit, 1996]. O escopo proposto pelos pesquisadores é incentivar e provocar a modificação de conceitos, idéias ou representações, trazidas pelos alunos, em conceitos, idéias ou representações legitimadas pelas comunidades científicas. É nesse campo de pesquisas, o da mudança conceitual, que nos inserimos.

### O modelo de mudança conceitual e algumas críticas

Todavia, as revisões dos trabalhos, tanto no Ensino de Física como na Educação Matemática, indicam ser necessário considerar e incluir mais as dimensões sociopsicológicas e fatores ambientais [Confrey, 1990]. As várias críticas que o MMC sofreu [Rowell, 1989; Confrey, 1990; Strike e Posner, 1992; Villani, 1992; Pintrich et al. 1993; Thorley & Stofflet, 1996], indicam a presença de componentes "subjetivas" – tensões, esperanças, pulsões e "desejos" do aluno. Entretanto, mesmo sob essa perspectiva, algo que diz respeito às relações entre esses seres falantes, implicados no trabalho de sala de aula, é posto em segundo plano. É no entorno deste algo que propusemos uma análise, a partir da qual tentaremos produzir um certo conhecimento.

#### **O que falta ao MMC para constituir um modelo satisfatório?**

Diremos que falta ao MMC explicitar a dinâmica da experiência do aluno que tem início com seu engajamento e prossegue, via uma certa

---

27 Com auxílio da CAPES/DS.

28 Com auxílio parcial do CNPQ.

29 Souza et ali. (1995) mostra que muitas das discussões sobre formação de professores de matemática, em diversos documentos gerados em reuniões científicas no país, têm por núcleo o aspecto cognitivo.

persistência, após e apesar dos sucessos e insucessos parciais. Ao partilharmos das considerações a respeito da necessidade de serem relevadas as conseqüências das relações criadas no processo de aprendizagem, recorreremos à psicanálise, na vertente freudo-lacaniana, para construir uma metáfora fundamental em que é estabelecida uma projeção da experiência analítica sobre a experiência de aprendizagem, a partir dos sujeitos envolvidos [Cabral & Villani, 1996]. Isso nos permite reinterpretar uma postura didática sobre a aprendizagem, em que se privilegia a fala do aluno, onde há um saber.

*Mas, em que consiste o início de uma experiência de aprendizagem e quais são as condições que permitem encetá-la?* Não obstante, ao focalizarmos a experiência de análise clínica, para encontrarmos elementos que auxiliem a esclarecer essa pergunta, esperamos, também, encontrar orientações para uma condução possível da experiência de aprendizagem.

### **As primeiras projeções sobre o processo de aprendizagem**

Na análise, a fala do analisando estimula o aparecimento de esquecimentos e lapsos, peças fundamentais para o trabalho do sujeito, com o auxílio do analista. Da mesma maneira, na experiência de aprendizagem, as confusões e esquecimentos constituem momentos ricos em que o aluno, ao mostrar o que está pensando sobre esse ou aquele conceito científico, pode, com o auxílio do professor, tanto produzir um conhecimento pessoal, que ele acreditava não possuir, quanto se envolver em sua reelaboração. É esse, nosso ponto de partida: a experiência de aprendizagem é caracterizada pela possibilidade de o aluno falar e o professor exercer uma escuta.

### **A entrada nos processos**

Dissertaremos sobre o que constitui a entrada em análise, segundo nosso entendimento, informados tanto pelo nosso próprio processo quanto pelas leituras realizadas. Em seguida apresentaremos quatro "escutas" com que nos deparamos quando prestamos atenção às maneiras do aluno lidar com o saber institucionalizado. Serve-nos para levar o leitor a identificar ocorrências semelhantes em sua própria classe. Passaremos, após, à apresentação das analogias. Convidamos o leitor a, conosco, começar esse percurso que se inicia com as entrevistas preliminares e suas finalidades.

### **As entrevistas preliminares na análise**

O começo do trabalho de análise foi pensado originariamente por Freud a partir da idéia de "tratamento de ensaio", expressão que ele usava para se referir à conformação do trabalho analítico. Lacan estabelece o termo *entrevistas preliminares* para se remeter a um tempo de trabalho, envolvendo analista e "paciente", que precede à análise e,

simultaneamente, a inaugura [Quinet, 1995]. As entrevistas, por vezes, transcorrem por semanas ou meses pois se constituem num trabalho de ajustamento recíproco na direção da análise.

### O contrato oral

O primeiro momento das entrevistas é destinado ao estabelecimento de um contrato oral a respeito do número de sessões, do horário, da eventualidade de faltas e do pagamento, em que são definidas as condições iniciais do trabalho analítico. Como consequência, apontam para o correspondente compromisso.

### A elaboração de uma lógica

Firmadas as condições iniciais, passa-se ao segundo momento das entrevistas. Este se destina ao delineamento do material sobre o qual a análise incidirá. Diremos que é o tempo em que o analisante elabora sua posição lógica que vai desde a explicitação de seu sintoma até a reelaboração dessa queixa, convertendo-a em sintoma analítico, atrelando-o à *transferência analítica*, inauguração de entrada. No que concerne à posição lógica de cada sujeito, pode ser afirmado que cada caso é a reinauguração da psicanálise e, como tal, deve ser tratado na individualidade que lhe concerne. Por outro lado, como se trata de uma relação, inicialmente estabelecida entre dois sujeitos, a parte desse tempo que cabe ao analista, ajuizamos, é a de saber se ele próprio poderá suportar e trabalhar sobre a transferência. Portanto, a decisão do analista de encetar a experiência analítica, vincula-se ao ter de fazer-se suporte do fenómeno de transferência. De qualquer forma, sempre restará uma dúvida no momento dessa decisão, o que lhe retira o carácter conclusivo que se poderia pensar aí existir, porquanto qualquer confirmação relativa à ela, qualquer constatação, só pode ocorrer na posteridade do processo analítico.

### As funções das entrevistas preliminares

Embora as entrevistas preliminares sejam distintas da análise, elas conservam a mesma estrutura e é com base nessa estrutura que três funções são estabelecidas: *sintomal*, *transferencial* e *diagnóstica*<sup>30</sup>.

A *função sintomal*, é assim denominada, por se relacionar ao sintoma do sujeito, aquilo que o faz queixar-se para um analista. Refereremo-nos às insatisfações que podem ser da ordem de lidar com esta ou aquela situação, com esta ou aquela pessoa ou, mesmo, sobre um mal-estar orgânico; não importa, pois a condição da queixa é poder ter um outro, ou algo, a quem endereçar a responsabilidade frente ao caso – responder por certas situações, não é da competência daquele que se

---

<sup>30</sup> No que segue, trataremos das três funções, simultaneamente, por considerarmos, em função da prática, haver uma implicação entre as três funções.

queixa. O trabalho do analista consiste em interpretar, no sentido analítico que o termo exige. Em outras palavras, consiste em levar o indivíduo a perceber sua posição subjetiva com relação ao sintoma; passagem verificada na modificação de uma inquietação, uma insatisfação tornada angústia, para uma evocação de um saber. Complementar à insatisfação do sujeito, diremos, existe a antecipação da existência de um outro (algo ou alguém) a quem se dirigir para acalmar a própria angústia. Deixemos claro. Tanto o ato de queixar-se quanto a alienação no saber do outro, suposição da existência de um mestre, são, num certo sentido, maneiras de o sujeito postergar mudanças: é uma recusa para enfrentar sua própria questão.

Esses são os elementos que definem a *transferência de saber* e sobre os quais o analista tentar encetar um trabalho de análise. "*Trata-se de uma ilusão na qual o sujeito acredita que sua verdade encontra-se já dada no analista e que este a conhece de antemão*" (Quinet, 1995: 30). Esse ponto corresponde à instituição da posição do analista como *sujeito suposto saber*, pivô da transferência, de quem o indivíduo exige a pronúncia de uma verdade sobre seu sintoma. Isso nos remete a outra função das entrevistas preliminares, a *função transferencial*. Em outros termos, trata-se da própria histerização do sujeito que ao exigir um saber do outro, do analista, passa a incluí-lo em seu sintoma. É no transcurso desse tempo que a queixa, a insatisfação, deixa entrever algo que é da ordem do enigma para aquele que está na posição de falante. Porque ao falar, o analisante produz um efeito sobre si próprio, submete-se ao desconhecido, expõe-se, põe-se a nú, percebe-se ser dividido. O sintoma quando transformado em questão passa a ser expressão da divisão do sujeito. Entendemos que a transformação do sintoma em sintoma analítico ocorre quando uma retificação subjetiva, ligada ao tipo clínico em questão, é provocada, pela posição do analista, no analisante. O analista em suas intervenções, nas entrevistas preliminares, leva o analisante a fazer questão sobre sua participação na queixa que o movimenta: Qual seu papel nisso tudo? Você, onde está? E você com isso? Em resumo, a histerização do discurso é aquilo que o analista institui como experiência enquanto estrutura, sempre, como se nos é alertado, sob condições artificiais pois nada é sabido ou compreendido pelo analista a priori. Como afirma Quinet, "*A posição do analista... é uma posição de ignorância... a ignorância doula*" [1995: 31] pois não deve haver por parte do analista uma identificação de si com a posição de saber, ou seja, na análise a pessoa do analista deve se separar da função do sujeito suposto saber.

Nesse momento, é preciso indagar a respeito dessa estrutura que se mostra na fala. Remetemo-nos à *função diagnóstica*. Diagnóstico e processo analítico estão em relação lógica pois aquele serve para dar uma direção este. Coloca-se, assim, a condição de ultrapassagem do plano das estruturas clínicas para que possa haver um trabalho sobre os tipos clínicos, os quais são remetidos a uma estrutura de desejo e não aos



comportamentos que podem ser observados. É a partir desse ponto que o analista pode estabelecer uma estratégia de direção de análise que tem como base a transferência. Diagnosticar a estrutura clínica do sujeito significa por em questão a relação com a "castração". Esta entendida como marca da presença da finitude e da morte, no que o indivíduo reconhece os limites do corpo, sua incompletude e seu próprio assujeitamento a certos significantes enquanto sujeito do desejo. Aceitar a castração significa reconhecer que o desejo fundamental de plenitude não pode ser satisfeito e, portanto, o lugar da falta não pode ser preenchido. Com relação à maneira de se compreender o ato de evitar a castração, Juranville [1987: 214-215] retoma e modifica um dos esquemas iniciais formulados por Lacan sobre a dimensão imaginária em favor de uma teoria das estruturas existenciais fundamentada em "*...identificações imaginárias com os quatro lugares significantes da cadeia do inconsciente*" [ibid: 214]. Portanto, concluímos que é preciso abordar a fantasia, em seu aspecto imaginário, para compreendermos a relação entre o indivíduo e as imagens que ele estabelece com o mundo, com as pessoas, com seus objetos<sup>31</sup>. Nessa formulação, Juranville propõe que às três estruturas existenciais clássicas reconhecidas, neurose, psicose e perversão, uma quarta estrutura seja acrescentada; a saber, a sublimação, tema sobre o qual Lacan trabalhou "*...mas sem jamais fazer dela uma estrutura*" [ibid: 243].

Para completar então a idéia do diagnóstico sobre as estruturas, lembra-nos Quinet [1995] que o lugar do diagnóstico é no registro simbólico, onde o sujeito articula suas relações fundamentais, ao falar. Logo, dessa perspectiva, teremos uma caracterização das maneiras do indivíduo lidar com a castração, através da negação, da seguinte forma. Na estrutura neurótica há o recalque, o sujeito admite ser dividido, mas a falta não é constitutiva dele mesmo, sua conservação tem lugar no inconsciente. Na perversão há o desmentido, ou seja, o sujeito reconhece sua divisão mas ela é costurável, essa forma de negação conserva o negado no fetiche, tornando-se difícil admitir a própria impotência fundamental. A estrutura psicótica caracteriza-se por sonhos de onnipotência, há foraclusão do elemento, tornando impossível sua 'aceitação' mediante um processo de análise, já que não é possível admitir a castração no simbólico; a foraclusão "*...não conserva, arrasa*" [ibid: 23]. Finalmente, com relação a última estrutura proposta, a sublimação, ela é caracterizada por uma certa assunção da castração, mediante uma identificação imaginária com a lei e o Outro [Juranville, 1987: 214-215].

### As entrevistas preliminares na aprendizagem

Assim como o começo da análise é pensado a partir da idéia de "tratamento de ensaio", objetivando o desenho do trabalho,

---

31 Usado no sentido comum.

estabeleceremos o termo **entrevistas pedagógicas na aprendizagem** para nos remetermos a um tempo de trabalho, envolvendo professor e aluno, que precede a aprendizagem e, simultaneamente, a inaugura. As entrevistas se constituem num trabalho de ajustamento recíproco na aprendizagem.

### O contrato de trabalho

O primeiro momento das entrevistas é destinado ao estabelecimento do contrato de trabalho, o qual desempenha melhor seu papel se for escrito. Compromissos de ambos os contratantes são firmados: número de aulas; horário, conteúdo e regras dos exames; sistema de promoção; verificação da avaliação; matéria a ser trabalhada; tarefas de casa e sua devolução comentada; livro texto e disponibilidade para atividades paralelas. Autores têm destacado a importância dessa discussão inicial, entre professor e alunos, em que se fixam as regras do trabalho que deve acontecer em classe, para evitar os mal entendidos e os abusos de poder [Baldino, 1995b]. Esses fatores, quando postos em discussão no início de um processo, tendem a criar uma expectativa de trabalho entre professor e alunos a ponto de evidenciar a distinção entre o papel de provocador e o papel institucional, ambos acumulados pelo professor.

### A elaboração de uma lógica

Da mesma maneira passamos ao segundo momento das entrevistas, que se destina ao delineamento do material sobre o qual o trabalho incidirá. As características das entrevistas preliminares na clínica analítica chamam atenção para possíveis correspondências no caso do ensino de ciências e matemática. A psicanálise ao incluir tanto os processos como a relação entre analisando e análista, em seu objeto explícito de reflexão, parece ir ao encontro das perspectivas mais recentes de ensino que privilegiam a metacognição, ou reflexão, por parte dos envolvidos, sobre o próprio processo de aprendizagem. Entretanto, é necessário um cuidado inicial para que possa ser estabelecido um tratamento adequado, sempre em função do **sujeito aprendente** [Cabral, 1996]. De um lado, o aluno deve passar da demanda passiva de conhecimento para aceitar o compromisso de elaborar algo sobre o saber institucionalizado. Deve retificar sua posição e assumir a responsabilidade na produção de conhecimento. De outro lado, o professor deve ocupar a posição de sustentar o trabalho do aluno a partir daquilo que este sabe e pode fazer. Nesse tempo tanto professor quanto aluno podem definir se querem se envolver numa experiência didática nova, assumindo os correspondentes compromissos, ou se preferem optar por formas tradicionais institucionalizadas.

## As finalidades das entrevistas preliminares na aprendizagem

Diremos que o ambiente de experiência da aprendizagem pode ser consolidado se durante os encontros iniciais, que podem durar um certo período, forem atendidas três finalidades: **problematização, transferência pedagógica e diagnóstico pedagógico.**

A primeira finalidade é a **problematização** de situações, de tal forma que as tarefas a serem executadas pelo aluno se tornem desafios capazes de mantê-lo engajado. Conseguir essa problematização, significa fazer com que as intervenções didáticas incidam sobre o imaginário do aluno. É preciso levá-lo a reconhecer os indícios que apontam para a rotina e a burocracia. Há duas maneiras diferentes de problematizar uma situação: tornando explícita a presença de lacunas de conhecimento ou instaurando conflitos. O primeiro caso ocorre quando o interesse do aluno passa pela apropriação de novos conhecimentos, que complementem os já possuídos, considerados insuficientes [Gil & Carvalho, 1992]. No que concerne à instauração de conflitos cognitivos, esta se realiza quando além de ser descoberta uma contradição o sujeito também está envolvido na tentativa de superá-la. Ou seja, é preciso que o aluno reconheça a existência de uma contradição e queira "resolvê-la". Torna-se tarefa do professor levar o aluno a ter um outro posicionamento diante da "falha" ao transformar a correspondente insatisfação em problema a ser resolvido.

Isso nos leva à segunda finalidade, a saber, a instauração de uma **relação transferencial pedagógica** de maneira que, de início, o aluno acredite no saber científico e didático do professor para, em seguida, ele se ver implicado em seus próprios esquemas preferenciais de justificar. Na literatura, pouca atenção tem sido dada a esse aspecto que parece condicionar, pelo menos no início, não somente o envolvimento do aluno na experiência de aprendizagem, mas também a paralização do processo. O aluno, por vezes, executa as tarefas escolares mais por atender ao pedido e ao "desejo" do professor do que por entender o valor pedagógico aí situado. O aluno tenta reproduzir o discurso do mestre sem realizar uma produção pessoal. O professor, respondendo a essa demanda do aluno, cai na tentação narcisista de se considerar como modelo de produção de conhecimento e considera satisfatório o fato do aluno repetir essa imagem. Esse fenômeno de alienação no saber do professor, que impede a elaboração de um trabalho pelo aluno, é muito comum no ensino tradicional.

Afirmaremos, genericamente, que o interesse do professor pelos processos de mudança é o que sustenta o trabalho do aluno. Mais ainda, é preciso que o professor se dê conta que não deve eliminar as dificuldades ou decepções do aluno, na tentativa de minimizar sofrimentos, pois aprofundar cada problema novo é uma tarefa que parece não ter fim, porquanto há uma dependência das reorganizações do aluno. Nesse trabalho deve ser considerada a possibilidade de fazer com que o aluno se

reconheça implicado nos esquemas que utiliza. É preciso levá-lo a se perguntar: *Por que faço assim? Por que uso sempre esse mesmo esquema? Qual é minha participação nesse processo?* A posição do professor é destinada a se modificar ao longo do processo, à medida que o trabalho do aluno se torne mais autônomo. O professor passa de coordenador a assessor, pois suas expectativas mais específicas devem desaparecer.

Finalmente, levantar as justificações que engendram as concepções alternativas, para que possam ser encontradas atividades didáticas adequadas, capazes de gerar efetivos conflitos cognitivos, é a terceira finalidade das entrevistas preliminares. Aqui denominaremos essa finalidade de **diagnóstica-pedagógica**. Essa função pode ser entendida como procura de traços característicos do aluno que influenciam a tendência ou resistência às mudanças. Ao explorarmos a analogia com o diagnóstico psicanalítico, considerada interessante para fins de condução didática, buscamos delinear **a relação do aluno com os vínculos das leis e dos princípios científicos**. Estes devem ser considerados como conhecimentos parciais, sempre submetidos a modificações, e que não preenchem um “desejo de conhecimento” completo e absoluto. Isto é, como o aluno **nega ou aceita** os princípios com os quais se depara?

A título de explicitar melhor essas idéias apresentamos quatro situações que ocorrem em sala de aula quando nos colocamos na posição de escuta<sup>32</sup>.

O que escutamos quando prestamos atenção à fala do sujeito aprendente?

Escuta 1: O aluno aceita as justificativas de princípios sintetizadores mas verifica-se que parece ter esquecido pois ou volta à justificação encontrada em sua concepção espontânea ou torna a procurar outra coisa.

Escuta 2: O aluno reconhece que existe um princípio, cuja justificação é dada pelo professor, mas verifica-se que ele recusa e volta aos esquemas que estão ligados às justificações sustentadas por um outro em quem deposita seu objeto, aquele que ele toma como referência, distinto do professor.

Escuta 3: O aluno passa de um esquema a outro, passa de uma maneira de justificar a outra, sem se preocupar com a ‘contradição’ que sua fala deixa explícita.

Escuta 4: O aluno aceita falar sobre a contradição que existe entre a justificação que ampara sua concepção e a justificação que engendra um princípio; tenta explicar como pensava anteriormente.

---

<sup>32</sup> Exibimos sob o título *Escuta* a maneira como alguns alunos trabalham em classe. A descrição tem como base os dados que acumulamos em nosso trabalho de campo, realizado em uma turma de Cálculo Diferencial e Integral para alunos do Curso de Física da UNESP, em 1991.

## Que informações fornece-nos a função *diagnóstica-pedagógica*?

As escutas revelam-nos maneiras de o aluno lidar com os vínculos e leis de princípios e modelos. Delas apreendemos algumas relações. A primeira relação, a mais comum, delineamos da seguinte maneira. Os princípios gerais são admitidos enquanto sintetizadores de várias situações, mas não resistem às novas situações por serem redescobertos; o caráter vinculante *a priori* dos princípios parece ser sufocado: o princípio é "recalcado". Uma segunda relação é dada pela admissão de um saber único e absolutamente vinculante, mas pertencente a outros campos e ligado a alguma autoridade relevante; o trabalho científico não tem essa característica nem esse poder, fica submetido às regras externas e seus resultados não têm a capacidade de interferir na visão da realidade do sujeito: diremos que se trata do "desmentido do princípio". Um terceiro tipo de relação, é fornecida pela exclusão da procura de idéias gerais vinculantes; o aluno memoriza, não se prende a qualquer significante pois para ele conta somente o fluxo das percepções imediatas e a idéia de outra coerência parece não exercer qualquer influência em sua aprendizagem: diremos que estamos frente ao "princípio foracluído". Finalmente, existe o aluno que está desde logo à procura do essencial, das regras vinculantes e, tendo encontrado as utiliza sistematicamente: o princípio é "admitido".

### Algumas conclusões

Propusemos uma metáfora e uma projeção da experiência analítica sobre a experiência de aprendizagem, para dar sentido às analogias com que vimos trabalhando. Diremos mais, estamos cômicos de que qualquer que seja a teorização construída sobre analogias, não escapa às restrições impostas por ambos os campos em questão; essa premissa serve para nosso trabalho, em particular. Entretanto, apostamos neste em função do que já realizamos em sala de aulas.

Destacaremos alguns pontos. Resignificamos a mudança conceitual como uma **experiência de aprendizagem** em que devem ser previstas condições para que haja condução e sustentação<sup>33</sup>. Isso implica, por consequência, resignificar o sujeito da cognição: fazemos emergir o **sujeito aprendente**, aquele que trabalha para tanto modificar suas idéias e crenças e argumentações, científicas e não-científicas (a ecologia conceitual), quanto a assumir uma nova posição em relação ao saber científico, passando a se comprometer na procura da sua compreensão. Assim, a mudança conceitual passa a ser entendida não como tratando de levar em *conta fatores pessoais na ecologia conceitual* mas, sim, de levar em **conta fatores conceituais num certo campo**, lugar em que

---

<sup>33</sup> Os aspectos *condução e sustentação*, referentes tanto à experiência analítica quanto à experiência de aprendizagem, são tematizados, com maior profundidade, noutro artigo.

demandas e respostas são postas, **no processo de assujeitamento do sujeito aprendente.**

Salientamos a necessidade de haver uma demanda por parte do aluno a partir de insatisfações. O trabalho sobre essa demanda é necessário para que o próprio aluno se envolva com os saberes em jogo – o saber institucionalizado e o saber sobre sua relação com o primeiro. Nesse sentido a constituição da **relação transferencial pedagógica** torna-se fundamental porquanto, de início, já esteja posta a transferência sobre uma base de reconhecimento da existência de um mestre. O papel do professor sobre a transferência sustenta a experiência de aprendizagem, na qual o aluno é quem deve estar na posição de produzir um saber, evitando sua paralização. Com isso, destacamos o futo de ser necessário devolver a posição de falante ao aluno, para manter seu envolvimento no processo. A posição do professor de sujeito da escuta, de prestar atenção às enunciações do sujeito aprendente, coloca o aluno na posição de enfrentar desafios e conflitos cognitivos, supondo que, no caso particular da experiência de aprendizagem, o professor tenha de suportar a restrição relativa a sua posição – não deixar o aluno ir indefinidamente por caminhos que não levam a lugar algum. Isso possibilita o diálogo sem que o imaginário incida; ou seja, sem que haja censura às idéias e à compreensão referente ao assunto. Observamos que essa estratégia constitui uma ruptura com a visão transmissora do ensino, a qual tem servido para poucos. Instaura-se uma mudança das posições entre aquele que aprende e aquele que ensina. Quem quer aprender, deve falar, revelar suas crenças e justificativas preferenciais e seu esquema de trabalho. Quem quer ensinar deve escutar o aluno e procurar intervir sobre o fluxo dos significantes em que se busca a fixação em novos significantes, compatíveis com o saber científico instituído.

Delineamos as funções e a importância do diagnóstico inicial, ao caracterizarmos suas metas como: **problematização do desconhecido, instauração da relação transferencial pedagógica e a desenho de estruturas básicas de pensamento do aluno a partir de sua relação com princípios científicos.** A explicitação desses pontos também é fundamental para a manutenção e condução da aprendizagem. Para concluir, diremos que a mudança conceitual consiste num processo em que atingem-se os correspondentes esquemas preferenciais e modificam-se as justificações que o sujeito utiliza para sustentar sua fala. Ela atinge, por que não dizer, o gozo do sujeito de fazer funcionar esquemas conhecidos. Por fim, a focalização simultânea de todas as características apontadas no diagnóstico da aprendizagem, chama atenção para a mudança de perspectiva subjacente: **a experiência de aprendizagem é singular, é sempre reinaugurada e inclui a morte de uma parte do sujeito.** Não há como evitar o sofrimento.

## Bibliografia

- BALDINO, R.R. (1995a); Ensino Remedial em Recuperação Paralela. *Revista Zetetiké*, 3(3), 73-95.
- BALDINO, R.R.. (1995b); **Cálculo I, Física, 1995**. Rio Claro (SP): Departamento de Matemática, UNESP. Mimeografado.
- CABRAL, T.C.B. (1993); **Vicissitudes da aprendizagem num curso de Cálculo**. Dissertação de Mestrado, IGCE, UNESP, Rio Claro (SP).
- CABRAL, T.C.B. (1996) Educação & Psicanálise: Buscando Outros Paradigmas. A ser publicado em *Revista Ciência e Educação* (Ciclo de Seminários), UNESP, Campus de Bauru.
- CABRAL, T.C. B. & VILLANI, A. (1995); Mudança Conceitual, Psicanálise e Ensino de Ciências. Versão provisória, IFUSP.
- CABRAL, T.C.B. & VILLANI, A. (1996); Analogias para o Ensino de Física e Matemática: Contribuições da Psicanálise. Trabalho a ser apresentado na 19ª Reunião Anual da ANPED, em setembro 1996.
- CONFREY, J. (1990); A Review of the Research on Student Conceptions in Mathematics, Science and Programming. In Cazden, C. (ed), **Review of Research in Education**, American Educational Research Association, 16, 3-56.
- DUIT, R. (1996); The Constructivistic View in Science Education. What it has to offer and what should not be expected from it. *Investigações em Ensino de Ciências*, 1(1), pp. 40-75.
- DUSCHL, R.A. & GITOMER, D.H. (1991); Epistemological Perspective on Conceptual Change: Implications for Educational Practice. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(9) 839-858.
- GIL, D.P. & CARVALHO, A.M.P. (1992); Tendencias y Experiencias Inovadoras en la Formación del Profesorado de Ciencias. I Taller Subregional sobre Formación y Capacitación Docente en Matemática e Ciências. Caracas.
- GUNSTONE, R.F. (1992); Constructivism and Metacognition: Theoretical Issue and Classroom Studies. In Duit, R.; Goldberg, F.; Niedderer, H. (Eds.) **Research in Physics Learning: Theoretical Issues and Empirical Studies**. IPN. Kiel (D) 129-140.
- JURANVILLE, A. (1987); **Lacan e a Filosofia**. Rio de Janeiro (RJ): Jorge Zahar Editor.
- LACAN, J. (1973); **Le Séminaire de Jacques Lacan. Livre XI: Les Quatre Concepts Fondamentaux de la Psychanalyse, 1964**. Editions du Seuil.
- LACAN, J. (1989); **Escritos**. Siglo Veintiuno Editores, 15ª ed., 2 volumes.
- PINTRICH, P.R.; MARX, R.W. & BOYLE, R.A. (1993); Beyond Cold Conceptual Change: The Role of Motivational Beliefs and

- Classroom Contextual Factors in the Process of Conceptual Change, *Review of Educational Research*, 63(2), 167-199.
- POSNER, G.J., STRIKE, K.A.; HEWSON, P.W.; GERTZOG, W.A. (1982); Accomodation of a Scientific Conception: Toward a Theory of Conceptual Change, *Science Education*, 66(2), 211-227.
- QUINET, A. (1995); **As 4+1 Condições da Análise**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 3ª ed..
- ROWELL, J.A. (1989); **Piagetian Epistemology, Equilibration and the Teaching of Science**. *Synthese*, 80, 141-162.
- SOUZA, A.C.C. DE; TEIXEIRA, M.V.; BALDINO, R.R. & CABRAL, T.C.B. (1995); **Novas Diretrizes para a Licenciatura em Matemática**. *Temas & Debates*, "Formação de Professores de Matemática", SBEM, Ano VII, 7, 41-65.
- STRIKE, K.A. & POSNER, G.J. (1992); **A Revisionistic Theory of Conceptual Change**. In Duschl & Hamilton (Eds.): **Philosophy os Science, Cognitive Science and Educational Theory and Practice**. Albany, NY: SUNY Press, 147-176.
- THORLEY, N.R. & STOFFLET, R.T. (1996); **Representation of the Conceptual Change Model in Science teacher Education**. *Science Education*, 80(3), 317-339.
- VILLANI, A. (1992); **Conceptual Change in Science and Science Education**. *Science Education*, 76(2), 223-237.



## MODELOS DE CAPACITAÇÃO DE PROFESSORES IMPLEMENTADOS PELO CECIMIG/UFMG

João Filocre, Arthur Eugênio Quintão Gomes, Oto Neri Borges  
Centro de Ensino de Ciências e Matemática-CECIMIG/FaE/UFMG  
Setor de Física-Coltec/UFMG

### Introdução

Ao longo dos seus 31 anos de existência, o CECIMIG<sup>34</sup> vem desempenhando importante papel no ensino de ciências em Minas Gerais, como consequência de um intensivo e variado programa de trabalho, cuja abrangência se estendeu a todas as regiões do Estado. Mas, desde o início, a sua atenção tem estado voltada principalmente para a capacitação de professores de Ciências e Matemática em exercício nos ensinos médio e fundamental. Em função da avaliação do efeito dessas atividades sobre o professor, do proveito para a melhoria da sua competência profissional bem como das repercussões na sua prática pedagógica, o modo de atuação do CECIMIG foi sendo continuamente reformulado, resultando na adoção de diversas concepções ou modelos<sup>35</sup> de capacitação.

Neste trabalho procuramos descrever e analisar os modelos característicos e dominantes de três momentos dessa história. As propostas atuais de trabalho aproveitam as experiências anteriores e, na tentativa de superar as suas deficiências e dificuldades, buscam incorporar novidades decorrentes da pesquisa em vários campos, especialmente na área de ensino e aprendizagem. Visam, também, atender às novas demandas sociais por uma escola de qualidade e por professores melhor preparados para o exercício do magistério.

Atualmente, dois modelos de capacitação vêm sendo experimentados: um, destinado ao aperfeiçoamento de 4.000 professores de Ciências e Matemática do ensino fundamental (5<sup>a</sup> a 8<sup>a</sup> séries)<sup>36</sup>; outro, com três variantes, vem sendo utilizado numa disciplina do Curso de Especialização em Ensino de Ciências, no Programa de Educação a Distância<sup>37</sup> e no Programa de Aperfeiçoamento de 3.360 professores de

---

34 O CECIMIG, órgão complementar vinculado à Fac. de Educação da UFMG, foi criado, em 1965, através de convênio celebrado entre o MEC e a UFMG com a finalidade de atuar visando a melhoria do ensino de ciências em Minas Gerais. Na mesma época, foram criados os Centros de Ciências de São Paulo (CECISP), do Rio de Janeiro (CECIGUA), da Bahia (CECIBA), do Rio Grande do Sul (CECIRS) e de Pernambuco (CECINE).

35 Neste trabalho esse termo é usado para indicar a existência de um conjunto de características, idéias e procedimentos que traduzem um modo específico de conceber e atuar na formação de professores.

36 Programa em execução desde agosto/92, com financiamento da SEEMG.

296 37 Em fase de implantação; financiamento SEEMG/FINEP/RNP-CNPq.

oito disciplinas do ensino médio<sup>38</sup> (dos quais 480 são professores de Física). Em ambos os casos, a formulação dos modelos exigiu, além de considerações de natureza teórica relacionadas à área de ensino e aprendizagem, soluções para as questões referentes ao seu gerenciamento, em função da escala de atendimento.

### **Modelo de Treinamento: o Ponto de Partida**

O termo "treinamento" é amplamente utilizado para designar, de forma genérica, cursos destinados ao aperfeiçoamento profissional de professores em exercício. É um termo polissêmico porque pode ser usado para traduzir modos distintos de conceber esse aperfeiçoamento e de realizá-lo. KRASILCHICK[1], por exemplo, identifica e caracteriza três concepções que chama de "cursos de atualização", "cursos de imitação" e "cursos analítico-participativos".

No caso do CECIMIG, esse termo tem uma conotação muito bem determinada e marcada por duas circunstâncias presentes quando da sua criação. Em primeiro lugar, o predomínio de uma visão tecnicista de educação, durante as décadas de 60 e 70, cujos pressupostos eram a objetividade do conhecimento, a neutralidade científica e a possibilidade de controle do processo de aprendizagem e cujos valores eram os princípios de organização, planejamento, eficiência e produtividade. Para ela, o sucesso na aprendizagem do conhecimento científico está garantido fundamentalmente pela escolha e utilização dos melhores recursos didáticos e do método de ensino adequado a cada aluno e a cada conteúdo. Em segundo lugar, a forte influência dos chamados "grandes projetos de ensino" (especialmente o PSSC<sup>39</sup> e o BSCS<sup>40</sup>) que estavam em evidência naquela época. Esses projetos, desenvolvidos na década de 50, constituíram um marco no ensino de ciências e lograram alcançar grande repercussão em nosso meio educacional.

Nessa época, vivia-se no Brasil um momento de grande insatisfação com o ensino de ciências então ministrado nas nossas escolas. Considerado essencialmente livresco, dogmático e sem nenhuma preocupação com as atividades experimentais, esse ensino precisava passar por transformações profundas. Esse clima favorecia a proliferação das novas idéias e métodos que já circulavam em outros países, razão pela qual cientistas de renome acabaram por se envolver na tarefa de tradução de livros didáticos de ciências mais atualizados e mais de acordo com a nova visão de ensino que se desejava implantar. Assim é que, por exemplo, os físicos J. Tiommo e J. Leite Lopes, em 1955, traduzem o livro

---

38 Física, Química, Biologia, Matemática, Português, História, Geografia e Inglês; projeto em fase inicial de implantação.

39 O PSSC (Physical Science Study Committee) foi desenvolvido por uma equipe que reuniu cientistas, professores, psicólogos, escritores, fotógrafos, técnicos em filmagem e outros, num total de 282 pessoas cujos esforços estavam voltados para produzir um novo curso de Física para a escola secundária norte-americana.

40 BSCS: Biological Science Curriculum Study, também norte-americano.

"Física na Escola Secundária", de O. H. Blackwood et alii, e o IBCEC, em 1961, inicia a tradução do material do PSSC.

É no bojo desse movimento de renovação que o MEC, em 1965, acaba criando os seis Centros de Ciências, já mencionados, com a finalidade de facilitar a adoção dessas novas idéias e a disseminação da cultura científica em nosso país. É nesse contexto e com essa finalidade que esses Centros de Ciências passam a implementar um intenso plano de divulgação de novos materiais de ensino (alguns produzidos pelos próprios Centros) e de treinamento de professores para sua utilização adequada em sala de aula.

O termo treinamento assume, portanto, um sentido muito preciso: a preparação de professores para aplicação de materiais didáticos produzidos por especialistas altamente capacitados, tendo por finalidade a renovação do ensino de ciências. Essa preparação deveria se dar em larga escala, procurando atingir o maior número de professores no menor intervalo de tempo possível, através de cursos de curta duração. O pressuposto, em relação aos novos materiais didáticos, era o de que se ajustavam às mais diferentes realidades, em razão dos seus princípios organizadores.

O CFCMIG participou intensamente desse momento, contribuindo para disseminar os projetos de ensino estrangeiros e nacionais, especialmente os produzidos pela sua própria equipe ou pelos demais Centros de Ciências, tendo promovido, no intervalo de 10 anos (de 1976 a 1986), 240 cursos de treinamento nas mais variadas modalidades e durações, num total de aproximadamente 15.000 ha, atingindo a 9.500 professores dos ensino médio e fundamental<sup>41</sup>

Uma análise dos cursos de treinamento desenvolvidos nesse período inicial (de 1965 a 1983) e dos materiais didáticos utilizados permitem identificar um conjunto de características que justifica o uso, neste trabalho, da expressão "modelo" de treinamento. Em linhas gerais, eram os seguintes os seus traços distintivos:

- máxima centralização na concepção, no planejamento e na execução do programa de treinamento;
- máximo controle do processo pedagógico, através de minucioso detalhamento dos meios, dos materiais e dos passos necessários à implementação de cada ação;
- máxima reprodutibilidade, através (ou às custas) da descontextualização do conhecimento e dos materiais didáticos;
- máxima confiabilidade, através da definição e adoção de métodos objetivos e meios padronizados;

---

<sup>41</sup> Relatório da Comissão instituída pela Portaria n° 957/86, de 18/06/86, do Reitor da UFMG, com a finalidade de proceder um levantamento das ações desenvolvidas no âmbito dessa Universidade em apoio ao ensino de ciências e avaliar as suas repercussões no ensino de 1° e 2° graus.

- máxima abrangência e máxima rapidez na difusão, através de cursos de treinamento de curta duração e emergenciais destinados a grande número de professores.

À equipe de especialistas constituída para trabalhar nesses programas de treinamento cabia responder pelo planejamento e execução de todas as suas etapas e ações; definir metas, objetivos e estratégias de ação; dar fundamentação teórica à proposta de ensino; produzir os materiais destinados à orientação e formação dos professores; conceber, produzir e testar todos os materiais e recursos didáticos a serem adotados nas escolas e acompanhar a implementação do novo método de ensino nas escolas.

Aos professores cabia participar dos cursos de treinamento que, se bem sucedidos, deveriam torná-los capazes de reproduzir com a máxima fidelidade os procedimentos e métodos definidos pela equipe de planejamento. Deles não se exigia que avaliassem criticamente o que lhes estava sendo entregue; não se solicitava que testassem nas suas escolas a adequabilidade dos métodos e dos materiais produzidos e não se cogitava que as suas crenças e preferências, as suas necessidades e desejos, em suma, a sua cosmovisão pudesse de algum modo interferir no processo de transformação e renovação do ensino de ciências tão cuidadosamente planejado. Do mesmo modo, o conhecimento prévio dos alunos e as suas limitações e possibilidades cognitivas não eram determinantes na definição dos materiais e métodos produzidos.

A propósito, é oportuno salientar o comentário de GIROUX[1]: *“Ao invés de promover uma compreensão de conceitos por parte do professor, esses “pacotes” curriculares separam a concepção da execução. Em outras palavras, objetivos, habilidades, práticas pedagógicas e modos de avaliação são embutidos e pré-definidos no próprio programa de currículo. O papel do professor fica reduzido a simplesmente seguir regras.”*

São previsíveis as dificuldades que esse modelo acabou por enfrentar. Por isso mesmo, ao final da década de 70 já se sabia, através das avaliações realizadas pelo CECIMIG, da sua pouca eficácia: os resultados concretos não correspondiam ao esforço realizado. Essa conclusão parece contrariar um ponto de vista ainda comumente admitido, mesmo no âmbito universitário, segundo o qual a melhoria do ensino passa pelo treinamento dos professores na utilização de materiais didáticos previamente elaborados e na aplicação de métodos de ensino bem determinados.

Os defensores desse modelo de capacitação argumentam que tais cursos são eficazes por provocarem mudanças imediatas em sala de aula e apontam como indício do seu sucesso o engajamento dos professores nas atividades planejadas e executadas durante o processo de treinamento. O que se pode dizer a esse respeito é que, ao contrário do que advoga o senso comum, esse modelo de capacitação produz pouco efeito sobre os professores. As avaliações realizadas pelo CECIMIG mostraram que

mesmo os conceitos "espontâneos" que os professores possuíam antes do treinamento permaneciam inalterados, indicando que o mero treinamento não pode sequer garantir o aumento de competência em relação ao domínio do conteúdo disciplinar.

Esse modelo de capacitação falha porque ignora o professor enquanto um sujeito que pensa e porque menospreza a resistência que ele oferece a mudar o seu conhecimento e o seu ponto de vista sobre os meios e os modos mais adequados para ensinar ciências. Ignora que o conjunto de conceitos e preconceitos que o professor utiliza constitui uma cosmovisão que justifica, a nível da consciência individual, um conjunto de critérios de valoração de ações e práticas. Nessa cosmovisão é que o professor fundamenta sua ação pedagógica e suas interações com o mundo físico e cultural.

Mas esses cursos de treinamento falhariam, segundo FILOCRE[3], "mesmo quando fossem bem sucedidos no seu propósito de treinar os professores no uso de materiais e métodos, pois acentuariam a sua dependência mantendo-os incapazes de selecionar, decidir e propor os meios e instrumentos mais adequados a cada situação". Isto é, através do modelo até então adotado não se consegue superar um dos principais problemas da nossa educação escolar: a pequena autonomia do professor.

Partindo dessa avaliação, a equipe do CECIMIG decidiu reorientar a sua linha de atuação, incorporando ao novo modelo de capacitação uma relação mais cooperativa entre a equipe executora e os professores, com o que se abriu espaço para que pudessem ter uma participação mais rica e ativa no seu processo de desenvolvimento pessoal e de organização da sua atividade pedagógica.

### Modelo de Assessoria Orientada: um passo adiante

A partir de 1980, começam a se registrar, ainda que de maneira tímida, algumas tentativas de inversão do enfoque tecnicista que vinha caracterizando as ações do CECIMIG. As mudanças políticas e sociais que começam a surgir requerem novas prioridades no campo da educação que ultrapassam as demandas meramente quantitativas, passando a exigir também melhorias qualitativas. O MEC, em consonância com as diretrizes emanadas da sua política educacional<sup>42</sup>, estabelece programas que visam a melhoria da qualidade do ensino de Ciências, criando, 1983, o Subprograma "Educação para a Ciência"-SPEC. A implantação desse Subprograma coincide com um momento crítico na vida do CECIMIG que, além da necessidade de reformular o seu modelo de capacitação, enfrentava o problema de definição do seu *status* institucional na UFMG<sup>43</sup>.

42 Diretrizes expressas no III PSECI-Plano Setorial de Educação, Cultura e Desporto, para o período 1980-1985.

43 Com a rescisão do convênio UFMG/MEC, em 1979, que assegurava o funcionamento regular do CECIMIG, a sua existência na Universidade ficou ameaçada e o

O apoio recebido do SPEC constituiu um marco e um estímulo importante para a introdução de uma nova concepção de trabalho junto aos professores, passando dos cursos de treinamento para o **modelo de assessoria orientada**. É interessante notar que o projeto enviado ao SPEC intitulava-se, de início, "Treinamento em Serviço de Professores de Ciências de 1º Grau na Orientação de Trabalhos de Investigação Científica", para logo a seguir mudar para "Treinamento de Professores de Ciências de 1º Grau". O termo "treinamento" só é abandonado ao final do projeto que é renovado, em 1986, como "Assessoria a Professores de Ciências de 1º Grau"<sup>44</sup>[4]. Isso mostra que a idéia de "assessoria" não se constituiu e não se impôs de imediato, mas foi surgindo e se estruturando gradativamente; mostra também a dificuldade de se abandonar um modo de proceder já estabelecido, apesar da disposição e das razões para fazê-lo.

O ponto de partida para a constituição do modelo de assessoria é a admissão de que os professores são pessoas que, apesar das possíveis deficiências e dificuldades, possuem experiência profissional e bagagem cultural, assumem responsabilidades e são merecedores da confiança da comunidade em que vivem. Essa é a grande lição que a equipe do CECIMIG extraiu das inúmeras viagens a todos os recantos de Minas. Conhecer o contexto em que vivem e as condições objetivas em que trabalham é indispensável para o passo seguinte: ajudá-los a organizar as suas ações e idéias, levando-se em conta a multiplicidade de fatores que afetam o seu desempenho.

Do ponto de vista funcional, o modelo de assessoria se desenvolvia do seguinte modo:

- organização dos professores em pequenos grupos de não mais de 16 membros;
- designação de um orientador para cada grupo, o qual deveria ser membro da equipe do CECIMIG e ter qualificação e experiência na área;
- levantamento de interesses e dificuldades dos professores e das suas experiências profissionais;
- definição dos temas a serem estudados e desenvolvidos, tendo-se a preocupação permanente de se discutirem questões relacionadas à sala de aula e de se aprofundar o domínio do conteúdo disciplinar através de uma forte base fenomenológica;
- realização de pelo menos 30 encontros semanais por ano, durante dois anos.

Esse esquema de trabalho introduziu um novo tipo de relação, mais cooperativa, entre a equipe executora e os professores, abrindo espaço

---

seu funcionamento comprometido. Somente em 17/12/87, o Conselho Universitário aprovou a incorporação do CECIMIG à estrutura da UFMG como órgão complementar vinculado à Faculdade de Educação.

<sup>44</sup> Avaliação desse Projeto foi objeto da dissertação de mestrado de Mazzilli (vide bibliografia).

para que eles tivessem uma participação mais rica e ativa no processo de organização da sua atividade pedagógica. Os docentes-orientadores não têm, nos encontros periódicos semanais, a preocupação de fornecer soluções prontas e imediatas para os problemas vividos pelos professores nas suas escolas. Ao contrário, procura-se capacitá-los para traçar o seu próprio planejamento de curso e a "redesenhar" sua atuação em sala de aula, visando obter melhores resultados com os limitados recursos que dispõem no seu local de trabalho. A idéia central é abrir um espaço de diálogo em que o professor encontre condições favoráveis para repensar a sua prática, trocar experiências com seus colegas, avaliar o seu desempenho profissional e para se engajar num processo de busca pessoal que o torne mais autônomo, mais disposto à mudança e mais significativa, organizada e eficaz a sua ação em sala de aula.

Mas por que aumentar a autonomia do professor é desejável? Uma primeira razão se deve ao fato de que não há uma tradição suficientemente estabelecida que determine o que ensinar e como ensinar ciências. E, mesmo que houvesse, ela estaria permanentemente sujeita a mudanças e revisões, como decorrência do avanço da ciência e da tecnologia e das transformações sociais. O dado de realidade contempla múltiplas maneiras de organizar o ensino de ciências, e a proliferação de propostas curriculares diferentes, nos últimos 30 anos, é uma evidência disso: propostas baseadas na estrutura da ciência, na contextualização histórica e cultural, nos processos e práticas da ciência, na abordagem da ciência integrada, no modelo CTS<sup>45</sup>, na exploração de objetos tecnológicos do cotidiano, na atividade experimental etc.

As pesquisas de avaliação das repercussões desses projetos na sala de aula apresentam resultados divergentes e mesmo inconclusivos. No entanto, algumas certezas gerais vem sendo estabelecidas, como nos informa HODSON[5]: *"...talvez a única conclusão firme que pode ser estabelecida sobre os cursos atuais é que alguns professores têm obtido sucesso em alcançar algumas metas, utilizando alguns dos currículos, com alguns estudantes..."*.

Essa conclusão aparentemente frouxa na verdade sinaliza o papel fundamental que o professor deve desempenhar no ensino de ciências, pois a opção por um material didático ou outro, por uma forma de abordagem ou outra, por uma filosofia curricular ou outra deverá ser feita por ele. E ele faz isso levando em conta as suas convicções pessoais, as características dos seus alunos e as condições concretas de trabalho em que atuará. Mas, para que possa fazer tais opções o professor precisa sentir-se confiante na sua capacidade de decidir para sentir-se seguro das suas escolhas. Isso não é possível se ele não é autônomo intelectualmente, isto é, capaz de formular o seu próprio ponto de vista, justificá-lo, compará-lo com outros e modificá-lo se necessário for.

A não ser desse modo, a adoção de um material didático não significa adesão ou concordância com os seus pressupostos teóricos e metodológicos. E isso está na raiz do insucesso de se tentar modificar o ensino através do treinamento dos professores: se não há adesão ao marco teórico que o justifica, é alto o risco de deturpação do espírito original da proposta de ensino, o material adotado passando a ser utilizado apenas como mais um diferente ou conveniente livro-texto.

Avaliar a adaptabilidade de uma proposta curricular às condições em que atua, bem como judiciosamente decidir sobre sua capacidade de executá-la com algum grau de fidedignidade ou mesmo de promover as adaptações necessárias é responsabilidade do professor, e para isso ele deve ser preparado. Coloca-se, portanto, de novo, a questão da autonomia e de quão seguro ele se sente perante suas responsabilidades profissionais. Autonomia e segurança são categorias fundamentais na formação tanto do professor como dos alunos. Uma das metas desejáveis de todo curso de ciências deve ser a preparação para o exercício pleno da cidadania, e isso não é possível sem autonomia e segurança das suas capacidades.

Se essa é a meta, formar professores significa capacitá-los quanto ao domínio do conteúdo que irão lecionar e, também, provocar transformações no conjunto de idéias e valores que constituem a sua cosmovisão. Para isso, é preciso organizar o modelo formativo com base em referenciais teóricos que permitam uma compreensão mais satisfatória desse processo de mudança conceitual pelo qual o professor deverá passar. Por isso mesmo, o modelo de assessoria orientada procura propiciar ao professor ocasiões de reflexões críticas sobre as suas idéias e procedimentos, de tomadas de consciências do seu modo de agir e pensar. Busca também favorecer situações nas quais haja explicitação de contradições e lacunas, favorecendo a desequilibração da sua estrutura conceitual e o questionamento dos seus valores, sempre com o cuidado e o respeito devidos, sempre na esperança de que ele se torne uma nova pessoa através do esforço de tentar um novo equilíbrio. O que se sabe sobre mudanças dessa natureza é que são fruto de um persistente e contínuo trabalho e, desse modo, não podem ser alcançadas por meio de cursos esporádicos e de curta duração.

Esse modelo vem sendo utilizado desde 1983 e, pelos resultados que vem apresentando, continua até hoje sendo adotado. No período de 1983 a 1992, foi aplicado a professores de ciências da rede estadual de ensino da capital e do interior do estado. Uma avaliação cuidadosa e criteriosa da sua implementação, dos seus efeitos sobre os professores e dos resultados em sala de aula foi realizada por MAZZILLI<sup>1</sup>, como objeto de pesquisa da sua dissertação de mestrado.

Em 1992, face à nova realidade política em Minas, novas demandas relativas à formação de professores foram apresentadas à UFMG pelo governo estadual. Ao CECIMIG coube procurar atendê-las, no que tange ao ensino de ciências e matemática. A novidade que levou à necessidade



de formulação de um novo modelo de capacitação foi a escala de atendimento apresentada: 3.600 professores. O modelo de assessoria orientada mostrou bons resultados para se trabalhar com pequeno número de professores, devido ao seu caráter quase "artesanal". Nessa nova escala, surgem dificuldades de natureza distinta das que o CECIMIG estava habituado a enfrentar, relacionadas à própria administração e gerenciamento, que não poderiam ser ignoradas no plano de capacitação.

### Modelo de Complementação Formativa: trabalho com grandes números

Desde 1991, cinco áreas de atuação vem constituindo as prioridades básicas da política da Secretaria de Estado da Educação de MG: a) autonomia da escola; b) fortalecimento da direção da escola; c) **capacitação de professores** e novo plano de carreira do magistério; d) avaliação do sistema de ensino e e) integração com os municípios. Em razão dessa política, o CECIMIG, em 1992, foi solicitado a colaborar com o governo estadual no esforço de capacitar 3.600 professores de ciências e de matemática, de 5ª a 8ª séries do ensino fundamental, visando a melhoria da qualidade da educação nas escolas mineiras.

A resposta a essa demanda se traduziu no "Programa de Aperfeiçoamento de Professores de Ciências e Matemática da Rede Estadual de Ensino", cuja implementação viabilizou-se com a assinatura de convênio entre a UFMG e a SEEMG, em julho/1992.

Devido ao pouco tempo para o planejamento e preparação do Programa e em função do pouco conhecimento a respeito dos milhares de professores que dele iriam participar, optou-se, num primeiro momento, pela oferta de um curso de caráter mais tradicional (exceto pela ênfase na atividade experimental, no caso de ciências), de 180 h divididas em quatro módulos de 45 h. Esses módulos seriam cursados pelos professores em quatro semestres consecutivos, em cada um dos quais eles permaneciam durante uma semana alojados na Fundação Helena Antipoff, em Ibitê, um município da região metropolitana de Belo Horizonte. Durante a execução dos quatro módulos dessa primeira fase do Programa, deveriam ser realizados estudos e levantamento de dados visando um melhor conhecimento dos professores e das suas demandas, pois, o conhecimento rigoroso de uma situação é condição indispensável para uma intervenção pertinente e conseqüente. Somente desse modo, a segunda fase do Programa, que teve início em agosto/96, poderia vir a se desenvolver segundo um modelo que atendesse às suas características e necessidades.

Esse estudo foi feito através de uma pesquisa de análise de necessidades na formação de professores. A aproximação operacional ao conceito de necessidade foi feita adotando-se, como KAUFFMAN[6], a idéia de necessidade enquanto discrepância ou lacuna: *"necessidade é uma discrepância mensurável entre os resultados atuais e os resultados*

*esperados ou considerados convenientes*". A necessidade é concebida, portanto, com a distância entre dois estados: o estado atual (que se pretende modificar) e o estado desejado (que se almeja alcançar).

Em função da adoção da idéia de necessidade como uma discrepância entre dois estados, foi utilizado como modelo de análise de necessidades formativas o Modelo de Discrepâncias (KAUFFMAN, 1973) que comporta três componentes ou momentos: a) estabelecimento de objetivos (identificando o que deve ser): numa primeira fase, determinam-se os objetivos a partir das expectativas de performance; b) medida de resultados (determinando o que é): a segunda fase consiste na medida das condições existentes ou o estado atual; c) identificação de discrepâncias (hierarquizando as diferenças entre o que deve ser e o que é): finalmente identificam-se as discrepâncias entre os objetivos e o estado atual.

O principal instrumento utilizado para se fazer um diagnóstico da realidade foi um questionário apresentado a todos os professores. Através da análise das respostas apresentadas tornou-se possível traçar um perfil dos professores de ciências e matemática (de 5ª à 8ª série) da rede estadual de ensino. Esse perfil inclui informações sobre sua origem social, formação acadêmica, vida profissional, condições de trabalho, situação econômica, recursos e métodos didáticos utilizados e sobre os temas de interesse a serem tratados em cursos futuros. Embora se pretenda publicar esses resultados em outro trabalho, convém apresentar alguns dados mais salientes relativos aos professores de ciências<sup>46</sup>:

- idade média: 39 anos; sexo: 79% são do sexo feminino; habilitação: 16 % não possuem; 31%, uma; 53%, mais de uma habilitação; situação funcional: 64% são efetivos; 36%, contratados; 87% vivem apenas do magistério; 81% trabalhava durante o curso de licenciatura; 77% ganham até 10 salários mínimos; 78% são filhos de pais que, no máximo, concluíram a 4ª série do 1º grau; 70% lecionam na rede estadual a menos de 10 anos; 43% lecionam mais de uma disciplina; apenas 5% se sentem com muita segurança para ensinar o conteúdo de Física; 11%, o de Química e 28% o de Biologia; apenas 4% realizavam experimentos sobre tema de Física; 6%, de Química e 14%, de Biologia;
- quanto aos temas de maior interesse, mais de 50% assinalaram técnicas gerais de laboratório e conteúdos de Biologia; de 40 a 50%, escolheram educação ambiental, metodologia de ensino de ciências e informática; temas relativos à história da ciência e ao processo de construção do conhecimento pela criança e pela ciência estão entre os menos procurados apesar de, em outra pesquisa (em andamento), 70% se declarar construtivista.

---

<sup>46</sup> Dados relativos a uma amostra de 603 professores de ciências, dos 1600 participantes do Programa de Aperfeiçoamento.

De posse desse quadro, e tendo em vista o elevado número de professores e a multiplicidade de interesses e deficiências que foram sendo constatadas através de avaliações semanais aplicadas durante os quatro módulos, passou-se à tarefa de elaborar um modelo que considerasse esses dados e, ao mesmo tempo, procurasse preservar ao máximo os princípios contidos no modelo anterior de assessoria orientada.

A idéia geradora do novo modelo foi encontrada em VILLANI (1988[7] e 1989[8]) onde é apresentada uma proposta de organização curricular de um curso de licenciatura em Física. Feitas as adaptações necessárias, foi proposta à SEEMG o "Programa Permanente de Aperfeiçoamento de Professores de Ciências e Matemática", e iniciada a sua execução em agosto/95. Esse Programa desenvolve-se segundo um modelo chamado de complementação formativa porque aos professores nesse admitidos é oferecido um leque de 73 cursos dos quais cada um deles pode escolher quatro, a cada dois anos, segundo o seu interesse e necessidade. Esses cursos integram o Catálogo de Cursos enviado a todas as 6.000 escolas estaduais de 1º grau e a todos os 3.600 professores que participaram da primeira fase.

A construção desse Catálogo de Cursos respeitou uma visão de formação de professores que, segundo VILLANI deve incluir o domínio de conteúdos científicos e de conteúdos educacionais, os primeiros referindo-se aos aspectos da ciência específica a ser tratada e, os segundos, às questões relativas à aprendizagem, ao ensino e às questões educacionais mais abrangentes. Os conteúdos científicos devem contemplar três aspectos principais: o formal, o empírico e o heurístico; os conteúdos educacionais são de três tipos: psicológico, metodológico e sociológico, o primeiro dizendo respeito principalmente às questões sobre o desenvolvimento e a aprendizagem, o segundo, ao ensino e à "arte de ensinar" e o terceiro às relações sociais e institucionais.

A partir desses critérios foi elaborado o seguinte sistema de categorias para classificação dos cursos oferecidos aos professores<sup>47</sup>:

CATEGORIA	ÊNFASE	ABORDAGEM	CONTEÚDO
	FORMAL	1.1.1 - TEÓRICA	produtos, métodos e linguagens da ciência
<b>Conteúdo Científico</b>	HEURÍSTICA	1.2.1 - HISTÓRICA / EPISTEMOLÓGICA	gênese e desenvolvimento de conceitos, modelos e teorias

EMPÍRICA	1.3.1 - EXPERIMENTAL / APLICATIVA	atividades experimentais; aplicações práticas e tecnológicas
----------	-----------------------------------	--

PSICOLÓGICA / EPISTEMOLÓGICA	2.1.1 - TEÓRICA	teorias de aprendizagem, de desenvolvimento e teorias do conhecimento
	2.1.2 - APLICATIVA	senso comum e concepções espontâneas; a dinâmica do conhecimento em sala de aula

Conteúdo Educacional	METODOLÓGICA	2.2.1 - TEÓRICA	métodos e técnicas de ensino; recursos auxiliares; técnicas gerais de laboratório de ensino; modelos de ensino e enfoques curriculares; avaliação da aprendizagem
		2.2.2 - APLICATIVA	análise, desenvolvimento e implementação de propostas curriculares; desenvolvimento de projetos de ensino; análise de textos didáticos

SOCIOLÓGICA	2.3.1 - GERAL	escola e sociedade: política educacional; função social da escola e do ensino de ciências e matemática
	2.3.2 - ESPECÍFICA	análise de relações e de práticas pedagógicas;

O quadro seguinte informa a distribuição dos 73 cursos constantes do Catálogo de Cursos.

CATEGORIA	ÊNFASE	ABORDAGEM	Nº DE CURSOS
-----------	--------	-----------	--------------

FORMAL	1.1.1 - TEÓRICA	12
--------	-----------------	----

Conteúdo Científico	HEURÍSTICA	1.2.1 - HISTÓRICA / EPISTEMOLÓGICA	02
---------------------	------------	------------------------------------	----

EMPÍRICA	1.3.1 - EXPERIMENTAL / APLICATIVA	29
----------	-----------------------------------	----

PSICOLÓGICA /		
---------------	--	--

		2.1.1 - TEÓRICA	0
		2.1.2 - APLICATIVA	04
Conteúdo Educacional	METODOLÓGICA	2.2.1 - TEÓRICA	04
		2.2.2 - APLICATIVA	22
		2.3.1 - GERAL	0
		2.3.2 - ESPECÍFICA	0

É interessante notar que, ao examinar as ficha de inscrição dos professores, na qual eles assinalavam os 4 cursos da sua preferência, verificou-se que:

- curso mais procurado foi o de Introdução à Informática (1.200 de 4.000 professores);
- o número de inscrições nos cursos que tratavam de temas de Biologia, como já se esperava, foi muito maior que naqueles que tratavam de Física ou de Química, embora os professores, na quase totalidade sejam formados em Ciências Biológicas;
- o número de pedidos de inscrição nos 4 cursos que tratavam de conceitos espontâneos não alcançou, em cada caso, o número mínimo (25 alunos) para se constituir uma turma.

Esse modelo encontra-se em fase inicial de implantação.

### Modelo de Projetos de Ensino: uma experiência em andamento

O modelo de capacitação de professores através do desenvolvimento de projetos de ensino decorreu, em parte, dos resultados do modelo de assessoria orientada. Neste caso, alguns grupos de professores concluíam o estudo de um tema apresentando um conjunto de materiais didáticos elaborados ou selecionados por eles. Assim, preservando os mesmos princípios norteadores desse modelo, surgiu a idéia de se organizarem grupos de professores para desenvolverem, sob a orientação de docentes da UFMG, atividades previamente determinadas e organizadas na forma de projetos de ensino. Um projeto de ensino abrange a elaboração de textos didáticos, recursos audiovisuais, softwares educativos, hipertextos com recursos de multimídia, materiais experimentais, análise de propostas curriculares etc.

Esse modo de conceber a capacitação de professores tem mostrado o seu valor no Curso de Especialização em Ensino de Ciências que o CECIMIG mantém desde 1991. Inicialmente, o seu regulamento previa, além dos créditos de disciplinas, a apresentação de monografia como condição para a conclusão do Curso. O que se verificou, ao longo dos três

primeiros anos foi a enorme dificuldade que os professores encontravam para elaborar e desenvolver o seu projeto de Trabalho Final, o que respondia pelo alto índice de evasão. A solução encontrada foi a criação das disciplinas "Desenvolvimento de Projetos de Ensino I, II e III", que tem por objetivo orientar o professor, individualmente ou em grupo, a elaborar o projeto, executá-lo, analisar os resultados e apresentar um relatório. Além de ter regularizado o fluxo de entrada e saída de alunos no Curso, esse modelo de capacitação apresentou resultados além do esperado, como o alto percentual de professores que se animam a candidatar-se ao mestrado em Educação (uma evidência da confiança que adquiriram em si mesmos) e os produtos didáticos (vídeos, materiais didáticos, artigos, softwares etc).

Esses bons efeitos sobre o professor animaram a equipe a estender essa experiência aos cursos de licenciatura. Assim, em conjunto com o ICEx - Instituto de Ciências Exatas, responsável pelas Licenciaturas em Física, Química e Matemática, com o ICB - Instituto de Ciências Biológicas, responsável pela Licenciatura em Ciências Biológicas e com a Faculdade de Educação foi elaborado o "Programa de Apoio à Formação de Professores e à Docência em Ciências e Matemática nos Ensinos Médio e Fundamental", enviado e aprovado pelo SPEC em 1995 e em fase de implantação. Pretende-se, ao longo de 1996, desenvolver pelo menos 16 projetos, abrangendo um total de 54 licenciandos e 24 professores dos ensinos médio e fundamental.

Trabalho semelhante está planejado para ser realizado junto à SEEMG, com 3.340 professores de oito disciplinas do ensino médio: Física, Química, Biologia, Matemática, História, Geografia, Português e Inglês. Neste caso, o projeto consistirá na produção de material didático compatível com as novas propostas curriculares.

Esse modelo de capacitação assenta-se na convicção de que todo professor precisa construir uma visão própria e segura da disciplina que vai lecionar. E, se não o fizer durante a sua formação, dificilmente conseguirá fazê-lo depois, quando sozinho, estiver mergulhado, absorvido e pressionado por problemas de toda ordem que se manifestam no cotidiano da atividade escolar.

O exercício competente do magistério exige, de quem se candidata a exercê-lo, o domínio de dois tipos de conhecimento: um, de ordem prática, que lhe confere um "saber fazer" orientado para o sucesso da sua ação nas variadas circunstâncias em que irá atuar; o outro, de natureza teórica, destinado à compreensão tanto do conteúdo disciplina que irá lecionar quanto das razões que fundamentam os meios e métodos que irá utilizar. Conceber a formação do professor como algo destinado exclusivamente a conferir-lhe um "saber fazer" é reduzi-la a um mero processo de treinamento incapaz, por isso mesmo, de dotá-lo de autonomia intelectual para decidir e optar, em cada situação, pela melhor estratégia, formas de abordagens e meios a serem utilizados. Por outro lado, voltar-se exclusivamente para a sua formação teórica o capacita a compreender as

situações e agir sobre elas no plano da representação, sem garantia de que se tornará capaz de fazê-lo com sucesso no plano da realidade.

Em síntese, a formação do professor não pode negligenciar nenhum desses dois aspectos, mas sim procurar encontrar o equilíbrio capaz de tornar o "saber prático" esclarecido pelas razões teóricas e, o "saber teórico", operativo nas situações práticas.

Envolver os licenciandos ou professores já formados no planejamento e execução de projetos de ensino nos parece ser a melhor maneira de conciliar esses dois aspectos. Ao mesmo tempo em que vivencia a oportunidade de tomar decisões e fazer escolhas, eles deverão fazê-lo tendo como referência os elementos da realidade em que irá atuar ou em que já está atuando e em respeito às determinações teóricas que darão sentido e consistência às suas ações.

### Bibliografia

- 1- KRASILCHICK, M - **O Professor e o Currículo de Ciência**. São Paulo, EPU, 1987.
- 2- GIROUX, H - **Teoria Crítica e Resistência em Educação: para além das Teorias de Reprodução**. Trad. Angela M.B. Biaggio. Petrópolis, Vozes, 1986.
- 3- FILOCRE, J - **Piaget e o Ensino de Ciências: Elementos para uma Pedagogia Construtivista**. Tese de Doutorado, Fac. De Educação, USP. São Paulo, 1991
- 4- MAZZILLI, M.A - **Formação continuada de Professores de Ciências: Descrição e Análise de uma Experiência do Centro de Ensino de Ciências e Matemática de Minas Gerais**. Dissertação de Mestrado. Fac. de Educação, PUC, São Paulo, 1994.
- 5- HODSON, D. - Toward a Philosophically more Valid Science Curriculum. *Science Education*, V. 72, 1, 1988, 19-40.
- 6- KAUFFMAN, R - **Planificación de Sistemas Educativos. Ideas Básicas Concretas**. México, Ed. Trillhas, 1973.
- 7- VILLANI, A - O Currículo de Licenciatura em Física - I: Diretrizes. *Revista de Ensino de Física*. São Paulo, Vol. 10:153-162, dez/1988.
- 8- VILLANI, A - O Currículo de Licenciatura em Física - II: Objetivos, Conteúdos e Atividades. *Revista de Ensino de Física*. São Paulo, Vol. 11: 148-168, dez/1989.

## CAPACITAÇÃO A DISTÂNCIA DE PROFESSORES DE CIÊNCIAS: INTERLOCUÇÃO MEDIADA PELA TECNOLOGIA

Oto N. Borges (*oto@coltec.ufmg.br*)

João Filocre (*jfilocre@coltec.ufmg.br*)

Arthur E. Quintão Gomes (*arthur@coltec.ufmg.br*)

Centro de ensino de Ciências e Matemática - CECIMIG/UFMG

Setor de Física - Colégio Técnico/UFMG

O CECIMIG, com o apoio da Secretaria de Estado de Educação de Minas Gerais, está iniciando a implantação de um programa inovador de capacitação a distância de professores de Ciências e Matemática da rede pública de ensino fundamental. Este projeto usará de forma intensiva as modernas tecnologias de telecomunicações e, em particular, privilegiará a comunicação através da internet (www e e-mail). O programa centra-se na tentativa de construção de um espaço dialógico que possibilite o rompimento do isolamento cultural e profissional a que os professores, principalmente os que trabalham no interior do estado, estão submetidos. Tal rompimento torna-se possível pela imersão do professor em um ambiente cultural onde se reconhece o dialogo entre pares e incentiva-se participação em projetos de ensino como motores de desenvolvimento e crescimento profissional, em que se valoriza a ação docente e o empenho pessoal na busca de soluções para os problemas concretos de sala de aula através da participação em projetos de ensino. Todas as ações docentes do programa direcionam-se no sentido do desenvolvimento do professor enquanto sujeito autônomo e profissional competente. Neste programa pretende-se usar prioritariamente materiais já disponíveis nos diversos meios possíveis, flexibilizar os calendários de atividades escolares e adotar formas de avaliação compatíveis com os tipos de atividades desenvolvidas. Desta forma o programa rompe com o paradigma dominante na educação a distância tradicional e pretende superar as principais dificuldades desta modalidade de ensino, principalmente a grande evasão constatada em programas tradicionais de EaD. O foco deste trabalho é a apresentação das bases racionais que fundamentam as decisões das autoridades educacionais do estado, as decisões acadêmicas da equipe do CECIMIG relativas ao modelo de capacitação que está sendo implementado e a tecnologia a ser utilizada no projeto.

### I- Introdução

A educação a distância (EaD) tradicional tem sido usada para dar oportunidade de estudo àqueles que a escola convencional não atende ou aos que tiveram interrompida sua trajetória escolar. Essa modalidade de ensino na sua forma tradicional privilegia o meio impresso e, mais recentemente, as telecomunicações via TV ou rádio como formas básicas de distribuição de materiais de estudo. Disso decorrem duas características marcantes da EaD tradicional: alto custo de



implementação e baixo custo de disseminação. Do ponto de vista pedagógico, a educação a distância quase sempre funda-se no modelo clássico de ensino como transmissão de conhecimentos, de vertente behaviorista. Neste caso, o problema de formulação de currículos restringe-se à organização do corpo de conhecimentos de uma disciplina e das habilidades que os estudantes devem adquirir em uma seqüência lógica formada de pequenas porções de proposições isoladas e em fornecer estas "pilulas" de conhecimento aos estudantes. Subjacente a esta vertente do pensamento educacional está a crença de que um mesmo método de ensino funciona para todos os estudantes. Dai decorre uma compreensão da educação a distância como a educação da era industrial. As autoridades educacionais gostam de enxergar a EaD por esse ângulo: uma educação de baixo custo, eficiente, facilmente escalável, e portanto capaz de resolver em curto tempo as necessidades formativas de grandes contingentes tanto de alunos não atendidos pela rede escolar convencional quanto de professores a serem capacitados. Ainda que nossos problemas educacionais sejam realmente de grandes proporções, a concepção tradicional da EaD, não é a única forma possível de se implementar essa modalidade de ensino.

Desde a década de 80 e, em particular, nos últimos cinco anos, tem crescido o uso de projetos que utilizam computadores e materiais multimídia como parte integral dos cursos ofertados tanto na educação presencial quanto em projetos de EaD. Neste último caso tem surgido diversos projetos que fazem uso de comunicações baseadas em computadores para facilitar tanto a interação estudantes-estudantes, como estudante-professor e até mesmo estudante-administração[1-5]. Apesar de que na comunidade de educadores ainda existam restrições sérias ao uso destas novas tecnologias no ensino fundamental e médio, é necessário reconhecer que elas tem um enorme potencial de transformação e renovação da prática do ensino de ciências tanto em sala de aula presencial quanto na educação aberta e a distância.

Nos projetos de multimídias destinados ao ensino pode-se identificar uma tendência crescente de centrar-se o processo de ensino-aprendizagem na ação do estudante: boa parte dos projetos provêm da comunidade de pesquisadores em computação e inteligência artificial e adotam uma fundamentação cognitivista característica desta área<sup>48</sup>, mas há relatos de materiais embasados em teorias cognitivistas bem aceitas

---

<sup>48</sup> Esta linhagem de pesquisas utiliza principalmente conceitos oriundos das teorias e pesquisas empíricas sobre a natureza da "expertise" e sua aquisição. Além de absorverem da leitura que Papert[6-7] fez das teorias piagetianas e de sua visão do construtivismo, os autores desta tradição de pesquisa transpõem conceitos característicos da ciência da computação para a descrição dos processos mentais e para a aprendizagem. Uma discussão das principais tendências pode ser encontrada no trabalho de Holyoak[8]. Trabalhos nesta linha podem ser encontrados nos "proceedings" de numerosos congressos e simpósios[9-11], bem como nas revistas dedicadas ao ensino de ciências, como por exemplo, os trabalhos de Maloney e Siegler[12] e de Chinn e Brewre[13].

na área de ensino de ciências[14-15]. Essa tendência, no caso da EaD, é acompanhada da valorização da aprendizagem via um diálogo entre pares e entre estudantes e professores, com ênfase em trabalhos colaborativos produzidos de forma distribuída<sup>49</sup>. Tais usos da computação são compatíveis com as propostas de reforma educacional que têm surgido em diversos países, geralmente oriundas dos grupos com orientação construtivista.

Esses grupos, de uma maneira geral, partem da idéia de que diferentes estudantes em situações diferentes constroem seu conhecimento de forma diferente e admitem que os estudantes interpretam os problemas em seu ambiente cultural utilizando-se dos referenciais teóricos e das estruturas conceituais que eles construíram anteriormente. A solução de novos problemas e de desafios podem exigir dos estudantes mudanças no seu quadro conceitual, e essas mudanças são a essência da aprendizagem: o sujeito desenvolve-se à medida em que evolui para entender seu ambiente. Dessa visão decorre que ensinar a um estudante um método matemático ou uma teoria científica não consiste em colocar um conjunto de fatos proposicionais em sua mente, mas em dar-lhe instrumentos para usar e compreender seu mundo. Em virtude de sua oposição ao modelo de transmissão de conhecimento que tem fundamentado o ensino tradicional, as estratégias de linhagem construtivista exigem, em geral, um currículo mais complexo e mais flexível. Um currículo construtivista é, em geral, mais aberto e flexível e leva em conta o contexto escolar em que ele se objetiva concretamente, não podendo ser aplicado sem adaptações aos diversos contextos de ensino. Currículos construtivistas geralmente visam o desenvolvimento de certas habilidades cognitivas pelos estudantes. Para que isto aconteça fornecem um conjunto de recursos e atividades para servir de catalisadores do desenvolvimento dessas habilidades e ofertam oportunidades para que os estudantes articulem suas concepções em desenvolvimento.

A emergência desta forma mais rica de se fazer EaD permite que o problema de capacitação de docentes em serviço, em um ambiente educacional que está em processo de transformação possa ser estruturado de forma compatível com as reformas curriculares e novas práticas de sala de aula pretendidas. É o que o CECIMIG pretende com o projeto de capacitação de docentes que se inicia.

## II - O Contexto Educacional Mineiro

O isolamento profissional e cultural é uma característica marcante da vida profissional dos professores, notadamente daqueles que lecionam nas escolas do interior de Minas Gerais. Esta também é uma das características dos professores norte-americanos[16] e também é

---

<sup>49</sup> São trabalhos feitos em pequenos grupos de alunos geograficamente dispersos e que se comunicam via computador, principalmente utilizando a internet.

testemunhado pelo comportamento ávido por novidades apresentado pelos professores que participaram ou participam do Programa Permanente de Aperfeiçoamento de Professores de Ciências e Matemática da Rede Pública Estadual[17]. Reconhecendo que é necessário desenvolverem-se ações que rompam com esse isolamento, se se pretende modificar de forma efetiva o ensino de Ciências em Minas Gerais, o CECIMIG<sup>50</sup> tem atuado nos últimos dez anos procurando estabelecer no interior do estado estruturas de atendimento ao professor em caráter permanente. O projeto da rede da Rede de Apoio à Educação em Ciências<sup>51</sup>, foi uma destas tentativas.

Por outro lado, estamos vivendo, já há alguns anos, um processo de reconhecimento público, tanto da parte de organizações sociais quanto das autoridades governamentais, da importância de se melhorar a educação básica como requisito indispensável ao desenvolvimento econômico e social. Neste ambiente é que ressurgiu de forma central a questão da formação de professores de ciências, trazendo consigo a aguda consciência de que a formação adequada dos nossos professores é condição "sine qua non" para se alcançar a desejada e necessária melhoria da qualidade da educação nas nossas escolas.

Em Minas Gerais, a Secretaria de Estado da Educação, sintonizada com as atuais demandas sociais na área de educação, vem tentando implementar, desde 1991, as seguintes prioridades de trabalho: a) promoção da autonomia da escola em todos os seus aspectos: pedagógico, administrativo e financeiro; b) fortalecimento da direção da escola através da liderança do seu diretor e da participação de um colegiado que represente a comunidade; c) capacitação e aperfeiçoamento dos profissionais da educação; d) avaliação externa da escola e e) integração com os municípios. No atual governo está em gestão um plano de investimentos no ensino médio centrado nas mesmas prioridades.

A capacitação de docentes torna-se particularmente relevante devido à adoção de reformas curriculares que pretendem implementar de forma efetiva algumas orientações decorrentes do avanço nas pesquisas mais recentes em ensino-aprendizagem. Isto é especialmente correto no caso da nova proposta curricular de ciências para o ensino fundamental. A reforma curricular desempenhará um papel relevante na reestruturação do ensino médio na rede pública mineira.

A dimensão da rede escolar de Minas é enorme: ela atende a 2.703.042 alunos, de 840 municípios, matriculados na Educação Básica. A penas a rede pública estadual conta com cerca de 6000 escolas e 140.000 professores. Na área de Ciências são cerca de 5.000 professores

---

50 CECIMIG - Centro de Ensino de Ciências e Matemática é um Órgão Complementar da Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais e destina-se a desenvolver, através de projetos de pesquisa, ensino e extensão, o ensino de Ciências e Matemática em Minas Gerais.

51 Projeto financiado pelo Spec/PADCT e executado pelo CECIMIG em colaboração com a UFOP, UFJF, UFV e Funrei, entre 1992 e 1996.

de 5ª a 8ª série, 1050 de Física no ensino médio<sup>52</sup>. A este quadro escolar deve-se acrescentar que os índices de rendimento do potencial escolarizado deixam ainda muito a desejar: dos 2.703.042 matriculados na Educação Básica e em todas as esferas administrativas, em 1993 houve uma reprovação de 513.768. Tal fato fortalece a necessidade de formação e aperfeiçoamento do corpo docente, principalmente se considerarmos que existe um grande contingente de professores cuja docência é exercida sem a habilitação formalmente exigida. Tal necessidade fundamenta a ação da SEEMG que, há algum tempo, mantém um extenso programa de aperfeiçoamento docente em convênio com várias instituições de ensino superior de MG.

A UFMG vem prestando a sua contribuição a esse esforço de renovação e melhoria do ensino público estadual. A participação dessa Universidade vem se dando especialmente, mas não exclusivamente, através da ação do CECIMIG, criado em 1965, especificamente para promover estudos, pesquisas e demais iniciativas que possibilitassem à Universidade (e a todos que de alguma forma têm responsabilidade pela definição e implementação de políticas educacionais em nosso estado) conhecimentos seguros da realidade e da problemática educacional e formas conseqüentes de intervenção no sistema de ensino. Nesse processo de colaboração, coube ao CECIMIG conceber e implementar, a partir de agosto de 1992, um programa de capacitação destinado ao aperfeiçoamento de 4.000 (quatro mil) professores de ciências e de matemática de 5ª a 8ª séries do ensino fundamental. Apesar das dimensões desse programa, ele não atinge, no entanto, mais que 30% do corpo docente dessas duas disciplinas curriculares.

No início de 1995, com a posse das novas autoridades educacionais, ganhou relevo, no plano federal, a idéia da adoção de projetos de EaD para resolver os problemas de capacitação docente. Esta idéia repercutiu em Minas Gerais, onde a SEEMG começou a explorar essa possibilidade. O CECIMIG interessado em ampliar a sua capacidade de atendimento e pesquisar as possibilidades oferecidas por essa modalidade de ensino, propôs-se a iniciar a implantação de um programa de educação a distância, baseado em comunicação via rede de computadores. Por ser um modo de atuação ainda muito pouco explorado, sabe-se pouco a respeito das possibilidades de atuação oferecidas por essa tecnologia, do seu valor pedagógico e também dos problemas e das dificuldades a serem enfrentadas. Sabe-se pouco, especialmente, a respeito do "modelo" adequado de capacitação a ser utilizado nessas circunstâncias. Dessa forma, o programa que se inicia possui uma componente de pesquisa explícita que tem por finalidade exatamente explorar o valor e as possibilidades pedagógicas de um 'modelo' de capacitação de professores elaborado pela equipe do CECIMIG, que já vem sendo utilizado com sucesso em cursos presenciais promovidos pelo CECIMIG[17], e

---

<sup>52</sup> Dados baseados nas estatísticas da SEEMG. Fonte: SEEMG/SMI/CPRO/CDD...315

investigar a sua adequabilidade à modalidade de educação a distância através de rede de computadores.

### III - O Modelo de Capacitação De Professores

A partir de uma avaliação de sua experiência anterior na área de formação de professores, o CECIMIG, há algum tempo, decidiu reorientar a sua linha de atuação procurando dar-lhe um suporte teórico mais definido e compatível com os resultados que têm sido evidenciados pelas pesquisas atuais em Ensino de Ciências e em outras áreas. Procurou, além disso, incorporar ao novo "modelo" de formação uma relação mais cooperativa entre a equipe executora e os professores, abrindo espaço para que eles tivessem uma participação mais rica e ativa no processo de organização da sua atividade pedagógica.

A diversidade e complexidade dos problemas que se apresentam ao professor no dia a dia da sua atividade profissional exigem dele a capacidade de inventar ou de reconhecer soluções apropriadas para cada caso, de saber comunicar o seu ponto de vista e de modificá-lo (se for o caso) em função das críticas que lhe forem dirigidas e de decidir livremente a respeito do modo ético e pedagogicamente mais adequado de proceder em cada situação. E para que ele possa adquirir tal capacidade, o programa de EaD incorpora um "modelo"<sup>53</sup> de capacitação que se estrutura em torno da seguinte hipótese de trabalho: o engajamento do professor num grupo de planejamento e execução de projeto de ensino, sob a orientação de um pesquisador mais experiente, constitui uma estratégia eficaz de formação de professores orientada para a autonomia intelectual, responsabilidade profissional e confiança pessoal. O projeto Labnet, fundado em 1989 pela National Science Foundation, e baseado no TERC<sup>54</sup>, possui uma linha de ação semelhante a esta.

Dadas as dificuldades naturais a serem superadas e as decisões e escolhas que precisam ser feitas ao longo do processo de execução desse projeto de ensino, abre-se no grupo de professores um espaço de diálogo e cooperação em que cada um pode encontrar condições favoráveis para repensar a sua prática, trocar experiências com seus colegas, avaliar o seu desempenho profissional, aprofundar o seu conhecimento sobre o conteúdo disciplinar e para engajar-se num processo de busca pessoal que o torne mais autônomo, mais disposto à mudança e mais significativa, organizada e eficaz a sua ação em sala de aula. A expectativa é que o professor, como resultado dessa rica interação, torne-se capaz de traçar o seu próprio planejamento de curso e a "redesenhar" sua atuação em sala de aula, visando obter melhores resultados com os limitados recursos que normalmente ele dispõe no seu local de trabalho.

---

53 O termo modelo refere-se a um conjunto de características, idéias e procedimentos que definem um modo de conceber e atuar na formação de professores.

54 TERC é uma instituição não lucrativa, situada em Cambridge, MA, USA. Maiores informações podem ser obtidas via internet: <http://www.terc.edu/>

Esse modo diferente de conceber o processo de formação do professor já vem sendo utilizado, com sucesso, pelo CECIMIG em alguns dos seus cursos presenciais (especialmente no seu Curso de Especialização em Ensino de Ciências). A novidade está em utilizá-lo num programa de educação a distância, o que exigirá investigação a respeito da eficácia e adequabilidade do "modelo" nessa modalidade de ensino.

A investigação desse "modelo" se fará através da participação dos professores em três tipos de projetos de ensino. Um primeiro tipo exigirá a constituição de grupos de professores para a produção de materiais didáticos de ciências para estudantes de 5ª a 8ª série do ensino fundamental. Nesse caso, os professores desses grupos de trabalho participarão do processo de escolha dos temas mais relevantes a serem desenvolvidos, da definição do estilo e linguagem mais adequados a estudantes daquele grau de ensino, da redação dos textos didáticos, da produção do material experimental, dos recursos audiovisuais, dos problemas e exercícios e dos instrumentos de avaliação da aprendizagem. O segundo tipo envolverá professores em grupos de avaliação para a atividade de pesquisa de aplicação e avaliação do material produzido. O terceiro tipo de projeto reunirá professores em Grupos de Interesse que tem por finalidade trocar experiências, socializar conhecimentos e buscar soluções para questões de interesse para o ensino de ciências como, por exemplo, a construção e manutenção de um herbário numa escola, técnicas para montagem de viveiros para pequenos animais, a criação e manutenção de um museu interativo na escola etc.

#### **IV - Características do Programa De Educação A Distância**

A educação a distância, nas duas últimas décadas, vem se firmando como modalidade de ensino alternativo capaz de atender às novas características e exigências da sociedade moderna. De fato, a EaD vem representando importante estratégia para a melhoria das condições e oportunidades de acesso à educação, promovendo em grande escala a oferta de educação e de aperfeiçoamento de boa qualidade.

A criação do Sistema Nacional de Educação a Distância, pelo Ministério da Educação, em 1994, que tem como objetivo "catalisar", potencializar, ampliar e articular as iniciativas fragmentadas já existentes na área", prioriza dentre suas ações a formação, atualização, aperfeiçoamento e especialização de professores do ensino fundamental, ampliando, assim, as potencialidades nesta modalidade de ensino. Para tanto, o MEC assinou Convênio de Cooperação Técnica com o Ministério de Comunicações, Ministério de Ciências e Tecnologia, Ministério da Cultura o Conselho de Reitores das Universidades Brasileiras, o Conselho dos Secretários Estaduais de Educação e a União dos Dirigentes Municipais de Educação

A EaD constitui, portanto, uma resposta à necessidade de formação, capacitação e atualização de professores, em qualidade e quantidade, sem desligá-los da docência, favorecendo à integração educação-trabalho via inovação tecnológica que, hoje, é o marco do desenvolvimento autônomo para a sociedade moderna da informação e do desenvolvimento auto-sustentado.

Várias outras características fizeram o CECIMIG passar a examinar a EaD como uma alternativa a ser explorada: a permanência do participante em seu próprio ambiente durante a capacitação, contribuindo para que o mesmo continue integrado em sua comunidade e evitando-lhe o êxodo para outros centros; a integração entre a teoria e a prática, pois, à medida em que o participante vai adquirindo novos conhecimentos tem oportunidade de aplicá-los em sua docência, além de permitir atingir, a custos razoáveis e com qualidade, um contingente grande de professores. Esse último aspecto é especialmente relevante, uma vez que a capacidade de atendimento do CECIMIG, através dos meios convencionais, encontra-se no seu limite.

Mas, no caso de Minas, um programa de educação à distância se justifica por outras razões. A extensão territorial, a sua diversidade cultural, as múltiplas realidades sócio-econômicas e as dimensões da sua rede de ensino constituem barreiras que resultam no isolamento dos professores. E esse isolamento o impede de cumprir um imperativo da vida moderna: a necessidade de atualização permanente. O ritmo acelerado da vida, determinado pelas rápidas transformações científicas e tecnológicas, torna-se quase impossível de ser acompanhado por alguém que não tenha meios de se manter permanente informado.

Essa é a razão do subtítulo deste Programa de Educação à Distância: "Interlocação mediada pela tecnologia". Trata-se, de fato, de uma tentativa de buscar estabelecer um grande diálogo de modo a romper o isolamento dos professores. Nesse sentido, as disciplinas a serem oferecidas devem constituir apenas um "pretexto" para troca de idéias e de experiências, um espaço de diálogo que em que o professor encontre condições favoráveis e estímulo para o seu desenvolvimento pessoal e profissional.

Para isso, o programa se estruturará de modo a atender aos diferentes "estilos de vida", às diferentes condições de trabalho e aos diferentes "estilos de aprendizagem". Além do mais, o esforço e os recursos financeiros se destinarão, principalmente (mas não exclusivamente), ao estabelecimento da infra-estrutura e das condições que possibilitem ao professor acesso aos recursos didáticos já existentes, e meios de comunicação eficientes. Nas demais experiências em EaD, o investimento inicial na produção de materiais didáticos auto-instrucionais tem respondido pelo alto custo desse tipo de projeto.

Uma das críticas que se faz à EAD é a massificação do ensino. Este Programa se estruturará de modo a conciliar a pretensão de se atingir grande número de professores com um atendimento personalizado. Para

isso, a experiência do professor, suas expectativas e dificuldades, suas possibilidades e limitações serão tomadas como pontos de partida ou como "princípios organizadores" de toda atividade pedagógica:

O Programa procurará cumprir um papel subsidiário, mas não menos importante, de difusão de uma nova cultura tecnológica (uso de rede de computadores) e novas possibilidades de trabalho pedagógico (como, por exemplo, o uso de hipertexto, multimídia e hipermedia ou o desenvolvimento de atividades pedagógicas interescolares). Procurará, ainda, preparar o professor para assumir a condução do processo educativo nas escolas que vierem a se informatizar.

O que se pretende, quanto a esse último aspecto, é que os professores passem a estimular os seus alunos a acessar Internet como estratégia de apoio ao ensino de Ciências e Matemática, tornando-se difusores e estimuladores do uso da internet para viabilizar a formação de grupos de interesse para alunos do ensino médio e fundamental (como, por exemplo, Clubes de Ciências e de Matemática), a implantação de grupos de trabalhos interescolares para desenvolvimento projetos escolares relativos à Ciências e Matemática (como por exemplo, grupo de registro climático, elaboração de catálogo de plantas mineiras) e a promoção de outros eventos de valor pedagógico (como, por exemplo, feiras regionais de Ciências).

Para viabilizar a implementação desse Programa de Educação a Distância, O CECIMIG conta com o apoio de três instituições: da Rede Nacional de Pesquisa - RNP/CNPq, da FINEP e da SEEMG. Da RNP/CNPq foi solicitado e aprovado o fornecimento dos equipamentos de informática que irão ser instalados nos Laboratórios Associados; a FINEP suportará as componentes de pesquisa e a SEEMG financia o custeio do programa.

## V - Principais Decisões Tecnológicas

A implantação desse programa exigiu que se contornassem diversas dificuldades. Para contornar o desconhecimento pelos professores sobre como usar um computador pessoal, está sendo realizado pelo CECIMIG um curso de introdução à informática, de 45ha, para 1100 professores da rede estadual de ensino. Esse curso está em funcionamento desde 1995. Para superar a falta de acesso a computadores, o CECIMIG instalará e dará suporte para o funcionamento regular de Laboratórios Associados em 20 escolas públicas, sendo três ligadas a UFMG e 17 escolas da rede pública estadual. Cada Laboratório Associado possuirá infra-estrutura básica de seis computadores, uma impressora laser e facilidade de comunicação via computador. Para garantir o seu funcionamento regular serão selecionados cinco professores (de Matemática ou Ciências), em cada escola sede, que serão capacitados em curso de 75ha para realizar as tarefas básicas de gerência da rede local, suporte ao usuário e manutenção básica do sistema. O suporte técnico oferecido pelo



CECIMIG inclui a gerência remota da rede local, um "help desk", e a manutenção geral da rede local de cada Laboratório Associado. Essas decisões levaram de forma natural à decisão sobre o sistema operacional de rede a ser utilizado que será o Windows NT.

A disseminação dos conhecimentos sobre comunicação baseada em computadores, o próprio uso dos equipamentos e de aplicativos de escritório será feito pela equipe de apoio de cada Laboratório Associado. Além disso, estes professores serão responsáveis pela disseminação do uso de computadores entre os alunos das escolas em que trabalham.

Quanto ao ambiente de comunicação, a equipe optou pelo uso de programas de navegação na internet e seus respectivos "add-ins", como Netscape ou Microsoft Explorer. Hoje parece uma decisão trivial, mas à época da formulação do projeto o uso desses programas na UFMG era restrito a algumas máquinas que rodavam Unix. Quem acessava a internet utilizava ferramentas baseadas em interface de caracteres. Entretanto, é uma avaliação da equipe que a interface deveria ser extremamente amigável, se possível em português, e com uma pequena curva de aprendizagem. Estes critérios também determinaram a decisão sobre o sistema operacional a ser utilizado, o Windows NT. Avaliações semelhantes podem ser encontradas em diversos projetos de EaD via internet. Hoje, na UFMG, o acesso a interfaces gráficas para os serviços da internet estão amplamente disseminada. Porém a utilização dessas interfaces para comunicação com o interior do estado ainda enfrentam limitações técnicas, oriundas da incapacidade da empresa estadual de telecomunicações de prover canais de maior faixa de passagem para o interior do estado. A maioria dos pontos de presença da Redeminas funcionam com canais de faixa estreita (9600bps). Ainda que o ideal seja a interligação das escolas sedes à Redeminas, a equipe do projeto considerou um risco inadmissível colocar o desenvolvimento do programa de EaD na dependência do funcionamento da Redeminas: são dois projetos grandes, com tempo de maturação distintos. Dessa forma, optou-se por se montar um sistema de acesso discado no CECIMIG e o próprio CECIMIG fornece o serviço de acesso à internet. Temos a expectativa de que nos próximos dois anos teremos de trabalhar com faixas de passagens limitadas.

Um outro desafio é capacitar a numerosa equipe do próprio CECIMIG, com grande experiência em programas de capacitação presencial, para atuar em um programa a distância. Neste caso, a estratégia adotada consiste em familiarizar a equipe com os recursos da internet e dividir a produção de materiais em duas fases: uma de elaboração dos materiais didáticos em "meio permanente" e outra de publicação em meio eletrônico, delegando esta tarefa a uma equipe pequena formada de pessoas mais interessadas no desenvolvimento técnico e capazes de acompanhar o vertiginoso desenvolvimento dos recursos.

## VI - Desenvolvimentos Futuros

O programa está dando os passos iniciais. Devido à diversidade de fontes de financiamento o programa terá de desenvolver-se de forma flexível, sem cronogramas muito justos. No momento a equipe está preparando dez cursos distintos para serem ofertados, dez Grupos de Interesse e cinco Grupos de Trabalho.

**Agradecimentos:** Os autores agradecem o apoio recebido do SPEC/PADCT, SEEMG, FINEP e CNPq.

## VII - Bibliografia

- 1 - CROCK, M.; DEKKERS, J.; CUSKELLY, E. *The use of interactive multimedia in open and distance education: Emerging trends and developments.* in BEATTIE, K.; MCNAUGHT, C.; WILLS, S. (EDS). **Interactive Multimedia in University Education: Designing for Change in teaching and Learning.** Amsterdam: North-Holland, 1994, 313p.
- 2 - RING, JANETTE; WATSON, ANTHONY. *The Virtual Campus: Ecu's development path.* in BEATTIE, K.; MCNAUGHT, C.; WILLS, S. (EDS). **Interactive Multimedia in University Education: Designing for Change in teaching and Learning.** Amsterdam: North-Holland, 1994, 313p.
- 3 - MIKOLJI, B.H. *New media in technical education: the case for telecommunications.* in BARTA, B.Z.; ECCLESTON, J;HAMBUSCH, R. (eds.) **Computer Mediated Education of Information technology Professionals and Advanced End-Users.** Amsterdam: North Holland, 1993, 339p.
- 4 - SEIDEL, CHRISTOPH. *The European research & development programme DELTA in the Federal Republic of Germany.* in BARTA, B.Z.; ECCLESTON, J;HAMBUSCH, R. (eds.) **Computer Mediated Education of Information technology Professionals and Advanced End-Users.** Amsterdam: North Holland, 1993, 339p.
- 5 - GOODYEAR, PETER; STEEPLES, CHRISTINE. *Computer-mediated communication in the professional development of workers in the advanced learning technologies industry.* in BARTA, B.Z.; ECCLESTON, J;HAMBUSCH, R. (eds.) **Computer Mediated Education of Information technology Professionals and Advanced End-Users.** Amsterdam: North Holland, 1993, 339p.
- 6 - PAPERT, S. *The conservation of Piaget: the computer as grist to the constructivist Mill* in FORMAN, GEORGE; PUFALL, PETER, B.(EDS.) **Constructivismo in the Computer Age.** Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum, 1988. 260p.
- 7 - PAPERT, SEYMOUR. **Mind-storms: Children, computers, and powerful ideas.** New York: Basic Books, 1980.

- 8 - HOLYAK, KEITH J. *Symbolic connectionism: toward third-generation theories of expertise.* in ERICSON, K. ANDERS; SMITH, JACQUI.(EDS.) **Toward a General Theory of Expertise: projects and Limits.** New York: Press Syndicate of the University of Cambridge, 1991.
- 9 - BEATTIE, K.; MCNAUGHT, C.; WILLS, S. (EDS). **Interactive Multimedia in University Education: Designing for Change in teaching and Learning.** Amsterdam: North-Holland, 1994, 313p.
- 10 - BARTA, B.Z.; ECCLESTON, J;HAMBUSCH, R. (eds.) **Computer Mediated Education of Information technology Professionals and Advanced End-Users.** Amsterdam: North Holland, 1993, 339p.
- 11 - TIBERGHIEU, ANDRÉE; MANDL, HEINZ.(EDS.) **Intelligent Learning Enviroments and knowledge Acquisition in Physics.** Berlim: Spring-Verlag, 1992. 285p. (Proceedings of the NATO Advanced Research Workshop on Knowledge Acquisition in the Domain of Physics and the Intelligent Learning Enviroments, Lyon, France, 8-12 de julho de 1990.)
- 12 - MALONEY, DAVID P.; SIEGLER, ROBERT S. *conceptual competition in physics learning.* **International Jopurnal of Science Education**, v. 15, n. 3, pp.283-295, 1993.
- 13 - CHINN, CLARK A.; BREWER, WILLIAN D. *The role of anomalous data in knowledge acquisition: a theoretical framework and implications for science education.***REVIEW OF EDUCATIONAL RESEARCH**, v. 63, n.1, pp. 1-49, 1993.
- 14 - HEDBERG, JOHN G.; HARPER, BARRY. *Exploring user interfaces to improve learning outcomes.* in BEATTIE, K.; MCNAUGHT, C.; WILLS, S. (EDS). **Interactive Multimedia in University Education: Designing for Change in teaching and Learning.** Amsterdam: North-Holland, 1994, 313p.
- 15 - HÄRTEL, H. *The didactical potential of modern worksattions for teaching science and technology.* in BARTA, B.Z.; ECCLESTON, J;HAMBUSCH, R. (eds.) **Computer Mediated Education of Information technology Professionals and Advanced End-Users.** Amsterdam: North Holland, 1993, 339p.
- 16 - SPITZER, WILLIAN; WEDDING, KELLY. *Labnet: an intentional electronic community for professional development.***Computers Educ.**, n. 3, v. 24, pp. 247-255, 1995.
- 17 - FILOCRE, JOÃO; GOMES, ARTHUR E. Q.; BORGES, OTO N. *Modelos de capacitação de professores Implementados pelo CECIMIG/UFMG.* Apresentado no V Encontro de Pesquisadores de Ensino de Física. Águas de Lindóia, 3 a 5 de setembro de 1996.

## PESQUISA-AÇÃO EDUCACIONAL E FORMAÇÃO DE PROFESSORES DE FÍSICA

Fábio da Purificação de Bastos ([fbastos@super.ufsm.br](mailto:fbastos@super.ufsm.br))

Departamento de Metodologia do Ensino e Programa de Pós-Graduação em Educação da Universidade  
Federal de Santa Maria - Campus Universitário - Bairro Camobi - Santa Maria - RS - CEP: 97117-900  
Fone(Fax): 055 2262125

Tendo a educação dialógica freireana como base de um programa de pesquisa-ação educacional em ciências naturais -- vivido com um grupo de professores de física, destacou-se a influência que as visões naturalista, interpretativa e crítica tem exercido sobre o desenvolvimento do conhecimento educativo e das práticas escolares nesta sub-área. Neste sentido, um programa de pesquisa-ação educacional foi elaborado e vivenciado, tornando-se objeto de reflexão do grupo de professores. Foram desenvolvidas interpretações das referidas ações sócio-educacionais vividas, à luz da concepção da pesquisa-ação emancipatória, com o intuito de parametrizar as bases epistemológicas e metodológicas do conhecimento educativo envolvido na prática educacional dialógica na sub-área de educação em ciências naturais. Este trabalho sinaliza pelo menos duas conclusões que consideramos importantes: é possível e viável trabalhar, com esta concepção de pesquisa e ação educativa, a formação de professores de física em serviço e as mudanças educacionais imprimidas tem mais perspectivas de concretização, frente as ações-participantes dos envolvidos.

CAPES/USP/UPF/UFSC/UFSC

### Apresentação :um Plano de Trabalho (!)

Destaco, inicialmente a superposição que é feita (não raramente de forma indevida) entre os conhecimentos das ciências naturais e educacionais. Embora, sabendo que não haja total acordo entre as posições de filósofos, historiadores da ciência e epistemólogos, quanto a uma concepção do conhecimento científico e sua respectiva produção e desenvolvimento, diferenças entre saberes tem sido consideradas. Assim, ressalto uma proposta de programa de pesquisa educacional (*a concepção dialógica freireana*) como referencial, para subsidiar a caracterização e educacional a diferenciação, epistemológica e metodológica, dos conhecimentos educacionais em ciências naturais.

Destaco, ainda, a influência exercida pelas ciências naturais -- conhecidas como naturalismo e/ou positivismo --, sociais-interpretativas e sociais-críticas, dentre alguns dos caminhos que o conhecimento da educação vem percorrendo.

Caracterizo o conhecimento de uma concepção de educação (teoricamente com potencial *transformador e emancipador*) que pode ser incorporada no sistema escolar, como um *programa de pesquisa-ação educacional*. Sempre com o intuito de viabilizar conquistas, como a

produção de conhecimentos por *grupos de ação*, tornando-os conscientes dos equívocos que a discutida superposição pode provocar na prática educativa e que, ao mesmo tempo, exigem a superação desta, muitas vezes influenciada pelas visões naturalistas e interpretativas.

Descrevo e destaco, finalmente, algumas interpretações/reflexões de uma prática educativa em ciências naturais de um grupo de ação atuando no espaço escolar formal, à luz dos pressupostos contidos nas concepções educacional dialógica e de *pesquisa-ação emancipatória*.

#### **Tinha em mente os seguintes Pressupostos:**

O conteúdo e a forma da educação em ciências naturais -- especialmente em física do 2º grau -- estão, na minha compreensão, longe de qualquer proposta de transformação social ou de uma *educação emancipadora*. Tenho em mente a viabilização de uma escola com potencial para participar de perto do processo de conscientização da população. Para tanto, neste nível de escolarização, deveríamos trabalhar com um conhecimento educacional mais próximo da realidade que cerca a maioria dos alunos. Para isso, é indispensável atuar numa escola operacionalizando uma *ação sócio-educacional comprometida com a emancipação*, tornando-a, desta forma, simultaneamente, um instrumento de valorização cultural da realidade vivida e geradora de um conhecimento inserido na cultura científica.

Isto implica dizer que o saber escolar tem que ser *problematizado* e que a renovação das escolas passa pela *transformação dos conteúdos culturais*. Portanto, se estes conteúdos precisam ser modificados, o mesmo precisa ocorrer com a *formação dos professores, com suas práticas que se concretizam nas salas de aula* -- de ciências naturais particularmente.

Conseqüentemente, a prática educativa, nesta sub-área, deve propiciar uma visão o mais viva possível das ciências naturais. Porque, como parte integrante de uma cultura, precisa ser dominada para poder ser transformada em instrumento de compreensão e intervenção na realidade que está aí.

A educação em ciências naturais no espaço escolar formal ocorre ou não na interface de duas grandes áreas da "ciência": a natural e a social, e variáveis não lineares, são relevantes no processo.

#### **A localização da realização deste trabalho**

O locus onde deve se processar essa educação emancipadora, é a escola pública. Refiro-me ao sistema escolar que atinge quase a totalidade das crianças e adolescentes deste país: a escola pública oficial. Estas escolas que estão aí e que não podem ser ignoradas. Trata-se de assumir que a educação popular deve ser processada na escola pública, ao invés de, ocupar apenas espaços escolares informais, alternativos.

## **A problemática de pesquisa e sua delimitação**

Diante disto, o que podemos dizer das aulas de ciências naturais, que compõem a realidade educacional vivida? Qual o conhecimento que tem estado presente nestas aulas? Será que existe sintonia entre os conteúdos culturais, que o exercício da cidadania exige, e os conhecimentos veiculados pelas práticas educacionais em ciências naturais? Se optarmos por uma ação com potencial para transformar as condições atuais e promover a humanização, podemos manter este conhecimento? Será que este conhecimento que aí está organizado, sob a forma de conteúdos programáticos escolares, propicia a efetivação do diálogo concreto nas aulas de ciências naturais? Com ele teremos potencial para educar os seres humanos em questão, tendo em vista o desvelamento da realidade? Como implementar um procedimento de reorganização dos conhecimentos escolares, visando construir uma educação emancipadora? Como tornar os conteúdos programáticos escolares culturalmente significativos e instrumentos da transformação social, de tal forma que tenham por eixo os interesses e necessidades da maioria da população? Estas questões cercam o meu problema de investigação, que pode ser assim formulado: Qual o conhecimento que pode potencializar a instrumentalização da prática educacional dialógica em ciências naturais no espaço escolar formal?

## **A abordagem escolhida**

Estou postulando que a prática educacional dialógica em ciências naturais (desde que caracterizada por ações sócio-educativas provenientes da investigação, planejamento, observação, auto-reflexão, reflexão, avaliação e replanejamento, por uma equipe de professores em ação) poderá proporcionar a apropriação e reelaboração das temáticas escolares. Contudo, é indispensável que estas sejam originárias de um estudo da realidade e envolvam conhecimentos das ciências naturais e sociais. Conseqüentemente, a prática educacional dialógica poderá gerar um conhecimento educacional nesta sub-área, comprometido com transformações.

Esta organização do trabalho educacional, que envolve educadores e educandos, deve gerar uma concepção de conhecimento educativo através da problematização dos conteúdos que vão ser abordados nas aulas. Desta forma, propiciando continuidades e rupturas ao longo do desenvolvimento dos trabalhos escolares. Portanto, envolverá temas -- caracterizados como geradores (por serem extraídos da vivência dos educandos e que, por isto, gerarão as aulas) - e conceitos unificadores (por estarem presentes em todas as áreas das ciências naturais, fornecendo uma visão totalizadora de problemas específicos da realidade, ultrapassando os recortes que são próprios do conhecimento científico), qualificados como critérios epistemológicos desta concepção de planejar a educação em ciências naturais.

Tendo em vista, estas metas, uma questão que me propus a responder foi a seguinte: a pesquisa-ação emancipatória tem potencial para operacionalizar um programa de pesquisa educativa em ciências naturais, caracterizado fundamentalmente pela dialogicidade, colaboração e emancipação, tendo em vista, os recortes epistemológicos e metodológicos dos conhecimentos envolvidos nesta prática educacional?

### As metas que persegui...

O relatório final deste trabalho, que apresentei na FEUSP sob a forma de tese de doutoramento foi organizado tendo em vista o plano acima exposto. Não é tão fácil mapear num pequeno artigo como procurei responder meu problema de investigação.

As páginas adiante procuram mostrar como cumpri essa tarefa ao longo do documento final. Acredito que seja possível apenas telegrafar e encaminhar o leitor -- com toda certeza, um parceiro em potencial -- para os capítulos e as unidades do presente trabalho.

Começo apresentando um programa de pesquisa educacional -- o dialógico freireano. Enfatizo que sua epistemologia e metodologia são provenientes de uma prática sócio-educacional -- a prática educacional dialógica em FREIRE.

Estendo-a para a prática educacional dialógica em ciências naturais, apoiado em trabalhos de cientistas-educadores brasileiros, fundamentalmente os trabalhos de ANGOTTI e DELIZOICOV (1982, 1991). Nesta instância, inicio uma abordagem do problema da não demarcação, epistemológica e metodológica, entre diferentes concepções de conhecimento, para a prática educacional dialógica em ciências naturais.

Embora abra mão de caracterizar, epistemológica e metodologicamente os conhecimentos das ciências naturais - do físico em particular --, o fio condutor é estabelecido por formulações de programas de pesquisa -- teorias da ciência -- de filósofos históricos da ciência. Considero importante a caracterização do conhecimento das ciências naturais, porém considero que a preocupação temática em questão requer outro redirecionamento.

Contudo, transito pelas "fronteiras" epistemológicas e metodológicas inerentes ao conhecimento educacional em ciências naturais, em particular o físico. Principalmente, por entender, que este aspecto seja de fundamental importância para quem atua em educação nesta sub-área. Resumindo, procuro delimitar, segundo uma perspectiva educativa, um retrato do conhecimento educacional em ciências naturais, entre tantos outros, que filósofos e epistemólogos da ciência tem fotografado ao longo do desenvolvimento de modelos filosóficos.

No capítulo dois, analiso as interfaces dos conhecimentos das ciências naturais e sociais, na prática educacional influenciada pelas

visões naturalista, interpretativa e crítica. Busco as demarcações, epistemológicas e metodológicas, necessárias para a sua efetivação.

Neste sentido, são destacadas as possíveis interfaces entre as ciências naturais e sociais, assim como as possibilidades de efetivação de uma prática educacional dialógica em ciências naturais. Proponho como alternativa ao fazer prático, a pesquisa-ação na prática educacional dialógica em ciências naturais. O que requer a organização desta em equipe -- grupos de ação --, como via para a efetivação de uma educação emancipatória.

No capítulo três, enfoco os componentes epistemológico e metodológico de algumas concepções de pesquisa-ação educacional, dando destaque para aquela balizada pela educação emancipatória. Defendo que um novo paradigma na pesquisa educacional está sendo construído.

Mostrando sua evolução ao longo do desenvolvimento do conhecimento educacional, abordo as visões técnica e emancipatória desta prática educacional crítica. Procuro mostrar o que, segundo minha compreensão, está em jogo: a sintonia da matriz epistemológica da pesquisa-ação emancipatória com a prática educacional dialógica. Proponho, ainda, ao final deste capítulo, esta perspectiva de pesquisa -- a pesquisa-ação emancipatória -- como parâmetro para um quefazer situado num projeto colaborativo na prática educacional dialógica.

No capítulo quatro, apresento um projeto de prática educacional dialógica em ciências naturais. Procuro contemplar o epistemológico e o metodológico do conhecimento educacional gerado no processo de pesquisa-ação emancipatória.

Destaco os componentes curriculares das ciências naturais e sociais na formação dos docentes desta área a partir da interação educacional dialógica primeira que ocorreu na disciplina Didática Geral, da graduação dos membros do grupo.

Descrevo como a atuação num curso de especialização e extensão proporcionaram a interação educacional dialógica continuada na formação em serviço dos docentes de ciências naturais.

Ambas são destacadas, tendo em vista a formação de um grupo de ação. Enfatiza-se o fato de ter sido o projeto colaborativo elaborado, balizado pela concepção de pesquisa-ação emancipatória.

### **Os resultados desta pesquisa e um breve memorial**

No início da década de oitenta, quando era estudante de graduação em física, discutia com meus colegas de curso o fato de que nossas tarefas acadêmicas eram desenvolvidas individualmente. Na minha opinião, isto refletia a visão profissional do professor de física que estava sendo operacionalizado ao longo do curso, ou seja, um projeto pedagógico que privilegiava o quefazer solitário.

Desde então, venho estudando a formação dos profissionais da educação em ciências naturais pela via da organização institucional. Ou



seja, através da organização das metas, tarefas, etc, passando por um quefazer em equipe na sala de aula. Na minha dissertação de mestrado<sup>55</sup>, enfatizei este aspecto que priorizei quando vivi uma experiência educacional dialógica, na disciplina de física no 2º grau noturno de uma escola pública com alunos-trabalhadores.

Ao terminar aquela tarefa, que classifiquei como individual, visto ter sido desenvolvida isoladamente numa disciplina do núcleo comum do 2º grau, iniciei o processo de reflexão sobre como teria sido diferente se tivesse existido um grupo de professores atuando naquela direção. Minha preocupação passou a ser como nos "reeducarmos" como professores de ciências naturais, tendo em vista o projeto político-pedagógico freireano, que passei a ver como um programa de pesquisa educacional.

Neste sentido, estar lendo, discutindo e vivendo de perto os trabalhos e quefazeres educacionais de DELIZOICOV e ANGOTTI (1982, 1990) tem sido muito importante para a solidificação do meu projeto de pesquisa, que formalizei no programa de pós-graduação da Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo. Nesta instância acadêmica, tenho sistematizado as idéias de que um programa de formação de professores de ciências naturais, com pretensões a se tornar dialógico, deve ser encarado como um programa de pesquisa-ação educacional em ciências naturais no espaço escolar formal<sup>56</sup>.

Naquela época, atuava como docente do Departamento de Física do Instituto de Ciências Exatas e Geociências da Universidade de Passo Fundo, gerenciando as disciplinas de Física Geral e Experimental I, II e Didática Geral I e II<sup>57</sup>, totalizando uma carga horária semanal de 20 horas-aula. Este fato foi muito importante, pois me propiciou pensar concretamente minha prática, vislumbrando os primeiros momentos de reflexão que acabariam culminando num programa de pesquisa-ação educacional.

Quando a Profª ANDRÉ indicou-me a produção de CARR e KEMMIS (1986), os primeiros resultados emergentes da prática puderam ser vistos com outros olhos, que até então procuravam construir um modelo educacional para a formação dialógica dos professores de ciências naturais, olhando fundamentalmente as obras de FREIRE (1982, 1983), DELIZOICOV e ANGOTTI (1982, 1990 e 1991). Desta forma, pude reorientar as auto-reflexões desse grupo de professores, em vias de se transformarem em pesquisadores ativos-críticos, à luz do referencial epistemológico e metodológico da pesquisa-ação emancipatória.

O contato com as idéias de filósofos da ciência permitiu a leitura do conhecimento em ciências naturais, epistemológica e metodologicamente,

---

55 A referência completa encontra-se na bibliografia.

56 O nuge desta reflexão foi vivido na ocasião em que freqüentava a disciplina ministrada pela Profª. Drª. Marli E. D. A. ANDRÉ no programa de pós-graduação em educação da FEUSP.

57 As disciplinas Física Geral e Experimental I e Didática Geral I foram gerenciadas, para a mesma turma, no primeiro semestre e as outras duas no segundo.

de forma diferente da que via anteriormente. Com certeza, suas propostas de programa de pesquisa muito me auxiliaram no processo reflexivo sobre a reelaboração desse conhecimento. O que culminou com a elaboração e desenvolvimento de um programa de pesquisa-ação educacional no espaço escolar formal.

É nesta interface, entre as ciências naturais e sociais, classificada por mim como sendo uma sub-área educacional -- a educação dialógica em ciências naturais -- que tenho vivido meu quefazer educativo dialógico. Sempre balizado por uma formação humanística voltado para a construção e o exercício da cidadania. Através da reflexão em equipe, é que tenho feito avançar meu projeto e tese de doutoramento.

#### Bibliografias citadas neste artigo

- ANGOTTI, J. A. P. **Solução Alternativa para a Formação de Professores de Ciências**. Dissertação de Mestrado, IFUSP/FEUSP, São Paulo, 1982.
- ANGOTTI, J. A. P. **Fragmentos e Totalidades no Ensino de Ciências**. Tese de Doutorado, FEUSP, 1991.
- ANGOTTI, J. A. P. e DELIZOICOV, D. N. **Física**. Cortez, São Paulo, 1991.
- CARR, W e KEMMIS, S. *Becoming Critical: Education, knowledge and action research*, Brighton, UK: Falmer Press, 1986.
- DE BASTOS, F. P. **Alfabetização Técnica na disciplina de Física: uma experiência educacional dialógica**. Dissertação de Mestrado, UFSC/CED, 1990.
- DE BASTOS, F. P. **Prática educacional dialógica e pesquisa-ação emancipatória**. Tese de Doutorado, FEUSP/IFUSP, 1995.
- DELIZOICOV, D. N. **Concepção Problematizadora para o Ensino de Ciências na Educação Formal**. Dissertação de Mestrado, IFUSP/FEUSP, São Paulo, 1982.
- DELIZOICOV, D. N. **Conhecimento, Tensões e Transições**. Tese de Doutorado, FEUSP, 1991.
- FREIRE, P. **Pedagogia do Oprimido**. Rio de Janeiro, Paz e Terra, 1983.

## PROFÍCUA INTERAÇÃO ENTRE A SBF E PROFESSORES DE FÍSICA DO 2º GRAU: O EXEMPLO DO NORDESTE

Luiz C. Jafelice (*jafelice@dfte-lab.ufrn.br*)

Ciclamio L. Barreto

Departamento de Física Teórica e Experimental - CCE - UFRN - Natal, RN

### Resumo

Discutimos neste trabalho os resultados de um questionário que passamos a professores de física do 2o. grau do Nordeste. Foram 75 questionários respondidos por professores assim agrupados: 34 participaram da 27a. Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Física (SBF), em Recife (PE), 25 do V Simpósio de Ensino de Física do Nordeste, em Campina Grande (PB), e 16 de um Encontro de Professores de Física em Carpina (PE). O objetivo deste trabalho é fazer um diagnóstico do perfil e da situação desses professores visando subsidiar e orientar ações institucionais no encaminhamento de soluções aos problemas detetados e nas discussões relativas à formação docente. Do grupo de professores que participaram da Reunião da SBF, 56% o fez devido à iniciativa da diretoria da SBF no mandato 1991-1993 de financiar e apoiar essa participação. Destes, 94% não o teria feito se não tivessem contado com tal iniciativa. Dos professores deste grupo, 87% avalia entre 8 e 10 (numa escala de 0 a 10) a importância da referida Reunião em seu trabalho futuro, e destacam a "possibilidade de aperfeiçoamento, atualização e motivação para pesquisa" (32%), o "conteúdo de alta qualidade das aulas, mesas redondas e conferências" (28%) e a "possibilidade única de intercâmbio com outros colegas" (23%) que a mesma lhes ofereceu. Este exemplo é analisado em detalhe neste trabalho e também são apresentados e discutidos vários resultados do levantamento envolvendo os outros dois grupos de professores. O quadro obtido apresenta aspectos preocupantes quanto às carências e perspectivas desses docentes. Aproveitamos para discutir as providências que o Departamento de Física da UFRN tomou no sentido de tentar sanar, a nível estadual, algumas das carências detetadas. Também fica claro da pesquisa, que ações institucionais em geral, e da SBF, em particular, podem contribuir na providência de suporte, estímulo e oportunidades de aperfeiçoamento profissional ao professor de física do secundário.

Palavras-chaves: professor de física; formação do professor de física; licenciatura em física; formação continuada do professor de física.

### 1. Introdução

Por iniciativa da Sociedade Brasileira de Física (SBF), através da diretoria cujo mandato encerrou-se em julho de 1993, cinco professores de física de cada uma das capitais dos nove estados da Região Nordeste tiveram sua hospedagem assegurada para participarem da 27a. Reunião Anual da SBF, realizada simultaneamente à 45a. Reunião Anual da

Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC), no período de 11 a 16 de julho de 1993, em Recife (PE). Os Secretários Regionais da SBF nesses estados foram requisitados a encaminhar às respectivas Secretarias Estaduais de Educação a oferta da SBF, bem como sugestões à sua operacionalidade, em termos de diretrizes de seleção e transporte desses professores. (O único estado do nordeste que não teve professor participando foi o Piauí, por isto ele não está incluído nas discussões abaixo.)

Ocorreu-nos aproveitar essa oportunidade especial e fazer um levantamento sobre a situação do professor de física do segundo grau na Região Nordeste. Fizemos então um questionário, com 26 perguntas, e discutimos neste trabalho alguns dos resultados.

Inicialmente pensávamos que o questionário seria aplicado apenas aos professores participantes do encontro acima referido, por isto que há certas questões específicas para acontecimentos envolvendo apenas aquele encontro. Contudo, por uma coincidência de datas e eventos, percebemos posteriormente que o questionário poderia ser aplicado também a professores de física do 2o. grau que iriam participar de dois outros encontros específicos sobre ensino de física na Região Nordeste. E foi o que fizemos. Os outros encontros foram o V Simpósio de Ensino de Física do Nordeste, realizado entre 21 e 23 de julho de 1993, em Campina Grande (PB) e o encontro "Reciclagem para Professores do 2o grau nas áreas de Português, Matemática e Física", apenas para professores de escola pública de Pernambuco, promovido pela SEC/PE num projeto em convênio com a Fundação VITAE (de São Paulo), que ocorreu na cidade de Carpina (PE), na última semana do mês de julho de 1993.

No total foram 75 professores que responderam ao questionário: 34 na Reunião Anual da SBF, 25 no Simpósio de Ensino e 16 no encontro de professores de física de Pernambuco. Neste trabalho, contudo, nos concentraremos na relação entre a SBF e os professores secundários. Por isto, embora em alguns casos apresentemos resultados gerais, envolvendo as respostas dos três grupos de professores, este trabalho discutirá principalmente o levantamento feito junto aos professores que participaram da Reunião Anual da SBF. Uma discussão mais aprofundada das respostas que incluem também os outros dois encontros mencionados será feita em outra publicação posteriormente.

## 2. Limitações do questionário

As eventuais limitações do questionário aqui analisado se devem principalmente ao curto intervalo de tempo que dispusemos para a elaboração do mesmo. A idéia de aproveitarmos a iniciativa da SBF naquela reunião para colhermos dados sobre professores de física do secundário surgiu apenas às vésperas da mesma. Tivemos cerca de 48 horas para elaborar o questionário, digitá-lo, revisá-lo e providenciar as cópias.

Uma limitação do mesmo é não sondar, por exemplo, qual a penetração e repercussão que as revistas de ensino de física que existem no país têm sobre o professor na preparação de seu trabalho em sala de aula. Outras omissões involuntárias podem, eventualmente, ser detetadas no questionário.

Contudo, a oportunidade era rara e muito boa, e resolventos aproveitá-la. Acreditamos que, apesar das limitações mencionadas, o questionário possui poucas deficiências para aquilo que se pretendia com ele e certamente permite-nos quantificar e explicitar com razoável precisão o quadro que caracteriza a formação, ambiente de trabalho e carências do professor secundário de física no nordeste.

### 3. Viéses da população sondada

São três os principais viéses que precisam ser devidamente considerados neste trabalho, senão se estará configurando uma população que de forma alguma corresponde à grande maioria dos professores secundaristas de física da Região Nordeste.

O primeiro viés, e o que tem maiores implicações na interpretação dos resultados, diz respeito a características particulares do professor sondado pelo questionário. Os professores participantes das três reuniões onde o presente levantamento foi feito não estavam sendo remunerados; o que estavam fazendo ali contribuiria muito pouco para seu currículo; e nada daquilo teria efeito sobre sua ascensão profissional. Havia, portanto, motivações pessoais, de crescimento pessoal e profissional, a nível de aquisição de conhecimentos e intercâmbio com outros colegas, que os levou a mudar suas rotinas por alguns dias, se deslocar até os locais dos encontros e, em alguns casos, colocar dinheiro do próprio bolso para poderem participar dos mesmos.

Em outras palavras, estavam acessíveis para responder o questionário professores de certa forma pré-selecionados, aqueles espontaneamente mais empenhados em melhorar sua formação, em se manterem atualizados sobre técnicas de ensino e dispostos a experimentar novas práticas pedagógicas. Se mesmo esses professores, em princípio com maior grau de motivação, apresentam uma série de deficiências de formação, podemos esperar que o quadro habitual (composto por professores que, por vários motivos, investem relativamente pouco na própria formação) deve ser mais grave e sério ainda que aquele aqui apontado.

Outro viés é que aqueles professores haviam assistido a uma retumbante mesa redonda sobre uso de história da ciência no ensino de física no dia anterior à resposta ao questionário. Foi muito boa e estimulante aquela mesa redonda. Uma das conseqüências foi o aparecimento de uma "consciência" sobre a importância da introdução de disciplinas e questões relativas a história e filosofia da ciência que, tudo

indica, foi artificialmente inflada, não correspondendo ao que normalmente os professores têm sobre o assunto.

Um terceiro viés é o fato de que havia todo um programa de fabricação de "kits" experimentais patrocinado pela Fundação Vitae em convênio com a SEC/PE que estavam sendo expostos, discutidos e propagandeados durante aquela reunião. Também neste caso a ênfase em laboratório e a predisposição a aulas práticas e uso de "kits" que aparece nas respostas foi fortemente estimulada naquela reunião.

Portanto, é com o contexto descrito nesta secção em mente que devemos passar à análise dos resultados discutidos a seguir.

#### 4. Resultados e discussões

Os resultados foram traduzidos em quase sessenta histogramas. Contudo, devido a uma limitação de espaço e o fato de estarmos nos concentrando na discussão dos questionários respondidos durante a Reunião Anual da SBF, aqui incluiremos apenas comentários por escrito dos resultados mais relevantes para a presente discussão.

Apesar dos dados terem sido colhidos há cerca de três anos atrás (durante o mês de julho de 1993), acompanhamento dos professores secundários de física em outros encontros específicos e em cursos indicam que nada significativo mudou nestes últimos anos em relação ao quadro aqui desenhado. Assim, os resultados aqui apresentados podem ser considerados atuais.

##### 4.1 Perfil Geral do Professor Secundário

O profissional sondado por este questionário, na época em que ele foi respondido, era professor em escola pública (100%), onde lecionava física no 2o. grau (94%). A grande maioria desses professores (80%) não exercia nenhuma outra atividade profissional. Uma boa maioria (68%) tinha mais de seis anos de magistério e a grande maioria (79%) tinha mais de 30 anos de idade.

Uma parcela significativa (cerca de 36%) tinha curso de pós-graduação. Destes, 30,6% tinham curso de especialização (sendo, dentre estes, 22,8% especialização em física, 13,6% em ensino de física, 27,9% em matemática e 22,8% em educação) e 5,3% tinha mestrado. Um viés da população sondada a que nos referimos anteriormente (o de serem professores de certa forma pré-selecionados) pode ser quantificado, em parte, ao constatarmos esta porcentagem relativamente alta de formação a nível de pós-graduação, em se tratando de professores do 2o. grau em exercício.

A maioria (59%) tinha concluído o curso superior há mais de sete anos. (Dentre estes, 61% fez licenciatura em física; e havia ainda entre os professores sondados 6% que era licenciando em física). Portanto, quando eles avaliam o curso de graduação que fizeram estão se referindo a condições relativas à década de 70 ou início da década de 80.

Apesar das queixas ou demonstrações de inseguranças quanto a conteúdos e à sua formação, que transparece em vários pontos das respostas, o professor sondado parece estar satisfeito com o curso de licenciatura que tinha feito ou estava fazendo na época: numa escala de 0 a 10 ele avaliou com média 7,0 tal curso (sendo a média mínima por estado dada a curso no Rio Grande do Norte, 5,7, e a máxima a curso no Maranhão, 7,5).

Porém, mesmo com nota relativamente alta, houve três conjuntos de mudanças, propostas por eles, que esse professor achou que precisariam ser feitas para melhorar ainda mais a qualidade do referido curso, a saber (neste trabalho colocamos entre aspas as palavras e formas de expressão que eles usaram em suas respostas por extenso): 1. 34%: "adequar melhor as disciplinas didáticas com o ensino de física; aumentar o conteúdo e dividir melhor o currículo; correlacionar matérias afins; introduzir disciplinas de comunicação, computação, filosofia; fazer possível uma reciclagem constante; voltar mais o curso para a formação do cidadão"; 2. 28% "para poder preparar melhor o estudante para ser professor de 1o. e 2o. graus, deveria existir uma *interrelação maior entre a universidade e as escolas*"; e 3. 24% "instrumentação: deveria ensinar a trabalhar com os elementos do cotidiano; enfatizar a aplicação da física em laboratório (isto requereria aumentar a carga horária e melhorar a qualidade dos laboratórios); também poderia se oferecer bolsas de iniciação científica visando a fabricação de experimentos de fácil aquisição".

O professor sondado demonstrou preocupação com o aperfeiçoamento de seu trabalho e com sua formação continuada. Ele tem grande interesse em fazer cursos de extensão universitária (96%) ou de especialização (90%). Neste aspecto é importante notar que, embora as respostas sobre a área em que eles gostariam de fazer tais cursos se distribuem em 19 assuntos (sendo que o último deles inclui o genérico "outros"), se destacam nitidamente dois grupos para cada um desses tipos de curso, os únicos grupos a atingirem dois dígitos percentuais nas preferências dos professores. Um grupo gostaria que o curso fosse na área de "ensino de física": 21% se for extensão e 48% se for especialização; e outro grupo gostaria que o curso fosse na área de "física em geral": 14% se for extensão e 13% se for especialização.

Estes resultados reforçam indicações que transparecem nas respostas a várias outras perguntas. Eles explicitam mais uma vez, agora de forma quantificável até, a insegurança do professor em relação aos conteúdos específicos, tanto aqueles de física como os de ensino de física, além de sua necessidade de atualização constante. Este é um ponto crucial na consideração de futuras providências e ações institucionais voltadas para a formação desse profissional.

## 4.2 Relação do Professor Secundário com a SBF

Dos professores de 2o. grau participantes da Reunião Anual da SBF, 56% o faziam devido à iniciativa da SBF comentada na Sec. 1. Destes, 94% não teria participado da mesma se não tivessem contado com tal iniciativa. Os professores participantes e que responderam o questionário, avaliam com notas entre 8 e 10 a importância daquela Reunião no seu trabalho futuro.

Na opinião desses professores, o principais aspectos positivos da mesma foram: 1. 32% "oportunidade de aperfeiçoamento, reciclagem, atualização e motivação para pesquisa"; 2. 28% "conteúdo de alta qualidade, aulas magistrais, mesas redondas e conferências excelentes"; e 3. 23% "possibilidade única de intercâmbio com outros colegas e troca de experiências". E os principais aspectos negativos foram: 1. 55% "pouco tempo: cursos, palestras, mesas redondas, muito curtos"; e 2. 35% "organização: sem infraestrutura para deslocamento no campus da UFPE, dificuldade de materiais, desorganização, salas pequenas".

Chama a atenção nestas últimas avaliações que os aspectos positivos são bastante entusiásticos, estão distribuídos num número maior de opiniões e se referem a providências de responsabilidade da SBF, ligadas a oportunidades e eventos oferecidos aos professores. Os aspectos negativos, por outro lado, estão mais concentrados em dois blocos de opiniões e soam mais como "aspectos positivos" também, pois são queixas de que houve pouco tempo para desfrutarem aquilo que tanto estavam gostando e queixas sobre aspectos organizacionais da Reunião da SBPC como um todo, incluindo questões infraestruturais da UFPE, e não aspectos de responsabilidade direta da SBF. Ou seja: a parte da Reunião da SBF preparada para essa clientela específica teve um impacto muito positivo sobre eles e foi um sucesso muito grande, na opinião deles.

Quando consultados sobre como o Departamento de Física da universidade onde eles haviam se formado, ou do Estado onde eles estavam lecionando, poderia colaborar com seu trabalho e com os professores de física de seu Estado, os dois principais grupos de respostas foram: 1. 69% "oferecendo cursos de atualização, reciclagem, ao professor de 2o. grau; isto feito através de uma abertura maior das universidades, divulgando os cursos, oferecendo apoio e subsídios"; e 2. 17% "indo às escolas, ao alcance dos professores; trabalhando em conjunto com os professores de 2o. grau".

Quando consultados sobre como a SBF poderia efetivar tal colaboração, os três principais grupos de respostas foram: 1. 36% "promovendo este tipo de reunião; oferecendo cursos"; 2. 17% "divulgando publicações, fazendo-as chegar ao professor de 2o. grau"; e 3. 14% "financiando a participação dos professores em cursos e encontros".

As principais sugestões dos professores sobre como tornar seu trabalho mais gratificante para ele e para seus alunos, foram: 1. 48%



"tendo melhor infraestrutura material para trabalhar: laboratórios, bibliotecas, réguas, assim como um menor número de alunos por sala; aumento de horas dedicadas à preparação das aulas; mais aulas práticas; horários melhor elaborados"; 24% "maior integração do trabalho do professor com a comunidade científica; mais apoio"; 22% "ter condições de aperfeiçoamento".

Dos professores sondados, 87% gostaria de associar-se à SBF, 10% já era sócio e 3% não pretendia ser sócio. O desinteresse destes últimos em associar-se era porque "não tinham recursos" para tal ou "o material (produzido ou divulgado pela SBF) não é útil para o professor de 2o. grau". Não devemos nos iludir, contudo, com o alto percentual de interessados em associar-se. Como a grande maioria (90%) não era sócia do SBF e aquele era o primeiro contato com a sociedade, ainda mais um contato que estava sendo tão gratificante, conforme o levantamento acima destacou, era natural que eles imaginassem que aquela sociedade seria muito benéfica e proveitosa no aprimoramento e desenvolvimento de seu trabalho em sala de aula; apenas uns poucos já conheciam o suficiente essa sociedade para saberem da inadequação das preocupações, investimentos e produções da SBF para o atendimento das necessidades do professor secundário.

Estes resultados, tanto aqueles envolvendo os departamentos de física como aqueles relativos à SBF, mais uma vez, explicitam a enorme carência e o forte sentimento de abandono que esse professor tem. Eles sentem necessidade de aperfeiçoamento e se sentem isolados e sem canal de comunicação eficaz com as universidades ou a SBF.

Em nossa opinião a SBF certamente tem responsabilidades também para com essa parcela de clientela, isto é, os professores de física do 2o. grau. Contudo, por muito que esta sociedade científica possa ter feito, ou continue fazendo, para atender a tal parcela, isto ainda é muito pouco, insuficiente demais, conforme os resultados discutidos nesta seção claramente demonstram. Não se trata, obviamente, da SBF substituir ou duplicar ações que por dever competem aos centros formadores desses professores, e sim de que ela forneça suporte a esse professor, abrindo novas frentes e criando novas oportunidades para seu aperfeiçoamento profissional.

A iniciativa da SBF de trazer os professores para sua Reunião Anual não teve solução de continuidade. Não só tal iniciativa nunca mais se repetiu, como nenhuma outra providência realmente de grande alcance tem sido tomada para melhorar sua interação com os professores secundários. Esta ausência de iniciativas efetivas se dá em todas as instâncias das quais a SBF detém o controle e autonomia de atuação, desde a organização de encontros, cursos, publicações, voltados para esse público a ações institucionais junto a Secretarias de Educação Estaduais ou ao governo federal.

É preciso que se reflita e se ponha em prática urgentemente novas providências e procedimentos por parte da SBF, se esta sociedade

pretende, de fato, atuar com a devida responsabilidade em relação a essa fração de sua clientela natural.

## 5. Providências Tomadas pelo Departamento de Física da UFRN

Na época em que passamos esse questionário havíamos começado a tentar estruturar um trabalho, juntamente com outros dois professores do Departamento de Física da UFRN, visando discussões sobre ensino e licenciatura a nível de Departamento e Universidade. Já conhecíamos o quadro envolvendo os professores de segundo grau e o resultado do questionário veio apenas quantificar alguns aspectos e reforçar outros. Formamos então uma equipe de trabalho dentro do Departamento de Física da UFRN que se dedicou a discutir e tentar viabilizar soluções para os problemas encontrados. Posteriormente a equipe foi ampliada e contamos hoje com cerca de dez professores do Departamento de Física preocupados e interessados em discutir e viabilizar soluções para questões envolvendo a formação do professor secundário de física.

Como conseqüência desse trabalho, as principais providências tomadas pelo Departamento de Física foram: 1. A criação de uma Licenciatura Noturna; 2. A criação de um Curso de Especialização em Ensino de Física; e 3. A reformulação curricular do Curso de Licenciatura. Ambos os cursos foram iniciados em 1995 e a reforma curricular está atualmente em discussão a nível de Departamento.

Merece destaque o fato de que a criação desses cursos foi antecedida de cerca de dois anos de discussão, durante os quais também contamos com intensa colaboração de professores do Departamento de Educação da UFRN e de professores de outras universidades brasileiras especialistas nesses assuntos. Essa longa discussão visou que tanto a criação dos cursos como a reforma curricular não significassem apenas o oferecimento de cursos a mais ou de cursos diferentes dos já existentes, mas sim que pudessem suprir de fato as carências que os professores em formação, ou em exercício, sentiam em seu trabalho.

Portanto, o grande avanço, na nossa opinião, foi a estruturação desses cursos segundo fundamentos metodológicos inovadores que pudessem garantir, tanto enquanto grade curricular como em cada uma de suas disciplinas, uma formação que, por um lado, fosse atualizada e, por outro, atendesse à especificidade e necessidades do profissional que se precisa formar, isto é, do futuro (ou atual) professor de física do 2o. grau.

Há três elementos inovadores que constituem as diretrizes que norteiam a proposta metodológica dos cursos, a saber: a *abordagem problematizadora*, no que se refere ao método pedagógico adotado; a noção de *conceitos unificadores*, para a parte instrucional do programa do curso; e a forma como *conceitos de física moderna* são tratados no curso, permeando praticamente todas as disciplinas do mesmo e recebendo particular atenção na própria estruturação do curso como um todo. Não

cabe aqui aprofundarmos a discussão sobre esses aspectos, o que é feito em Barreto *et al.* (1995) e Jafelice *et al.* (1995).

No momento ainda não temos condições de efetuar uma avaliação abrangente das implicações das medidas tomadas. Porém, as primeiras indicações apontam que o caminho escolhido procede e os resultados iniciais mostram-se bastante estimulantes. Essas avaliações serão discutidas oportunamente em trabalhos futuros.

## 6. Conclusões e Recomendações

Pesquisamos o perfil e necessidades dos professores de física do 2o. grau da Região Nordeste, através de questionário respondido por 75 professores durante três encontros específicos para sua categoria ocorridos durante o mês de julho de 1993. Um desses encontros foi excepcional pela iniciativa, inédita e única até hoje, da SBF financiar a participação desses professores secundários em sua Reunião Anual.

O quadro obtido do levantamento feito é grave e exige ações institucionais urgentes na tentativa de sanar as deficiências encontradas. É mais grave ainda ao lembrarmos que o professor sondado tem algumas características que sugerem que ele tinha investido mais na própria formação que o professor secundário típico (Sec. 3).

A partir das respostas fornecidas pelos professores sondados, da discussão com colegas voltados para a formação desse professor e de reflexões sobre toda essa realidade, decorrem naturalmente algumas sugestões e recomendações de providências que explicitamos a seguir.

As principais recomendações a nível de **Departamentos de Física/Universidades** são: 1. Reestruturar os cursos de licenciatura em física de modo a garantir formação mais consistente quanto a conteúdos de física e de ensino de física; 2. Aumentar, nesses cursos, a porcentagem relativa de disciplinas voltadas para história e filosofia; 3. Equipar melhor os laboratórios didáticos desses cursos; 4. Modificar a filosofia por trás de disciplinas do tipo prática de ensino e instrumentação de modo a melhor adequá-las ao ensino da física e à realidade da sala de aula; 5. Oferecer oportunidades de formação continuada através de cursos de extensão e especialização; e 6. Abrir canais mais ágeis e regulares de interação entre a universidade e as escolas de 1o. e 2o. graus.

As principais recomendações a nível de **Sociedade Brasileira de Física (SBF)** são: 1. Repensar sua relação com os professores de física do 2o. grau *no Brasil hoje*; 2. Ter uma política mais assumida e ostensiva de apoio a esse professor; 3. Oferecer outras oportunidades de aperfeiçoamento profissional a esse professor, além daquelas com as quais ele conta normalmente; 4. Criar meios que garantam maior integração do professor com a comunidade científica; e 5. Oferecer, de modo regular, suporte, estímulo e recursos (textos ou material de apoio) cujas formas e conteúdos sejam *de fato* adequados às necessidades desse profissional.

Por último, é importante enfatizar que dado o grau e o teor das carências detetadas, tais ações precisam ser empreendidas a nível de uma política educacional nacional e de providências específicas nas instituições de ensino nos estados. Da discussão com colegas de instituições de outras regiões do país ficou claro que, embora a população que sondamos se restringia basicamente à Região Nordeste, os problemas constatados certamente são comuns, em sua quase totalidade, a todo o país, pelo menos no que se refere à formação de professores de física do secundário. Este fato justifica ainda mais a necessidade de tomada de posições institucionais de grande alcance, que tenham uma linha mestra nacional e ações específicas locais para atender as peculiaridades de cada estado.

### Referências Bibliográficas

BARRETO, C. L., *et al.* Curso de Licenciatura em Física com Abordagem Problematicadora. In: XI SNEF. *Atas*. Niterói: SBF, 1995.

JAFELICE, L. C., *et al.* Especialização em Ensino de Física Segundo Nova Proposta Metodológica. In: XIII EFNNE. *Atas*. Salvador: SBF, 1995.

*Agradecimentos:* os autores agradecem à socióloga Rosi A. Piña Jafelice pelo tratamento estatístico dos dados e discussões envolvendo a análise dos resultados e ao Dr. José Alzimir P. Costa pelo incentivo e apoio à realização deste trabalho, como Chefe do Departamento de Física da UFRN, na época.

## PROBLEMAS DO ENSINO DE FÍSICA

Maria José P. M. de Almeida  
Faculdade de Educação - UNICAMP  
Cezar Cavanha Babichak  
Instituto de Física - USP

Problemas de Ensino de Física I é uma disciplina do primeiro semestre no primeiro ano do curso de Física noturno, com carga horária de duas aulas semanais. A concepção de formação de um professor autônomo está no alicerce da sua introdução no currículo iniciado em 1992 na UNICAMP. Desenvolvemos um estudo a partir de anotações coletadas nas turmas de 24 alunos de 1992, 20 alunos de 1994 e 39 alunos de 1995, perfazendo um total de 73 alunos. Neste trabalho nos referimos principalmente à análise de dados obtidos com a turma de 1995. A finalidade desta apresentação é contribuir para a reflexão sobre o currículo de formação do professor de Física.

Pretendíamos, com a organização da disciplina, que diferentes aspectos da atuação profissional fossem pensados desde o início do curso de licenciatura em Física. Consideramos também que o trabalho com as concepções e representações dos licenciandos é tão importante quanto o desenvolvimento dos conteúdos científicos.

Nessa perspectiva, procuramos trabalhar com a *memória* dos alunos sobre o segundo grau (questionário), além de fazermos uso de recursos didáticos variados (textos, vídeos e material prático). A noção de ensino que embasou tal organização subentendia uma visão sociocultural dos processos de desenvolvimento/aprendizagem, destacando-se o papel da *linguagem* nas trocas organizadas no processo de ensino, numa perspectiva de provocar reflexões nos alunos para transformar processos inter-psicológicos em intra-psicológicos (Góes, 1991).

Um questionário, passado logo no início do semestre, visou a obtenção de informações e representações dos estudantes, as quais seriam base das reflexões que provocaríamos durante o curso. As questões envolviam preferências e dificuldades com disciplinas do 2º grau, fatos marcantes, visão de Ciência e opiniões sobre problemas do ensino médio.

A caracterização da turma cujas informações analisamos aqui foi feita a partir das respostas de 31 alunos: A idade desses alunos variava de 17 a 36 anos, com mediana nos 21 anos; 75% estudaram em escola pública e grande parte desses em escolas técnicas; apenas 19% dos alunos não trabalhavam, sendo que metade deles disseram estar procurando emprego. Com exceção de um aluno que trabalhava 6 horas diárias, todos os outros que trabalhavam faziam-no em tempo integral, havendo o caso de um que trabalhava das 24:00h às 09:00h da manhã. A maioria dos

alunos desempenhavam funções técnicas em empresas, como técnico em eletrônica, mecânica, etc., sendo que alguns ainda eram estagiários.

### **Levantamento obtido através do questionário e atividades desenvolvidas em aula**

Com o questionário obtivemos informações preciosas sobre as visões dos alunos, as quais seriam trabalhadas no andamento do curso.

O primeiro assunto abordado em sala de aula foi a opinião dos alunos sobre as disciplinas de 2º grau. Aquelas que o conjunto de alunos manifestou mais gostar foram Física (84%) e Matemática (68%) e as que menos gostavam eram Português (45%), Geografia (35%), História (32%) e Química (26%). Entre as disciplinas em que tiveram maiores dificuldades apontaram Química e Português (ambas com 29%). Quanto àquelas que os colegas do 2º grau tinham maiores dificuldades, foram assinaladas Matemática, Física e Química. Com relação à disciplina Física no 2º grau, 74% achavam a matéria fácil e 26%, difícil. 84% achavam-na interessante, 3% desagradável e 13% não responderam a esta questão. Mas nas suas opiniões sobre as visões que seus colegas tinham sobre essas questões, o quadro praticamente se invertia: 90% acham que a maioria de seus colegas tinham dificuldades com a disciplina Física e somente 6,5% achavam que a maioria dos estudantes consideravam esta matéria como sendo fácil. Além disso, 87% achavam-na desagradável para a maioria dos seus colegas e somente 10% supunham que a maioria dos colegas de ensino médio consideravam a matéria interessante.

É importante notarmos que as facilidades próprias perante a disciplina Física foram atribuídas ao gosto pela área de exatas, ao sucesso em resolverem todos exercícios e a bons professores. Já com relação às dificuldades, as "justificativas" indicaram a falta de base, a dificuldade com conceitos e ainda a dificuldade do professor em passar conceitos. Também apontaram o professor como responsável pelo interesse pela disciplina. Além disso, nesse item consideraram que a Física se presta a atender ou despertar curiosidades, mostrar como as coisas funcionam, e também foi dito que a disciplina possui um conteúdo envolvente e relacionado com conhecimentos do dia a dia. Já o desinteresse pela disciplina foi atribuído ao excesso de teoria e a ser maçante.

Podemos notar a diversidade de opiniões e conseqüente abrangência de aspectos, que precisam ser abordados, para uma discussão sobre essas respostas, que vise contribuir para que os alunos fundamentem suas representações.

Foi ao se manifestarem sobre como seus colegas viam a Física, que os alunos evidenciaram mais como é vista a Física no 2º grau. Os dois únicos alunos que disseram acreditar que a disciplina era fácil para a maioria dos colegas atribuíram tal fato ao professor ou, ainda, ao estudo da matéria: "Se estudar, irá bem." Já a característica de disciplina difícil para a maioria dos alunos apresentou uma grande variedade de

"justificativas": não conseguir nota, dificuldades com a área de exatas, traumas transmitidos por outros que odeiam a disciplina, a não existência de bons professores com boa didática e, finalmente, por não se dedicarem ou por preguiça. Além de caracterizarem a Física como difícil, os alunos argumentaram que era desagradável para a maioria dos colegas de 2º grau por somente terem notas baixas na matéria, por haver muitas ligações com regras e operações matemáticas, por esses alunos não conseguirem entender nada, por ser difícil se interessar por aquilo que não se entende e por "preguiça e dificuldade em pensarem o porquê das coisas".

Para ilustrarmos a abrangência que a discussão sobre as respostas propiciou, vejamos o questionamento sobre a resposta que diz respeito à visão dos próprios alunos sobre a Física e como se referem à visão dos colegas: A problemática que envolve o assunto seria só uma questão de didática do professor? Será que os conteúdos para o ensino da Física não poderiam ser outros? É possível colocarmos as dificuldades numa disciplina como de ordem puramente individual ("de preguiça") quando a grande maioria dos alunos têm problemas com a Física? O grande uso de cálculos matemáticos é adequado logo no início do curso?"

As discussões sobre as respostas dos alunos foram, no curso, intercaladas com atividades em sala de aula, como vídeos e atividades práticas, e também foram sendo introduzidas categorias teóricas para aprofundamento das discussões. Entre elas o *Currículo Oculto* (Apple, 1982): como, aprendendo Física no 2º grau, eles próprios foram paralelamente construindo idéias básicas sobre, por exemplo, o papel do professor, a responsabilidade individual e a questão da estrutura escolar?

Todo o trabalho assumiu que a reflexão sobre essas idéias, articuladas já num certo nível de estruturação pelo aluno quando ele inicia o curso de Física, é básica na formação do professor e deve ocorrer ao longo do curso todo.

Verificou-se também que possíveis "soluções" para os problemas do ensino de Física fazem parte do imaginário dos alunos já quando eles entram na universidade. Quando se perguntou aos estudantes sobre os principais problemas com o ensino de Física, eles levantaram um amplo espectro que continha, implicitamente, o que eles achavam que deveria mudar: deveria ter mais teoria para resolver exercícios, confusão Física x Matemática, tendência do professor de dar matérias "mastigadas", muita matéria em pouco tempo, falta de livros com exercícios resolvidos. Principalmente, foram citados, por grande parte dos alunos, questões ligadas ao professor (desde a falta de estímulos por baixos salários, até seu modo de expor a matéria), além de grande número de menções afirmando terem poucas aulas práticas. Esta questão permitiu reforçar a idéia da importância do papel do professor no ensino de 2º grau, além de propiciar uma discussão sobre a natureza da Física (conhecimento construído sobre a natureza) buscando-se trazer à tona visões

diferenciadas da idéia que alguns alunos têm de Física (Física é a Natureza), como por exemplo: A Física... "serve para generalizar fenômenos e alinhá-los de maneira lógica". Outra discussão foi a do papel do livro didático, pautada na leitura do texto de Kuhn (1974), onde é dado ênfase a esse papel, quando promovemos um debate sobre o duplo conceito *processo/ produto* no ensino da Ciência. Contudo, uma discussão bastante difícil provocada pela leitura do texto foi a contraposição com relação à visão de produção "totalmente criativa" ou "de descoberta" da Ciência. A representação dos licenciandos, já no início do curso, se opõe de forma bastante forte à idéia de um cientista que procure resolver "quebra-cabeças" com hipóteses e esquemas previamente estabelecidos.

Com relação à importância que os alunos atribuem ao laboratório no ensino, foram acrescentadas questões para serem pensadas em aula: qualquer laboratório é importante para o ensino de Física? Quando um laboratório facilita o ensino? Esta discussão foi precedida por uma atividade "prática", na qual foi montado um arranjo de duas lâmpadas em série, onde uma ascende e outra não, o que fez com que os alunos percebessem o quanto o ensino de 2º grau é teórico. Seguiu-se uma discussão sobre as atividades escolares e as diferentes tendências pedagógicas que as subentendem, com o objetivo de evidenciar a importância de relacionar atividades escolares com finalidades do ensino.

Com relação ao quadro de opiniões sobre a utilidade da Ciência, somente um aluno se referiu a ela como algo negativo - "Na prática ela é usada como elemento de dominação". - Todos os demais associaram a Ciência ou à busca de explicações - "Para o homem se conhecer, compreender melhor o mundo"-, ou ao progresso tecnológico - "Buscar e caminhar para a evolução da tecnologia."-, ou ainda ao progresso do pensamento humano - "Desmistificar fatos comumente associados a 'deuses'". No que se trata da Física em particular, as respostas se localizam mais basicamente entre as explicações de fenômenos, aprendizado de algo, progresso nos meios de produção para melhoria da vida e progresso do pensamento. Algumas opiniões mereceram um maior destaque, evidenciando a necessidade de se trabalhar a distinção entre teoria produzida e natureza. O final do questionamento apontou para o importante papel da Epistemologia da Ciência na formação do professor de Física.

Contudo a visão de Ciência, principalmente a representação dos alunos sobre a neutralidade científica, pôde ser melhor "perturbada" com o uso de um recurso que envolve, além da racionalidade, a sensibilidade dos alunos. A turma a que nos referimos assistiu aos últimos três episódios do filme "Sonhos", de Kurosawa ("O Monte Fuji em Vermelho", "O Demônio Chorão" e "Povoado dos Moinhos"), onde o autor mostra uma valoração "negativa" da Ciência, abordando assuntos como catástrofe nuclear entre outros. Após o filme os alunos responderam a um novo questionário envolvendo perguntas sobre pensamentos que o filme fazia



vir à tona, idéias sobre Ciência “embutidas” no filme e problemas do ensino de Física para serem relacionados com o filme.

Algumas respostas são de uma riqueza muito grande e nos incentivam a tentar trabalhar um pouco mais com a sensibilidade dos alunos:

“Eu pensei sobre Ciência e sobre tecnologia como se tivessem duas faces. Uma que constrói e facilita a vida e a outra que destrói e dificulta a sobrevivência do ser humano na Terra. O interessante é que essas duas faces caminham lado a lado e a 1ª ofusca a 2ª que está num futuro distante (ou mesmo em forma de sonho, e/ou melhor, pesadelo).”

Ainda, sobre se o filme faz pensar problemas do ensino da Física, um aluno respondeu:

“Sim. A Física como Ciência faz parte deste contexto. Durante a formação do físico faz-se necessário questionar a ética da Ciência, formá-lo crítico quanto à utilização do que ele, enquanto agente da Ciência, produz. Questões como ‘por quê’ devem ser sempre presentes.”

Esse questionário continha uma pergunta de conteúdo físico: Qual a diferença entre estar irradiado e contaminado? Somente três alunos entre 31 sabiam a diferença, o que deu uma ótima oportunidade para se discutir a questão do conteúdo ensinado no 2º grau em Física. Isso também nos fez voltar a uma das questões abordadas no questionário inicial, quando pedimos para que os alunos citassem assuntos que deveriam e que não deveriam, na opinião deles, ser trabalhados no ensino médio. Entre os temas que deveriam ser tratados, segundo os estudantes, o mais citado foi a Mecânica, seguido de Eletricidade e Magnetismo. A lista foi bastante variada e incluiu até cibernética e buracos negros (“desde que não cobrados em provas”), mas houve também quem dissesse que no 2º grau não deve ser dado nada que não caia nos vestibulares, além de vários afirmarem que Óptica e Eletromagnetismo não deveriam ser tratados nesse ensino. Houve, ainda, quem dissesse que o aprendizado deveria ser feito por computador, com a escola servindo para retirar dúvidas. Essas opiniões mostraram que a questão do conteúdo do ensino é fundamental para ser discutida na formação do professor, além do que a reflexão deve se iniciar logo no início do curso, pois provocar rupturas nesse aspecto - conteúdo do ensino -, em continuidade com o pensamento do aluno (Snyders, 1977), talvez seja a tarefa mais difícil num curso de licenciatura.

Neste caso a problematização do conteúdo de Física a ser ensinado no 2º grau foi uma ponte para a discussão sobre concepções alternativas em Física. Entre as atividades realizadas com essa finalidade, foram apresentados trechos como os seguintes, para análise, em grupos:

...qualquer velocidade, uma vez imprimida a um corpo em movimento, será rigidamente mantida enquanto estiverem removidas as causas externas de aceleração ou retardamento...

...essa lei da inércia não pode ser diretamente deduzida da experiência, mas por meio do pensamento especulativo consistente com a observação.

As discussões dos equívocos e acertos produzidos pelos grupos de discussão possibilitaram aos alunos o início da reflexão sobre a importância do professor conhecer o pensamento dos alunos, além de propiciarem condições para valorizarem um conhecimento mais conceitual da Física, cujo curso estavam iniciando.

Entre outras atividades de aula, que encaminharam para a necessidade durante o curso de estudos, além da Física propriamente dita, foram também organizadas duas palestras sobre História da Ciência.

## Discussão

O trabalho com as representações é importante porque estas estão presentes tanto nas atividades do indivíduo quanto no seu discurso, e formadas ao longo da sua história de vida, como resultado dos conhecimentos adquiridos e das próprias vivências (Lefebvre, 1983).

Na dinâmica de trabalho, numa disciplina como Problemas de Ensino de Física I trabalhada no início de um curso, o principal é se buscar técnicas e recursos que permitam a realização de atividades que possibilitem a recuperação das representações dos alunos e, a partir do seu levantamento, provocar a reflexão sobre questões de interesse quando se pensa o ensino de Física. Essas representações envolvem aspectos com origem epistemológica diferenciada. Dessa maneira, o aluno apenas estará iniciando uma reflexão que deve ocorrer ao longo do curso todo.

## Bibliografia

- ALMEIDA, MARIA JOSÉ P. M. Uma Concepção Curricular para a Formação do Professor de Física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, vol 14, nº 03, 1992, pp. 145-8.
- APPLE, MICHAEL W. (1982) *Ideologia e Currículo*. São Paulo, Brasiliense.
- GÓES, MARIA CECÍLIA (1991) A Natureza Social do Desenvolvimento Psicológico. In: *Pensamento e Linguagem - Estudos na Perspectiva da Psicologia Soviética*. Cadernos CEDES, nº 24, pp. 17-24.
- KUHN, THOMAS S. (1974) A Função do Dogma na Investigação Científica. In: DE DEUS, J. D. *A Crítica da Ciência*. Rio de Janeiro, Zahar Editores, pp. 51-65.
- LEFEBVRE, HENRI (1983) *La presencia y la ausencia - Contribución a la Teoría de las Representaciones*. México, Fondo de Cultura Económica.

- PENIN, Sonia T. S. (1994) *A Aula: Espaço de Conhecimento, Lugar de Cultura*. Campinas, Papyrus.
- SNYDERS, Georges (1977) *Escola, Classe e Luta de Classes*. Lisboa, Moraes Editores.

## ANALOGIAS E METÁFORAS NO ENSINO DE CIÊNCIAS NATURAIS

Eduardo A. Terrazzan

Centro de Educação, Universidade Federal de Santa Maria

### Introdução

Qualquer um que pretenda hoje discorrer e refletir sobre o papel das metáforas no processo do conhecimento humano, torna-se quase que obrigatoriamente um leitor da obra de Max Black, *Models and Metaphors*, editado em inglês originalmente em 1962. Black observa que os filósofos, apesar do seu interesse geral pela linguagem, se descuidaram de tratar das metáforas, segundo ele baseados no princípio de que acerca daquilo que só se pode falar metaforicamente não deve se falar de modo nenhum (em referência ao filósofo Ludwig Wittgenstein). Por isso, Black busca apoio nos críticos literários, os quais assumem que não há nenhuma incompatibilidade entre o uso de metáforas e um pensar sério.

Algumas questões propostas para reflexão poderiam ser então: Como reconhecemos um caso de metáfora? Existem critérios para sua identificação? Seria a metáfora um "recurso decorativo" que oculta o "sentido correto"? A metáfora é criadora, em algum sentido? Enfim, onde deve-se utilizá-la e onde não?

Ao falarmos de metáforas simples, nos referimos comumente a uma oração, onde algumas palavras são usadas metaforicamente, e o restante de forma não metafórica. Se construímos uma frase inteira com palavras usadas em sentido metafórico, temos um provérbio, uma alegoria ou mesmo um enigma. São exemplos de metáforas simples: "Ricardo é um leão", ou "A luz não é senão a sombra de Deus", ou ainda "Trocar o coração de pedra por um coração de carne". Em todas elas é possível identificar um foco da metáfora (palavra(s) usada(s) metaforicamente), como leão, luz e pedra/carne e um marco da metáfora (restante da frase), onde se contextualiza a situação e produz propriamente a metáfora.

Para reconhecer e interpretar uma metáfora é necessário atentar para as circunstâncias concretas onde elas são emitidas. Isto porque, diferentemente do discurso falado, onde podemos empregar o tom e o estilo para auxiliar na comunicação, no discurso escrito nos faltam recursos tão rudimentares, mas tão importantes como estes.

Ainda segundo Black, podemos estabelecer três enfoques para o uso das metáforas: o Enfoque Substitutivo, o Enfoque Comparativo e o Enfoque Interativo. O primeiro enfoque, o Substitutivo, ocorre quando as expressões metafóricas são utilizadas no lugar de outras expressões literais a elas equivalentes. Compreender uma metáfora, seria então como decifrar um código ou desvelar um enigma. Mas, por quê? Em alguns casos, talvez não exista um significado literal equivalente, e então a metáfora preencheria as lacunas de um vocábulo literal e se

transformaria numa espécie de catacrese: uso impróprio de um vocábulo, num sentido novo, tentando suprir a falta de um vocábulo adequado.

Tomando-se a frase, "Ricardo é um leão", pelo enfoque substitutivo teríamos algo como "Ricardo é valente", enquanto que pelo enfoque comparativo, teríamos aproximadamente o mesmo que "Ricardo é como um leão". Agora, a interpretação do enunciado original exige que se reflita tanto sobre as características dos leões como de Ricardo. Pode-se dizer que ocorre o Enfoque Comparativo sempre que a metáfora consiste na apresentação de uma analogia ou uma semelhança subjacente.

De modo geral necessitamos de metáforas quando podemos prescindir da precisão dos enunciados científicos. Porém, para fugir da objeção que afirma que o enfoque comparativo sofre de um certa "indeterminação", poderíamos dizer que "a metáfora cria a semelhança", ao invés de afirmar que ela "formula uma semelhança já pré-existente".

Finalmente, avançando na superação dos "defeitos", por assim dizer, dos enfoques substitutivo comparativo, quanto ao uso e as limitações da metáforas, podemos analisar o Enfoque Interativo. Para compreendê-lo, devemos considerar que ao utilizarmos uma metáfora, sempre temos dois pensamentos de coisas distintas em atividade simultânea e apoiados somente em uma palavra ou frase, cujo significado é uma resultante de sua interação.

Assim, a metáfora deve ser encarada como um espécie de *filtro*, acompanhado de um *sistema de tópicos*, que não necessitam ser totalmente verdadeiros, a depender da pessoa que a interpreta. Para a eficácia da metáfora, podemos nos contentar com *semiverdades*, desde que sejam evocadas e rápida e espontaneamente. Na verdade, a metáfora fornece um pano de fundo, um sistema de referência para o pensamento, ou seja ela organiza nossa visão sobre o contexto.

Um último aspecto importante de ressaltar é que as metáforas podem ser "feitas sob medida", apoiando-se em um sistema de implicações especialmente construído para isso. A natureza da aplicação que se pretenda dar, ajuda a determinar o caráter do sistema. Como exemplo, podemos tomar o olhar o céu através de um tela esfumada onde foi traçada uma rede de linhas. A observação do céu será conformada pela tela em questão, ao mesmo tempo que poderá dar informações sobre as características da própria tela. Aqui, pode-se sugerir um paralelo interessante com o fenômeno físico que ocorre com a passagem da luz por uma rede de difração.

O fato de se poder pensar em metáforas especialmente elaboradas é que garante sua importância para o processo de ensino-aprendizagem discutido a seguir. A explicação, o desenvolvimento do fundamento de uma metáfora, pode ser extremamente valiosa se não se considerar a mesma como um substitutivo cognoscitivo adequado do original. Mesmo que as metáforas possam ser perigosas, especialmente em filosofia, toda a proibição de seu uso constituiria uma restrição arbitrária e prejudicial à nossa capacidade de indagação.

## Uma nova imagem para o conhecimento: o recurso à metáfora

Vários autores têm refletido sobre o papel da metáfora tanto na produção do conhecimento em áreas específicas do saber, quanto na construção do conhecimento no ambiente de uma disciplina escolar.

Na área de ciências naturais, em particular, há contribuições interessantes nesse sentido. Porém, antes de entrarmos neste campo específico, a discussão sobre a possibilidade de ampliar em vários sentidos a usual imagem associada ao processo de conhecimento, qual seja a de um processo estritamente marcado pela linearidade. Nesse sentido, os trabalhos recentes de Nilson José Machado têm fornecido parâmetros interessantes e significativos para se pensar uma nova concepção para o ato cognoscitivo.

Em particular, o seu livro "*Epistemologia e Didática*", publicado em 1995, contém um capítulo cujo título, "*Conhecimento como rede: a metáfora como paradigma e como processo*", denota uma defesa clara do importante papel que cumprem as metáforas no processo de conhecimento. De imediato, na abertura deste texto pode-se deparar com a seguinte afirmação:

"O conhecimento do mundo, as imagens que lhes enfeixam as propriedades, sugerindo-lhe forma e conteúdo, tom e cor, são sempre fortemente influenciadas por metáforas iluminadoras, que procuram apreender as relações características entre elementos, atores e cenários que o constituem." (Machado, 1995:119, grifo meu)

Diversos autores têm sugerido ou analisado metáforas fundadoras que procuram orientar o pensamento na busca de uma representação e conseqüentemente um conhecimento do mundo. Três dessas macrometáforas são: '*O universo é um enorme mecanismo*', '*O universo é uma linguagem*', '*O universo é um imenso organismo*'. Outros têm discutido a importância da metáfora na construção de teorias, particularmente na área de ciências naturais, com conseqüências metodológicas para a educação como um todo. Mas, sobretudo para o escopo deste estudo, importa ressaltar o aparecimento de concepções nas quais a estrutura do 'aparelho cognitivo humano', bem como a linguagem em si, teriam essencialmente caráter metafórico, aproximando assim a utilização das metáforas como um instrumento "muito mais de uma necessidade do que de uma escolha eventualmente conveniente".

Aqui, parece assentar-se a base fundamental sobre a qual Machado vai construir sua argumentação a favor do uso metafórico da imagem de rede como um "*paradigma na concepção de conhecimento*" e do uso instrumental da metáfora no "*processo de construção das redes de significações*", ou seja no próprio ato de conhecer.

A metáfora e seus correlatos, analogias, modelos, símiles, etc...estão sendo tomados aqui como parte integrante dos processos pelos quais o conhecimento se constrói, ou seja, formas legítimas do pensamento, recursos necessários à cognição humana. Mas além dessa

'função', como aponta Machado, a sua aplicação deve se ampliar a ponto de permitir que se forme uma imagem para o próprio conhecimento.

Esta nova imagem deve transcender os limites impostos pela tradicional forma de conceber o conhecimento, estruturado linear e rigidamente, como um encadeamento de conceitos estáticos.

A alternativa proposta é que o conhecimento seja tomado em uma conformação mais dinâmica e flexível. Configura-se, assim, uma teia tridimensional, não-regular, onde os nós e os fios não são tomados de forma rígida respectivamente como objetos de conhecimento e como relações entre esses mesmos objetos.

Aqui, as próprias relações, uma vez estabelecidas, plasmam-se em novos nós e ligam-se através de novos fios a outros objetos e outras relações, num processo permanente de transformação e reconfiguração da rede como uma totalidade. Aliás, o caráter de totalidade de uma rede como esta também é importante de se destacar, na medida em que qualquer modificação num dos seus elementos significa uma alteração na configuração da rede como um todo, constituindo-se uma nova rede em seu lugar.

Estabelece-se enfim, uma nova imagem do conhecimento caracterizado como rede de significações, onde...

"Os pontos (nós) são significados - de objetos, pessoas, lugares, proposições, teses...; as ligações são relações entre os nós, não subsistindo isoladamente, mas apenas enquanto pontes entre pontos. Desenha-se, assim,..., uma dualidade entre nós e ligações, entre intersecções e caminhos, entre temas ou objetos e relações ou propriedades...tais relações englobam tanto as de natureza dedutiva, as dependências funcionais, as implicações causais, quanto as analogias ou certas influências e interações sincrônicas que não podem ser situadas no âmbito da causalidade em sentido estrito." (Machado, 1995:139)

### Implicações para o ensino

Cada vez mais se revela importante o aprendizado de relações, na medida em que através delas é que se constróem os objetos do nosso estudo. Qualquer que seja o objeto de conhecimento ele só adquire significado, e portanto pode ser apre(c)ndido, se forem percebidas/estabelecidas suas relações com outros objetos.

Nesta medida, uma pequena quantidade de objetos que seja, necessários para o conhecimento de um deles, traz à tona uma multiplicidade de relações que nos leva a admitir que a possibilidade de conhecer algo está diretamente vinculada a possibilidade de compreender uma teia de relações, vale dizer uma teia de significados.

Posto desta forma, o modelo de conhecimento baseado na idéia de cadeia linear, de corrente, em que os elos estão justapostos e que cada um se vincula a dois outros, sendo obrigatória a passagem do anterior para o seguinte, não mais se sustenta.

Em seu lugar, surge a concepção de teia, malha, rede, onde cada um dos nós está conectado com vários outros e só se conforma desse modo pela presença desses outros. Uma malha destas deve ser concebida numa estruturação espacial, tridimensional, flexível na forma e em número de nós e de fios que os unem; uma rede em permanente transformação.

As vantagens desta forma de conceber o conhecimento são muitas. Uma delas que tem relação estreita com este estudo, diz respeito ao conceito de *cotidiano* utilizado no aprendizado da ciência escolar.

Há quem argumente a impossibilidade de se ensinar ciências naturais a partir do cotidiano dos alunos, pois qualquer objeto nele presente, tomado na sua forma bruta, é sempre muito complexo, exigindo o conhecimento de muitas leis, conceitos e modelos para sua compreensão, seja um fenômeno, seja um ser vivo, seja um artefato.

Discordo desta posição por dois motivos. O primeiro é de natureza metodológica. Refere-se à efetividade de um ensino realizado a partir de objetos de conhecimento artificialmente colocados, simplificações recortadas de objetos reais, porém sem a referência necessária e explícita a estes que lhe deram origem.

O segundo motivo, tem a ver com a percepção de que, por trás da argumentação colocada acima, está embutida novamente a defesa implícita dos pré-requisitos. Segundo esta visão deve-se partir de '*coisas*' simples, fenômenos, objetos, situações em que poucas variáveis intervêm e através de um processo de complexificação procurar atingir os '*objetos concretos*' do nosso cotidiano

Mais uma vez o conhecimento aparece numa concepção linear de caminho único: do simples para o complexo, ou seja, do artificial didatizado/pasteurizado para o real. Esta concepção, por coerente que possa parecer tem se mostrado insuficiente e ineficaz no processo ensino-aprendizagem.

Outra forma, mais frutífera a meu ver, consiste em tomar o conhecimento como possível a partir dos objetos no nosso entorno, modelados de forma a prescindir dos detalhes, que só assim se caracterizam quando referenciados nesses mesmos objetos, abstraindo-se então do supérfluo e concentrando-se apenas no essencial.

Nesse processo, as relações vão se estabelecendo e o conhecimento de um objeto em questão vai sendo construído. No caso da aprendizagem escolar, é importante reconhecer que neste processo muitas vezes, e cada vez mais, torna-se difícil restringir o espaço da ação pedagógica, porque...

"...as fontes de relações situam-se cada vez menos no interior de uma disciplina, ou mesmo no interior da escola. Na escola, como fora dela, os objetos de conhecimento são, inicialmente, excessivamente complexos e neles percebemos apenas relações bastante simples. Aos poucos, através de um processo de abstração, os objetos tornam-se mais simples, porque simplificados, ao mesmo tempo que as relações percebidas tornam-se mais ricas, mais densas. Esse processo conduz a que, paulatinamente, os objetos passem a ser caracterizados por feixes de



relações e, no passo seguinte, esse feixes transformam-se em novos objetos...

A partir da dualidade objetos/relações, onde os objetos são construídos através de relações e estas consubstanciadas em feixes, tornam-se novos objetos, configura-se a idéia de conhecimento como rede, como teia de significações." (Machado, 1995:267)

Assim, no âmbito que se quer estabelecer, as metáforas jamais poderão ser tomadas em sentido literal, senão corre-se o risco delas deixarem de ser instrumentos para o conhecimento e se confundirem com próprio conhecimento. É sobre este aspecto que nos alerta Colin Turbayne, em seu livro *"El Mito de la Metáfora"*.

O emprego da metáfora supõe antes de mais nada, a pretensão que algo é aquilo que na realidade não é. Daí a importância de se discutir e estabelecer o equilíbrio entre a sua utilidade e a sua adequação. Como aponta Turbayne, as metáforas são fundamentais para esclarecimento de certas áreas que outro modo poderiam permanecer obscuras.

Por outro lado, o emprego conseqüente de uma metáfora implica basicamente duas condições: consciência da dualidade de significados e simulação da unicidade dos dois sentidos. Ou seja, implica uma participação ativa tanto do autor quanto do leitor, do cientista e do leigo, do professor e do aluno, do emissor e do receptor.

Trata-se, enfim, de uma questão de pacto e repertório, pois somente quem *'utiliza'* a metáfora, sem ser *'dominado'* por ela é que consegue fundir os dois sentidos *'fingindo/imaginando'* serem um só.

Na perspectiva de Turbayne, qualquer figura de linguagem pode alcançar a condição de metáfora, sendo que um modelo (científico), por exemplo, pode ser entendido como uma *'metáfora estendida'*. O raciocínio básico seria o seguinte. Parte-se da idéia de que a matriz, o gênero, de todas essas espécies de *'figuras'* seja a metáfora. Entende-se a metáfora como o emprego da palavra ou frase em sentido diferente do usual e amplia-se esta conceituação para abarcar a noção de modelo, como conjunto de idéias e relações que tentam, por aproximação, representar a realidade.

Assim, o mesmo cuidado que se deve ter em não utilizar as metáforas em seu sentido literal, surge, então, em relação ao uso de modelos. Não se deve confundir um modelo com a coisa que ele pretende representar. Em verdade, pode-se dizer que o objetivo final deste texto de Turbayne é justamente a defesa do uso de metáforas e modelos, acompanhada sempre do alerta para *'não se cair vítima'* deles.

Para isso é importante que se observe as três etapas da *'vida de uma metáfora'*, apresentada por este autor: *"Quebra de convenções"*, *"Etapa do triunfo"*, *"Lugar comum"*.

Na terceira etapa da proposta de Turbayne é que costuma ocorrer o perigo do reducionismo, através do qual pode-se estabelecer apenas diferenças de grau e não mais de qualidade. Desse modo, pode-se confundir aqui mito com história, teoria com fato, procedimento com

processo ou ainda o modelo com a coisa. Turbayne advoga assim, uma constante '*vigilância*' para não se confundir um artifício ou meio de procedimento com elementos do processo.

Consideradas as ressalvas e os cuidados apontados acima, pôde-se afirmar que, sobretudo na fase inicial de construção de uma teoria científica, prevalece o caráter metafórico das formulações. São as analogias 'grosseiras' que muitas vezes guiam o caminho até o estabelecimento de um modelo científico fértil e aceito pela comunidade científica. Este, por sua vez, mesmo na sua fase de 'triunfo', mantém o seu caráter aproximativo, representativo de uma realidade intangível.

De forma semelhante, na apresentação didática de uma teoria científica o recurso a analogias e metáforas propicia a primeira aproximação, uma ponte racional entre o conhecido e o desconhecido. Porém, analogias e metáforas não podem ser prescritas para uma utilização específica, pois perderiam justamente seu caráter transformador da relação entre o objeto a ser conhecido e os conhecimentos já existentes.

Sua introdução no âmbito de uma estratégia didática, deve contar com a '*cumplicidade*' e o '*toque pessoal*' daquele que a verbaliza e daquele que a interpreta. Em outras palavras, a metáfora assim entendida *cria a semelhança, estabelece a ponte e torna-se conhecimento*.

## O Estado da Arte no Ensino de Ciências Naturais

A produção de trabalhos sobre o papel da linguagem no ensino de Ciências Naturais tem se intensificado nos últimos anos. Particularmente o estudo e a investigação sobre o uso de analogias, metáforas, símiles e exemplares como recursos didáticos ou instrucionais ampliou-se consideravelmente.

Dada a natureza deste estudo, selecionamos '*três marcos de referência*' para situar a produção nesta importante vertente da investigação na Educação em Ciências Naturais.

*Inicialmente*, podemos citar o estudo, por nós realizado no âmbito de uma tese de doutorado, sobre uma amostra dos artigos publicados em algumas das principais revistas especializadas da área, durante o período de 1988 a 1993 (Terrazzan, 1994).

Neste, procurou-se escolher, dentre os artigos disponíveis na literatura específica, aqueles que fizessem alguma referência de maneira geral à utilização de recursos como analogias, metáforas, exemplares e modelos. Feita a leitura e a análise dos artigos selecionados num total de 12 (doze), elaborou-se uma descrição resumida e comentada de cada um dos referidos artigos. Foi ressaltado também que se considera necessário um aprofundamento dos estudos neste campo, para que se possa estabelecer relações mais definidas e maiores interligações entre as preocupações dos vários investigadores que a ele se dedicam.

De todo modo, foi possível estabelecer uma classificação, ainda que preliminar, sobre o tipo de referência feita aos aspectos da 'linguagem figurada' em Educação, particularmente na Educação em Ciências Naturais. Os artigos analisados podem ser englobados em *três grandes grupos*. Um *primeiro* seria aquele em que os autores, através de investigações com estudantes, estabelecem formas de raciocínio no uso de linguagens figuradas; um *segundo* grupo seria composto pelos artigos que analisam o papel das figuras de linguagem, no processo de emergência de consciência por parte dos professores, das suas próprias crenças sobre o processo de ensino-aprendizagem; e um *terceiro* grupo, na verdade composto pela maioria dos artigos seleccionados, procura estabelecer estratégias de ensino baseado no uso dessas figuras de linguagem, assumindo-as como importantes, imprescindíveis mesmo, dada a sua presença na própria formulação criativa do pensamento científico, enquanto tal.

Por outro lado, é extremamente interessante perceber que, uma diversificação nos estudos a respeito do papel da linguagem no ensino de Ciências Naturais, pode redirecionar o curso atual das pesquisas em ensino. Recupera-se assim, o papel fundamental do professor no processo ensino-aprendizagem, desmistifica-se o uso da experimentação como preponderante no ensino de ciências, abrem-se possibilidades de trabalhar as relações com outras áreas do conhecimento dentro das próprias aulas de Ciências, permite-se pensar estratégias interdisciplinares mais globais com áreas tidas como pouco afins como a própria literatura e, por fim, propicia-se a autonomia do pensamento dos alunos como fator essencial à compreensão tanto dos fenômenos naturais e dos aparatos tecnológicos, como da evolução da própria produção científica.

*Em segundo lugar* é importante registrar que a revista americana "Journal of Research in Science Teaching" (JRST), publicada oficialmente pela National Association for Research in Science Teaching, dedicou o número 10, do volume 30, de dezembro de 1993, integralmente ao estudo do *papel das analogias* na Ciência e no Ensino de Ciências, evidenciando mais uma vez a preocupação que vários investigadores têm para com a questão das analogias e das metáforas no ensino de ciências, e também o potencial que esses recursos representam para a Educação em Ciências Naturais de um modo geral.

Nesta edição especial do JRST encontramos três abordagens básicas referentes ao estudo das analogias: *lingüística* (um artigo), onde se recupera o papel da linguagem na produção científica e se discute a necessidade de utilizar os exemplos da história da ciência para dar significado às aulas de ciências; *neurológica* (um artigo), onde se busca as relações entre um modelo neural para o funcionamento da memória e a melhoria do nível de aprendizagem pela utilização de analogias como recurso didático; e, por fim, *instrucional* (seis artigos), onde diversas

estratégias de ensino utilizando analogias, metáforas e símiles são propostas, desenvolvidas e analisadas.

Um ponto importante desta publicação refere-se ao editorial no qual se propõe uma agenda para as investigações neste campo, estimulando aquelas que avaliem a efetividade das aulas em termos de melhoria das habilidades de raciocínio científico, do entendimento de conceitos teóricos e do entendimento da natureza da ciência, provocando os estudantes a caminharem de suas concepções espontâneas para as concepções científicas, ou seja, rejeitando as analogias historicamente rejeitadas e assumindo as analogias atualmente aceitas.

Por último, cabe citar o excelente trabalho de revisão intitulado *"Review of Studies on the Effectiveness of Instructional Analogies in Science Education"* de autoria de Zoubeida R. Dagher, publicado em junho de 1995 pela revista *Science Education*. Neste artigo, a autora se propõe a revisar os estudos que tratam da efetividade das analogias na aprendizagem de conceitos científicos, explicar as possíveis razões para os resultados encontrados sumariando os pontos de consenso, e apontar as implicações destes para professores e investigadores.

Este estudo parte do princípio, que se afirma cada vez mais entre investigadores, pelo qual o raciocínio por analogia é um componente central da cognição humana. Ele fornece ferramental para o pensamento, a explicação, sendo fundamental para o desenvolvimento científico e criativo. Ao mesmo tempo há um alerta para o fato de que as analogias instrucionais podem sugerir ou reforçar falsas associações entre domínios e levar estudantes a desenvolverem conceitos equivocados.

Ao todo são analisados 15 (quinze) artigos, cuja seleção se deu mais pelo critério representatividade do que em função de um levantamento exaustivo sobre as investigações neste campo. Os artigos foram agrupados em duas grandes categorias: trabalhos de investigação sobre a avaliação de textos para uso didático, que incluem explicitamente analogias previamente elaboradas para atividades de ensino, e trabalhos de investigação sobre uso de analogias apresentadas e/ou sugeridas por professores e pesquisadores aos estudantes em sala de aula. A autora realizou uma análise qualitativo-descritiva sobre os artigos citados, após a qual conclui pela necessidade de mais investigações acerca do funcionamento das analogias no encorajamento dos estudantes a falar sobre ciência e de como eles usam sua linguagem de modo inventivo e criativo para justificar seus modelos explicativos.

Podemos assumir esta posição como uma conclusão, ainda que provisória, também deste estudo, estendendo-a porém aos outros tipos de trabalhos citados, sejam aqueles que tratam do aperfeiçoamento docente, das aproximações com o campo da neurologia ou mesmo das relações entre linguagem cotidiana e linguagem científica.

## Referências Bibliográficas

- BLACK, Max; (1966). *Modelos y Metáforas*. Madrid/ESP: Tecnos.
- DAGHER, Zoubeida R.; (1995). 'Review of Studies on the Effectiveness of Instructional Analogies in Science Education'. In: *Science Education*, Pittsburgh/USA, John Wiley, 79(3), 295-312.
- GOOD, Ronald G. (Ed.); (1993). *Journal of Research in Science Teaching*. Special Issue: The Role of Analogy in Science and Science Teaching, 30(10). New York/USA: John Wiley.
- MACHADO, Nilson José; (1995). *Epistemologia e Didática*. São Paulo/BRA: Cortez Editores.
- TERRAZZAN, Eduardo A.; (1994). *Perspectivas para a Inserção da Física Moderna na Escola Média*. Tese de Doutorado. São Paulo/BRA: Faculdade de Educação da USP.
- TURBAYNE, Colin Muray; (1982). *El Mito de la Metáfora*. Cidade do México/MEX: Fondo de Cultura Económica.

## **O APERFEIÇOAMENTO DA COMPETÊNCIA PROFISSIONAL DO PROFESSOR DE CIÊNCIAS**

Alberto Villani e Jesuina L.A.Pacca  
Instituto de Física - USP, São Paulo, SP

São analisadas a formação básica e continuada do professor de ciências, com a perspectiva de uma competência profissional definida pela tríade: conteúdo científico, planejamento didático e interação dialógica. Tal competência compreende três aspectos essenciais: ouvir seus alunos (extraindo dos discursos os conteúdos relevantes para conduzir a aprendizagem na direção desejada); fazer perguntas adequadas (inseridas num contexto com problemas que se constroem, se ampliam e se aprofundam) e discutir própria prática (percebendo seus limites, suas possibilidades de desenvolvimento, suas ambigüidades). Para promover a competência científica, ou seja a percepção da estrutura, das características e da natureza das teorias, diferenciando-as das do senso comum, são sugestões fundamentais: a) Propor, sistematicamente, problemas científicos que sejam reconhecidos como significativos em relação à atividade didática, presente ou futura b) Distribuir de maneira equilibrada e flexível o conhecimento teórico, experimental e histórico-heurístico c) Promover reflexões sistemáticas e discussões sobre os resultados das pesquisas referentes às concepções alternativas e à mudança conceitual d) Estimular o trabalho em grupo, para análise e produção de material pedagógico. Para desenvolver a competência didática, ou seja, a capacidade de proporcionar aos alunos situações mais favoráveis para sua aprendizagem científica, é necessário garantir, para os professores, futuros ou atuais, a possibilidade de recursos didáticos disponíveis e focalizando continuamente o feed-back de dificuldades e progressos dos estudantes. Para promover a capacidade de interagir dialogicamente, ou seja interpretar o discurso e as ações dos alunos, auxiliando-os a tomar consciência das suas mudanças e fomentando discussões abertas e autênticas com eles, é necessário que os professores vivenciem, ao longo de todo o currículo ou durante o processo de atualização, uma interação dialógica na qual sejam valorizados seus discursos e suas argumentações. Essa capacidade pode ser reforçada com informações da literatura e com a discussão da própria prática didática. Para o envolvimento dos professores, durante a formação básica ou continuada, nas tarefas de aprendizagem, será importante: a) Favorecer a participação na determinação dos trabalhos a serem desenvolvidos. B) produzir um clima escolar dominado pela liberdade de expressão onde o erro não seja considerado um evento desabonador para quem o comete. C) Abandonar todo o apego a atividades rotineiras e manifestar nosso envolvimento em sua aprendizagem d) permanecermos abertos às maneiras estritamente pessoais deles organizarem suas idéias.

## Introdução

A segunda metade do século XX pode ser caracterizada pela "revolução informática" que modificou substancialmente as relações sociais, multiplicando o número de informações disponíveis para o cidadão comum e privilegiando o domínio das informações científicas e tecnológicas como instrumento de poder e de influência sobre a sociedade. O cidadão comum, que não tenha um mínimo de conhecimentos científicos e tecnológicos, não desfruta de grande parte dos bens culturais da sociedade em que vive e, sobretudo, é totalmente impotente frente ao desafio de construir uma sociedade na qual seja preservada sua qualidade de vida individual e coletiva. Nos parece que podemos definir como meta prioritária, a ser necessariamente alcançada pelo processo de educação das pessoas que vivem numa sociedade globalizada, torná-las capazes de compreender e, conseqüentemente, influenciar as decisões mais importantes que dizem respeito a melhoria da qualidade de vida, pessoal e comunitária, inclusive a própria sobrevivência. A educação científica, sem dúvida, tem uma fatia importante dessa responsabilidade e os professores de ciências, que constituem os mais diretamente chamados em causa por esta tarefa prioritária, enfrentam enormes dificuldades, especialmente no Brasil, para trabalhar de forma satisfatória. O desafio é específico: no final da formação escolar o estudante deve saber utilizar os conhecimentos científicos para poder compreender o que está em jogo, tanto nas decisões quanto nas omissões dos governantes que planejam e administram o desenvolvimento da sociedade. Adotando, com alguma modificação, a proposta de Morin (1994) referente ao conhecimento a ser proporcionado pela instituição escolar, podemos admitir que a capacidade de utilizar os conhecimentos científicos implica num processo constituído, fundamentalmente, de quatro momentos, logicamente, mas não temporalmente distintos:

- a) O contato com as informações científicas ( que inclui não somente fatos relevantes, mas também teorias, métodos, procedimentos e valores epistemológicos);
- b) A organização das informações científicas (que inclui também a análise, a articulação e a contextualização, inclusive das fontes);
- c) A avaliação do conhecimento (que inclui a percepção das incertezas e crenças envolvidas tanto no conhecimento espontâneo quanto no científico e a focalização dos riscos inerentes a utilização de ambos);
- d) O posicionamento frente ao conhecimento (que inclui tanto as escolhas, continuamente repetidas, de se manter envolvidos no processo de aprender, quanto as escolhas sobre as modalidades de utilização do conhecimento ).

Em nossa concepção o professor tem a tarefa principal de monitorar e sustentar o crescimento cognitivo e o amadurecimento

pessoal dos estudantes, contribuindo para a construção e adoção, por parte de cada um, de um conhecimento científico pessoal, num processo com as características definidas acima. Este modo de conceber o papel do professor parece coerente com uma concepção construtivista da aprendizagem. Sem pretender esgotar o assunto, neste trabalho focalizaremos aspectos da competência profissional do professor que, em nossa visão, em boa parte, dão conta da sustentação do processo de aprendizagem assim considerado: competência disciplinar, competência didática e competência dialógica.

Tais aspectos foram caracterizados a partir da análise de cursos de atualização e de formação de professores e já publicados em trabalhos anteriores (Villani & Pacca, 1996; Villani, 1995). A competência disciplinar, refere-se ao domínio do conhecimento científico específico a ser tratado pelo professor, necessário para poder executar suas tarefas com sucesso. Essa competência permite ao professor supervisionar a escolha dos contatos preferenciais dos estudantes com as informações científicas e orientar o trabalho de organização de tais informações, ao mesmo tempo que constitui o critério fundamental para uma avaliação mais cuidadosa das tarefas e dos procedimentos a serem adotados. A competência didática refere-se à capacidade de elaborar e executar um planejamento pedagógico que inclua estratégias e atividades compatíveis com a construção de um conhecimento em que o aluno é necessariamente protagonista. Ela é essencial tanto para promover o contato quanto para estimular a organização e, em parte, a avaliação das informações científicas que se apresentam. Finalmente a competência dialógica refere-se à capacidade de estabelecer e conduzir uma interação pessoal entre o professor e os alunos, que leve estes últimos a um envolvimento no processo de aprendizagem e a uma posição pessoal e autônoma frente ao conhecimento científico. Essa competência se refere à disponibilidade do professor para incluir de fato o discurso dos alunos, durante sua atuação em sala de aula.

Nossa preocupação será aqui orientada para o fornecimento de pistas significativas a fim de que o processo de formação e atualização dessas competências, perca as características de trabalho de rotina e se transforme num desafio sistemático, capaz de envolver toda a energia criativa de seus responsáveis. Em particular, nos parece que o próximo século nos reservará uma contribuição crescente de meios tecnológicos para auxiliar o estudantes no contato e na organização das informações, deixando como tarefa específica do professor a contribuição para os aspectos mais pessoais da aprendizagem. Por isso, apesar de não silenciarmos sobre a formação científica e didática do professor, indispensável para o exercício da profissão, nossa exposição privilegiará os aspectos dialógicos do processo de ensino: a negociação sobre os conteúdos e os meios da aprendizagem, o feed-back que questiona e orienta a organização das informações, a avaliação das incertezas implicadas no conhecimento adquirido e o estímulo ao envolvimento



responsável no processo de conhecer, de produzir e de utilizar o conteúdo científico. Nossas considerações baseiam-se em reflexões desenvolvidas colaborando na elaboração de currículos de Licenciatura, ministrando cursos de pós-graduação na área de ensino de ciências, atualizando professores de física em serviço e assessorando sistematicamente multiplicadores em sua tarefa de programar e avaliar cursos para seus colegas professores (Pacca, 1994).

## **A Formação do Professor**

O questionamento mais contundente em relação à formação do professor, inicial ou em serviço, refere-se tanto à qualidade da competência profissional dos professores formados, quanto à quantidade dos que completam o processo de formação. Isso implica em dois desafios fundamentais: a) encontrar atividades didáticas que promovam o desenvolvimento das competências científicas, didáticas e dialógicas dos professores e b) convencê-los a se envolverem e permanecerem envolvidos nestas atividades até o final do processo e a se posicionarem frente ao saber adquirido. Para responder a estes desafios, sendo simultaneamente coerentes com nossa visão de aprendizagem, devemos aceitar que a formação dos professores dependerá da competência científica, didática e dialógica dos seus formadores envolvendo uma forte componente de interação pessoal que escape aos limites de uma generalização ou de uma regra ou até de um planejamento concreto, e cuja eficácia somente poderá ser verificada *post-factum*. Esta característica do perfil dos formadores parece especialmente significativa no caso de aperfeiçoamento de professores em serviço, na medida em que já são profissionais e possuem um modelo alternativo de encarar a aprendizagem e o ensino, já experimentado. Nossa reflexão pretende fornecer subsídios que constituem parâmetros de orientação da prática e que deverão ser necessariamente avaliados e interpretados, pelos responsáveis pela formação de professores, no contexto das possíveis escolhas concretas.

## **O Que Fazer ?**

Procuraremos aqui caracterizar atividades específicas, que nos parecem particularmente significativas para promover a competência profissional na perspectiva apontada.

- **Competência Disciplinar.** Refere-se ao domínio do conteúdo científico

Uma primeira observação refere-se à necessidade de um esforço sistemático, durante o desenvolvimento do currículo ou nas atividades de atualização em serviço, em propor problemas científicos que sejam reconhecidos pelos próprios professores, como significativos em relação à sua atividade didática, futura ou atual. Isso implica, por exemplo, no abandono, pelo menos como regra geral, das formulações abstratas das questões (Nachtigall, 1990), em favor da utilização abundante de

problemas mais próximos da realidade ou capazes de despertar mais o interesse. Também a contínua reflexão sobre o nível de simplificação dos problemas que aparecem nos textos didáticos ou a apresentação de situações problemáticas sem a especificação inicial dos parâmetros relevantes (Gil et al., 1988) podem ser considerados exemplos significativos dessa tendência.

Um segundo ponto é a promoção de discussões sistemáticas sobre os resultados das pesquisas referentes às concepções alternativas e à mudança conceitual. Parece extremamente útil que o atual e o futuro professor conheçam detalhadamente, os problemas e os testes utilizados para a obtenção de informações sobre as concepções "erradas", as respostas mais comuns já encontradas, e as atividades e estratégias que possivelmente levam os estudantes a diferenciar suas expressões das concepções científicas (Hewson & Thorley, 1989). O foco dessa atividade de reflexão deve ser a percepção dos detalhes que diferenciam as duas maneiras de analisar um mesmo problema ou fenômeno, - a científica e a alternativa,- permitindo ao futuro ou atual professor se aperfeiçoar na capacidade de seguir o raciocínio dos estudantes e auxiliá-los no processo de aproximação ao conteúdo científico.

Um outro tipo de atividade particularmente eficiente no desenvolvimento da competência científica é a produção, em grupo, de material didático. Na elaboração de um texto didático, por exemplo, a partir das questões que continuamente surgem em relação a detalhes, os autores são forçados a aprofundar os assuntos, até poderem elaborar propostas que sejam consideradas satisfatórias. Esse nível de aprofundamento é atingido quando o professor, encarregado da elaboração final do texto ou de parte do mesmo, consegue dialogar com seus colegas de grupo, definindo os limites do conteúdo abordado, focalizando sua estrutura e seus pontos essenciais e esclarecendo as questões que permanecem, para ele e para os demais colegas, não resolvidas. De maneira análoga, a produção de experimentos didáticos e de brinquedos instrutivos ou a seleção de textos históricos ou de softwares sobre um determinado tema ou a elaboração de problemas a serem resolvidos, tudo isso remete, inevitavelmente, a discussões sobre o conteúdo científico envolvido e a seu aprofundamento no que diz respeito à prática didática.

Um outro ponto, mais especificamente relacionado com o currículo de formação científica do futuro professor, é sua estruturação de forma a que haja uma distribuição equilibrada entre conhecimento teórico, experimental e histórico-heurístico, permitindo aprofundamentos. Cada um desses aspectos pode ser o ponto de referência mais apropriado para a elaboração dos pontos essenciais a serem atingidos no trabalho de sala de aula e para a consequente estruturação da atividade didática. Em outras palavras, a competência científica do futuro professor tem que ser, tanto quanto possível, o resultado de uma escolha e de uma construção pessoal

que lhe permita programar e reelaborar planejamentos didáticos pessoais.

- **Competência Didática.** Refere-se a organização das atividades que compõem o planejamento didático.

Podemos pensar a competência didática como o resultado do monitoramento concreto, por parte dos responsáveis pela formação ou atualização, do processo de produção, execução e avaliação dos planejamentos didáticos, elaborados pelos professores. Esta competência é construída a partir tanto do enfrentamento dos desafios envolvidos na organização de seqüências orientadas de atividades didáticas e na adaptação 'on line' das mesmas às características dos estudantes e à situação local, como da percepção continuamente renovada da imensa distância entre as expectativas iniciais e o resultado concreto alcançado na prática. O conhecimento teórico essencial, referente à didática das ciências, poderá ser explicitado e discutido principalmente durante o processo de análise e de avaliação final das experiências de cada professor. O resultado final deverá ser a elaboração progressiva de novos planejamentos com atividades articuladas e coerentes com a qualidade da aprendizagem pretendida.

Um segundo tipo de auxílio, capaz de melhorar o planejamento didático do professor, consiste em pô-lo em contato com inovações didáticas e metodológicas (Constable & Long, 1991). A promoção e realimentação de conflitos cognitivos (Dreyfus et al., 1990), o uso sistemático da História da Ciência na sala de aula (Matthews, 1994), a proposta sistemática de exemplos "âncora", (Brown & Clement, 1992), a utilização de estratégias gradualistas (Lemeignan & Weil-Barais, 1994), a introdução de um contrato de trabalho nos moldes da Assimilação Solidária (Baldino et al., 1991), o uso intensivo de experimentos de baixo custo, são exemplos de inovações que podem ser propostas e discutidas com os professores de ciências. A tarefa principal dos coordenadores do aperfeiçoamento seria então encontrar os elementos críticos para a assimilação da inovação, promovendo a adaptação das atividades às conseqüências pessoais da proposta e favorecendo seu efeito duradouro.

Finalmente, para modificar a prática didática o professor deve passar pela tomada de consciência sobre seu progresso na elaboração do planejamento didático e sobre a correspondente mudança de perspectiva. Dentro de todas as atividades esta preocupação deve ser uma constante: o conhecimento acerca das concepções espontâneas dos professores a respeito de ensino e aprendizagem e das concepções que julgamos adequadas e coerentes com o construtivismo constituem balizas para a condução de tais atividades formadoras. A expectativa inicial dos professores com relação ao ensino, parece ser em geral, de encontrar atividades didáticas prontas que possam ser imediatamente executadas em sala de aula; após alcançada uma relativa segurança no conteúdo científico e alguma capacidade de atuar como fonte de informações e controle científico na sala de aula, os professores tendem a focalizar sua

atenção para o planejamento de atividades adequadas às concepções dos estudantes, privilegiando seu papel de organizadores e planejadores com metas bem definidas e específicas do conteúdo científico. Numa etapa final, os professores percebem que sua função mais significativa é provocar, incentivar e sustentar o interesse dos estudantes para a aprendizagem, atenuando os impecilhos e os obstáculos mais desanimadores (Pacca & Villani, 1995). Consideramos importante enquanto fonte de motivação e de aprimoramento didático, que os professores se esclareçam sobre o significado destas mudanças, de forma que eles mesmos possam monitorar seu processo e incentivar seu progresso.

**Competência Dialógica.** Constitui a meta mais difícil de ser alcançada.

Em primeiro lugar o processo de formação não poderá ser considerado esgotado com a formação básica, pois nela estará faltando não somente o aprofundamento de todas as problemáticas científicas e educacionais, apenas abertas durante os cursos da Licenciatura, mas sobretudo a reflexão sistemática sobre a prática didática exercida com plena responsabilidade (Gouvêa, 1992; Pacca, 1994). Isso implica também que a Universidade não poderá isentar-se da responsabilidade de fornecer uma assessoria permanente e adequada aos professores em serviço que ela formou.

Em segundo lugar, os futuros professores necessitam vivenciar, ao longo de todo o currículo, uma interação dialógica com seus docentes e com seus colegas. Isso sugere que sejam valorizadas, durante todo o currículo, as atividades que envolvem o discurso dos estudantes: debates durante a resolução de problemas, defesa de trabalhos desenvolvidos, produção por parte do estudante de um diário, endereçado ao professor, contendo suas reflexões e dúvidas, a elaboração de relatórios sobre atividades práticas desenvolvidas, a serem utilizados por colegas para melhorar sua eficiência. Também a resolução de problemas em pequenos grupos, supervisionados por monitores, trabalho sistemático de recuperação das pessoas com maiores dificuldades, discussões com os colegas que apresentam seus resultados na lousa, são atividades que podem ser utilizadas para promover a elaboração de razões e justificativas pessoais referentes ao conteúdo a ser discutido. A atenção de docentes e futuros professores deverá ser focalizada sobre o conteúdo explícito e implícito das justificativas proferidas em cada caso, inclusive nas contestações, e sobre a capacidade de convencimento dos modos de argumentar. Nos parece que uma vivência especialmente significativa para a formação da competência dialógica será constituída pela participação dos futuros ou atuais professores em projetos de pesquisas educacionais, nos quais a procura de informações por parte dos pesquisadores seja acoplada a devolução das mesmas para os sujeitos envolvidos com um auxílio para sua utilização no processo de crescimento cognitivo e afetivo. O importante é participar de alguma forma do clima

de reflexão e de abertura para novas observações, normalmente associado à pesquisa e que se manifesta nas questões ou observações dos pesquisadores envolvidos, nas entrevistas ou questionários utilizados, nas análises elaboradas e sobretudo nos modos de raciocínio utilizados na condução da pesquisa.

Em terceiro lugar será importante a apresentação de exemplos e experiências didáticas que mostrem claramente que o diálogo efetivo entre professor e alunos não constitui um impedimento à aprendizagem destes, nem favorece a anarquia escolar. A discussão de trabalhos inovadores, sobretudo de orientação construtivista, têm mostrado um deslocamento da perspectiva do professor em relação a sua função: de fonte de informação e guardião da ortodoxia científica ele passa a ver-se como monitor do desenvolvimento intelectual e afetivo dos estudantes (Wood et al., 1991) ou como assessor no desenvolvimento de projetos (Duschl & Gitomer, 1991) ou como orientador das iniciativas científicas dos estudantes (Gil & Carvalho, 1992). O contato com estes trabalhos têm a função de permitir ao professor lidar com o medo e a ansiedade em relação ao abandono do modelo tradicional de ensino baseado na "transmissão" e a conseqüente possibilidade de perda de identidade institucional e social.

Finamente uma outra maneira de fortalecer a intenção do professor em modificar sua relação com os estudantes consiste em discutir sua prática didática no que diz respeito ao papel assumido pelo aluno. Esta tarefa poderá ser desenvolvida tanto mediante o questionamento dos relatos dos professores sobre sua prática, quanto mediante a análise do comportamento dos professores em sala de aula a partir de gravações em vídeo. Atividades deste tipo poderão revelar ao professor as características de sua prática efetiva e suas implicações no estabelecimento de um clima favorável ao diálogo. Em particular poderá ser estimulada a reflexão sobre o tipo de experiência à qual o professor está, implícita ou explicitamente, convidando seus estudantes: uma inovação pedagógica, uma experiência intelectual específica, uma nova visão de mundo, uma explicação nova de fenômenos do cotidiano, uma representação sintética das novas fronteiras ou perspectivas das ciências, uma compreensão de um processo histórico, uma nova perspectiva cultural, etc. Ter refletido sobre o que se está oferecendo aos alunos parece constituir o melhor ponto de partida para que se instale neles um sentido favorável ao envolvimento na experiência didática, e conseqüentemente ao seu aproveitamento.

### Como Fazer?

As considerações apontadas nos levam ao segundo desafio: como fazer com que os futuros ou atuais professores se envolvam nas atividades de um curso ou programa de formação, com a totalidade de suas energias intelectuais e de sua criatividade e assumam uma posição

de responsabilidade, regulando suas ações de acordo com o conhecimento adquirido? Mais do que nunca a resposta a esse desafio depende da interação pessoal que se estabelece, no início e ao longo do processo de formação, entre os formandos e os responsáveis institucionais pela formação. Entretanto, a reflexão sobre as pesquisas e as experiências didáticas caracterizadas por significativos sucessos nos sugere algumas considerações provisórias a respeito de alguns cuidados, quanto ao clima ou ao modo de organização, que podem ser significativamente favoráveis ao envolvimento na aprendizagem ou à acentuação de seus efeitos.

a) O primeiro conjunto de sugestões refere-se à criação de um clima aberto, de entusiasmo, de reflexão e de aceitação.

Uma primeira sugestão, que parece indispensável para que os atuais ou futuros professores aceitem envolver-se intelectualmente nas atividades propostas e exponham-se ao risco de errar, é que o clima dos encontros seja dominado pela liberdade de expressão e o erro não seja considerado um evento desabonador para quem o comete, seja ele estudante ou professor (Wood et al, 1991). A prática sistemática de justificar as próprias intuições ou conclusões para convencer os outros colegas ou o coordenador, exige, de um lado, que soluções parciais, provisórias, incompletas ou até impróprias possam ser apresentadas e discutidas sem medo, pelo aluno e pelo professor, e, de outro lado, que ninguém tenha que aceitar nada se não estiver convencido, aumentando a responsabilidade de todos tanto de entenderem as razões dos outros e de produzirem resultados convincentes, quanto de posicionar-se frente ao conhecimento adquirido e aceito. Isso permite, inclusive, a exploração dos momentos de dificuldade, de conflito e de incerteza no processo de articulação do conhecimento, sem constrangimento por parte dos futuros ou atuais professores.

Uma outra característica de um curso ou de um conjunto de atividades altamente favorável ao envolvimento dos participantes é o abandono, por parte do coordenador, de todo o apego a atividades rotineiras e a manifestação do seu próprio envolvimento na aprendizagem deles. Quando os participantes começam a perceber que o responsável pela formação adotou, como regra básica de sua ação didática, não medir esforços para encontrar novos meios ou novas situações favoráveis à aprendizagem da maioria, quase sempre o clima se modifica radicalmente e o interesse e a dedicação de todos a suas tarefas aumenta sensivelmente. Parece que de fato a adoção, por parte do professor, de atividades rotineiras, que tornam mais simples seu trabalho e exigem menor esforço sinaliza implicitamente o abandono de uma co-responsabilidade efetiva em relação ao sucesso ou fracasso da aprendizagem.

Finalmente uma última característica que gostaríamos de comentar é o fato de que um desejo ansioso de ensinar, por parte do coordenador, acaba afetando negativamente a aprendizagem dos participantes e que a melhor ajuda que lhes podemos lhes oferecer é uma

atitude de espera de suas novidades. Expectativas demasiadamente altas ou precoces em relação aos resultados da aprendizagem constituem uma forma de pressão que tem como efeito o bloqueio ou o desvio do processo de genuíno desenvolvimento intelectual do futuro ou atual professor. O conselho para que permaneçamos abertos às surpresas de nossos estudantes ou participantes é particularmente apropriado quando tentamos dirigi-los para caminhos contrários ou diferentes aos de seus modos preferenciais de raciocínio. As surpresas reais que podemos esperar serão as maneiras estritamente pessoais de nossos atuais ou futuros professores organizarem suas idéias procurando incorporar os novos conhecimentos de modo que tenham o maior sentido possível para si mesmos.

b) Um segundo conjunto de sugestões refere-se ao estímulo para a progressiva responsabilização dos futuros ou atuais professores.

Um primeiro cuidado que parece acentuar o processo de responsabilização nas tarefas escolares é a participação dos mesmos na determinação dos trabalhos a serem desenvolvidos (Gil & Carvalho, 1992). Trata-se de uma troca de experiências e de interesses concreta que visa estabelecer um acordo básico entre os objetivos dos responsáveis pela formação e dos formandos. O resultado mais importante é uma efetiva abertura de diálogo e um início de conhecimento recíproco e de respeito. Em geral, se quem coordena as atividades não consegue convencer rapidamente os envolvidos de que as tarefas propostas são importantes para o futuro ou atual desempenho profissional dos mesmos, provavelmente essas tarefas não são tão essenciais quanto se acredita ou elas devem ser precedidas de outras tarefas que abram os professores às perspectivas ou às informações que estão faltando.

Uma outra sugestão, altamente propícia para o envolvimento e a responsabilidade na aprendizagem, consiste em vincular o trabalho dos professores, atuais ou futuros, a um projeto coletivo desenvolvido em pequenos grupos, que tem a responsabilidade de atingir objetivos, por eles estabelecidos, num esquema semelhante aos grupos operativos. (Pichon-Rivière, 1988). Preparar um texto para os alunos ou para a discussão com os colegas, planejar um experimento, ministrar uma palestra para os colegas, preparar a participação numa mesa redonda, preparar um pequeno curso para um congresso, todas essas tarefas, quando desenvolvidas coletivamente, parecem incentivar grandemente o envolvimento dos professores. Entretanto a realização não ocorre sem dificuldades, como prevê a Teoria dos Grupos Operativos. Se houver uma identificação dos professores com o grupo e com suas metas, os estímulos dos colegas parecem fornecer uma motivação continuamente renovada para fazê-los permanecer nas tarefas buscando alcançar os objetivos possíveis.

Um terceiro cuidado extremamente importante para o envolvimento dos participantes consiste em estabelecer uma relação de assessoria com os mesmos, caracterizada por condições que permitam

suas tomadas de decisões no que diz respeito à sua ação didática efetiva ou pontual. Mesmo no caso de cursos com metas de aprimoramento do conhecimento científico, deve existir um espaço no qual ele é considerado como profissional, responsável por suas decisões, e possa se ver como protagonista da sua mudança. A discussão sobre as decisões tomadas permite ao professor, de um lado, perceber que quase sempre as escolhas consideradas erradas ou inoportunas podem ser corrigidas e, de outro lado, vivenciar pessoalmente os efeitos de aprendizagem num clima de diálogo.

c) No caso da formação em serviço, algumas sugestões adicionais parecem particularmente eficientes.

Uma sugestão, que parece altamente promissora quanto à estimular o efetivo envolvimento intelectual e emocional dos professores é a vinculação do projeto de formação em serviço com o lugar de trabalho: a escola. Nessas condições seria possível atender a diferentes motivações que fomentam a participação: a melhoria das condições de ensino da escola, a articulação e integração dos laboratórios didáticos no processo de aprendizagem dos estudantes, o desenvolvimento de micro-projetos envolvendo uma ou mais classes, a possibilidade de projetos coletivos interdisciplinares, a troca constante de informações referentes aos alunos com os colegas, além da possibilidade de aperfeiçoamento pessoal.

Finalmente uma forma de atuação que, apesar de mais complexa, tem-se revelado de grande eficiência na formação do professor em serviço é sua participação em projetos de formação de colegas (Lawrenz & McCreath, 1988; Ross, 1990; Dion et al., 1994). Esta possibilidade, evidentemente, exige um nível inicial significativo de competência profissional, por parte destes professores formadores (multiplicadores). Trata-se de uma opção a ser considerada somente após ter sido garantido um mínimo de aperfeiçoamento; entretanto, quando realizada, produz resultados positivos surpreendentes na performance do professor. A responsabilidade em formar colegas parece estimular todo o potencial intelectual e motivacional do professor, modificando sua auto-estima e a percepção de suas capacidades, ao mesmo tempo tirando-lhe a sensação de impotência e de baixo status social que tem caracterizado a profissão. A tomada de consciência sobre o valor e o potencial do planejamento de cada sessão, que deverá visar a prática pedagógica como um todo, é fundamental para que se estabeleça uma interação adequada e articulada construtivamente entre professores e multiplicadores.

## Conclusões.

Concluindo, podemos dizer que, no Brasil, os professores precisam de um grande esforço e de muita ajuda até atingirem o limiar de uma profissionalização competente. Um programa de formação básica ou de atualização, se quiser produzir modificações essenciais construindo algo estável, tem que se preocupar em avançar simultaneamente em



diferentes aspectos da formação de um professor de ciências para compor um perfil concretamente caracterizado pela competência científica, competência didática e capacidade de interação dialógica. Tal competência pode ser resumida em tres atividades essenciais: aprender a ouvir seus alunos - extrair dos discursos dos mesmos os conteúdos relevantes para conduzir a aprendizagem na direção desejada -, aprender a fazer perguntas - estar inserido num contexto com problemas que se constroem, ampliando-se e aprofundando-se - e aprender a discutir sua prática (com seus colegas e assessores) - perceber seus limites, suas possibilidades de desenvolvimento, suas ambiguidades, deixando progressivamente o papel de mestre para incorporar o de assessor.

O desenvolvimento de nossas argumentações sobre a formação básica ou em serviço focalizou não somente as atividade que, em tese, facilitariam a aquisição da competência profissional, mas também o clima que, possivelmente, sustentaria o trabalho dos formandos e se constituiria como um exemplo vivo das maneiras de conduzir um programa de formação. Entretanto queremos reafirmar nossa convicção de que nossas sugestões, longe de constituir em regras de comportamento a ser seguido ou imitado, têm a função fundamental de ampliar o leque de opções à disposição dos formadores, que, na prática têm um tempo reduzido para se comprometer com as escolhas que lhes parecem mais adequadas no momento.

### Referências Bibliográficas

- Baldino, R.R.; Cabral, T.C.B & Barbosa, V.M. - 1991 - A survey of Solidary Assimilation Groups. Trabalho apresentado no VII International Congress on Mathematical Education, Canada.
- Brown, D. & Clement, J. - 1992 - Classroom teaching experiments in mechanics. In Duit, R.; Goldberg, F.; Niedderer, H. (Eds.) Research in Physics Learning: Theoretical Issues and Empirical Studies. IPN, Kiel (D). pp. 380-397.
- Constable, H. & Long, A.F.- 1991 - Changing Science teaching: lessons from a long-term evaluation of a short in-service course. International Journal of Science Education, V 13(4) pp. 405-419.
- Dion, S.; Mariani, M.C.; Pucca, J.L.A. & Villani, A. - 1994 - Reflexões sobre a atualização de professores em serviço. Trabalho apresentado no IV EPEF, Florianópolis.
- Dreyfus, A.; Jungwirth, E.; Eliovitch, R. - 1990 - Applying the 'Cognitive Conflict' strategy for conceptual change: Some implications, difficulties and problems. Science Education, 74(5), 555-569.
- Duschl, R.A. & Gitomer, D.H. - 1991 - Epistemological Perspective on Conceptual Change: Implications for Educational Practice - Journal of Research in Science Teaching, 28(9) 839-858

- Gil, D.; Martinez-Torregrosa, J. & Senent, F. - 1988 - El fracaso en la resolucion de problemas: una investigacion orientada por nuevos supuestos. *Ensenanza de las Ciencias*, 6(2), 131-146.
- Gil, D.P. & Carvalho, A.M.P.- 1992 - Tendencias y Experiencias Innovadoras en la Formación del Profesorado de Ciencias. Trabalho apresentado no I Taller Subregional sobre Formación y Capacitación Docente em Matematica e Ciencias. Caracas
- Gouveia, M.S.F. - 1992 - Cursos de ciências para professores de primeiro grau: elementos para uma política de formação continuada. Tese de doutoramento. F. E. UNICAMP
- Hewson, P.W. & Thorley, N.R.: 1989, 'The conditions of conceptual change in the classroom', *International Journal of Science Education*, 11, 541-553.
- Lawrenz, F. & McCreath, H.- 1988 - Integrating Quantitative and Qualitative Evaluation Methods to compare two Inservice Training Programs. *Journal of Research in Science Teaching*, V. 25(5) pp. 397-407
- Lemeignan, G. & Weil-Barais, A. -1994 - A developmental approach to cognitive change in mechanics. *International Journal of Science Education*, v. 16(1), pp. 99-120.
- Matthews, M.R.: 1994, *Science Teaching: The Role of History and Philosophy of Science*, Routledge, New York.
- Morin, E. - 1994 -
- Nachtigall, D.K.- 1990 - What is wrong with physics teachers' education - *European Journal of Physics*, V. 11(1), pp. 1-14
- Pacca, J.L.A. - 1994 - A Atualização do Professor de Física do segundo grau- Uma proposta. Tese de Livre-Docencia. F.E.U.S.P.
- Pacca, J.L.A. & Villani, A. - 1995 - Um curso de actualización y cambios conceptuales en profesores de Física. A ser publicado em *Enseñanza de las Ciencias*.
- Pichon-Rivière, E. - 1988 - O processo Grupal. São Paulo, Martins Fontes
- Villani, A. - 1995 - A Competência Profissional do Professor de Ciências e Matemática e a Responsabilidade da Universidade em sua Formação. ATAS do II Encontro Setorial de Graduação da UNESP. Lindoia. (em publicação)
- Villani, A. & Pacca, J.L.A. - 1996 - Construtivismo, Conhecimento Científico e Habilidade Didática no Ensino de Ciências, a ser publicado na *Revista da Faculdade de Educação da USP*.
- Wood, T.; Cobb, P. & Yackel, E. - 1991 - Change in teaching Mathematics: a case study. *American Educational Research Journal*, vol. 28(3), 587-616.

## UM MODELO DE SOFTWARE MULTIMÍDIA PARA O ENSINO DE FÍSICA

Sérgio Takimoto Mauricio  
Anna Maria Pessoa de Carvalho (orientadora)  
Faculdade de Educação da USP

### 1. Resumo

O objetivo deste trabalho é fazer um estudo das perspectivas de desenvolvimento de softwares de ensino de Física a partir de uma metodologia que contenha elementos da teoria construtivista. Foi realizado primeiramente um levantamento de várias pesquisas e trabalhos já realizados nessa área, bem como softwares já desenvolvidos, procurando identificar-se pontos significativos, dificuldades, variáveis levantadas, características, peculiaridades, testes e outras informações que nos fornecessem um "background" experimental a respeito dos projetos já realizados. Foram também levantados os conceitos principais do construtivismo que precisariam ser contemplados no desenvolvimento dos softwares e as características dos programas de ensino por computador, particularmente os programas "multimídia".

A partir desses elementos, foi elaborado um roteiro para um software piloto, de ensino da Lei de Flutuação dos Corpos, a partir de uma dissertação de mestrado apresentada pela profa. Maria Lúcia V. S. Abib na FEUSP.

Os primeiros testes realizados com alunos concentraram-se no levantamento ou caracterização das variáveis intervenientes no estudo da qualidade e eficácia do programa, de onde pudemos obter vários dados. O aprofundamento dessa caracterização de variáveis e a posterior análise de dados provenientes dos testes com alunos irá permitir a construção de um modelo bem sólido de diretrizes para a construção de softwares de ensino de Física.

### 2. A motivação inicial: criar tecnologia multimídia baseada em pressupostos construtivistas - as vantagens advindas dessa integração

Todos nós já tomamos contato, hoje em dia, com a *multimídia*. Essa tendência de concentração e integração de informações, acessos múltiplos e rápidos a elas é uma "onda" que vem invadindo nossa sociedade literalmente à velocidade da luz (com as fibras óticas): comunicação total e "instantânea", com qualidade, eficiência, segurança. Essa é a realidade à qual estamos sendo apresentados e da qual, aos poucos, temos que tomar parte: a era da comunicação e informação totais.

Essa é a realidade à qual estão mergulhados os alunos de primeiro e segundo graus, que esperam também da escola essa mesma sintonia, no que fazem e aprendem nas aulas. Não podemos ignorar a influência dessa "onda" tecnológica; ao contrário, devemos estudá-la e encontrar maneiras de aproveitá-la bem, conciliando as pesquisas de ensino e aprendizagem com a tecnologia, embora esta última pareça ter no momento uma

velocidade de desenvolvimento muito maior, difícil de se controlar ou acompanhar.

Na análise dos softwares de ensino disponíveis no mercado, vários elementos podem ser considerados: a faixa etária à qual se destinam, o conteúdo ou assunto tratado, a estrutura e a metodologia do programa. No caso dos softwares de ensino de Física, existem programas simuladores, que são reproduções virtuais de laboratórios onde podem-se fazer diversas experiências com certos materiais, existem programas-enciclopédias, que têm a estrutura de um livro eletrônico, onde são colocados inúmeros e múltiplos acessos a várias informações e cuja seqüência de "navegação" dos assuntos é determinada pelo aluno, e existem programas-jogos, que criam um ambiente mais lúdico, mais amigável e interativo, onde o assunto é apresentado ao aluno de forma mais "natural" (ou menos "agressiva"). Na maioria desses programas, porém, o assunto é trabalhado sob uma forma tradicional, ou seja: os conteúdos, conceitos ou informações são *apresentados* aos alunos e as perguntas que são feitas a eles têm somente uma classificação possível: certo ou errado. Não existe a preocupação de se fazer com que o aluno *construa* o conhecimento a respeito de um determinado assunto ou conceito, a partir de suas próprias concepções e seguindo a estrutura de seu próprio raciocínio. Com isso, pensamos que o nível de *consciência* do aluno a respeito de determinado conhecimento, ou o seu nível de apropriação e, portanto, a sua capacidade de criação e manipulação sobre esse conhecimento será muito pequena.

Portanto, preocupamo-nos mais em estudar meios de incorporar à estrutura desses softwares elementos da teoria construtivista, que favorecem um aprendizado mais crítico e consciente por parte do aluno sobre o assunto a ser estudado. Tal consciência implica necessariamente numa capacidade de ação do aluno sobre esse conhecimento e num papel ativo dele em toda a própria construção desse conhecimento. Entre os principais elementos do ensino construtivista, podemos colocar: o ensino essencialmente investigativo, a partir de atividades de laboratório, o levantamento das pré-concepções dos alunos e dos mecanismos de aprendizagem utilizados por ele no trato com determinado assunto ou situação, a formulação de hipóteses e a construção, a partir de um processo de adaptações ou "reequilibrações" do aluno face a problemas, perguntas ou situações colocadas a ele, do conceito ou conhecimento.

Já com relação à tecnologia multimídia, sua principal característica é a integração de imagens, textos, sons, animação gráfica e vídeos numa rede de informações (as *hipermídias*) cujos acessos são controlados pelo programa do software e determinados pelo usuário, que também pode fornecer outras informações ao computador (a *interatividade*). Para interpretar todas essas informações vindas do usuário, o computador precisa simular uma inteligência artificial, o que implica que os programas podem assumir proporções muito complexas, dependendo do

nível das informações que o computador precise analisar é do nível de respostas que se espere dele.

De qualquer maneira, parece-me que, enquanto a teoria construtivista nos fornece subsídios vantajosos com relação ao nível do conhecimento a ser conseguido pelo aluno e ao método de se conseguir esse conhecimento, a multimídia possui a vantagem de integrar esse conhecimento ao mundo de hoje e à velocidade na qual são veiculadas as informações. Ela, além de possuir todo o aspecto plástico do áudio-visual, do qual se utiliza como uma poderosa linguagem de comunicação, aumentando a gama e a riqueza de recursos e de diversidade das informações e caminhos a essas informações, ainda o faz num espaço relativamente muito pequeno e utilizando uma capacidade sempre crescente de realização de cálculos e simulações a volumes e velocidades cada vez mais incomparáveis, permitindo — por exemplo — criar rapidamente simulações de situações que num laboratório concreta seriam muito difíceis de serem conseguidas. Tudo isso torna a multimídia um instrumento no mínimo poderosíssimo cuja possibilidade de utilização altamente benéfica no ensino não pode ser desprezada. A própria tendência de se tornarem viáveis cálculos e simulações cada vez mais complexos torna os programas de inteligência artificial capazes de interpretar informações a um nível mais sutil de detalhamento, e também tomar decisões mais “humanas” ou personalizadas, um dos grandes pontos de dificuldade encontrados por pesquisadores como M. J. Streibel<sup>13</sup> na interação das pessoas com computadores.

### 3. Roteiro do software “piloto”: ensino da lei de flutuação dos corpos

Para elaboração desse software “piloto”, utilizamos uma dissertação de mestrado apresentada à FEUSP pela profa. Maria Lúcia V. S. Abib<sup>2</sup>, sobre o ensino da lei de flutuação dos corpos. Identificamos os pontos principais da estratégia utilizada com os alunos bem como os testes já aplicados em situação real de sala de aula e os resultados obtidos. Em cada um desses pontos foi estudada qual a melhor maneira de se utilizar os recursos da multimídia.

Vamos apresentar agora, o roteiro que foi elaborado para a primeira fase do ensino da lei de flutuação dos corpos, onde o aluno deve concluir que dentre as propriedades físicas dos corpos, aquelas que influem no comportamento destes quando colocados na água (se vão flutuar ou afundar) são *massa* e *volume*. Durante as várias etapas desse roteiro, relacionaremos os principais pontos onde são utilizados elementos da teoria construtivista.

(I) Apresentação do problema: Na tela inicial, são apresentadas 3 opções ao aluno: (a) assistir à apresentação das instruções gerais de funcionamento do programa, que mostram como manipular o mouse, botões, entrada de texto etc.; (b) assistir à apresentação do problema,

onde serão colocadas situações que estimulem a curiosidade do aluno a respeito do assunto e será feita uma pergunta ("Quais os fatores que influem no fato de um corpo flutuar ou afundar na água?"), cuja resposta — que o aluno procurará encontrar — é o objetivo desta fase, ou seja: massa e volume; e (c) ir até o "laboratório virtual", onde ele terá à sua disposição vários objetos, de formas, tamanhos, massas e materiais diferentes e um aquário com água. Através de um programa de simulação e recursos de animação gráfica, o aluno pode colocar na água os objetos para saber se eles irão flutuar ou afundar.

(II) Levantamento das pré-concepções: Após o aluno ter sido apresentado ao problema a ser resolvido, ele procurará responder à pergunta, fazendo algumas experiências no laboratório. A finalidade é que, utilizando a experimentação, o aluno forneça ao programa informações sobre as concepções que ele tem a respeito do problema. Por exemplo: se ele jogar no aquário dois objetos — um de ferro e outro de isopor — ele pode responder que o que importou no comportamento deles (o ferro afundou e o isopor flutuou) foi o peso de cada um, ou seja: objetos leves flutuam e objetos pesados afundam. O programa deve apresentar ao aluno — se este não experimentar por si só — várias situações que o levem a formular tantas hipóteses (ou respostas) quantas forem suas idéias a respeito do problema, ou seja, deve ser feito um levantamento completo de todas as pré-concepções do aluno. Todas essas hipóteses serão marcadas numa tela com várias "possíveis respostas", colhidas nos testes realizados em sala de aula descritos na dissertação de mestrado.

(III) Tratamento das hipóteses: Após o levantamento das pré-concepções, o computador iniciará uma sistematização das mesmas, passando por várias etapas: (a) exclusão das hipóteses referentes à tensão superficial, por exemplo: "*o jeito com que se coloca uma gilete na água*". O programa explicará o que é tensão superficial e dirá que, embora este fator realmente possa determinar que um corpo flutue, ele não será considerado no estudo pois a lei de flutuação dos corpos não o abrangerá; (b) exclusão dos fatores que não se referem a propriedades físicas dos corpos, como por exemplo: "*quantidade de água no aquário*". Nesse caso, o programa deve colocar o aluno frente a uma situação conflitante com sua hipótese, ou seja: colocando o mesmo objeto em recipientes com quantidades variadas de água, de modo que fique claro que o seu comportamento não depende desse fator; (c) conversão de todas as outras hipóteses para *massa, volume, formato e tipo de material*: O programa deverá mostrar que hipóteses como: "*quantidade de ar dentro do objeto*", "*se entra água no objeto*" etc. estão estritamente relacionadas com a massa e o volume do corpo, que são grandezas físicas melhor mensuráveis do que as hipóteses consideradas. As hipóteses "*formato*" e "*tipo de material*" devem ser mantidas para serem testadas na próxima etapa; (d) teste das 4 hipóteses remanescentes de acordo com o método de controle das variáveis: o aluno deverá perceber que, para testarmos se

uma determinada hipótese realmente influi no comportamento do corpo, ele deve variar a grandeza associada a ela enquanto mantém todas as outras constantes. Por exemplo: coloca-se na água um objeto no qual você possa variar a massa sem alterar o seu volume, formato ou tipo de material; se houver diferença no seu comportamento (ora ele flutua, ora ele afunda), chega-se à conclusão de que a *massa* é um fator interveniente na flutuação dos corpos.

#### 4. Metodologia de testes: variáveis intervenientes e análise de resultados

Após a finalização do software, alguns testes começaram a ser realizados, com sujeitos de nível de escolaridade secundário, que não tinham tido contato com esse assunto, visando principalmente levantar e/ou caracterizar as variáveis intervenientes no processo de utilização do software, as vantagens e dificuldades advindas da utilização desse software, os caminhos e estratégias seguidos pelo aluno, as idéias surgidas durante o programa e o conhecimento adquirido (eficácia do software).

Dentre as principais variáveis caracterizadas para avaliação da utilização do software e dos resultados obtidos por ele, estão: (a) a "amigabilidade" da interface, ou seja, a facilidade e o interesse do aluno em sua comunicação com o programa, seu aspecto plástico, lúdico; (b) a inteligibilidade das perguntas, problemas, situações e explicações propostas ao aluno, bem como toda a estrutura na qual estão colocados esses elementos, enfim: a linguagem do programa; (c) as estratégias e os caminhos seguidos pelo raciocínio do aluno na resolução do problema; (d) a representatividade, com relação à situação concreta, dos materiais e experimentos realizados em situação virtual; (e) o conhecimento obtido pelo aluno e o seu nível de significação para ele.

Os testes realizados contaram com a presença do professor, para identificar e solucionar eventuais dúvidas ou dificuldades na utilização do programa. Assim, vários momentos foram identificados como de difícil interação com o aluno, especialmente onde havia um volume de informações muito grande, com textos em áudio muito extensos, ou onde as perguntas ou explicações não eram formuladas em linguagem muito clara. Assim, etapas intermediárias tiveram que ser criadas e a linguagem e a forma de apresentação foram reformuladas, com a inclusão de elementos visuais que tornem mais rica e compreensível a comunicação com o aluno. Um estudo muito pormenorizado a respeito da comunicação entre aluno e software e da presença e forma de atuação do elemento lúdico no programa tem que ser levado a cabo, pois essa capacidade de *interface* computador-aluno é uma condição *si ne qua non* para o sucesso de um software de ensino.

Assim, com o software sendo utilizado nessas condições, pôde-se notar alguns fatores e características, dentre os quais podemos citar: (a) todos os alunos conseguiram elaborar hipóteses para responder à

pergunta, embora alguns não tenham conseguido analisar corretamente todas as outras hipóteses para decidir se a escolhiam ou não; (b) o processo de convergir as hipóteses para *massa*, *volume*, *formato* e *tipo de material* do corpo precisou de alguma ajuda do professor, a fim de torná-lo mais claro, inclusive quanto à sua finalidade; (c) a partir do teste das 4 hipóteses pelo método do controle das variáveis, todos os alunos conseguiram identificar que *massa* e *volume* influem no comportamento do corpo na água e *formato* e *tipo de material* não influem; (d) a capacidade de se criar objetos e situações de difícil reprodução num laboratório real é uma das principais vantagens do software e contribuiu para uma compreensão melhor do assunto por parte do aluno; (e) o tempo utilizado pelo aluno desde o primeiro contato com o software até chegar à resposta da pergunta foi bem menor que a situação real em sala de aula, por fatores que ainda têm que ser identificados, embora avaliações comparativas mais aprofundadas a respeito do tipo e nível de conhecimento conseguido nas duas situações tenham que ser realizadas, por exemplo, através de pós-testes.

A partir desses resultados iniciais, alguns elementos do software estão sendo aperfeiçoados, para que possamos submetê-lo a testes mais sistematizados, sob situações mais controladas, dos quais possamos identificar com clareza os dados que podem ser extraídos para análise do programa. A etapa seguinte será então o desenvolvimento da segunda e terceira fases do programa de ensino da lei de flutuação, que compreendem a construção do conceito de densidade dos corpos e a generalização da lei para outros fluidos além da água. Posteriormente, serão feitos novos testes comparativos, com alunos em várias situações de ensino e submetidos a vários materiais didáticos, que irão fornecer as informações e os subsídios necessários para o detalhamento do modelo de desenvolvimento de softwares de ensino de Física baseados em pressupostos da teoria construtivista.

## 5. Bibliografia

1. LABIB, M. L. V. S. Uma Abordagem Piagetiana para o Ensino de Flutuação dos Corpos. São Paulo, Faculdade de Educação da USP, 1988.
2. BARRON, L. et al. Technology and the design of generative learning environments. Educational Technology, Maio/1991.
3. CARVALHO, A. M. P. de, GIL-PÉREZ, D. Formação de Professores de Ciências. São Paulo, Cortez, 1993.
4. CUNNINGHAM, D. J. Assessing constructions and constructing assessments: a dialogue. Educational Technology, Maio/1991.
5. DICK, W. An instructional designer's view of constructivism. Educational Technology, Maio/1991.



6. DUFFY, T. M., Jonassen, D. H. Constructivism: New implications for instructional technology? Educational Technology, Maio/1991.
7. FRAU, E., MIDORO, V., PEDEMONTE, G. M. Do hypermedia systems really enhance learning? A case study on earthquake education. Educational Technology & Training International. V. 29, nº 1.
8. HARTLEY J. R. Multimedia views of science education. Studies in Science Education. V. 23, 1994.
9. LEWIS, E. L., STERN, J. L., LINN, M. C. The effect of computer simulations on introductory thermodynamics understanding. Educational Technology, V. 33, nº 1, 1993.
10. MERRIL, M. D. Constructivism and instructional design. Educational Technology, Maio/1991.
11. PERKINS, D. N. Technology meets constructivism: do they make a marriage? Educational Technology, Maio/1991.
12. SPIRO, R. J., FELTOVICH, P. J., JACOBSON, M. J., COULSON, R. L. Cognitive flexibility, constructivism, and hypertext: random access instruction for advanced knowledge acquisition in ill-structured domains. Educational Technology, Maio/1991.
13. STREIBEL, M. J. A critical analysis of the use of computers in education. In: HYLNKA, D., BELLAND, J. C. (eds) Paradigms Regained: the Uses of Illuminative, Semiotic and Post-modern Criticisms as Modes of Inquiry in Educational Technology. Englewood Cliffs, NJ, Prentice-Hall, 1991.

## LABORATÓRIO DIDÁTICO DE FÍSICA: UMA PROPOSTA INOVADORA E OS PRIMEIROS RESULTADOS

Octavio Mattasoglio Neto<sup>58</sup> e Alberto Villani<sup>59</sup>  
Faculdade de Educação da USP e IFUSP

O Laboratório Didático vem recebendo nos últimos tempos, especial atenção das pesquisas voltadas ao Ensino de Física. Estudos recentes apresentam uma nova abordagem para esses cursos aproximando-os do modo de agir da ciência. Neste trabalho, apresentamos o processo de implantação e a avaliação preliminar obtidos com uma proposta inovadora para o Laboratório Didático de Física, que acreditamos, aproxima-o ainda mais deste modo de agir da Ciência. Esta proposta, concebe o espaço físico do laboratório com uma nova "arquitetura", onde diversos experimentos são realizados simultaneamente, rompendo com aquilo que encontramos tradicionalmente nos cursos experimentais. As atividades são realizadas em um esquema de rodizio, sendo sucessivamente trabalhadas por diferentes grupos de alunos, que têm por objetivo, além daquele específico da atividade, desenvolvê-las visando a melhoria do trabalho que até aquele momento havia sido efetuado por outros grupos. Além disso, dentro dessa perspectiva o professor passa a ter uma nova postura onde, como intermediador do trabalho entre os vários grupos de alunos, promove o intercâmbio de informações através da discussão sobre o modo como as atividades foram realizadas e sobre os resultados encontrados. Nosso interesse, mais precisamente, é verificar como a aprendizagem de conceitos e habilidades relativos à produção e ao trabalho com Dados Experimentais é favorecida quando a nova proposta é colocada em ação, além de verificar como as atitudes dos alunos, frente ao trabalho experimental, se modificam ao longo do curso. A pesquisa, em andamento, é uma Pesquisa Qualitativa e da análise dos dados até o momento, temos como resultados preliminares: 1)A aprendizagem do Tratamento de Dados experimentais e utilização da Teoria de Erros apresenta um elevado grau de dificuldade, mesmo utilizando uma estratégia gradualista. 2)O sistema de rodizio de atividades tem sido apontado pelos alunos como algo motivador. 3)Dentro de um mesmo 'bloco de atividades', os relatórios sofreram uma melhora substancial à medida que as atividades eram refeitas. 4)A utilização de gráficos para a representação da dependência entre duas grandezas e também para a obtenção de resultados, não correspondeu às expectativas iniciais, revelando dificuldades no trabalho com este instrumento. 5)Os estudantes adotam diferentes metas e propostas pessoais para seus trabalhos escolares.

---

58 Com auxílio do CNPq

59 Com auxílio parcial do CNPq

## Introdução

Os Laboratórios Didáticos de Física vêm recebendo nos últimos tempos especial atenção das pesquisas voltadas ao Ensino de Ciências, como podemos perceber pelo número de trabalhos desenvolvidos sobre o tema (Tamir, 1989; Gil-Perez e Paya, 1988; Millar, 1987; Séré, Journeaux e Larcher, 1993; Salinas e Cudmani, 1991; Lanciotti, 1994) e pelo tempo a ele dedicado em encontros da área.

O trabalho que apresentaremos acrescenta uma componente inovadora, não contemplada até o momento nas pesquisas, que pode aproximar os cursos de Laboratório Didático do modo de agir da ciência. Uma primeira aplicação desta proposta aconteceu no 2º semestre de 1995 junto aos alunos do curso de Mecânica de Precisão da Faculdade de Tecnologia de São Paulo (FATEC-SP) e, acreditamos, pode de forma significativa, abrir novas perspectivas para o trabalho em cursos de laboratório da área de Tecnologia, Engenharia e Ciências Exatas, como também contribuir para uma nova abordagem em cursos de Física desenvolvidos junto às escola de 2º grau.

Em nossa pesquisa, o interesse é estudar a aprendizagem de conceitos, habilidades e técnicas relativas à produção e ao trabalho com dados experimentais, utilizando esta proposta inovadora no Laboratório Didático. A aprendizagem destes assuntos tem grande importância funcional para cursos ligados às ciências exatas - mais ainda para as áreas de Tecnologia Industrial - onde, a determinação precisa e acurada de grandezas físicas é fundamental para que se possa estabelecer, com certo grau de confiança, a relação entre fenômenos e modelos físicos.

## Uma Nova Proposta de Laboratório Didático

### O sistema de rodízio

A idéia fundamental nesta nova proposta de Laboratório Didático de Física é que as atividades experimentais serão realizadas em rodízio pelos grupos de alunos, ou seja, várias atividades serão realizadas simultaneamente pelos diversos grupos sendo posteriormente trocadas, de modo que todos os grupos realizem todas as atividades. Esta mudança simples na forma de trabalho no Laboratório Didático, traz junto várias outras mudanças que, se bem aproveitadas, podem dar a estes cursos um dinamismo pouco explorado.

O trabalho em grupo é mantido, mesmo porque, esta forma de trabalho, característica dos cursos experimentais, apresenta grandes vantagens em relação ao trabalho individual. Como ressalta Rivière (1991), a interdisciplinaridade - colocada como a multiplicidade de experiências existente no grupo, graças a individualidade de seus elementos - é um fator enriquecedor do trabalho grupal.

Na base e dando sustentação ao trabalho neste sistema de rodízio, está a idéia da melhoria de uma atividade já realizada por outro grupo.

Assim, o grupo que estiver realizando uma atividade já executada por outro grupo, tem como um de seus objetivos, além daquele específico da atividade, melhorar o trabalho realizado anteriormente. Por melhoria do trabalho entendemos a obtenção de melhores dados e melhores resultados que deverão se traduzir numa melhor precisão e acurácia dos valores encontrados.

### **A arquitetura da sala**

Nesta nova proposta, o espaço do Laboratório passa a ter uma nova configuração ou "arquitetura", como estamos chamando, onde vários arranjos experimentais estarão disponíveis ao mesmo tempo na sala, cada um sendo trabalhado por um grupo, num mesmo momento.

### **A postura do professor**

Outro ponto a ser ressaltado é a postura do professor. A situação de múltiplas atividades exige, abordagem e encaminhamento dos trabalhos de modo diferenciado do que ocorre no laboratório tradicional. Passa a ser responsabilidade do professor, a manutenção de um clima de troca de informações e incentivo à melhoria do trabalho já realizado.

Esta nova forma de trabalho, procura evitar alguns pontos considerados negativos no laboratório tradicional, um deles é a terminalidade que a atividade tem em si mesma. Cada atividade passa a ser referência e ponto de partida para o trabalho a ser realizado por um outro grupo. A resposta encontrada para um dado problema deixa de ser simplesmente o veredito final sobre ele, passando a ser referência para a análise e revisão de um trabalho já realizado. O final do trabalho com uma atividade experimental específica, só acontece quando esta experiência tiver sido realizada por vários grupos. Isto rompe de forma radical com os cursos tradicionais, dando ao Laboratório Didático de Física uma nova possibilidade que nos parece bastante compatível com os objetivos dos cursos oferecidos às áreas de Ciências e Tecnologia.

Cria-se, também, a perspectiva de que a aprendizagem aconteça gradativamente, aprendizagem tanto dos conteúdos referentes à Física como também sobre os conceitos relativos a coleta e tratamento de dados experimentais, além da análise de resultados encontrados.

Outro ponto que passa a ser ressaltado nesta nova abordagem é a metodologia utilizada pelos vários grupos no desenvolvimento de sua atividade, dando oportunidade à comparações entre os trabalhos realizados.

A idéia da não rigidez quanto ao resultado encontrado para um dada experimento, torna o trabalho no Laboratório Didático, algo dialético, abrindo novos horizontes e não fechando questão em cima de um resultado único que, freqüentemente, pouco tem a ver com a teoria que o representa. Nesta perspectiva, o Laboratório Didático não discute apenas o certo e o errado, deixando em aberto a possibilidade de

avaliação do trabalho realizado face ao resultado encontrado. Nem por isso deixa de ser o espaço onde a relação entre experiências realizadas e teorias pode ser verificada, considerando-se sempre as limitações que este espaço impõe. Tal visão se aproxima bastante da postura defendida por Millar (1987), quando observa que a experimentação pode ser entendida como um processo de "negociação do conhecimento".

### A Aplicação da Proposta

Visando dar ao curso uma ordenação lógica de conteúdos e, também, observando os objetivos específicos almejados em cada experiência, as atividades foram divididas em blocos que foram trabalhados em duas ou mais aulas, dependendo do número de atividades e do encaminhamento dado às discussões. Os rodízios sempre aconteceram dentro de um mesmo bloco e somente após todos os grupos terem realizado as atividades de um bloco é que outro era iniciado.

A divisão das atividades em bloco foi feita como apresentamos abaixo:

**Tabela 1: Divisão das atividades na nova proposta.**

Bloco	Atividades	Rodízio
1	1. Medidas Físicas (com peças e eventos diferentes para cada grupo)	entre 2 grupos
2	1. Lei de Hooke 2. Densidade Linear	entre 2 grupos
3	1. Densidades dos Sólidos 2. Pêndulo Simples 3. Força de Atrito	entre 3 grupos

O conteúdo do curso não foge daquele apresentado pela grande maioria dos cursos de Física I do 3º grau. Isto se justifica por acreditarmos que o problema deste Laboratório Didático não está no conteúdo e sim na abordagem, desenvolvimento e objetivos dados às atividades exploradas.

No início de cada novo bloco de atividades, foi utilizado um espaço onde as várias atividades, daquele bloco, foram discutidas e situações problematizadoras colocadas. Após esta discussão os grupos partiram para a execução do trabalho, cada um com sua tarefa.

Terminado o trabalho, cada grupo elaborou seu relatório, que foi corrigido e devolvido, de modo que pudessem verificar aquilo que foi encaminhado ou elaborado de forma correta e aquilo que merecia revisão.

Em seguida, estes relatórios foram entregues a outros grupos de alunos, que refariam aquela atividade, para que pudessem estudá-los e preparar sua re-elaboração. Assim, o relatório elaborado por um, passou a ser subsídio para o grupo que iria refazê-la, contando agora com informações 'inéditas' sobre a atividade.

O objetivo do 2º grupo, frente a atividade, era o mesmo que o do 1º grupo, contudo esperava-se que este 2º grupo apresentasse uma melhora

nos relatórios elaborados, nos resultados encontrados e nas discussões, em relação aquilo que fora apresentado pelo 1º grupo.

Esta troca de informações através dos relatórios, aconteceu mais uma vez no 3º bloco de atividades, de modo que na 3ª rodada de atividades deste bloco, cada grupo contava com duas fontes de informações escritas para a realização do seu trabalho.

Este sistema de rodízio, deveria criar uma maior interação entre os alunos, uma vez que a resolução de uma atividade ou um problema não estava circunscrita a um grupo apenas, extrapolando este universo, criando um vínculo entre os vários grupos da classe através da troca de informações para a resolução de um problema.

A escolha dos conteúdos em cada bloco de atividades

O 1º bloco tinha o objetivo de discutir conceitos relacionados às: medidas físicas, erros sistemáticos e erros estatísticos, envolvendo as 3 grandezas fundamentais que aparecem nos cursos de mecânica: massa, tempo e comprimento.

Na atividade deste bloco, cada grupo recebeu uma peça de madeira e uma montagem de Pêndulo Simples e tinha por objetivo encontrar: as dimensões de uma das faces da peça de madeira, a massa desta peça e o período de oscilação do Pêndulo. As peças entregues a cada grupo tinham formas e massas diferentes. O comprimento do Pêndulo oferecido a cada grupo também foi previamente estabelecido e tinha valores diferentes para os diferentes grupos.

No 2º bloco de atividades, o objetivo era utilizar o conteúdo relacionado ao Tratamento de Dados e Teoria de Erros na execução de uma tarefa que envolvia a determinação de duas constantes físicas: a constante elástica de uma mola e a densidade linear de um fio de cobre. Um dos objetivos do curso, para esta atividade, era introduzir a utilização de gráficos lineares para a obtenção de constantes físicas.

Neste bloco de atividades, 3 grupos de alunos da classe receberam uma mola helicoidal e os outros 3 receberam fios de cobre em abundância. As molas fornecidas a cada um dos grupos tinham constantes elásticas diferentes assim como os fios de cobre tinham diâmetros diferentes.

No rodízio destas atividades, por exemplo, o grupo que realizou inicialmente a atividade de determinação da constante elástica da mola, recebeu o relatório, o material utilizado (e mais material se fosse necessário), de um grupo que realizou a atividade de determinação da densidade linear do fio, tendo como objetivo melhorar os resultados encontrados pelos colegas.

No 3º bloco de atividades, as tarefas dos grupos foram: Determinar a densidade volumétrica de um plástico; determinar a aceleração da gravidade local utilizando um Pêndulo Simples e determinar os coeficientes de atrito estático e cinético entre um bloco e uma prancha, ambos revestidos de fórmica.

O objetivo deste bloco de atividades era dar continuidade a discussão sobre Tratamento de Dados e Teoria de Erros, verificar a

utilização destes conceitos na coleta e tratamento de dados experimentais bem como a utilização de gráficos para a resolução de problemas experimentais. A esta altura do curso, acreditávamos que os alunos estariam dominando os conceitos relativos a estes assuntos e utilizando este ferramental com alguma desenvoltura na resolução dos problemas propostos.

## **A Pesquisa**

Nosso interesse está voltado para a aprendizagem de conceitos, habilidades e técnicas relativas à produção e ao trabalho com dados experimentais. Para tanto, acreditávamos que a análise poderia ser feita se observássemos três momentos distintos, ou etapas, que foram cumpridas pelos alunos, são elas: Coleta de dados; Tratamento de dados e Conclusões sobre os resultados encontrados.

Para a cobertura destes momentos, contamos com dados coletados de modos diferentes: gravação em vídeo das aulas e dos alunos em atividade experimental; gravação de entrevistas realizadas com os alunos ao longo do curso e, ainda, do material escrito produzido pelos alunos - relatórios de atividades. Toda tomada de dados foi feita de forma explícita e contando com o consentimento dos alunos.

### **A análise do material de pesquisa**

A análise deste material está em andamento e, até o momento, já temos, quase completa, a análise do bloco 2 de atividades.

Na análise das gravações três etapas podem caracterizar o trabalho desenvolvido:

Transcrição dos diálogos dos alunos em atividade;

Identificação e caracterização de episódios segundo dimensões relevantes;

Comparação das atividades desenvolvidas por diferentes grupos em diferentes momentos num mesmo bloco.

Na análise dos relatórios de atividades elaborados pelos alunos, as etapas cumpridas foram:

Identificação e caracterização dos pontos relevantes destes relatórios;

Comparação dos relatórios dentro de um mesmo bloco de atividades.

Além destes instrumentos, contamos também com dois outros que permitirão uma contextualização da proposta e exploração da sua gênese e motivações. São eles:

### **ENTREVISTA ANTES DO INÍCIO DO CURSO**

Realizada no final do 2º semestre de 1994, para mapear a situação do curso de Laboratório de Física até aquele momento. Grande parte deste material já está analisado.

### **DIÁRIOS DO PROFESSOR**

Este instrumento pode nos fornecer elementos sobre as motivações para as decisões tomadas pelo professor/pesquisador ao longo do curso. Ele foi elaborado ao longo da aplicação da proposta, sempre ao final de cada aula.

## **Resultados Preliminares**

Até o momento temos dois tipos de resultados provisórios. Os primeiros são algumas conclusões específicas, elaboradas a partir da análise do segundo bloco de atividades; Os outros, são algumas considerações gerais, construídas ao longo do desenvolvimento do curso. As primeiras exigem uma confirmação de sua relevância a partir da análise da totalidade dos dados disponíveis; as segunda exigem uma elaboração mais cuidadosa e mais aprofundada, a partir da construção de uma articulação entre os vários eventos do curso.

## **Alguns Resultados Específicos.**

Estes resultados emergiram da análise da seqüência dada à atividade "DENSIDADE LINEAR", do bloco 2. Nesta atividade, o problema colocado para os alunos era obter o valor da densidade linear de um fio. O objetivo implícito neste bloco eram dois: Relacionar grandezas e obter resultados a partir de gráficos e Operar com grandezas que apresentassem incertezas.

Como pontos comuns observados no trabalho dos dois grupos que realizaram esta atividade em seqüência, temos:

Antes do corte de uma peça os alunos, sempre, fazem a marcação do ponto onde se deseja fazer o corte.

Quando existe a liberdade de se tomar uma medida qualquer, os alunos procuram *ajustar a medida a um valor teórico previamente estabelecido*.

A obtenção de medidas com valores previamente definidos é feita por *Ajuste fino*. Neste caso, o valor desejado é buscado, através de sucessivos ajustes na peça.

Existe uma *preferência por valores inteiros* quando o aluno goza da possibilidade de escolha da medida.

É comum a leitura incorreta das casas decimais nas medições realizadas com régua.

As medidas de massa, quando realizadas com balança digital, não apresentam problemas.

Aproximação de valores de medidas e de resultados de cálculos é, geralmente, feita na segunda casa decimal (*"monetização das medidas"*).

Como diferenças observadas no trabalho dos dois grupos temos:



**Tabela 2 - Diferenças observadas na sequência de trabalho de dois grupos num mesmo bloco de atividades**

	1ª realização	2ª realização
<i>Planejamento da atividade</i>	Planejamento local.	Planejamento global Utilização do relatório anterior como referência para definição do objetivo e planejamento da atividade.
<i>Coleta de dados</i>	Pouco compromisso com as medidas, levando os alunos a "fabricação de dados". Dificuldade na leitura do instrumento.	Explicitação de um modelo para a grandeza a ser medida. Dedicação de grande parte do tempo na discussão sobre como executar as medições, eliminando-se os possíveis erros. Atribuição de incerteza absoluta para as grandezas medidas. (Indo desde a fuga até o reconhecimento das várias fontes de erros).
<i>Cálculos</i>	Realizados ao longo da atividade. Sem considerar incertezas. Utilizados para checagem de medidas obtidas. Primeiro resultado encontrado é adotado como baliza para os resultados posteriores.	Realizados ao final da atividade. Criação de um modelo para o cálculo envolvendo grandezas com incertezas. (Relatório) Determinação de uma incerteza para a grandeza calculada. (Relatório)

### Algumas conclusões específicas

Quando os alunos tinham a opção de escolha de valores de medidas de grandezas *eles privilegiaram valores inteiros*, mesmo que esta opção causasse dificuldade no trabalho. Esta cultura dos números inteiros talvez esteja ligada a influência dos livros didáticos e mesmo de exemplos tomados por professores em sala de aula que privilegiam números inteiros nos exemplos utilizados. Outro fator que pode ser considerado é que a medida inteira aparentemente dispensa o aluno da avaliação de algarismos duvidosos o que talvez represente um julgamento ao qual o aluno procurava se esquivar. Isto vai ao encontro com outra posição observada durante o curso que é a preferência por instrumentos digitais aos analógicos, uma vez que os primeiros expressam a medida obtida sem a necessidade do aluno fazer comparação com escalas.

Antes da opção pelos números inteiros, está a opção por trabalhar com valores de medidas pré-determinados. Ao invés do aluno cortar um comprimento qualquer de fio e depois medi-lo, ele procura adaptar o comprimento da peça a um valor definido a priori, gerando, até mesmo, dificuldade no trabalho experimental.

Numa primeira abordagem de uma atividade experimental o critério utilizado para a escolha de uma medida a ser realizada era sempre o de facilitar o trabalho, não sendo considerados quaisquer outros fatores que pudessem melhorar a qualidade dos dados obtidos, frente aos elementos relevantes da Teoria de Erros.

Na 1ª execução da tarefa, observamos que, no início da primeira experiência, os alunos não estavam preocupados em refletir explicitamente sobre as ações realizadas. Não parece ter existido a preocupação em refletir o que fazer, desvinculando o trabalho de um objetivo imediato e realizando a tarefa independentemente da qualidade do resultado. Entretanto nos momentos sucessivos esta atitude parece ter-se modificado. Houve a preocupação de verificar os resultados obtidos para os dados coletados, ocorrendo assim uma checagem paralela a coleta de dados. Esta checagem deu margem para a determinação de pontos que estavam sendo trabalhados de forma incorreta, levando à sua correção e ainda parece ter dado segurança para a continuidade da tomada de dados, uma vez que uma referência empírica havia sido estabelecida.

A utilização de gráficos para representação da dependência entre 2 grandezas e também para a obtenção de resultados, não foi propiciada pelo rodízio de atividades. Os gráficos praticamente não foram utilizados nos trabalhos dos alunos no 3º bloco de atividades. Isso sugere que sua aprendizagem de fato é complexa e merece uma dedicação especial. No contexto da proposta ela acabou sendo superada por outras preocupações, pois os alunos queriam atingir resultados conclusivos.

A melhoria do resultado quando a atividade foi refeita, ficou associada a melhoria das medidas realizadas. Parece que esta é a grande tarefa do grupo, que dispense grande parte do tempo na definição do que é o comprimento da peça e que adota um modelo que visa minimizar os erros de medição. Como melhoria no trabalho ainda encontramos: A busca de critérios para a atribuição de incertezas para as medidas e a adoção de um modelo para o cálculo das grandezas levando em consideração as incertezas das grandezas envolvidas.

### Algumas Conclusões Gerais

A aprendizagem do Tratamento de Dados Experimentais e utilização da Teoria de Erros apresenta um elevado grau de dificuldade, mesmo utilizando uma estratégia gradualista. O prazo de um semestre permanece extremamente limitado para uma mudança conceitual neste campo.

O sistema de rodízio de atividades tem sido apontado pelos alunos como motivador. Alguns encararam o refazer uma atividade já feita por outro grupo de colegas, procurando melhorá-la, como um desafio. Resta uma análise mais detalhada para se saber o que realmente mereceu atenção dos alunos a ser melhorado.

Dentro de um mesmo grupo de atividades, os relatórios sofreram uma melhora substancial à medida que as atividades foram refeitas. A qualidade em termos de conteúdo e mesmo de apresentação do 2º relatório de uma dada atividade é muito melhor que a do 1º, assim como a do 3º é melhor que a do 2º, quando existe a 3ª rodada de atividades.

A melhoria de resultados foi buscada, por alguns grupos, através da modificação do procedimento experimental adotado, o que a princípio não foi por nós considerado como significativo para o curso de Laboratório que havíamos preparado. O que esperávamos era que a busca da melhoria dos resultados fosse associada a melhoria dos dados obtidos a partir de um procedimento experimental determinado e do tratamento destes dados. Parece que isto fez menos sentido que a busca de caminhos alternativos para a realização da experiência. Esta tendência na exploração dos procedimentos experimentais, pode ser uma característica de alguns alunos, dando vazão a criatividade, ou alguma distorção que associa a melhoria de resultados a novas formas de realização da experiência sem uma prévia reflexão sobre o que isto representa em termos de melhores resultados.

A utilização dos relatórios já elaborados por outros grupos não teve o efeito inicialmente esperado. O relatório não foi amplamente utilizado como referência para elaboração de um projeto visando a melhoria da atividade e sim, como guia que indicava o caminho que deveria ser seguido para a realização do experimento.

### Referências Bibliográficas

- CUDMANI, L. C. DE, SALINAS DE S., J... Modelo Físico e realidade. Importância epistemológica de sua adequação quantitativa. Implicações para a aprendizagem. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, V. 8, n. 13, p. 193-204, dez. 1991.
- GIL-PEREZ, D., PAYA, J., Los trabajos praticos de fisica e química y la metodología científica. *Enseñanza de la Física*, V. 2, n. 2, 1988.
- LANCIOTTI, J.S., 1994. **Las Practicas de Física Básica en Laboratorios Universitarios** -Universitat de València, Tesis Doctoral.
- MILLAR, R., Towards a role for experiment in the science teaching laboratory. *Studies in Science Education*, V. 14, p. 109-118, 1987.
- RIVIÈRE, E. P. - Técnica dos Grupos Operativos. In: **O processo grupal**. São Paulo, Martins Fontes, 1991. p. 87-98.
- SALINAS DE S., J., CUDMANI, L. C. DE, Los laboratorios de física de ciclos básicos universitarios instrumentados como procesos colectivos de investigación dirigida. *Revista de Enseñanza de la Física*, V. 5, n. 2, nov. 1992.
- SALINAS DE S., J., CUDMANI, L. C. DE, MADOLZO, M. J. DE, Las concepciones de los docentes en la enseñanza de las ciencias fácticas. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, V. 17, n. 1, 1995.

- SÉRÉ, M. G., JOURNEAUX, R., LARCHER, C., Learning the statistical analysis of measurement errors. *International Journal of Science Education*, V. 15, n. 4, p. 427-438, 1993.
- TAMIR, P., Training teachers to teach effectively in the laboratory. *Science Education*, V. 73, n. 1, p. 9-69, 1989.

## ELABORAÇÃO, EXECUÇÃO E ANÁLISE DE UM PLANEJAMENTO SOBRE AS LEIS DE NEWTON NUM CURSO DE 2º GRAU.

Margareth Polido Pires Ferreira<sup>60</sup>

Alberto Villani<sup>61</sup>

Instituto de Física - Universidade de São Paulo

### Introdução

A construção, por parte de cada estudante, de um conhecimento pessoal, semelhante ao conhecimento científico estabelecido e, simultaneamente, amarrado com a bagagem cognitiva pessoal (Strike & Posner, 1992), constitui a meta de um ensino coerente com uma visão construtivista. Trata-se de modificar a maneira de interpretar os fenômenos naturais, abandonando, pelo menos no contexto escolar, as explicações espontâneas ou de sentido comum e adotando, de maneira coerente, as explicações aceitas como científicas. Apesar das concepções iniciais e das almejadas serem bastante conhecidas, o processo de mudança é extremamente complexo (Niedderer, 1992; Niedderer & Schester, 1992); nele coexistem fenômenos singulares e não cumulativos, tais como limiares, regressões, rupturas e saltos cognitivos, assim como também fenômenos evolutivos como a extrema dependência entre a estabilidade da aprendizagem dos estudantes e a continuidade no esforço para alcançá-la.

Mais complexo ainda parece o processo de aprender a conduzir, de maneira adequada, o aluno ao longo deste caminho, pois, apesar de estar suficientemente claro que tipo de atitude deve ser abandonada (impingir ao aluno grande quantidade de informações, achando que, pelo menos em parte, elas serão assimiladas), não estão definidos, de maneira concreta, os detalhes que caracterizam a nova postura a ser adotada pelo professor.

Neste trabalho, relataremos uma experiência de ensino, onde um planejamento sobre as Leis de Newton foi elaborado e aplicado junto a alunos do segundo grau, com o objetivo de identificar e analisar as possíveis alterações ocorridas com este instrumento e nas representações dos estudantes devido a sua aplicação. As conclusões, ainda preliminares obtidas, apontam para: a) alguns fatores relacionados às alterações do planejamento; b) um processo evolutivo das representações dos alunos; e) a importância das relações estabelecidas em sala de aula.

### O contexto do Curso e os Dados da Pesquisa

Esta experiência de ensino, ocorreu numa turma do segundo ano do segundo grau, de uma escola da rede particular da cidade de São Paulo,

---

60 Mestranda da Pós-Graduação em Ensino de Ciências - Modalidade Física

388 61 Com auxílio parcial da CNPq

composta por 36 alunos, onde a professora (também autora deste trabalho), acabara de ingressar.

Os dados disponíveis para a elaboração deste trabalho, são constituídos pelo diário da professora, no qual anotava os eventos por ela considerados significativos; por três entrevistas com parte de seus alunos, gravadas em vídeo, realizadas no início, durante e ao final do processo; pelos planejamentos didáticos (o inicial e o efetivamente executado), incluindo as atividades propostas; pelos questionários e avaliações dos estudantes e, finalmente, pelas lembranças da professora sobre a experiência, relatadas em várias discussões e entrevistas após o curso.

### **As Alterações no Planejamento**

Como um dos objetivos deste trabalho é o de analisar as modificações sofridas pelo planejamento, procuramos interpretar o desenvolvimento do curso com o objetivo de identificar os fatores de alteração. Uma análise preliminar revela que as alterações estão ligadas, basicamente, a duas dificuldades, uma relacionada a professora e, a outra, aos alunos.

No primeiro caso, o grande problema enfrentado pela professora, se refere a sua dificuldade em manter-se fiel a uma postura construtivista. Durante o desenvolvimento e o desfecho de uma das aulas, por exemplo, a professora fornece elementos que contrariam frontalmente as visões que os alunos levaram muito tempo construindo durante as discussões. Isto acarreta, para os alunos, uma sensação de inutilidade da discussão proposta, o que faz com que passem a questionar o estilo de ensino proposto pela professora.

No segundo caso, as dificuldades conceituais dos alunos e a resistência a um estilo de aulas diferenciado, representa também um importante fator de alteração do planejamento. Neste sentido várias atividades, inicialmente não previstas, se tornaram necessárias a fim de retomar discussões de algumas concepções intuitivas consideradas, inicialmente, superadas pelos alunos.

Deste modo, tanto as dificuldades relacionadas a professora quanto aos alunos, provocaram várias alterações no planejamento inicialmente elaborado. Ao compararmos o planejamento inicial e o efetivamente executado, encontramos doze alterações: sete atividades foram introduzidas, duas foram desdobradas e três tiveram sua seqüência inicial alterada.

### **A Evolução nas Representações dos Alunos**

Outro objetivo desta pesquisa é identificar sinais de mudanças nas representações dos estudantes. Assim, neste item, apontaremos alguns indícios que parecem revelar a existência de um processo evolutivo em tais representações. Até o momento tivemos a oportunidade de analisar a primeira e a segunda entrevista a que os alunos foram submetidos.

O encaminhamento desta análise, ainda bastante preliminar, se deu através de três diferentes momentos. Num primeiro, procuramos identificar as representações dos alunos referente a noção de força e de movimento, para, num segundo momento, identificarmos as articulações operadas pelos alunos entre, suas concepções iniciais e as informações que circularam em sala de aula. Nesta etapa estávamos interessados em identificar os efeitos das informações de sala de aula sobre as representações dos alunos, ou seja, quais informações foram por eles consideradas relevantes e, de que forma, as articularam com suas concepções iniciais. Num terceiro momento procuramos analisar, o compromisso assumido pelos alunos com os princípios estabelecidos pelas Leis de Newton. Nesta fase, portanto, estamos interessados, em primeiro lugar, na identificação dos compromissos assumidos pelos alunos frente as condições impostas pelas Leis e, em segundo lugar, analisar a validade imposta pelos alunos destes compromissos diante de várias situações.

Com relação a **primeira entrevista**, verificamos que não há diferenças significativas nas representações dos alunos diante das situações apresentadas. Identificam, basicamente, as mesmas grandezas físicas, dão a elas significados bastante próximos e utilizam justificativas semelhantes para as situações de repouso e de movimento.

Deste modo, basicamente, três grandezas são identificadas, velocidade e força com o mesmo significado, força da gravidade e peso com sentido diferenciados e "atrito", grandeza que, aparentemente, está ligada a propriedades do corpo e da superfície de contato.

Na **segunda entrevista** é possível identificarmos entre os estudantes, diferentes representações para as mesmas situações. Estas diferenças centram-se nas interações que identificam, nos significados atribuídos a elas e, principalmente, nas justificativas para explicar as situações de repouso e de movimento. Por exemplo, para uma mesma situação de repouso, encontramos três diferentes grupos de respostas ao que se refere as identificações das interações sobre um corpo em repouso sobre uma superfície horizontal.

Para um primeiro grupo, que chamaremos de grupo A, a força peso e a força normal são identificadas como as únicas forças que agem sobre o corpo. O repouso é justificado, pelos alunos, a partir da condição de que a força resultante sobre o corpo seja nula nesta situação, o que implica nas forças identificadas possuírem a mesma intensidade e apresentarem sentidos opostos.

Para um segundo grupo, grupo B, além da força peso e normal identificam também a força de atrito agindo sobre o corpo nesta situação. Para os elementos deste grupo a força Peso e a força Normal "se anulam" e a força de atrito tem direção vertical uma vez que tem origem na "união" dos corpos em contato. Este grupo menciona o fato de a resultante ser nula nesta situação, apesar das forças identificadas não corroborarem esta condição.

Finalmente, para um terceiro grupo, grupo C, a identificação das interações é bastante confusa. Para eles, por exemplo, a força peso "exercida pelo corpo" está localizada na superfície de apoio, enquanto a força normal, exercida pela superfície, encontra-se entre os corpos, ou seja, não pertence a nenhum corpo definido.

Foi a partir da análise destas diferenciações que passamos a identificar três maneiras distintas na utilização das informações por parte dos alunos. Assim, alguns trabalham com certos elementos a nível de condição, havendo portanto um compromisso de que sua validade seja imposta e articulada frente a qualquer situação discutida; outros, também trabalham com certas informações a nível de condição, mas seu compromisso somente se estabelece para algumas situações, de modo que, em outras, lhes atribuem significado particular; finalmente, para outros alunos, parece haver dificuldade em utilizar as informações que circularam em sala de aula e, mesmo para aqueles que se apropriam de alguns elementos não estabeleceram nenhum tipo de compromisso, de modo que não apresentam articulações entre as informações e as situações apresentadas.

Para o grupo A, há uma forte condição que deve ser imposta e articulada em qualquer situação, a força resultante deve ser nula em situações de repouso ou de iminência de movimento. A partir dela, o grupo é capaz de justificar tanto a existência da força normal, como a ausência da força de atrito em situações de repouso. Na situação onde um corpo se encontra em repouso sobre uma superfície inclinada, mesmo não identificando qual força estaria agindo paralela a superfície, eles se mantêm fiéis em afirmar que deveria haver tal força, pois só assim se justificaria a resultante nula sobre o corpo numa situação de movimento iminente.

Para o segundo grupo, o grupo B, a condição de força resultante nula só é válida para algumas situações. Neste sentido, ao mesmo tempo que trabalham com este compromisso no caso de um corpo apoiado sobre uma superfície horizontal, não o mantêm para o caso da superfície inclinada. Como no primeiro grupo não identificam a força que estaria agindo sobre o corpo, a favor do possível movimento, mas como não mantêm seu compromisso com a força resultante nula nesta situação, preferindo considerar que não há necessidade de uma força a favor do movimento, identificam somente a força de atrito agindo sobre o corpo.

Finalmente, para o terceiro grupo, as atividades e discussões de sala de aula parecem não ter sido relevantes. Assim, aparentemente, não há indícios significativos de que se apropriaram de elementos para solucionar as situações, diferentes do que inicialmente dispunham. Os alunos que representam este grupo, parecem ter passado à margem de todo o processo, ou seja, não há identificação de nenhum movimento por parte deles de aproximação ou afastamento dos significados físicos.



## O Desenvolvimento do Curso: Segunda Interpretação

Nesta segunda interpretação, olhamos para o desenvolvimento do curso como algo intrigante. De um lado houve um planejamento cuidadoso, com atividades variadas e objetivos claros. Além disso, houve um grande envolvimento da professora, preocupada em discutir os pontos essenciais das Leis de Newton a partir das perspectivas dos alunos. De outro lado os alunos não se comportavam como se estivessem participando de uma experiência para eles significativa, e se limitavam a cumprir as tarefas propostas. O curso não os marcou e, no semestre seguinte, eles não tiveram manifestações de saudade do clima que havia caracterizado o primeiro semestre, nem pediram para que as atividades variadas e as discussões aprofundadas caracterizassem novamente o planejamento da professora. Por que este desencontro de interesses? Por que o curso não foi interpretado de maneira significativa pelos alunos?

A partir de conversas e entrevistas com a professora, posteriores ao curso, alguns indícios nos sugeriram que o foco de interesse da professora era executar o conjunto de atividades do planejamento, na convicção de que elas modificassem o modo de ver dos estudantes, ao invés de se preocupar com a maneira com a qual eles estavam vivendo a experiência. Ela estava muito mais preocupada em atingir os objetivos do planejamento (a mudança conceitual dos estudantes) do que em incentivar os alunos a experimentarem momentos de crescimento pessoal.

Através de alguns indícios pudemos interpretar este desinteresse dos alunos. A professora atribuía pouca importância à visão que os alunos tinham do curso, bastando-lhe que eles participassem das atividades programadas. Para sermos mais precisos, ela *queria* que os estudantes se *envolvessem* nas atividades, *elaborassem* seus conhecimentos, *entendessem* os pontos cruciais, mas não estava claro para ela em que condições subjetivas isso seria possível. Ela pensava que bastaria *cuidar das atividades*, verificando que fossem coerentes, complementares e relacionadas às noções espontâneas dos estudantes.

Entretanto, em nossa opinião, qualquer mudança significativa, por parte dos estudantes, é condicionada por um envolvimento profundo e uma grande persistência dos mesmos em tarefas adequadas. A dispersão dos interesses e motivações dos estudantes está longe de proporcionar as condições para esse envolvimento e somente a criação de uma relação nova poderá garanti-las.

Chamamos de transferência pedagógica (Villani & Cabral, 1996), em analogia à transferência analítica, o surgimento de uma relação afetiva entre alunos e professor, tal que o primeiro reconhece no segundo um mestre, que conhece seus problemas de aprendizagem, e um guia capaz de resolvê-los. Como consequência o aluno torna-se disponível a seguir os passos do professor, querendo por ele ser apreciado. Por sua vez o professor explora essa relação estimulando o aluno a trabalhar e

sustentando-o durante a elaboração de seus conhecimentos até que ele compreenda que pode aprender sozinho. A instauração de uma transferência pedagógica nos parece importante para um processo de aprendizagem rumo à mudança conceitual, porque constitui uma garantia de que o aluno continuará elaborando seus conhecimentos, apesar dos insucessos e regressões encontrados e da continuidade dos esforços exigidos.

O que aconteceu no nosso curso, em relação à este aspecto? Em nossa opinião, a atitude da professora foi altamente inibidora em relação à instauração da "transferência pedagógica".

No começo a situação foi altamente favorável, pela novidade do conteúdo e do método adotado, que despertaram interesse nos alunos e, sobretudo, pela novidade da professora, que mostrava competência científica e pedagógica. Entretanto, frente as dificuldades encontradas, ela se furtou, tanto no momento, quanto numa reflexão posterior, de confirmar sua posição de guia que conduz os alunos por novos caminhos. A professora não tentou reverter a situação de confronto transformando-a numa situação de adesão a ela.

## Conclusão

A descrição do desenvolvimento do curso parece revelar que o planejamento foi um instrumento ativamente utilizado pela professora. Todas as atividades foram detalhadamente preparadas com o objetivo de aproximar o esquema newtoniano dos alunos. A análise preliminar das razões que levaram o planejamento a ser reelaborado continuamente durante o curso apontam para alguns fatores relacionados basicamente a duas dificuldades: a) as conceituais dos alunos, uma vez que o esquema newtoniano estava muito distante de suas representações; b) a da professora em manter sua prática coerente com uma visão construtivista.

De outro lado, na análise das representações dos estudantes nas duas primeiras entrevistas, pudemos encontrar indícios de que houve uma evolução em suas representações. Deste modo, devido a algumas especificidades entre os alunos, é possível identificarmos três diferentes grupos: a) aqueles que são capazes de selecionar alguns aspectos e transformá-los em compromissos ou condições cuja validade deve ser imposta e articulada em todas as situações.; b) aqueles que, privilegiam alguns aspectos mas acabam dando a cada um, um significado particular, afastado do significado físico; e, finalmente c) aqueles que passaram a margem do processo de ensino, de modo que não se apropriaram de nenhum elemento significativo que pudesse indicar uma aproximação ou afastamento dos significados físicos.

O relato desta experiência e, sobretudo, a interpretação por nós proposta chamam atenção sobre um outro aspecto, mais sintético e mais global: a preocupação do professor: fazer com que os alunos dêem um sentido *a priori* favorável à experiência didática, pois será esse sentido

que costurará o conjunto dos sentidos individuais de cada atividade, permitindo, inclusive, que o aluno aproveite de atividades que ele não compreende completamente. Sem esse sentido *a priori* dificilmente o processo de aprender continuará vivo e eficiente, tornando-se, ao contrário, uma rotina a ser executada com o mínimo de esforço ( e também de aprendizagem).

A ligação emocional entre alunos e professores, que chamamos de transferência pedagógica, tende a fornecer aos estudantes o motivo *a priori* para aprender: seguir os passos do mestre para aprender e serem por ele reconhecidos. Naturalmente a ligação entre professores e alunos poderá ser mais forte ou mais fraca, dependendo da afinidade ou da ressonância intelectual ou pessoal entre eles; entretanto ganhar um mínimo de confiança dos alunos e mantê-la durante o curso, parece ser uma das tarefas mais importantes do professor. Esta experiência constitui a visualização desse alerta: um esforço grande da professora foi em boa parte frustrado pela ausência dessa preocupação ou pela recusa implícita em assumir esse papel.

### Referências Bibliográficas

- Niedderer, H. - 1992 - What Research can Contribute to the Improvement of Classroom Teaching. Proceeding of The International Conference on Physics Teachers' Education. Dortmund (Germany) pp.120-157
- Niedderer, H. & Schester, H. - 1992 - Toward an explicit description of cognitive systems for research in physics learning. In Duit, R.; Goldberg, F.; Niedderer, H. (Eds.) Research in Physics Learning: Theoretical Issues and Empirical Studies. IPN. Kiel (D). pp. 74-98
- Strike, K.A. & Posner, G.J. - 1992 : A Revisionistic Theory of Conceptual Change. In Duschl & Hamilton (Eds.): Philosophy of Science, Cognitive Science and Educational Theory and Practice. -Albany, NY, SUNY Press. 147-176
- Villani, A. & Cabral, T.C. B. ; 1996. 'Mudança Conceitual, Psicanálise e Ensino de Ciências' Versão provisória, IFUSP

## A TOMADA DE DADOS: UMA ETAPA ESQUECIDA NO LABORATÓRIO DE FÍSICA

Elisabeth Barolli - UEL/FEUSP (com auxílio parcial da CAPES/PICD)

Alberto Villani - IFUSP (com auxílio parcial do CNPq)

### I. Introdução

Nos últimos vinte anos a pesquisa sobre a aprendizagem das Ciências tem tido um aprofundamento significativo a partir da focalização das representações dos estudantes. Inicialmente foi feito um esforço grande para levantar e articular as concepções e os modos de pensar espontâneos dos estudantes, referentes aos fenômenos naturais. Posteriormente as tendências de raciocínio, os caminhos preferenciais na resolução de problemas, as visões sobre o procedimento científico e sobre o processo de aprendizagem passaram a ser alvo das pesquisas, na esperança de alcançar um conjunto de informações capaz de sustentar a organização de estratégias de ensino eficazes (Scott et al. 1992). Mais recentemente os objetivos, os valores, as perspectivas e, de modo geral, a motivação dos estudantes para a aprendizagem têm despertado o interesse dos pesquisadores na área de Ensino de Ciências (Strike & Posner, 1992). Como resultado parece ser consenso a existência de uma dependência significativa entre a estabilidade da aprendizagem dos estudantes e a continuidade no esforço para alcançá-la; além disso tanto a relação dos estudantes com seus professores e com seus pares, quanto o contexto escolar são considerados como fortemente capazes de influenciar o nível de envolvimento nas tarefas escolares e a vontade de persistir nelas (Pintrich et al., 1993).

Qual a situação do Laboratório didático em relação a este movimento de pesquisa? De que maneira a função e a organização do laboratório e das atividades nele desenvolvidas têm sido interpretadas a partir dos resultados sobre as concepções alternativas dos estudantes?

Tanto professores quanto pesquisadores, parecem concordar sobre a necessidade de utilizar o laboratório para complementar o processo de aprendizagem dos estudantes (Nachtigall, 1992). Também existe consenso sobre suas diferenças básicas em relação às tradicionais aulas teóricas: é no laboratório que os estudantes têm oportunidade de interagir mais intensamente entre si e com o professor, discutir diferentes pontos de vista, propor estratégias de ação, manipular instrumentos, formular hipóteses, prever resultados, confrontar previsões com resultados experimentais, etc. Dependendo do papel que atribuem ao laboratório, os pesquisadores privilegiam ora uns, ora outros destes aspectos. Por isso, de acordo com o debate colocado pela literatura, podemos afirmar que o laboratório pode cumprir diferentes papéis

(Nedelski, 1958; Millar, 1987; Sebastia, 1987; Kirshner, 1992; Cudmani e Salinas, 1991 e 1992).

O trabalho de Lanciotti (1994) busca caracterizar as principais concepções quanto ao papel atribuído ao laboratório ao longo do tempo, apontando justamente os modelos teóricos de aprendizagem e os fundamentos epistemológicos subjacentes a tais concepções. De acordo com este trabalho, a autora identifica 4 visões distintas que vêm norteando as práticas de laboratório. São elas: a) laboratório como mera ilustração da teoria, b) laboratório como uma estratégia de descobrimento individual e autônomo, c) laboratório como treinamento nos processos da ciência e d) laboratório como cenário de questionamento de paradigmas. A caracterização destas visões nos permite inferir que houve uma mudança no decorrer do tempo quanto aos pressupostos que norteiam as metodologias de trabalho no laboratório. Esta mudança se revela como uma nova compreensão tanto do processo de construção do conhecimento na Ciência, como das relações de ensino-aprendizagem e, conseqüentemente, das possibilidades do laboratório enquanto instrumento de aquisição do conhecimento.

Além disso, a preocupação dos pesquisadores focaliza-se também em algumas outras dimensões de análise, que, de um modo geral seriam: as atividades experimentais que se considera relevante serem desenvolvidas num curso de laboratório (Moreira e Levandowsky, 1983; Gonzáles, 1992; Sebastia, 1985; Gil e Payá, 1988; Toothatcher, 1983) e as concepções de medida dos estudantes. Esta última dimensão em particular, vem recebendo, mais recentemente, especial atenção de alguns pesquisadores. A função desse tipo de pesquisa é revelar concepções espontâneas e modos de raciocínio dos estudantes frente à tarefa de obter resultados a partir de um experimento. Mais especificamente, procura-se investigar os processos de pensamento quando os estudantes precisam articular as noções matemáticas à sua disposição com os problemas práticos e teóricos de medida (Séré et al., 1993). Para alguns pesquisadores o tratamento estatístico de dados constitui não somente uma ferramenta matemática, mas também um critério de adequação entre Física e realidade (Sandoval e Cudmani, 1991). Nesta mesma linha de pesquisa, o trabalho de Coelho (1993) é uma importante referência, na medida em que identifica e articula concepções de professores e estudantes de 2º grau, frente a situações experimentais que exigem um tratamento e uma interpretação dos dados obtidos. É um trabalho exploratório, que procura identificar obstáculos e precursores da aprendizagem neste campo que compreende a obtenção e o tratamento de informações experimentais. Como afirma a autora, o conceito chave da pesquisa é a incerteza das medidas. Sua investigação se apóia sobre uma referência teórica, baseada no estudo dos conceitos e procedimentos da metrologia e na epistemologia das Ciências, a qual lhe permitiu a formulação de algumas proposições didáticas. A partir do levantamento efetuado sobre as concepções dos estudantes, a autora responde a

questões do tipo: como abordar a noção de incerteza a partir das reações dos estudantes frente à variação das medidas? Como introduzir a noção de precisão, a partir do repertório precursor dos estudantes? Como utilizar as reações dos estudantes para que eles possam utilizar as medidas como teste de hipóteses ou para aumentar o grau de precisão dos resultados experimentais?

Parece então claro, que a preocupação com as representações dos estudantes no laboratório didático constitui uma perspectiva recente, timidamente desenvolvida. Além disso, ela focaliza prioritariamente aspectos teóricos relacionados ao processo de medição, como a noção de medida ou a interpretação dos dados. Acreditamos que exista um outro aspecto, que pode representar um avanço significativo para as pesquisas que se preocupam com o laboratório didático e com as representações dos estudantes a respeito. Tal aspecto, que parece completamente negligenciado na literatura, se refere à investigação do momento de obtenção de dados no trabalho experimental.

## II. Delimitação de nosso objeto de estudo e metodologia de análise

A pesquisa que estamos desenvolvendo pretende descrever e interpretar o que acontece durante a tomada de dados no laboratório didático de Física, salientando como elementos significativos as concepções, motivações e perspectivas dos estudantes. Em nossa visão a etapa de obtenção de dados pode ser caracterizada por um trabalho em grupo onde estão em jogo um *corpo teórico*, definido pelos modelos físicos e a teoria de erros, *eventuais interações do grupo com o professor* e, principalmente, o *contato do aluno com o arranjo experimental e com os instrumentos de medida*. Isso confere à tomada de dados um "status" diferenciado das demais etapas do trabalho experimental, sugerindo a possibilidade de encontrar, ao investigá-la, informações únicas a respeito das representações dos estudantes.

Nesta perspectiva, utilizamos como metodologia de obtenção de dados, a gravação em vídeo dos alunos durante a realização dos experimentos que integraram os laboratórios de Física I e II no Instituto de Física da USP no ano de 1995. Estas disciplinas são regularmente oferecidas no 1º e 2º semestres, aos alunos ingressantes no primeiro ano do curso de Física para bacharéis. No período de um ano, foram gravados dois grupos de alunos (um do noturno e outro do diurno) durante todas as aulas em que se realizaram os experimentos daquelas disciplinas. Além disso, nosso material de análise é constituído também por entrevistas em áudio, com os alunos das equipes filmadas, na perspectiva de complementar as informações obtidas com a gravação, bem como por observações realizadas durante as aulas.

Nossa intenção com o presente trabalho é focalizar um dos experimentos gravados e, a partir daí, apresentar os elementos significativos que nortearam sua micro-análise. O encaminhamento desta

micro-análise se deu, de um modo geral, a partir do levantamento de etapas caracterizadas pelo enfrentamento, por parte dos alunos, de problemas básicos, pelas concepções utilizadas, pelos traços marcantes e por interações grupais e com o professor. A relevância desta análise se justifica, dentre outros motivos, por entendermos que é preciso conhecer como os estudantes se relacionam com os elementos presentes nesse ambiente que é o laboratório, para poder dar significado às suas ações. Acreditamos que tal conhecimento, embora particular de uma situação de ensino, possa fornecer subsídios para definir estratégias para a prática de sala de aula.

É importante destacar que durante as quase quatro horas em que os alunos estiveram envolvidos com seu trabalho, foi possível evidenciar uma grande riqueza de aspectos que julgamos fundamentais para a reconstrução da história deste experimento. O que fizemos, então, foi procurar dividir o trabalho experimental dos estudantes em algumas etapas ou episódios, onde o motor da ação poderia estar representado por um problema fundamental sobre o qual eles se debruçavam para encontrar uma solução, ou mesmo pela busca de um problema do qual eles ainda não tinham clareza. Noutras palavras, as etapas foram sendo definidas a partir de algumas sinalizações, representadas, para nós, por uma mudança no assunto em discussão, pela conclusão de uma tarefa ou pela busca de uma tarefa que lhes permitissem dar continuidade ao experimento.

### III. O experimento

O episódio de ensino sob investigação refere-se a uma gravação em vídeo de um grupo de três alunos, durante a realização de um dos experimentos que fazem parte da disciplina Laboratório 2 no IFUSP. O experimento, intitulado "Viscosidade", tem como objetivo principal, segundo o guia de laboratório fornecido aos alunos, determinar o coeficiente de viscosidade de um determinado tipo de óleo. O arranjo experimental utilizado compreendia um tubo de vidro de aproximadamente 1 metro de altura e cerca de 6 cm de diâmetro, aberto em uma de suas extremidades e quase completamente cheio de óleo mineral. Este tubo era colocado na vertical através de um suporte, onde também estavam colocados um fio de prumo e uma régua de madeira presa longitudinalmente em relação ao tubo de vidro.

O guia sugeria que, através da extremidade superior do tubo, os alunos abandonassem esferas de diferentes diâmetros e medissem a velocidade limite<sup>62</sup> para cada uma. Com os dados obtidos os estudantes poderiam construir graficamente a relação entre a velocidade limite e os raios das esferas. A partir deste gráfico seria possível então, encontrar o

---

<sup>62</sup>A velocidade de um objeto em meio viscoso, sob a ação de uma força constante (no caso do experimento, a força gravitacional), cresce assintoticamente até atingir um valor limite.

valor do coeficiente de viscosidade do fluido. Também era pedido que os estudantes estabelecessem um critério para determinar se a velocidade de limite fora atingida. Este critério foi discutido pelo professor antes do início da atividade e consistia basicamente, em marcar no tubo, com o auxílio de anéis de PVC, dois intervalos consecutivos de distância e cronometrar o tempo que a esfera levava para percorrer cada um deles. Assim, se o tempo cronometrado no primeiro segmento fosse igual ao do segundo, seria possível afirmar que a velocidade limite fora atingida dentro do intervalo compreendido pelos dois segmentos. Isto deveria ser feito com a esfera de maior diâmetro, pois esta esfera é a que demora mais tempo para atingir a velocidade limite. Uma vez determinada uma altura conveniente para a maior esfera disponível, a mesma altura poderia ser usada para as esferas menores.

#### IV. A análise

##### A busca da melhor medida

Como já foi mencionado, o grupo gravado era composto por três estudantes, que aqui serão identificados por GIL, FAB e ANT. O experimento tem início com GIL e FAB acertando o prumo do arranjo experimental. GIL é quem toma a iniciativa de ajustar os parafusos do suporte e, em seguida, pede para FAB confirmar. Realizam juntos esta tarefa até que entram em acordo sobre o prumo.

Logo em seguida GIL traz uma preocupação quanto à escolha do instrumento que irão utilizar na medida da distância entre os anéis - "A gente vai usar trena? Não sei o que é melhor".

Contudo, FAB não responde e GIL pouco depois levanta uma nova preocupação quanto à distância entre os anéis, pois diz para FAB: "... é meio arbitrária a coisa ... Mas não sei o que é melhor ... Quantos centímetros? 30?" Mais uma vez FAB não se arrisca a fazer uma sugestão e novamente GIL insiste - "20 cm?"

Estas duas preocupações - o posicionamento dos anéis e a escolha de um instrumento adequado - reaparecem algum tempo depois, antes ainda de tomarem uma decisão, sugerindo uma preocupação dos estudantes em realizar a medida da melhor forma possível.

Pudemos inferir ainda, a partir do diálogo entre os estudantes nesta etapa, que as dúvidas quanto a estas escolhas esteve pautada na dificuldade dos alunos em enxergar critérios que lhes permitissem uma decisão mais objetiva sobre a medida a realizar. Enfim, para decidir qual a melhor distância entre os anéis era necessário ter critérios nada triviais, pois como veremos, isto pressupunha uma compreensão maior do experimento como um todo e das grandezas que eles deveriam medir para determinar o coeficiente de viscosidade.

De certa forma, podemos dizer que quanto ao instrumento de medida, GIL conseguiu fazer uma escolha objetiva dentre os



instrumentos disponíveis: trena, régua de madeira do próprio arranjo e régua de acrílico. Segundo ela a régua do arranjo estava meio torta e era de madeira, enquanto a trena apresentava problema quanto ao "zero". Assim, a opção pela régua se justifica por ser, na sua visão, o instrumento "mais preciso" para aquela medida.

Contudo, a realização da medida pressupunha ainda, na visão dos alunos, a escolha adequada do posicionamento dos anéis e, para esta decisão, pareciam não dispor de nenhum critério. A decisão pelo valor de 30 cm, para a distância entre os anéis foi tomada, por assim dizer, ao acaso. Pudemos notar que esta distância foi praticamente escolhida pelo fato da régua ter 30cm, o que de certa forma tornava a medida "mais fácil". Foi FAB quem deu a palavra final neste momento de decisão, pois GIL não tinha, até aí, nenhuma outra idéia.

### O problema da cronometragem do tempo

Como já apontamos anteriormente, as ações dos alunos na primeira etapa do experimento parecem estar sendo organizadas pelo problema de obter uma medida com precisão, o que implicou tanto na escolha de um instrumento de medida, como também na escolha do posicionamento dos anéis. De acordo com o que pudemos observar, a primeira escolha foi feita com base num critério; enquanto a segunda não. De qualquer forma o problema parecia estar solucionado.

Entretanto, quando finalmente abandonam a bolinha no óleo e procuram cronometrar o tempo de queda, surge um problema que não haviam previsto. A bolinha desce muito rápido pelo óleo, tornando a medida do tempo bastante difícil. Os intervalos de tempo cronometrados simultaneamente por FAB e GIL, segundo as palavras de GIL, não tinham nada a ver. Mais uma vez é GIL quem se mostra insatisfeita - *"e agora, o que a gente faz?"* - e procura dar uma solução - *"Talvez fosse melhor a gente diminuir a distância. Só se colocar 10 cm..."*.

É interessante observar que ela vai buscar a solução justamente pela alteração da distância entre os anéis, um ajuste que ela, até aquele momento, não tinha critérios para fazer. Assim, o debate sobre qual a melhor distância entre os anéis retorna novamente.

Durante muito tempo o problema da cronometragem do tempo de queda da bolinha foi discutido pelo grupo, inclusive por ANT, que pouco antes deste diálogo, já havia dado uma sugestão para a disposição dos anéis. Entretanto tal sugestão não foi aceita por GIL, pelo menos naquele momento. Vamos agora procurar explicitar melhor o que está em jogo na busca de uma solução para este problema, do ponto de vista dos estudantes.

O que parece estar ocorrendo agora, é que no momento em que surge o problema da cronometragem, GIL, provavelmente pelo fato de não ter se sentido satisfeita com a escolha feita anteriormente, retoma a dúvida de qual a melhor distância entre os anéis. Ou seja, parece que o

fato dos intervalos de tempo obtidos por eles, não serem, na visão de GIL compatíveis, era devido à escolha de um posicionamento inadequado para os anéis.

Durante o longo tempo em que buscaram uma solução para o problema da cronometragem, GIL se mostra bastante angustiada, talvez por não conseguir encontrar elementos que lhe permitissem chegar a um critério e desse modo realizar a medida. Afinal, porque ela insistiu tanto em diminuir a distância entre os anéis, enquanto FAB, por sua vez, queria aumentá-la? Por que os argumentos de FAB de que escolhendo uma distância maior teriam, "*mais tempo para a abaixar e ver*" e também de que quanto menor a distância, maior o erro cometido na medida do tempo (como ela mesma havia concordado), não modificaram sua intenção inicial?

Parece que o pensamento de GIL estava sendo orientado basicamente por dois aspectos que ela queria conciliar, mas não estava conseguindo. O primeiro deles relacionado com o erro de paralaxe e o segundo com uma idéia, incorreta diga-se de passagem, de que a esfera de maior diâmetro cairia no óleo com menor velocidade comparativamente às outras.

A proposta de GIL em diminuir a distância entre os anéis, tem sentido se admitirmos que na sua visão, isto representa uma maneira de minimizar o erro de paralaxe na medida do intervalo de tempo. Além disso, como ela previa que as esferas de menor diâmetro caíam mais rápido ainda, seria muito difícil conseguir olhar em linha reta quando as esferas passassem pelos anéis, evitando, desse modo, a paralaxe.

Podemos inferir que para GIL, a medida da distância entre os anéis, já na primeira etapa do experimento e agora mais ainda, devido à dificuldade em cronometrar o tempo, adquiriu grande importância dentro da atividade.

Cabe ressaltar que em nenhum momento da discussão, o grupo procurou experimentar as sugestões ou mesmo investir na medida do tempo propriamente dita. Esta medida era, sem dúvida, bem mais difícil de ser feita e exigia, pelo menos, algum treino dos cronometristas, mas não houve da parte dos alunos qualquer tentativa nesse sentido. Aliás, o fato de não terem conseguido realizar uma medida coerente na primeira vez em que a esfera foi abandonada no óleo, era algo bastante previsível, até porque não tinham tido até aquele momento a iniciativa de experimentar o arranjo e portanto não faziam a menor idéia de como seria o movimento.

O que nos parece é que entre a medida da distância e a do tempo, a primeira representava uma medida sobre a qual eles, e particularmente GIL, tinham muito mais familiaridade e acesso. A cronometragem, entretanto, mostrava-se, ao contrário da outra, como uma medida muito mais difícil de ser controlada.

Foi somente quando ANT entrou na conversa pela segunda vez, tentando

novamente fazer sua sugestão, a qual anteriormente não tinha sido aceita, que a solução para o problema foi encaminhada.

O que ANT propunha não era algo absolutamente novo. A única diferença em relação à disposição inicial dos anéis era que se deixasse um intervalo entre os dois segmentos. Percebe-se ainda, tanto da parte de FAB como da de ANT, a tentativa de levar em conta a idéia de GIL em diminuir a distância entre os anéis. Sem dúvida, o que prevalece é justamente a diminuição desta distância. Aliás, ANT já parecia ter percebido qual era a preocupação mais fundamental de GIL, quando admite que com uma distância menor, também menor seria o erro de paralaxe. Desse modo, pelo menos nesse momento, é possível inferir que a tentativa de estabelecer um critério para escolher a distância entre os anéis começava a ser delineada.

Contudo, o que não transparece no diálogo, mas sim na gravação, é que durante toda essa discussão GIL não parece satisfeita com a solução dada. A sensação que dá é que como ela não tinha solução melhor, precisou aceitar essa, até porque o tempo disponível para realização do experimento assim exigia.

#### As idas e vindas do processo

As ações que tiveram lugar após a redefinição do posicionamento dos anéis, nos permitiram definir ainda uma última etapa que antecedeu a preparação do arranjo experimental, para dar início à obtenção dos intervalos de tempo correspondentes à queda das várias esferas.

Com a nova disposição GIL e FAB cronometraram os intervalos de tempo de queda da esfera de maior diâmetro e obtiveram valores que consideraram compatíveis, concluindo assim que a velocidade limite fora atingida. Vale dizer que este "sucesso" era, até certo ponto, previsível, pois agora eles já tinham conhecimento de como a bolinha iria cair no óleo, ao contrário da primeira vez em que realizaram a medida do tempo.

O que nos chamou a atenção durante esta última etapa é que as medidas de distância foram efetuadas com a régua do arranjo, e não com a de acrílico. Parecia, então, que GIL havia abandonado sua preocupação inicial em realizar esta medida com um instrumento que na sua concepção era o mais preciso dentre os três disponíveis. O fato de GIL afirmar, num certo momento, que *"nosso tempo de reação não é tão preciso quanto essa distância"*, parecia confirmar esta hipótese. Além disso, estas palavras nos dão indícios de que neste momento GIL estava refletindo sobre o significado de precisão de uma medida num experimento onde muitas variáveis contribuem para o resultado final. Isto é, de que adianta investir tanto na precisão da distância entre os anéis, se a incerteza na medida do tempo contribui muito mais para a incerteza no resultado final.

Contudo, pouco antes de ajustarem uma única distância para dar início às medidas dos tempos de queda das várias esferas, GIL retoma sua antiga dúvida.

*GIL - Melhor a gente medir isso com a trena.*

*ANT - Prá que?*

*GIL - Não sei, acho essa régua (a de madeira) muito torta.*

*FAB - Você é muito precisa!*

*GIL (sorrindo) - Sabe com quem eu aprendi isso? Com meu ex-parceiro. No semestre passado eu fazia com um japonês e japonês você sabe com é. Ele era três vezes mais preciso que eu.*

GIL fica parada alguns segundos olhando para o arranjo.

*ANT - O que houve?*

*GIL - É o mesmo problema. Queria... o jeito mais preciso de saber esta distância certinha.*

Este episódio parece indicar que, apesar de num determinado momento ela ter percebido que a precisão de uma medida não é algo absoluto, ela acaba voltando atrás insistindo novamente em buscar tal precisão, no que se refere à medida da distância entre os anéis.

Com a intenção de encerrar a descrição de nossa micro-análise, vamos apresentar mais um pequeno episódio que teve lugar durante a fase final da tomada de dados, momento no qual o grupo todo estava envolvido na tarefa de obter os tempos de queda das várias esferas. Esta fase da tomada de dados se mostrou bastante rotineira, pois as decisões mais fundamentais já haviam sido tomadas. O momento transcrito a seguir foi aquele que, particularmente, nos surpreendeu.

*GIL (se referindo a um dos valores já obtidos) - Este aqui tá fora.*

*Muito fora... Tudo bem, a gente maqueia depois.*

*ANT (sorrindo) - Você tá falando no microfone... tá se entregando!*

E, novamente, algum tempo depois:

*GIL - Quanto?*

*ANT - 6,09.*

*FAB - 6,13.*

*GIL - Algo me diz que este número não tem nada a ver (apontando para algum valor em seu caderno de anotações)*

*ANT - Qual não tem nada a ver?*

*GIL sorrindo corrige algum valor em seu caderno e, surpreso, FAB comenta: Olha que coisa feia... Muito bonito, né!!*

Sem dúvida, também para nós, foi muito surpreendente ver GIL, uma pessoa que tinha uma preocupação exagerada em realizar tudo com muito perfeição, alterar os dados. Entretanto, esta atitude talvez possa ser compreendida se pensarmos que, até por possuir essa característica marcante, ela jamais admitiria que seus dados não fossem coerentes. Em outras palavras, não se trata de julgar seu comportamento, mas sim de compreendê-lo dentro do contexto da tomada de dados. Desse modo, tal atitude passa a ser totalmente legítima quando se quer garantir a coerência dos dados.

## V. Resultados Preliminares

Os resultados preliminares a que chegamos após a análise deste episódio de ensino, apontam para algumas representações dos estudantes que parecem estar em jogo durante a realização das atividades experimentais. Nos parece ainda que tais representações se dão em dois níveis distintos.

Num primeiro nível estariam envolvidas representações que se revelam a partir do enfrentamento, por parte dos estudantes, de problemas básicos de medidas. Para identificá-las, voltamos nossa atenção, para os critérios que os estudantes utilizavam na superação de dificuldades ou na tomada de decisões, durante o trabalho de obtenção de dados. Porém, a escolha de critérios, estava condicionada a certas exigências que se esperava fossem satisfeitas, mas que não apareciam explicitamente nas ações dos alunos. Nossa perspectiva foi, então, a de construir um quadro de representações, que pudesse refletir exigências que os alunos desejavam ver atendidas, e que se encontravam subjacentes aos critérios por eles estabelecidos para enfrentar problemas básicos de medidas.

Uma destas exigências foi inferida a partir da tendência, apresentada pelos estudantes, em privilegiar a obtenção de números inteiros, quando tinham a possibilidade de escolher valores para as medidas das grandezas. No experimento em análise, por exemplo, os alunos podiam eleger uma distância qualquer para medir o tempo de queda das esferas. Durante o experimento propuseram vários valores para esta distância, porém todos eles números inteiros. Aliás, um dos primeiros valores propostos, foi justamente o comprimento total da régua (30 cm) que estavam utilizando para medir.

O que nos parece estar por trás desta preferência por números inteiros, é a exigência de facilitar o trabalho. Embora tal exigência seja um aspecto de racionalidade, pode levar os alunos a desconsiderar fatores que poderiam melhorar a qualidade dos dados obtidos, frente aos elementos relevantes da Teoria de Erros.

Uma outra exigência que pudemos identificar é representada pela idéia de que cada medida tem uma importância absoluta e não relativa para o resultado final, como estabelece a Teoria de Erros. Em nossa análise, notamos que os alunos tomaram certos cuidados experimentais, como por exemplo evitar erros de paralaxe, ou mesmo levar em conta o erro relativo de uma medida. Entretanto, este procedimento parecia desvinculado do objetivo final do experimento. Para realizar a medida da distância entre os anéis, GIL preferiu utilizar uma régua de acrílico em vez da trena ou da régua de madeira que já se encontrava presa ao arranjo experimental. Segundo ela, a régua do arranjo estava meio torta e era de madeira, enquanto a trena apresentava problema quanto ao "zero". A opção pela régua de acrílico se justificava por ser, na sua visão, o instrumento mais preciso para aquela medida, como revelaram suas

palavras: "queria ... o jeito mais preciso de saber a distância certinha". Contudo, para este experimento, em particular, qualquer destes instrumentos seria bastante satisfatório, já que a incerteza desta medida contribuía muito pouco para a incerteza do resultado final. Desse modo, os critérios utilizados na escolha de instrumentos adequados de medida, ou mesmo os cuidados experimentais tomados pelos alunos, pareciam estar atendendo à exigência de obter cada medida com uma precisão absoluta.

Finalmente, identificamos ainda uma terceira exigência dos estudantes: garantir a coerência dos dados obtidos. No nosso caso, esta coerência foi garantida pela equipe, através da manipulação dos dados, isto é, um dos valores obtidos foi simplesmente modificado com base em outros que eram considerados mais coerentes.

As representações do segundo nível estão relacionadas a traços pessoais dos estudantes, os quais parecem condicionar fortemente o trabalho de grupo. A necessidade de realizar tudo de forma "perfeita" ou "precisa", segundo observamos nas ações de GIL, seria um exemplo desse tipo de representação. De acordo com nossa análise, é possível inferir que GIL desempenha um papel de liderança na medida em que ela dá o "tom" do trabalho. FAB ao contrário apenas acompanha GIL nas tarefas por ela colocadas, sem uma compreensão mais global do experimento. ANT, por sua vez, embora se mostre mais informado que FAB sobre o experimento, também procura atender as solicitações de GIL, sem uma interferência marcante no desenvolvimento do trabalho. Talvez, esta necessidade de realizar tudo de forma muito perfeita, seja um dos condicionantes que oriente um investimento exagerado na obtenção de certas medidas, cujas incertezas têm uma contribuição pequena para a incerteza do resultado final.

Acreditamos que seja possível inferir, que as representações deste segundo nível tenham uma importância grande em termos de mudança conceitual, pois, de certa forma, dariam condições para o estudante reelaborar suas concepções, principalmente se o professor conhecê-las e explorá-las.

Tais representações indicam ainda que os estudantes devem adotar diferentes metas ao realizar seus trabalhos. Nos parece então, que para funcionar, o grupo precisa conviver não só com as diferentes metas de cada um, mas também com aquelas propostas pelo professor. Como, então, o grupo consegue unificar a dispersão dos interesses e manter sua persistência na execução da tarefa? Encontrar respostas a esta questão, pode nos auxiliar a compreender aquilo que sustenta o trabalho do grupo.

No nosso caso em particular, podemos afirmar que a liderança de GIL foi fundamental para sustentar a continuidade de uma atividade experimental bastante estruturada e potencialmente desmotivante, já que o contexto didático, por ser bastante tradicional, poderia ter remetido os alunos a uma posição bastante passiva. Entretanto, durante o processo, os alunos se mantiveram envolvidos na atividade, o que nos

leva a pensar que, de alguma forma, a atividade se tornou problemática. Nos parece que GIL é quem contribuiu significativamente para traduzir a atividade em algo desse tipo. É ela quem persegue a busca de uma medida precisa e dos critérios que poderiam tornar, na sua visão, isto possível. Como pudemos notar pela nossa análise, ela somente se sente satisfeita quando é capaz de estabelecer critérios que lhe permitiram decidir sobre o valor da distância entre os anéis e sobre o instrumento de medida adequado. Ao que tudo indica, isto parece ter sido um dos fatores determinantes para mantê-la num trabalho reflexivo durante o desenvolvimento da atividade. De algum modo, seus companheiros também se engajaram no trabalho, se não da mesma forma que GIL, de uma outra, com um interesse mais localizado em cada tarefa.

Esta característica marcante em GIL - de querer realizar tudo de forma muito precisa - foi aprendida, segundo suas palavras, com seu companheiro de equipe do semestre anterior. Ou seja, ela não atribui nem ao curso, nem ao professor, a aquisição de tal característica, mas sim ao colega. Isto nos faz refletir sobre a importância das características individuais, tanto na constituição do próprio grupo, como também nas mudanças atitudinais que podem ser provocadas em decorrência.

Finalmente, nossa análise revela também fatores de natureza externa, relacionados com o contexto em que o aluno trabalha, e que também influenciam a condução do processo. Tais fatores se referem à interferência do professor e às dificuldades da própria tarefa, por exemplo. No decorrer do experimento, GIL utiliza tanto a autoridade do professor, como do guia de laboratório, para decidir algumas pendências. Isto parece indicar que, apesar do professor não ter atuado diretamente nas discussões do grupo, sua autoridade estava presente.

Pudemos notar ainda, que o fato dos alunos não terem previsto que a esfera cairia muito rapidamente, dificultou a cronometragem.. Esta dificuldade, própria da atividade, surpreendeu o grupo e comprometeu o plano de trabalho dos alunos. O grupo só conseguiu se reestruturar novamente, através do envolvimento de todos na busca de uma solução.

## Bibliografia

- COELHO, S.M., 1993. Contribution a l'étude didatique du mesurage en physique dans l'enseignement secondaire: description et analyse de l'activité intellectuelle et pratique des élèves et des enseignants . Université de Paris VII - U.F. de *Didactique des Disciplines* - Tese de doutorado.
- CUDMANI, L.C. & SALINAS, J.S., 1991. Modelo Físico e Realidade. Importância Epistemológica de sua Adequação Quantitativa. Implicações para a Aprendizagem - *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, vol.8, nº 13, dez. 1991, p.193-204.

---

\_\_\_\_\_, 1992. Los Laboratorios de Física de Ciclos Básicos Universitarios Instrumentados como Procesos

- Colectivos de Investigacion Dirigida - *Enseñanza de la Fisica*, vol.5, nº 2, nov. 1992, p.
- GIL-PEREZ, D. & PAYA, J., 1988. Los Trabajos Praticos de Fisica y Quimica y la Metodologia Cientifica - *Revista de Enseñanza de la Fisica* - vol.2, nº 2, p.
- GONZÁLES, E.M., 1992. Que Hay que Renovar en los Trabajos Praticos? - *Enseñanza de las Ciencias* - v.10, nº 2. p.206-211.
- KIRSCHNER, P.A., 1992. Epistemology, Practical Work and Academic Skills in Science Education - *Science & Education*, vol. 1, p. 273-299:
- LANCIOTTI, J.S., 1994. Las Practicas de Fisica Básica en Laboratorios Universitarios - Universitat de València, Tesis Doctoral.
- MILLAR, R., 1987. Towards a Role for Experiment in the Science Teaching Laboratory - *Studies in Science Education* 14, p.109-118.
- MOREIRA, M.A. & LEVANDOWISKI, C.E. 1983- **Diferentes abordagens ao Ensino de Laboratório** - Porto Alegre - Editora da Universidade, UFRGS.
- NACHTIGALL, D.K.(ed.), 1992. **Proceeding of The International Conference on Physics Teachers' Education. Dortmund (Germany).**
- NEDELSKY, L., 1958. Introductory Physics Laboratory - *American Journal of Physics* - v.26, nº 2, p.
- PINTRICH, P.R.; MARX, R.W.& BOYLE, R.A., 1993 Beyond Cold Conceptual Change: The Role of Motivational Beliefs and Classroom Contextual Factors in the Process of Conceptual Change', *Review of Educational Research*, vol 63, nº 2, p.167-199
- SCOTT, P.H.; ASOKO, H.M.; & DRIVER, R.H., 1992 -Teaching for conceptual change; A review of strategies. In Duit, R.; Goldberg, F.; Niedderer, H. (Eds.) *Research in Physics Learning: Theoretical Issues and Empirical Studies*. IPN. Kiel (D), p. 310-329
- SEBASTIA, J. M., 1985. Las Clases de Laboratorio de Fisica: una Propuesta para su mejora - *Enseñanza de las Ciencias*- vol.3, nº1, p.42-45.
- \_\_\_\_\_, 1987. Que se Pretende en los Laboratorios de Fisica Universitaria? - *Enseñanza de las Ciencias*, vol.5, nº3, p.196-204
- SÉRÉ M.G. et all. 1993. Learning The Statistical Analysis of Measurement Errors - *International Journal of Science Education*, vol.15, nº 4, p. 427-438.
- STRIKE, K.A. & POSNER, G.J. - 1992 : **A Revisionistic Theory of conceptual change.** In Duschl & Hamilton (Eds.): **Philosophy of Science, Cognitive Science and**



**Educational Theory and Practice.** -Albany, NY, SUNY  
Press, p.147-176

TOOTHATCHER, W., 1983. A Critical Look at Introductory Laboratory  
Instruction - *American Journal of Physics*, **vol1**, n°6 p.

## CONCEPÇÕES INTUITIVAS DOS ALUNOS: UM ESTUDO A PARTIR DA RELAÇÃO FORÇA E MOVIMENTO

Antonio Jorge Sena dos Anjos

Departamento de Ciências Exatas - UEFS - Feira de Santana - BA

As concepções espontâneas têm se constituído em objeto de pesquisa na mais diversas áreas de conhecimento nos últimos anos. Nossa experiência docente e a pesquisa que realizamos evidenciaram a presença marcante dessas concepções no processo de aprendizagem da Física e apontaram para a importância de considerá-las se se deseja desenvolver um ensino centrado no sujeito que aprende. Tomando por base situações onde conceitos formais da Física fossem confrontados com idéias intuitivas dos alunos, elaboramos um questionário que aplicamos em classes da 2ª série - 2º grau, de escolas públicas e privadas de Feira de Santana. Esses questionários abordavam conteúdos específicos da mecânica clássica, em particular questões relativas à força, movimento e suas relações. Um deles era precedido de um breve texto falando, cientificamente, sobre os conceitos em questão. Os dados revelados (neste trabalho) apontam-nos respostas e justificativas que se constituem em idéias intuitivas, semelhantes às encontradas na evolução do pensamento científico, como, por exemplo, a relação associativa força/massa e força como propriedade do corpo, encontradas na visão dos gregos antigos e no pensamento filosófico da idade média. Assim, para o ensino de Física, consideramos que os conceitos "errados" dos alunos devem servir ao professor como ponto de partida para a elaboração de novos conceitos considerados cientificamente corretos. Para tanto, o professor deve conhecer como acontece a construção do conhecimento pelo sujeito, como evoluem suas estruturas mentais, em que estágio evolutivo do conhecimento ele se encontra. Isso por certo possibilitará ao professor entender melhor como o aluno pensa os conceitos da ciência que ele estuda, bem como entender a sua capacidade para elaborar informações através de operações e relações mentais, para, a partir daí traçar uma forma mais adequada de construir um novo conhecimento. Com este trabalho pretendemos apresentar uma proposta metodológica alternativa de ensino de Física, a partir das concepções intuitivas dos alunos.

### Introdução

O ensino das ciências nas escolas de 1º e 2º graus frequentemente é desenvolvido de forma a-histórica (não existe conexão entre o que é apresentado e a história da ciência), desvinculado da realidade, onde os temas ou aspectos são abordados dentro de uma visão formal-tradicional, onde o professor, sujeito da ação, em aulas expositivas, apresenta e

"explica" a matéria, proporcionando aos alunos uma memorização dos conteúdos.

No ensino da Física, em especial, também observamos este mesmo perfil traçado para o ensino das ciências em geral. Podemos sentir, nós professores de Física, quão grande é a expectativa com que os alunos aguardam para interagirem pela primeira vez com os conceitos da Física mas, na maioria das vezes, se frustram ao perceberem a dicotomia existente entre os conteúdos "ensinados" em aula e a realidade por eles experimentada. Os fenômenos físicos, que se fazem presentes no seu dia-a-dia, são deixados de lado nas aulas, cedendo lugar às equações e cálculos matemáticos, em detrimento dos conceitos físicos.

Nossa vivência, enquanto professor de Física, permitiu-nos fazer observações acerca do ensino desta ciência, o que nos conduziu a repensar nossa prática pedagógica e sentir a necessidade de propor diretrizes, visando a uma proposta metodológica para o ensino da Física, partindo do indivíduo, dentro de uma visão construtivista e transformadora, que proporcione ao educando condições de participar mais efetivamente do processo da aprendizagem, como sujeito da situação. Essa concepção segundo Piaget, caracteriza-se pelo fato de que o conhecimento é construído a partir das trocas interativas entre o sujeito que aprende e o objeto a ser conhecido. O objeto serve de meio para que o conhecimento se desenvolva. O sujeito é visto como um ser ativo, inteligente e criador, um ser que constrói seu próprio conhecimento.

A preocupação maior do nosso trabalho é de valorizar um ensino de Física onde sejam tratados de forma mais profunda os conceitos básicos dessa disciplina, levando-se em consideração o fato de que os alunos trazem para a sala de aula inúmeros conceitos construídos ao longo de sua existência e fortemente estruturados sob forma intuitiva.

Se por um lado, o professor analisa e transmite o conteúdo de Física, por outro, as experiências vivenciadas pelo educando já serviram de base para ele estruturar o seu pensamento lógico, o que lhe daria condição necessária para a efetiva aprendizagem de tais conteúdos. Entretanto, isso não ocorre, talvez por faltar ao professor maiores conhecimentos sobre o desenvolvimento cognitivo do aluno, o que lhe permitiria melhor orientar sua práxis pedagógica, considerando as concepções intuitivas do sujeito.

A criança, segundo Piaget, desde os primeiros meses de vida, na troca com o mundo que a cerca exerce controle sobre a obtenção e organização de suas experiências, que, resultantes de sua própria atividade, se integram a modelos já elaborados por ela.

Dois aspectos, julgamos, são importantes considerar na construção de uma proposta metodológica para o ensino da Física: o conhecimento da História da Ciência e princípios da Epistemologia Genética.

É fundamental para o professor conhecer a evolução das idéias, buscando compreender a contribuição que estas podem dar para se entender a ciência como um recorte da realidade, na relação com outras atividades humanas. É a partir do conhecimento da evolução do pensamento científico, dos obstáculos encontrados ao longo do seu desenvolvimento, que o professor poderá entender melhor as dificuldades de seus alunos na construção de certos conceitos, já que outrora, estudiosos das ciências, em particular da Física, usaram caminhos semelhantes na tentativa de entender e conceituar determinados fenômenos.

Outro aspecto relevante constitui-se dos princípios da Epistemologia Genética, que, baseados em experiências, procuram acompanhar a evolução do conhecimento no sujeito, desde os primeiros anos até a fase adulta e são capazes de explicar como indivíduo elabora o conhecimento causal. Estes, também nos oferecem elementos para entender a relação deste conhecimento com o desenvolvimento do conhecimento científico.

Pretendemos, esse é o objetivo, com nosso estudo fornecer elementos que possam contribuir para um modelo alternativo de ensino da Física.

Procuramos, portanto, neste trabalho, resgatar concepções intuitivas de alguns alunos, através de problemas da mecânica clássica. Para tanto, respostas às questões referentes às relações entre força, movimento e vínculos causais foram tratados à luz da História da Ciência e da Epistemologia Genética.

Esses modos de raciocínio - espontâneo, natural e intuitivo - formam uma "Física intuitiva", que, no contexto escolar, em particular é largamente utilizada pelos alunos e se constitui num grande foco de resistências para o entendimento de conceitos da Física formal dos currículos escolares.

### **As Concepções Intuitivas e o Ensino da Física**

Segundo Villani (1991), " ... a sabedoria do senso comum está fundada na crença que a vida é tão complexa e variada que é impossível encontrar uma regra universal para as escolhas quotidianas a serem feitas e para as ações a serem executadas". Adiante ele diz: " ... o lema do senso comum é cada caso é um caso particular; seu método é confiar na intuição."

Dessa forma, os alunos já trazem estruturadas, para a sala de aula, idéias que se relacionam com os conceitos, leis e princípios da Física a serem estudados.

As concepções ou idéias espontâneas têm se constituído em objeto de pesquisa nas mais diversas áreas do conhecimento da Física, nos últimos anos. Elas, segundo Peduzzi (1988), são assim caracterizadas:

“ São encontradas em um grande número de estudantes, em qualquer nível de escolaridade;

Constituem um esquema conceitual coerente, com amplo poder explicativo;

Diferem das idéias expressas através dos conceitos, leis e teorias que os alunos têm que aprender;

São muito persistentes e resistem ao ensino de conceitos que conflitam com elas;

Interferem no aprendizado da Física, sendo responsáveis, em parte, pelas dificuldades que os alunos encontram em disciplinas desta matéria, acarretando nestas um baixo rendimento quando comparado com disciplinas de outras áreas;

Apresentam semelhanças com esquemas de pensamento historicamente superados.”

Tais afirmativas nos sugerem que, para haver um ensino eficaz, torna-se necessário e produtivo considerar a bagagem cultural do aluno, bem como o conjunto de noções intuitivas que ele traz consigo, que é de suma importância tratá-las adequadamente, em Física. A não adequação no tratamento dessas idéias, poderia gerar nos indivíduos, uma superposição dos conceitos intuitivos e formais, que deverão ser utilizados de acordo com as situações-problema. Se a situação apresentada envolver elementos formais, os alunos usarão o esquema formal; quando o problema relacionar-se com fatos do cotidiano, estimulando a curiosidade e a percepção, eles usarão suas concepções espontâneas. Este quadro poderá se complicar mais ainda, com a presença de alguns fatores, como: conceitos deturpados contidos nos livros didáticos ( mostrados através de exemplos e figuras e termos usados pelo professor (força do corpo, força da mola, ...etc), contribuindo, assim, para reforçar a concepção errada acerca dos fenômenos físicos.

As situações onde os conceitos formais da Física e as concepções espontâneas dos indivíduos podem ser confrontados, são inúmeras e podem levar os alunos a perceberem os pontos falhos de suas idéias. Isto se confirma quando:

... por exemplo, a situação física onde um objeto é jogado para cima pode ser explorada, analisando, por um lado, como a força armazenada, na visão do aluno, altera a velocidade do objeto a cada instante e em particular o que ocorre quando o objeto alcança a altura máxima e, de outro lado, como a Física formal descreve tal situação. (Carvalho, 1985)

Tanto nessa situação, como em qualquer outra proposta aos alunos, é fundamental provocar questões onde fiquem evidenciados, para eles, as falhas das suas concepções intuitivas e, a partir daí, encaminhá-los para uma mudança que os conduzam à reelaboração de conceitos para os tornarem cientificamente corretos.

## **Metodologia**

Na pesquisa realizada neste trabalho, optamos por estudar as concepções intuitivas, sobre força e movimento, bem como os vínculos causais existentes entre ambos. Para tanto, usamos, como referência de análise de dados, prioritariamente, o modelo de pesquisa qualitativa, realizando um estudo do tipo descritivo-analítico, sem a intenção de generalizar os seus resultados para além da população pesquisada.

Utilizamos, também, alguns elementos da abordagem quantitativa, o que nos permitiu, num primeiro momento, trabalhar com uma população mais ampla, da qual emigraram os sujeitos do nosso estudo.

Como método de trabalho, optamos pelo estudo de caso, pois este possibilitou a apreensão do cotidiano escolar em extensão, oferecendo elementos valiosos para análise e compreensão do fenômeno.

A pesquisa compreendeu duas etapas. Na primeira, aplicamos um questionário, cuja análise dos dados coletados indicaram o "caso" do nosso estudo. A segunda foi caracterizada pelo estudo de caso propriamente, quando usamos variadas técnicas de coleta de dados.

## **População e Amostra**

Partindo da premissa de que os conteúdos da mecânica clássica são trabalhados essencialmente no segundo grau no nosso Sistema Educacional vigente, e, coerentemente com o problema investigado, delimitamos o nosso campo amostral, na primeira etapa do estudo, como sendo o universo de professores e alunos da 2ª série do segundo grau, onde conteúdos de mecânica elementar, pertinentes às concepções investigadas, já tinham sido trabalhados.

Inicialmente foi aplicado um questionário a 17 professores da 2ª série do segundo grau de diversas escolas da cidade de Feira de Santana, sendo 08(oito) escolas particulares, 06(seis) da rede pública e 03(três) escolas cooperativas, obtendo, assim, dados de sujeitos com realidades e propostas de ensino diferentes.

Dessa população investigada, foi selecionada uma amostra aleatória, de cada uma das quatro escolas, considerando-se o tipo de instituição mantenedora, sendo denominadas: Escola W(cooperativa), Escola X(pública) e Escolas Y e Z(particulares).

Esta amostra se constituiu no "caso" com o qual trabalhamos, buscando investigar o problema - quais as concepções intuitivas dos

alunos do 2º ano do 2º grau em Feira de Santana sobre a força, movimento e seus vínculos causais - e qual a compreensão desses sujeitos diante das questões propostas

### Técnicas e Instrumentos de Coleta de Dados

No processo de coleta foram utilizados questionários para professores e alunos da 2ª série do segundo grau. O questionário aplicado aos professores foi composto de questões que versavam sobre a sua formação, recursos didáticos e metodológicos, conteúdos de mecânica trabalhados no curso, abordagem histórica da ciência, dificuldades apresentadas pelos alunos e avaliação, visando, assim, uma melhor caracterização das turmas pesquisadas. Para os alunos, foi aplicado outro questionário com questões específicas de Física, objetivando levantar, para efeito de análise, as concepções intuitivas dos mesmos acerca da relação entre a força e o movimento.

Os questionários aplicados aos alunos foram de dois tipos, ambos abordando conteúdos específicos da mecânica clássica, sendo que um deles era precedido de um breve "texto", versando sobre a teoria de conceitos cientificamente corretos, acerca do que foi questionado.

Tendo sido aplicado aos professores e alunos o instrumento de coleta de dados (os questionários), fizemos uma caracterização dos dados obtidos, seguida de comentários e análises à luz do nosso referencial teórico.

### Concepções dos Alunos

A análise dos dados compõe-se de três partes, tendo em vista a característica do instrumento de pesquisa utilizado. A primeira parte, refere-se aos três conjuntos (I, II, III) de figuras, acompanhados e não acompanhados do "texto". A segunda parte, envolve questões (de 02 a 06) que investigam a compreensão dos sujeitos acerca da terceira lei de Newton, bem como a relação força-movimento. E a terceira, aborda as concepções do aluno sobre força e movimento, a partir do lançamento de bolas para o alto.

Em razão do espaço que dispomos, faremos a apresentação e comentários dos dados referentes a terceira e última parte (questão 07) do questionário aplicado aos alunos.

Nesse item foi apresentado ao aluno uma figura, onde seis bolas idênticas, lançadas ao ar de formas diferentes, estão à mesma altitude com velocidades diversas num instante "t". Os alunos foram indagados da seguinte forma:

As forças que agem sobre estas bolas neste instante são: a) as mesmas para as seis; b) diferentes para cada uma das seis; c) as mesmas para algumas (quais); d) diferentes para outras (quais). Justifique.

Nos questionários aplicados (135), 4,4% dos alunos não responderam esta questão, enquanto que as respostas atribuídas ficaram assim divididas: 30,4% responderam "as mesmas para as seis"; 36,25 afirmaram ser "diferentes para algumas", enquanto os demais escolheram os itens - "as mesmas para algumas" - e/ou - "diferentes para algumas".

No item que contém a resposta considerada certa (as mesmas para as seis), as justificativas foram as seguintes: 3,0% dos alunos creditaram sua opção ao fato das bolas estarem na mesma altura; 7,4% porque as bolas tinham sido lançadas com forças iguais; 7,4% porque o peso era o mesmo para todas as bolas (justificativa correta); 3,0% em função das velocidades iguais, embora a figura não evidenciasse isto e 9,6% não deram justificativas.

Dos 36,2% de indivíduos que marcaram a alternativa "diferente para as seis" as justificativas foram as seguintes: 12,6% por causa das forças de lançamento terem sido diferentes; 11,9% em função dos movimentos e/ou sentidos serem diferentes para cada bola; 3,0% porque as velocidades eram diferentes e 8,9% não justificaram suas respostas.

Com relação ao item "as mesmas para algumas" a maioria dos sujeitos que optou por esta resposta não justificou ou atribuiu ao fato das bolas terem sido lançadas com forças iguais, ou ainda por movimentos do mesmo tipo, a exemplo das bolas 1 e 6 (movimento vertical para cima). Já que para o último item - "diferentes para outras" - não houve justificativas em sua maioria, ou deram como razão os diversos tipos de movimento.

Embora os conteúdos relacionados a esta situação apresentada aos alunos tenham sido trabalhados em salas de aula, como atesta os dados do questionário aplicado aos professores, os indivíduos deixaram-se levar pelos diversos fatores (tipos e sentidos de movimento, trajetórias e velocidades diferentes) que envolvem a situação - problema em questão. Isto nos leva a pensar: ou o estudado não foi realmente assimilado pelo sujeito, ou suas concepções espontâneas, construídas na troca com o meio, acerca da relação força-movimento, são suficientemente fortes, a ponto de levá-lo a optar por outras respostas que divergem frontalmente da concepção correta.

### **Considerações Finais**

Ao longo do nosso trabalho, foram resgatados conhecimentos que consideramos de grande utilidade para elaboração de uma proposta de modelo alternativo para o ensino da Física.

Avaliar como se processou o ensino das ciências, particularmente da Física, nas últimas décadas; analisar a evolução histórica dos conceitos da Física, em particular da mecânica, como força, movimento e a relação



entre estes: conhecer, como se dá a formação das estruturas e a construção do conhecimento, no indivíduo, desde a mais tenra idade até a adolescência; entender o papel da explicação causal, tanto na Epistemologia Genética como na Física, são fatores que, por certo, contribuirão para o entendimento e reelaboração de conceitos a partir das noções intuitivas do sujeito. Foi com base nesses elementos que procuramos tecer o nosso trabalho.

As evidências, aqui resgatadas, bem como o referencial teórico por nós utilizado neste trabalho, leva-nos a propor alguns elementos que possivelmente poderão contribuir para elaboração de um modelo alternativo de ensino de Física, centrado no aluno. Como sugestão, portanto, parece-nos significativo levarmos em consideração: a) as concepções intuitivas dos alunos, como ponto de partida, para elaboração de novos conceitos cientificamente corretos; b) o conhecimento histórico da evolução das idéias científica especialmente ligadas ao conteúdo que se pretende ensinar; c) o conhecimento do professor sobre as diferenças existentes entre, a maneira de analisar os fenômenos físicos por parte da ciência que ele pretende ensinar, e a visão de senso comum, que os alunos trazem para a sala de aula. Tais elementos parecem-nos fundamentais, quando se pretende um ensino de Física centrado no educando.

Das análises feitas nos dados apresentados, resultantes da pesquisa realizada neste trabalho, ficaram evidenciados fatos que, ao nosso ver, coloca-nos a refletir sobre a qualidade do ensino, de todo o segundo grau.

O ensino de Física, pensamos nós, merece ser analisado, repensando e reelaborado, no sentido de despertar no educando maior motivação e permitir um melhor entendimento, não memorização dos conceitos trabalhados em aulas, garantindo, ao aluno, um caminhar seguro, quando solicitado a resolver problemas e explicar fenômenos, à luz das teorias da Física.

### Referências Bibliográficas

- CANIATO, R. **Com Ciência na Educação**. São Paulo: Papirus, 1989.
- CARVALHO, A. M. P. **Física: proposta para um ensino construtivista**. São Paulo: E.P.U., 1989.
- CARVALHO, W. L. P. **Conceitos "intuitivos": relações entre força, velocidade, aceleração e trajetória**. São Paulo, 1985. 114 p. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) - Instituto de Física e Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, 1991.
- CASTRO, R. S., CARVALHO, A. M. P. História da Ciência: investigando como usá-la num curso de segundo grau. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Florianópolis, v.9, n.3, 1992.

- KUHN, T. S. **A Estrutura das Revoluções Científicas**, São Paulo: Editora Perspectiva S.A., 1995. D do c
- NEWTON, I., **Princípios Matemáticos da Filosofia Natural**. Coleção Os Pensadores Tradução de Carlos L. Matos e Pablo R. Mariconda. São Paulo: Abril Cultural, 1983.
- PEDUZZI, S. S., PEDUZZI, L. O. Q. Leis de Newton: uma forma de ensiná-las. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Florianópolis, v5, n. 3, 1988.
- PIAGET, J. **Las explicaciones causales**. Barcelona: Barral Editores, 1971.
- **Epistemologia Genética**. São Paulo: Martins Fontes, 1990.
- PIAGET, J.; GARCIA, R. **Psicogênese e História de La Ciência**, México: Siglo Veintuno Editora, 1982.
- ROVIGATTI, R. L. **O papel da explicação causal no ensino de Física**. São Paulo, 1987. 84p. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) - Instituto de Física e Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, 1987.
- VILLANI, A. Reflexões sobre o ensino de Física no Brasil: práticas, conteúdos e pressupostos. *Revista de Ensino de Física*, São Paulo, v. 6, n. 2, 1984.

## MODELO DE DESENVOLVIMENTO DE MATERIAIS DIDÁTICOS PARA O ENSINO DE FÍSICA E CIÊNCIAS

Oto N. Borges (*oto@coltec.ufmg.br*)

João Filocre (*filocre@coltec.ufmg.br*)

Arthur E. Quintão Gomes (*arthur@coltec.ufmg.br*)

Centro de ensino de Ciências e Matemática - CECIMIG/UFMG

Setor de Física - Colégio Técnico/UFMG

Neste artigo relatamos uma experiência, realizada no Curso de Especialização em Ensino de Ciências da UFMG. Pesquisamos um modelo de desenvolvimento de materiais didáticos e buscamos incorporar um número expressivo de professores do ensino médio e fundamental na produção de materiais didáticos, bem como desenvolver e difundir o modelo de ensino centrado nas "unidades de ensino autônomas". A "unidade de ensino autônoma" é uma forma muito flexível de material didático, facilmente adaptável aos diversos contextos escolares e que pretende atender, de forma diferenciada, às necessidades tanto dos professores experientes, quanto dos inexperientes. Cada unidade aborda um tema organizado na forma de um planejamento de ensino, e encoraja o professor a assumir uma forma pessoal de apresentar o tema a seus alunos. Uma destas unidades contém um manual do professor, um conjunto de folhas de atividades e um texto básico para o aluno. O manual do professor é o núcleo da unidade e é organizado de forma que a partir de uma visão geral a unidade é sucessivamente detalhada até o nível de cada lição. As folhas de atividades sustentam a idéia da necessidade de uma diversidade de procedimentos pedagógicos e pretendem orientar a atividade em sala de aula. Na elaboração de uma destas unidades de ensino utiliza-se uma metodologia similar à de P&D em tecnologia: parte-se de uma especificação geral para a implementação de cada detalhe concreto, em sucessivos passos de detalhamento da especificação original. A especificação geral da unidade fundamenta-se em um conjunto simples de princípios gerais, de natureza epistemológica e pedagógica, reconhecendo a importância da adoção de contextos significativos para professores e alunos no desenvolvimento do tema.

### I - Introdução

Desde o final da década de 50 tem crescido a produção de materiais didáticos destinados ao ensino de ciências, seja através de projetos coordenados, seja pela ação voluntária de um único indivíduo ou grupos de indivíduos. No caso de esforços coordenados há aqueles decididos e conduzidos por organizações não governamentais ou grupos dedicados ao ensino e há esforços coordenados pelas autoridades. Assim os grandes

projetos americanos, característicos da década de 60 [PSSC, BSSC, MSSC, CHEM] são resultado de uma coordenação governamental. Recentemente o Reino Unido destinou £35.000.000 (trinta e cinco milhões de libras esterlinas) em um programa de quatro anos, o Teaching and Learning Technology Programme, para financiar 76 projetos de tecnologia de ensino, na sua maioria concentrados na produção de materiais baseados em computador [1]. Esforços semelhantes, principalmente na área de produção de materiais para educação aberta e a distância ocorrem na União Européia[2], na Alemanha[3] e Austrália[4]. Neste último país há uma crescente tendência de se usar materiais produzidos originalmente para a educação aberta e a distância em cursos presenciais. O Science: The Salter's Approach[5], o Salter's Advanced Chemistry Course[6] e o Science in Focus[7], são projetos coordenados que não resultam da ação governamental, mas são da iniciativa do Grupo de Ensino de Química e do Grupo de Ensino de Ciências da Universidade de York e de uma Fundação privada [A Salter's Foundation]. No Brasil os trabalhos do GREF[8] são um exemplo de materiais desenvolvidos coordenadamente por iniciativa de um grupo de pesquisa em ensino de Física. A estas iniciativas soma-se a enorme profusão de recursos didáticos difundidos via internet e o esforço de desenvolvimento de inúmeros professores e pesquisadores.

Em Minas Gerais, a ação do CECIMIG, sempre esteve voltada para capacitação de professores[9], e como subproduto desta ação, surgiram materiais didáticos. Esta produção tem aumentado após a criação do Curso de Especialização em Ensino de Ciências (CEEC), em 1991. Numa reformulação curricular, levada a efeito em 1994, este curso introduziu um conjunto de três disciplinas, obrigatórias e sequenciais, em que os estudantes se envolvem no desenvolvimento de um projeto de ensino. Há uma variedade de projetos na sua maioria consistindo no desenvolvimento de materiais didáticos. É neste contexto que implementamos, desde 1995, um projeto que pretende desenvolver um modelo de produção de materiais didáticos.

A produção e desenvolvimento de materiais didáticos tem sido tratada até hoje de forma intuitiva: alguns indivíduos mais talentosos ou inquietos lançam-se neste ofício e ao fim de inúmeras tentativas acaba encontrando a "veia" e tornam-se bons autores. Todo professor que começa a questionar sua prática pedagógica esbarra na pequena variedade de materiais didáticos disponíveis no Brasil e na rigidez desses materiais, dificultando a sua utilização em certas estratégias de ensino-aprendizagem. Uma saída comum é o professor se interessar em desenvolver seu próprio material didático. Entretanto, ao iniciar a produção de seu próprio material didático o professor normalmente descobre que, da mesma forma que não teve uma preparação profissional

adequada para enfrentar a sala de aula, ele não teve uma preparação profissional para desenvolver seus materiais didáticos ou para adaptar os já existentes às circunstâncias específicas de sua escola. Desta forma ele se descobre só e tendo que aprender a partir de sua própria experiência.

Acreditamos, entretanto, que desenvolver e produzir materiais didáticos deveria ser uma das habilidades profissionais básicas do professor. Mais ainda, acreditamos ser possível um programa de formação de novos autores. Procuramos discutir e implementar um modelo de desenvolvimento de materiais didáticos buscando superar o caráter intuitivo desse trabalho. Buscamos um modelo que nos permita produzir uma maior quantidade de produtos acabados com o menor esforço possível. Esse modelo trata a forma de organização do trabalho de projeto e desenvolvimento dos materiais didáticos bem como os aspectos pedagógicos dos materiais didáticos.

Trabalhamos com o conceito de unidade de ensino autônoma, que é uma forma bastante flexível de material didático, facilmente adaptável aos diversos contextos escolares. Estas unidades de ensino autônomas, ou unidades temáticas, contém necessariamente um manual para o professor, um manual do aluno e um conjunto de folhas de atividades, recursos didáticos e materiais para avaliação. As unidades de ensino podem ser desenvolvidas segundo diversos enfoques curriculares: privilegiando a contextualização tecnológica e social ou a contextualização histórica, favorecendo mudanças conceituais, etc. A decisão de qual será o enfoque curricular adotado depende dos interesses dos envolvidos no processo de desenvolvimento. Os temas que as unidades de ensino abordam são definidos conjuntamente pela equipe de desenvolvimento. Procuramos discutir as características desejáveis de cada um dos componentes da unidade de ensino e as melhores técnicas de desenvolver tais componentes. São feitos exercícios práticos de desenvolvimento de diversos componentes das unidades de ensino, mas não de todos: procuramos incentivar a colaboração com outros grupos de desenvolvimento de projetos e interessá-los no desenvolvimento de alguns componentes, tais como filmes, unidades de multimídia, simulações, etc

Em 1995 um grupo estável composto de 12 estudantes do CEEC esteve envolvido no projeto e em 1996 estamos trabalhando com 8 alunos. Neste artigo refletimos sobre o que já obtivemos e apresentamos alguns direções futuras para nosso trabalho.

## II - Motivações para o desenvolvimento materiais didáticos

Em virtude do esforço continuado feito nos últimos 40 anos e de uma certa profusão de materiais e recursos didáticos no panorama internacional, surge a questão da motivação para se desenvolver novos

materiais didáticos. Para os que lidam diretamente com a sala de aula no Brasil, em qualquer nível de ensino, a motivação é óbvia: a diversidade de materiais didáticos realmente disponíveis para uso em sala de aula é muito pequena. Aqueles professores que desejam introduzir inovações em seus cursos, alterando a prática real de sala de aula, não encontram materiais de sustentem tal tarefa diária. A bibliografia reduz-se a um conjunto limitado de livros-texto, uns melhores que outros, mas que em última análise comungam das mesmas crenças no que se refere à forma de como se ensinar Ciências.

O Grupo de York[7] identificou três categorias de motivações para o desenvolvimento de materiais didáticos sendo a primeira a vontade de explorar ou pesquisar o impacto de modelos definidos de aprendizagem. Os materiais desenvolvidos nesta ótica podem ser vistos como extensões ou mesmo parte integral de programas de pesquisas, e em consequência disto, têm um sabor, muito bem definido, de materiais experimentais. Podemos citar como exemplo o material intitulado Introdução aos Circuitos Elétricos, desenvolvidos por dois dos autores, para uso no Colégio Técnico da UFMG[10]. A segunda motivação é o desejo de enriquecer um currículo já existente. Os materiais desenvolvidos segundo esta ótica tratam de tópicos e temas já presentes nos currículos mas que os autores apresentam em perspectiva diferenciada ou abordagem de ensino inovadora. O desenvolvimento de materiais, sob essa ótica pode ser influenciado pelas visões sobre como os professores trabalham e, também, sobre como os estudantes aprendem. Podemos citar como exemplo, na literatura didática brasileira, o Projeto de Ensino de Física[11], o texto desenvolvido, em 1973 e 74, por W. Bolton para uso no Colégio Técnico da UFMG[12], e como exemplo estrangeiro os livros *Patterns in Physics*[13], *Physics Through Applications*[14] e o *Physics*[15], da Nuffield Co-ordinates Sciences. A terceira motivação para produzir novos materiais didáticos seria a insatisfação com o currículo e materiais existentes. Esta insatisfação pode surgir de motivos internos à comunidade dos educadores ou de pressões externas que exigem mudanças na escola.

O entendimento de que a melhoria da qualidade do ensino médio e fundamental é condição necessária para o crescimento econômico e social, faz crescer também a expectativa de mudanças no cotidiano da sala de aula. Cresce entre professores, pais e autoridades educacionais a compreensão de que melhorar a qualidade do ensino não significa apenas tornar melhor, mais eficaz e efetiva, a prática escolar atual, pelo contrário há o reconhecimento de que para se atingir tais propósitos é necessário, em maior ou menor grau, alguma reforma curricular. Neste sentido é que entendemos a proposta feita pelo MEC de parâmetros curriculares nacionais. Em Minas Gerais a Secretaria de Estado de

Educação está para iniciar um projeto que visa reformular o ensino de segundo grau, e que ao seu final redundará em novos programas para todas as disciplinas.

Resta saber em que direção a reforma curricular apontará. Em diversos países tem crescido a tendência de se reconhecer que a aprendizagem de novos conhecimentos é favorecida pela abordagem contextualizada dos temas curriculares. Para alguns a contextualização funciona apenas como uma tática para aumentar a motivação, o engajamento dos estudantes nas atividades e para tornar o ensino mais instigante. Outra corrente advoga que contextualizar o ensino de Ciências desempenha uma função maior: ela expressa o desejo de proporcionar aos estudantes uma representação mais autêntica da ciência e de seu papel na vida das pessoas, e desta forma a contextualização serve para encorajar os estudantes a relacionar a aprendizagem de Ciências com o resto de suas vidas[7]. Os programas Salters são exemplos de materiais didáticos que adotam esta última postura.

Outra tendência que tem crescido é a de se centrar o processo ensino-aprendizagem no aluno, com forte ênfase em estratégias de ensino que facilitem a interação estudante-estudante e estudante-professor. A centralização do processo de ensino-aprendizagem no estudante fundamenta-se em argumentos sobre o papel que a educação aberta e distribuída, e em particular, o papel da internet com a miríade de bancos de dados de domínio público, desempenhará num futuro próximo[16]. Esta argumentação é comum em grupos oriundos das áreas de computação e Tecnologia da informação. Mas, em geral, as correntes construtivistas que formulam estratégias de ensino também sustentam este princípio. A ênfase no trabalho colaborativo, na interação estudante-estudante e estudante-professor surge tanto da observação empírica[17], da ênfase no papel que a linguagem desempenha na aprendizagem[18] e do crescimento da influência dos trabalhos de Vygostky na educação.

Há uma razoável expectativa de que o processo de reforma curricular em Minas encaminhe-se para a adoção de currículos mais flexíveis, com a aprendizagem centrada no aluno e com alguma tintura de contextualização do ensino de ciências, tanto no ensino médio quanto no ensino fundamental. Isto justifica o esforço de se tentar produzir novos materiais didáticos.

### III - O que faz o sucesso de um novo material didático

Os processos de reforma educacional são, por natureza, complexos e sempre enfrentam muitas resistências, tanto entre professores, administradores escolares, alunos, pais de alunos e mesmo autoridades educacionais. Assim é que, por parte da maioria dos professores há relutância

em adotar inovações curriculares. A origem desta resistência, em geral, está associada à insegurança que o professor tem em lidar com situações inesperadas ou onde ele falta, ou mesmo onde ele poderia atuar mais eficazmente. A segurança e competência em trabalhar com materiais desconhecidos que não foram previamente estudados, portanto, com maior potencial de gerar situações inesperadas, só se adquire lentamente ao longo de um processo de acumulação de experiências, das circunstâncias em que elas ocorrem, das oportunidades de ação e das ameaças percebidas no desenrolar de suas ações[19].

Os projetos coordenados de desenvolvimento de materiais didáticos quase sempre utilizam um modelo do tipo centro-periferia. Uma equipe central desenvolve os materiais que são posteriormente disseminados entre os professores que atuam diretamente na sala de aula. Em geral, a disseminação é feita em cursos intensivos de treinamento em serviço e de curta duração. Estes cursos produzem, num momento inicial, um grande impacto que vem acompanhado uma avidez de uso dos materiais, resultando em uma torrente de atividades em sala de aula. O entusiasmo, contudo, possui vida curta. Paulatinamente a insegurança dos professores vai se instalando, as dificuldades crescendo e finalmente o entusiasmo inicial se esvai[20].

Um modelo diferente foi implementado pelo grupo de York. No processo de desenvolvimento de seus materiais eles colocavam juntos uma equipe de experientes professores de ciências vindos de uma grande gama de tipos de escolas, educadores universitários de ciências (mas com experiência no ensino de ciências), coordenadores escolares de ciências e técnicos e cientistas industriais. Este processo de desenvolvimento permitiu incorporar nos materiais a "expertise" adquirida pelos professores em seu esforço diário na sala de aula, bem como o conjunto de crenças e valores, quase sempre de natureza tácita, a respeito de ensino e aprendizagem mas que são compartilhados por um grande conjunto de professores. Também permitiu identificar os problemas reais enfrentados pelos professores, bem como desenhar estratégias satisfatórias para a sua solução. Além disso o envolvimento dos professores no processo de desenvolvimento e produção dos materiais contribuiu para que eles adquirissem o senso de "propriedade" do material, no sentido de algo que eles reconhecem e se sentem familiarizados, algo que lhes é próprio. Os materiais resultantes trazem a marca de uma solução negociada e ao mesmo tempo que apresentam inovações curriculares distanciam-se menos daqueles a que os professores estão acostumados a utilizar, mais fáceis de serem assimilados e incorporados na prática escolar real. Haber-Schaim[21] atribui à ausência desta proximidade com o professor as razões do pequeno sucesso do programa do PSSC (Physical Science Study Committee).

Administradores escolares também costumam ser precavidos em adotar inovações curriculares pois o processo de mudança curricular aumenta o esforço de administração, inclusive, de administração de



conflitos. Mudanças curriculares trazem consigo necessidades de cursos de capacitação. A liberação de professores para a participação em programas de capacitação gera algum tumulto nas escolas, requer verbas, etc. O CECIMIG aprendeu, ao longo de sua trajetória, que a postura do diretor escolar pode determinar o sucesso ou fracasso dos programas de capacitação. A ação das diretoras e supervisoras escolares é, em geral, contraditória: ao mesmo tempo em que exercem pressão sobre o professor no sentido de que ele faça inovações na sua prática docente, elas não vêem com bons olhos as mudanças no cotidiano escolar[22]. Já se disse que a escola gosta muito da criatividade mas não preza muito os professores criativos. Assim é que para se ter sucesso em um programa de reforma curricular é necessário trabalhar junto aos administradores escolares. No caso de novos materiais eles devem facilitar a tarefa dos administradores[7].

Os projetos de desenvolvimento e produção de materiais didáticos devem levar em conta que na medida em que se cria uma convergência de valores na comunidade educacional é que se consegue tornar efetiva a implementação de inovações curriculares. E, exatamente por isto, devem buscar estratégias que facilitem a criação desta convergência.

#### IV - O processo de desenvolvimento de materiais

O processo de produção está estruturado em três fases, que se superpõem ao longo do tempo: uma fase de preparação da equipe, uma de projeto e desenvolvimento e finalmente uma fase de avaliação, refinamento e preparação da versão final. Ainda que este processo tenha algumas semelhanças metodológicas com os procedimentos adotados pelo grupo de York[7] e pelo grupo do Science Education Project[23], da África do sul, a fase de preparação da equipe é uma característica inovadora.

A fase de preparação da equipe destina-se a desenvolver entre os participantes uma compreensão detalhada das características do material a ser desenvolvido e da forma como ele pode ser utilizado. Iniciamos pela discussão dos objetivos do trabalho seguida da discussão da experiência do grupo de York e analisamos exemplos de materiais desenvolvidos tanto em York, quanto no Brasil.. Nesta fase utilização uma resenha dos trabalhos do grupos de York feita por um dos autores[24] e traduções de várias unidades dos materiais produzidos em York, providenciadas pelo CECIMIG. Discutimos um conjunto de princípios gerais, relativos a aspectos epistemológicos e pedagógicos, que norteiam nosso trabalho e dos quais derivamos um conjunto de características dos materiais. A seguir estudamos as características dos textos didáticos que dificultam a sua leitura[25]. Aqui centramos em um modelo de leitura que fundamenta-se no trabalho de Miller[26] e as conseqüências desenvolvidas principalmente por Smith[27]. Outro assunto enfocado é a

importância do tópico textual e de algumas estruturas de estilo cujo uso pode dificultar a leitura. Todo este processo é acompanhado de exercícios de análise de textos didáticos e de tentativas de melhorá-los. Nesta fase também discutimos resultados de pesquisas relativas ao papel dos exemplos, contidos em textos didáticos, na aprendizagem, a questão das ilustrações e da formatação gráfica. Ao longo desta fase incentivamos os alunos a explorarem seus interesses, possíveis de temas, bem como formar as equipes de trabalho.

A segunda fase inicia-se pela definição do tema, seguida do projeto de material. O processo de desenvolvimento curricular é essencialmente um processo de tomada de decisão. Ainda que tenhamos definido os princípios gerais e características dos materiais desejados, que fundamentam a tomada de decisão, eles não são suficientemente detalhados para conduzir todas as etapas do processo. Disto resulta que muitas decisões detalhadas são tomadas na equipe de desenvolvimento baseadas em critérios consensuais da equipe. Para explicitar este processo de tomada de decisão, adotamos aqui um processo semelhante ao desenvolvimento de processos de engenharia. A idéia é partir de uma concepção geral da unidade de ensino, para ir refinando esta definição em passos sucessivos. Este processo completa-se quando a equipe consegue apresentar uma descrição geral da unidade, com a abordagem utilizada, e seu detalhamento em um fluxograma de aulas e planos de aula, significando quase todas as decisões já foram tomadas. Segue-se a redação do manual do professor, texto do aluno, folhas de atividades, etc, resultando em uma primeira versão da unidade de ensino. As duas primeiras fases são previstas para serem executadas durante um semestre letivo.

A terceira fase inicia-se com uma revisão geral da unidade produzida conduzida pelos autores, seguida da reelaboração do material pela equipe que a produziu. A fase de avaliação prevê a avaliação por especialistas, no conteúdo do tema, o uso da unidade por outros professores e o teste em sala de aula.

## V - Princípios gerais

Após anos de discussões e de conhecimento mútuo trabalhando juntos em diversos projetos, conseguimos explicitar um conjunto de princípios gerais consensuais, de fundo epistemológico e pedagógico que norteiam nossa atividade neste projeto. O primeiro deles diz respeito à função e metas do projeto. Para nós o projeto se destina à formação e desenvolvimento profissional de professores através do desenvolvimento de materiais didáticos. Com isto queremos assinalar duas coisas: primeiro uma adesão ao modelo de capacitação via projetos e a segunda, que há um propósito bem definido no curso. Ao final dele o professor deverá ter

adquirido um conjunto de habilidades que o capacite para desempenhar suas funções de uma forma melhor, com mais autonomia e principalmente diferente, ao mesmo tempo que esperamos resultem do curso produtos concretos, prontos para serem disponibilizados para uso em sala de aula. Estes materiais serão editados preliminarmente na série "CECIMIG na sala de Aula".

O segundo princípio estabelece como entendemos o processo de criação do conhecimento científico. Para nós o conhecimento científico não resulta da aplicação de métodos ou da observação, mas começa com a identificação ou colocação de um problema por uma mente inquiridora. Assim se há método na ciência, com certeza ele não é único, enquanto que se a produção do conhecimento científico não pode prescindir de dados empíricos e do diálogo com o mundo material, o conhecimento científico não advém dos objetos, mas da nasce da interação sujeito-objeto pela ação de uma mente problematizadora, inquiridora. Apesar da generalidade deste enunciado ele é suficiente para coibir a adesão explícita ou implicitamente a propostas epistemológicas de natureza indutivista, ou empirista. Ele faz sentido na medida em que lidamos com professores de ciências, oriundos de graduação em Física, Matemática, Química e Ciências Biológicas. O enfoque epistemológico dominante na área de Biologia ainda é aquele tradicional, de natureza empirista, que reconhece a existência de um método científico, com etapas bem delimitadas. Tem sido comum também derivar desta crença a compreensão de que basta dominar o "método científico" que você compreenderá e conseguirá fazer ciência[28].

No terceiro princípio enunciamos nossa crença de que o conhecimento científico, enquanto construção humana, não dispensa considerações sobre o contexto sócio-histórico em que foi gerado ou é utilizado. Com isto queremos explicitar que o conhecimento científico é um conhecimento construído por indivíduos imersos em sociedades, com uma rede intrincada de relações e por isto mesmo é um conhecimento sujeito a influências. O conhecimento científico é por natureza transitório e sujeito a certas regras de evolução e transformação.

A seguir estabelecemos nossa visão do processo educativo na sala de aula: para que o aluno tenha possibilidade de se apropriar do conhecimento científico é necessário considerar as relações sócio-afetivas que se estabelecem em sala de aula. A sala de aula é um ambiente social, permeado de relações de diversas natureza. As relações afetivas entre professor e aluno, entre os próprios alunos e entre o aluno e o tema desempenham papel fundamental na sala de aula. Isto também acontece com os vínculos sociais e as relações de poder que se estabelecem em sala de aula. O professor precisa se dar conta da existência destas relações,

pois são elas que determinam o desencadear do processo educativo, e desenvolver estratégias adequadas para lidar com estas relações.

O quinto princípio é a expressão do desejo de quase todos nós que lecionamos: o ensino de ciências deve ser interessante, motivador e instigante. Um ensino de ciências interessante e motivador é condição indispensável para obter o engajamento ativo dos estudantes no processo de aprendizagem. Mas desejamos mais, desejamos um ensino que desperte nos estudantes aquela "chama", aquela inquietação irresistível que os faz perseguir no limite de sua capacidade a solução de uma questão, de um problema, o desvendar de um mistério. Um ensino de ciências instigante favorece o desenvolvimento de mentes inquiridoras.

A seguir enunciamos que o ensino de ciências deve levar em conta o conhecimento prévio dos alunos. E são estes conhecimentos que ele possui, um conjunto complexo com sua teia de relações ainda mais complexa, que ele utiliza para interpretar sua interação com o mundo e construir novos conceitos e relações. Como isto declaramos nossa incompatibilidade com o modelo de transmissão de conhecimento que domina a pedagogia tradicional e estabelecemos uma condição necessária para que o estudante tenha possibilidade de se apropriar do conhecimento científico.

Por último afirmamos que a aprendizagem de novos conhecimentos é favorecida pela abordagem contextualizada dos temas, respeitando-se a diversidade de contextos para o professor e o aluno. Este enunciado é um reconhecimento que sempre aprendemos em contextos e circunstâncias específicas e de que, em maior ou menor extensão, transferimos conhecimentos e habilidades adquiridas para novos contextos e circunstâncias. Por outro lado estamos admitindo que a aprendizagem é facilitada se os tópicos estudados estiverem relacionados com a vida dos estudantes, ainda que a contextualização por si só não garanta a efetividade do processo educativo para todos os alunos. Na última parte explicitamos que os contextos significativos para alunos e professores são distintos e isto deve ser levado em conta no processo de desenvolvimento dos materiais.

Os princípios enunciados são gerais e por isto mesmo compatíveis com uma diversidade de posturas epistemológicas, teorias de aprendizagem e teorias educacionais. Eles são uma solução de compromisso e, grosso modo, refletem nossas crenças e valores.

## VI - Características das Unidades de Ensino Autônomas

A partir dos princípios gerais, enunciados acima, derivamos um conjunto de características desejáveis dos materiais que pretendemos produzir. Elas e os princípios gerais servem como critérios para a tomada de decisão no processo de desenvolvimento de materiais. A primeira

destas características estabelece que os materiais devem conter um manual destinado ao professor, que permita diversos níveis de leitura e assimilação e o modelo de suporte lição à lição deve ser favorecido. Desejamos materiais que promovam o desenvolvimento profissional dos professores, mas sabemos que diferentes professores possuem experiências, conhecimentos e habilidades distintas entre si. O material deve ser flexível para que os professores possam interagir com ele de forma agradável e amigável e assim apreciá-lo. Por exemplo, professores muito experientes e com boa formação podem se contentar apenas com a leitura da descrição geral da unidade; dos quadros de distribuição dos subtemas por aulas e de folhas de atividades e se sentirem seguros para tomar uma decisão sobre quais dos materiais que compõem a unidade são adequados para seus alunos, em cada contexto escolar em que opera. Já professores com pouca experiência ou com domínio difuso do conteúdo ou de alguma estratégia de ensino precisam de um suporte maior, que desça a detalhes tais como: os pontos relevantes do subtema, as atividades mais adequadas para realizar em sala, os materiais que precisarão providenciar para a aula, como organizar os alunos, quanto tempo gastar com cada atividade, etc.

A segunda característica desejável é que os materiais devem referir-se à produção do conhecimento científico apenas através de casos particulares, evitando-se generalizações ou afirmativas gerais e vagas. É comum encontrarmos nos livros didáticos referências vagas a cientistas genéricos ("os cientistas descobriram") e livros que se propõem a discutir o "método científico" no abstrato. Acreditamos que tais posturas perpassam uma idéia equivocada da ciência e sua natureza. Referir-se a um cientista específico ou examinar como ele realizou seu trabalho contribui para que os estudantes construam uma imagem mais autêntica da ciência, caracterizando-a como construção humana.

Freqüentemente os professores de ciências lidam com temas socialmente controversos, tais como, origem da vida, origem do universo, drogas, aids, etnia, educação ambiental, conservação da energia, energia nuclear, etc. Todos estes são temas que envolvem valores ou crenças e quando debatidos freqüentemente envolvem emocionalmente os estudantes e professores. Na terceira característica desejável estabelecemos que ao lidar com temas socialmente controversos, que envolvam juízos de valor ou crenças, os materiais devem refletir o respeito por todas as crenças e valores, principalmente dos alunos e seus familiares. Numa sociedade que pretendemos democrática esta é a única atitude possível.

A quarta característica desejável dos materiais refere-se à sua forma objetiva: os materiais devem apresentar os temas de forma atraente, tanto na redação quanto na disposição gráfica. Materiais com

estas características são agradáveis de serem lidos e contribuem para o engajamento do estudantes. Por outro lado a ausência dessas características pode dificultar a leitura. Há livros de ciência como, por exemplo, o de Marques e Porto[29] que talvez na tentativa de criar mais dinamismo gráfico, interrompem o fluxo do texto com quadros independentes ou de curiosidades, que comprometem seriamente a leitura e compreensão do tópico. Outros livros usam ilustrações inadequadas, ou mal posicionadas em relação ao texto<sup>63</sup>. Estes defeitos degradam a qualidade do material e podem até fazer com que o estudante desenvolva uma atitude de repúdio ao texto.

Sabemos que cada estudante possui uma experiência de aprendizagem única, distinta daquelas de seus colegas, bem como uma personalidade própria, gostos e valores próprios, formas preferidas de aprender. Também sabemos que as diferentes estratégias de ensino e as diferentes formas de aprender não funcionam igualmente bem para todos os indivíduos. É exatamente por isto e, visando possibilitar a todos os estudantes se apropriarem dos conhecimentos científicos, é que estabelecemos como quinta característica desejável a de que os materiais devem fazer uso de uma ampla gama de recursos didáticos e atividades para alunos. A última parte remete ao papel relevante desempenhado pela interação do estudante com o seu ambiente material, social e cultural na construção do conhecimento.

Pretendemos desenvolver materiais para serem utilizados num contexto escolar, do qual fazem parte os processos de avaliação. Mas a questão da avaliação escolar da aprendizagem é controversa entre os pesquisadores e, em geral, tratada de forma displicente ou rotineira pelos professores na sala de aula. É comum ver-se cursos fortemente baseados em atividades de grupo, que avaliam os alunos por sua performance em atividades individuais, ou cursos com ênfase em atividades práticas, que fazem avaliação de lápis e papel apenas. A sexta característica desejável dos materiais é que as propostas de avaliação escolar da aprendizagem sejam coerentes e decorrentes dos recursos didáticos utilizados e atividades desenvolvidas.

A sétima característica estabelece que os materiais destinados ao professor devem abordar o tema nos contextos do programa oficial de Ciências, do currículo, dos métodos de ensiná-lo, da sua produção ou desenvolvimento histórico, das teorias científicas e das aplicações tecnológicas. Por sua vez os materiais do aluno devem ser apresentados em um contexto significativo para eles: eles devem ter uma vivência pessoal, seja diretamente seja através da mídia. Nestas dois enunciados

---

<sup>63</sup> Para uma análise de livros didáticos de Ciências, veja-se o relatório da comissão designada pela FAE/MEC, em 1994[30].

apenas estabelecemos o que julgamos ser um contexto significativo para o professor (o seu contexto profissional) e para o aluno.

No conceito de "unidades de autônoma de ensino" estas características são colocadas como metas. Uma "unidade de ensino autônoma" trata de um único tema, e deve ser adequada para cobrir um número de aulas pequeno, no máximo um mês de curso. Contém guias para o professor e para o aluno, texto didático para o aluno, materiais e recursos alternativos, folhas de atividades e materiais para avaliação. O guia abre com um descrição geral, seguida do planejamento geral da unidade. Em seguida apresentam-se, aula por aula, um plano da aula e instruções detalhadas para o professor. O guia permite que os professores mais experientes tenham rapidamente uma visão do conjunto da unidade e realizem as adaptações que julgarem necessárias, mas ele também serve para facilitar o trabalho dos professores menos experientes. O guia para o estudante pretende dar uma visão de conjunto da unidade de ensino para o estudante permitindo-lhe tirar o melhor proveito dos recursos nela disponíveis. Já o texto didático básico funciona, para o estudante, como a referência do conteúdo da unidade de ensino. O conjunto de materiais e recursos alternativos: modelos, simulações, filmes, fitas de áudio, equipamentos para práticas, scripts para dramatizações, posters, etc, são os meios para que o professor possa implementar as estratégias de ensino que julgue mais adequadas para suas turmas. O conjunto de folhas de trabalho, voltadas para desenvolver as habilidades e explorar as estratégias de aprendizagem relevantes para a unidade, tornam a vida profissional do professor mais fácil e flexível. Por último, o conjunto de materiais de avaliação da aprendizagem pretende servir de modelo, para o professor, das formas de avaliação que são mais compatíveis com as estratégias adotadas na unidade, bem como sinaliza concretamente o nível de desenvolvimento pretendido e esperado dos estudantes. Uma destas unidades com seus componentes fixos e vários dos opcionais funciona bem como um modelo de material flexível. Este formato de unidade permite sua implementação prática segundo diversos enfoques: histórico, na linha Ciência-tecnologia-sociedade, numa visão construtivista mais explícita, etc.

## **VII - A Experiência de produção: questões de implementação**

Temos trabalhado com este modelo de desenvolvimento de materiais desde 1995. A experiência iniciou-se com a participação de 17 estudantes no segundo semestre de 1995, mas em 1996 reduziu-se a um conjunto de 12 estudantes. Do ponto de vista de formação a turma foi composta de estudantes graduados em Física, Engenharias Elétrica e de Alimentos, de Química, Matemática e Ciências Biológicas. A turma era constituída de 2/3 da turma de mulheres, mas a característica comum

dominante foi o tempo de profissão; a maioria da turma era de professores experimentados no ensino fundamental e médio. A fase de preparação e de projeto e desenvolvimento se superpuseram no tempo sendo que no início do trabalho a fase de preparação consumindo a quase totalidade da carga horária. No decorrer do semestre o tempo dedicado a esta fase foi gradativamente diminuindo na medida em que aumentava o tempo de aula dedicado à fase de projeto e desenvolvimento. Ao final do semestre todos os grupos haviam terminado uma versão preliminar para nosso exame.

Esta turma se nucleou em quatro grupos temáticos: um deles desenvolveu uma unidade voltada para o ensino de eletromagnetismo no ensino fundamental (8ª série) e outro desenvolveu uma unidade sobre energia, focalizando temas de Química, alimentação e Biologia (fotossíntese), integrados para idéia de fonte e origem da energia. Os outros dois grupos desenvolveram materiais ligados ao ensino de Biologia para alunos do ensino fundamental. Uma destas unidades trata da proposta de criação de pequenos animais e plantas em sala de aula, utilizando aquários e terrários, enquanto a outra desenvolveu uma unidade sobre animais, centrada na idéia de visita ao zoológico. Após a revisão que fizemos os grupos reelaboraram o material. A fase de testes não funcionou da forma planejada, tendo sido realizada de forma informal.

Estamos trabalhando com a segunda turma, que iniciou o trabalho em março passado. Ela é composta de 8 professores, sendo que 7 são mulheres. Um estudante possui formação em Física, uma em Matemática, e as demais em Ciências Biológicas. O curso não admitiu alunos para a modalidade Química em 1996. Do ponto de vista de experiência profissional a turma é composta de professores jovens, com pouca experiência de sala de aula. São, entretanto, muito dedicados e demonstram um enorme desejo de se desenvolverem profissionalmente. Esta turma apresentou um comportamento de grupo interessante: eles formaram grupos muito pequenos, de dois elementos e dois alunos optaram por trabalhar isoladamente. Quanto aos temas um dos alunos desenvolve uma unidade destinada ao ensino das teorias antigas sobre o universo, pretendendo partir dos caldeus e chegar a Newton, usando uma abordagem histórica e outra desenvolve sozinho uma unidade relacionada a AIDS. As demais unidades são uma sobre densidade, outra sobre higiene e cuidados com o corpo e uma última sobre hábitos alimentares.

Comparando o procedimento das duas turmas no desenvolvimento do material podemos afirmar que a turma de 1996 faz mais uso de consulta a bibliografia específica. Os trabalhos estão agora sob nossa análise. Ambas as turmas tiveram problemas com cronogramas, o que



pode ser entendido como resultado de sobrecarga de trabalho: além de serem professores em atividade, simultaneamente cursam ou cursaram outras disciplinas do Curso de Especialização em Ensino de Ciências.

### VIII - Algumas conclusões e alternativas futuras

O material produzido neste projeto, ainda que assemelhe-se do ponto de vista formal com os produzidos na universidade de York trazem características típicas brasileiras. Uma delas é a prevalência de temas de Ciências Biológicas, em contraposição à predominância de temas de Física e Química nos materiais do Grupo de Ensino de Ciências de York, que decorrem do fato de que ambos os currículos são desbalanceados.

Outra diferença entre a abordagem mineira e a de York diz respeito à forma de abordar o tema: nossos alunos consideram o material inglês superficial. Na verdade há uma diferença cultural entre a visão dominante entre nós e em York do que é desejável no ensino de ciências para alunos de 11 a 14 anos. Estas diferenças provavelmente decorrem, entre outros fatores, do fato de a universalização do ensino fundamental completo, até a oitava série, é historicamente recente em Minas Gerais e de que o debate sobre a função da escola, enquanto preparação para a vida e o exercício da cidadania apenas começa a passar da fase de discurso para tentativas de implementação. Tradicionalmente o ensino fundamental e médio funciona como preparação para a universidade, e à falta de programas oficiais e da explicitação de níveis de desenvolvimento desejável, é o vestibular que funciona como instrumento de balizamento para que os professores possam decidir o nível de profundidade que deverão adotar no ensino de ciências. A influência da universidade evidenciou-se de forma marcante numa discussão sobre o número excessivo de palavras de conteúdo técnico contidas em um trecho de determinado livro de ciências: uma das alunas argumentou que o aluno precisaria daquelas palavras ao cursar o ciclo básico da área biológica; segundo ela o estilo intrincado, com o uso excessivo de anáforas, elipses e catáforas é característico da área biológica e os professores da área instruem os alunos a adotarem esse estilo de escrita.

Ao longo deste trabalho tivemos oportunidade de observar que a forma de apresentar críticas e sugestões é delicada: os alunos são autores e desenvolvem um senso de "propriedade" sobre a obra. Normalmente aceitam sugestões e críticas apresentadas de forma tópica, razão pela qual o acompanhamento permanente do desenvolvimento dos trabalhos dos grupos pela equipe é importante; é na fase de projeto e desenvolvimento que podemos problematizar melhor as decisões adotadas quanto ao tema e seus desdobramentos, estratégias de ensino selecionadas, enfoque, extensão e profundidade. Quanto mais detalhado

estiver o projeto e desenvolvimento do material, mais específicas e localizadas devem ser as críticas e sugestões.

A questão do tempo também precisa ser bem administrada, não se perdendo a focalização no desenvolvimento de um produto. Apesar de trabalharmos com a fixação de metas intermediárias e respectivos prazos, os cronogramas precisam sempre sofrer ajustes. De qualquer forma esta estratégia que combina datas fatais e alguma flexibilidade tem funcionado de forma adequada.

É nossa avaliação, e dos alunos da turma de 1995, que o conceito funciona. Com base nessa avaliação estamos adaptando-o para o projeto de Educação a Distância[31] que o CECIMIG ora inicia, bem como sugerimos sua adoção como estratégia de criação de convergência de valores na reformulação do currículo do ensino médio que a SEE-MG está implementando agora.

## IX - Bibliografia

- 1 - DARBY, JONATHAN. *Multimedia: So much promise- so little progress.* in BEATTIE, K.; MCNAUGHT, C.; WILLS, S. (EDS). **Interactive Multimedia in University Education: Designing for Change in teaching and Learning.** Amsterdam: North-Holland, 1994, 313p.
- 2 - SEIDEL, CHRISTOPH. The European research & development programme DELTA in the Federal Republic of Germany. in BARTA, B.Z.; ECCLESTON, J.; HAMBUSCH, R. (eds.) **Computer Mediated Education of Information technology Professionals and Advanced End-Users.** Amsterdam: North Holland, 1993, 339p.
- 3 - SEIDEL, CHRISTOPH. The European research & development programme DELTA in the Federal Republic of Germany. in BARTA, B.Z.; ECCLESTON, J.; HAMBUSCH, R. (eds.) **Computer Mediated Education of Information technology Professionals and Advanced End-Users.** Amsterdam: North Holland, 1993, 339p.
- 4 - CROCK, M.; DEKKEERS, J.; CUSKELLY, E. The use of interactive multimedia in open and distance education: Emerging trends and developments. in BEATTIE, K.; MCNAUGHT, C.; WILLS, S. (EDS). **Interactive Multimedia in University Education: Designing for Change in teaching and Learning.** Amsterdam: North-Holland, 1994, 313p.
- 5 - LAZOMBY, J.; NICOLSON, P.E., WADDINGTON, D.J. Teaching and Learning the Salters' Way. *Journal of Chemistry Education*, v. 69, n. 11, pp. 899-902, 1992.

- 6 - HOLMAN, J. S., WADDINGTON, D.J. *Salters Advanced Chemistry on Course. Education in Chemistry*, sept., pp. 130- 132, 1994.
- 7 - CAMPBELL, B., LAZONBY, J., MILLAR, R., NICOLSON, P., RAMSDEN, J., WADDINGTON, D. *Science: The Salters' Approach. A case study of the process of large scale curriculum development. Science Education* (submitted on 28/09/93)
- 8 - GRUPO DE REELABORAÇÃO DO ENSINO DE FÍSICA. *Física 2*. São Paulo: Edusp, 1991.363p.
- 9 - FILOCRE, JOÃO; GOMES, ARTHUR E. Q.; BORGES, OTO N. *Modelos de capacitação de professores Implementados pelo CECIMIG/UFMG*. Apresentado no V EPEF.
- 10 - FILOCRE, JOÃO; BORGES, OTO N. *Introdução aos Circuitos Elétricos*. Belo Horizonte: Colégio Técnico - UFMG, 1986.(Xerografado)
- 11 - HAMBURGUER, ERNESTO; MOSCATTI, GIORGIO(COORDS.) **PROJETO BRASILEIRO DE FÍSICA**. (s.d.): MEC/FENAME/PREMEN,1974.
- 12 - BOLTON, WILLIAM. *Curso de Física*. Belo Horizonte: Colégio Técnico - UFMG. 1974. (mineografado)
- 13 - BOLTON, WILLIAM. *Patterns in Physics*. London: McGraw-Hill, 1974. 426p.
- 14 - JARDINE, JIM. *Physics Throught Applicatons*. Oxford: Oxford, 1989. 252p.
- 15 - DORLING, GEOFFREY. *Physics*. Essex: Longman, 1989.331 p.
- 16 - STAHL, GERRY; SUMNER, TAMARA; OWEN, ROBERT. *Share Globally, Adapt Locally: Software Assistance to Locate and Taylor Curriculum Posted to the Internet. Computers and Education*, n.3, v. 24, pp. 237-246, 1995.
- 17 - KEMPA, R.F.; AYOB, AMINAH. *Learning interactions in group work in science. International Journal of Science Education*, v. 13, n. 3, pp. 341-354, 1991.
- 18 - MCKIMLEY, ELIZABETH; WATTI, PAULINE M.; BELL, BERVERLEY *Language, culture and science education. International Journal of Science Education*, v. 14, n. 5, pp. 549-595, 1992.
- 19 - MCDERMOTT, L.C. Teacher education and the implementation of elementary science curricula. *American Journal of Physics*. v.44, n. 5, pp. 434-441, 1976.
- 20 - HELM, H. AND NOVAK, J.D. **Proceedings of the International Seminar on Misconceptions in Science and Mathematics**. Cornell University, Ithaca, NY.
- 21 - HABER-SCHAIM, U. *Physics Today*, n. 3, pp.26, 1967.
- 22 - GARRET, R.M. *Issues in science education: problem-solving, creativity and originality. Intenational Journal of Science Education*, v.,9, n. 2, pp. 125-137, 1987.

- 23 - DAVIES, NORMAN; HODGES, MERLE; MANANA, LAWRENCE; ZUNGU, SIFHO. *Science education Project: curriculum development Unit*. comunicação apresentada no Workshop Science education: providing a curriculum of quality, University of York, 19-31 de março de 1995.
- 24 - BORGES, OTO N. *O modelo de desenvolvimento de material didático adotado pelo Grupo de ensino de Ciências da Universidade de York*. Belo Horizonte: CECIMIG, 1995. (xerografado)
- 25 - FULGÊNCIO, LÚCIA; LIBERATO, YARA. *Como facilitar a leitura*. São Paulo; Contexto, 1992. 99p.
- 26 - MILLER, GEORGE A. *The magical number seven, plus or minus two: some limits on our capacity for processing information*. *The Psychological Review*, n. 2, v. 63, pp. 81-99, 1956.
- 27 - SMITH, FRANK. *Compreendendo a Leitura: Uma análise PsicoLinguística da Leitura e do Aprender a Ler*. Porto Alegre: Artes Médicas, 1989.
- 28 - BIOLOGICAL SCIENCE STUDY COMMITTEE. *Biologia*. (Traduzido e adaptado por Miriam Krasilchik.) São Paulo: Edart, 1994. (vol. 1 - ed. preliminar, 4ª reimpressão)
- 29 - PORTO, D. P.; MARQUES, J.L. *Ciências: ar, água e solo*. São Paulo: Scipione, (s.d.). 4ª ed.
- 30 - FRAGA, C. F. O.; DEUZOICOV NETO, D.; CASTILHO JR., HILÁRIO; MANCUSO, R.K. *CIÊNCIAS. IN MEC. FAE. Definição de Critérios para Avaliação de Livros Didáticos*. Brasília: FAE, 1994. 376 p.
- 31 - BORGES, OTO N.; FILOCRE, JOÃO; GOMES, ARTHUR E. Q. *Capacitação a distância de professores de ciências: interlocução mediada pela tecnologia*. Apresentado no V ENPEF.

## DIÁLOGO DE DOIS MUNDOS PESQUISA E PRÁTICA EM ENSINO DE FÍSICA

Arnaldo Vaz  
Faculdade de Educação - UNICAMP

À medida em que a pesquisa em ensino foi se estabelecendo, a distância entre docentes dos cursos de formação e os professores nas escolas foi crescendo. Cresceu a ponto de se caracterizar como uma diferença cultural. A melhoria dos cursos de formação depende, portanto, de se superar as dificuldades de comunicação respeitando a diversidade de habilidades, experiências e conhecimento envolvida. Esta conclusão é o resultado de (1) uma releitura filosófico-pedagógica que desenvolvi com base no trabalho de Paulo Freire. É também resultado de (2) uma análise histórica da pesquisa em ensino, além de (3) uma revisão de literatura sobre pensamento dos professores - iniciativas balizadas pelo trabalho de Habermas. Constatado, portanto, que (1) há um número reduzido de pesquisas sobre formação e desenvolvimento profissional de professores em nossa área; (2) cresce a preocupação com concepções dos professores entre pesquisadores em ensino; (3) as pesquisas sobre pensamento e prática dos professores têm mudado de abordagem, abandonando perspectivas positivistas. Há atualmente um grande debate sobre formação de professores, sobretudo no ocidente. Entre os pesquisadores envolvidos, a tendência é adotar metodologias baseadas na sua colaboração com os professores. As políticas oficiais, por outro lado, tendem a desvincular a formação de professores da pesquisa em ensino. Cabe aos primeiros propor outras alternativas. Minha proposta é um desenvolvimento profissional dialógico, como detalharei na exposição.

### Introdução

Em trabalho recente (Vaz, 1996), eu lido com várias questões. Elas se referem principalmente:

- ao desenvolvimento profissional docente;
- aos problemas para descobrir o saber profissional dos professores.

Neste artigo, vou discutir o primeiro ponto com o intuito de mostrar como este assunto complexo pode ser racionalizado. Para conseguir isto na tese, eu, primeiro, me limitei a discutir só alguns aspectos do assunto e, segundo, desenvolvi uma investigação empírica com base nos *insights* que a discussão me deu. Nesta investigação, a dificuldade de descobrir o saber profissional dos professores é contornada. Além desta investigação, eu proponho um programa de desenvolvimento para professores. O referencial filosófico, epistemológico e educacional deste meu trabalho é a obra de Paulo Freire.

No que se refere às condições de contorno, o estudo no bojo da tese se limita...

- ao ensino de ciências (tópicos da física);
- por professores que não sejam especialistas;
- enfocando o saber estratégico destes professores.

### O Saber dos Professores

Shulman (1986) considera necessário um referencial teórico que dê conta da complexidade da relação entre conteúdo e pedagogia. Na sua opinião, saber o conteúdo da matéria a ser ensinada por si só não garante o sucesso do professor. Por outro lado, saber pedagogia, ser didático também não é suficiente. Ele sente que, nas pesquisas sobre o saber dos professores, faltam questões sobre o *conteúdo* das aulas dadas, sobre as perguntas feitas e as explicações dadas. Sendo assim, Shulman sugere que, uma vez que tenha-se começado a sondar as complexidades do saber profissional dos professores e da transmissão de conhecimento de conteúdo, se investigue quais os domínios e categorias do conhecimento de conteúdo na mente dos professores. Que se investigue, por exemplo, como o conhecimento do conteúdo e o saber pedagógico geral são relacionados. E também, de que forma estes domínios e categorias do saber estão representadas na mente dos professores.

Portanto, ao invés de um referencial para descrever o saber dos professores, Shulman propõe dois referenciais independentes.

O primeiro é o referencial das categorias do saber dentro do domínio do *conhecimento do conteúdo no ensino*. Há três categorias dentro deste domínio:

- a. **CONHECIMENTO DA MATÉRIA [em profundidade]**
  - compreender as estruturas (substantiva e sintática) da disciplina (Schwab, 1964)
- b. **CONHECIMENTO DIDÁTICO DA MATÉRIA**
  - formas de representação mais úteis das idéias mais ensinadas;
  - as melhores analogias, ilustrações, exemplos, explicações e demonstrações ;
  - compreensão do que faz com que a aprendizagem de determinado tópico seja fácil ou difícil;
  - conhecimento das concepções e preconceitos que alunos de diferentes idades trazem consigo em relação aos tópicos mais ensinados;
  - estratégias provavelmente mais frutíferas para re-organizar a compreensão dos alunos e fazê-los entender que suas concepções prévias são concepções erradas.
- c. **CONHECIMENTO CURRICULAR DA MATÉRIA**
  - arsenal completo de programas desenvolvidos para o ensino de tópicos e matérias específicas, num determinado nível;
  - variedade de materiais instrucionais disponíveis em relação a estes programas;
  - o conjunto de características que servem tanto como indicação como contra-indicação para o uso de materiais curriculares ou programáticos em particular

em circunstâncias específicas de sensibilidade, segurança, custo, conveniência, conforto;

- familiaridade com materiais curriculares e programáticos de outras disciplinas que os alunos estejam usando simultaneamente (conhecimento curricular lateral);
- habilidade para relacionar o conteúdo de um curso ou aula, em particular, com tópicos ou assuntos que foram ou serão ensinados durante os anos anteriores e futuros.

O segundo (*framework*) é o referencial das formas de representação do saber dentro dos diversos domínios e categorias do saber profissional do professor. Shulman propõe três formas do saber do professor:

#### a. SABER PROPOSICIONAL

Há fundamentalmente três tipos de proposições. Estes tipos correspondem às três principais fontes de saber, no que concerne ao ensino. São estes os três tipos de proposições e as fontes que correspondem a cada tipo:

- princípios (investigações sistemáticas empíricas ou filosóficas);
- máximas (experiência prática);
- normas (reflexões morais ou éticas).

#### b. SABER EPISÓDICO

Shulman propõe três tipos de episódios, ou casos, fazendo portanto um paralelo com seu argumento com relação ao saber proposicional. Estes são os tipos de caso que ele propõe:

- protótipos (exemplificam princípios teóricos);
- precedentes (capturam e comunicam princípios práticos ou máximas);
- parábolas (carregam normas ou valores).

#### c. SABER ESTRATÉGICO

"O saber estratégico entra em ação quando o professor enfrenta situações ou problemas específicos, sejam teóricos, práticos ou morais, onde princípios se contrapõem e não há solução simples possível".

Este saber pode ser entendido como um processo de análise, de comparar e contrastar princípios, casos e suas implicações para a prática. Uma vez que este processamento estratégico foi empregado, os resultados podem ser armazenados em termos de uma nova proposição ou um novo caso, um novo episódio.

### O Saber dos Pesquisadores

Como já há quem estude o saber dos professores, é importante estudar também o saber destes pesquisadores. O saber dos que conduzem pesquisa sobre o pensamento dos professores pode ser classificado conforme o propósito e a natureza de seus estudos. Em outras palavras, há de haver um referencial que ajude a mapear as várias idéias sobre teoria, pesquisa e prática educacional. Desenvolver uma tal meta-teoria

sobre o saber formalizado dos cientistas sociais é a tarefa que Jürgen Habermas, filósofo contemporâneo da Escola de Frankfurt, tomou para si. O alto nível escolástico do trabalho de Habermas justificaria um estudo a parte. Ao invés de me dedicar a esta tarefa, eu lancei mão do trabalho que W.Carr e S.Kemmis (1986) desenvolveram com base na obra de Habermas. Este artifício se justifica, uma vez que estes autores também têm um compromisso com o desenvolvimento profissional de professores.

- As abordagens positivista, interpretativa e crítica (Figura 2).

## Diálogo de Dois Mundos

Por que diálogo? E, por que dois mundos? Pois a formação de professores, tanto inicial quanto continuada, é palco de uma série de tensões - tensões entre docentes (acadêmicos) e professores, entre proposições formalizadas e a "voz da experiência", ou entre teoria e prática. O diálogo entre as partes envolvidas pode evitar que tais tensões resultem na separação das mesmas partes. Como disse um educador britânico:

*Training and teaching have become two separate worlds. The ivory tower/chaik face, theory/practice rhetoric symbolises not merely an institutional gulf but a linguistic and intellectual one. Educationists agree on the need for dialogue, but dialogue presumes a common language of discourse. Dialogue also depends upon mutual acceptance of the need for self-critique. The character of the training process and of teaching must both be regarded as problematic (Alexander, 1984, p.4).*

As diferenças entre docentes e professores podem não ser da mesma ordem que as diferenças entre alfabetizadores e lavradores analfabetos. No entanto, as atitudes de uns para com os outros, tanto na formação continuada de professores quanto na alfabetização de adultos, têm suas semelhanças. Tomemos como exemplo o caso dos especialistas em ensino de ciências e dos professores primários. Neste caso é quase unânime a opinião dos professores de que estes especialistas lhes fazem propostas que, embora interessantes e importantes quando se pensa no futuro das crianças, envolvem o trabalho com idéias que, aos professores, parecem demasiado complexas ou remotas para os alunos da escola primária. Além disto - muitos professores primários certamente acrescentariam - estes são assuntos que só especialistas entendem e dão conta de explicar aos outros. Por outro lado, pode acontecer que os especialistas em ensino de ciências trabalhando em cursos de formação em serviço não se dêem conta da complexidade e demais características do conhecimento formalizado que gostariam de comunicar aos professores. Por exemplo, muitos argumentos que estes especialistas apresentam estão na forma de teorias, se articulando, portanto, em torno de conceitos. As pessoas de fora da academia, professores primários inclusive, nem sempre



racionam através de teorias e conceitos, preferindo o uso de analogias e de metáforas, por exemplo.

Esta análise, obviamente inspirada na que Freire faz da alfabetização de adultos, em primeiro lugar deixa claro que a perspectiva que vislumbro é a de práticas dialógicas de desenvolvimento profissional de professores. Em segundo lugar, esta análise deixa antever peculiaridades do trabalho preliminar que será necessário para que um tal programa de desenvolvimento se torne possível. Em terceiro lugar, esta análise insinua já uma relação entre a pedagogia crítica de Freire e a ciência social crítica de Habermas; relação que pretendo estabelecer de maneira mais sistemática em trabalhos futuros. Passarei agora a considerar cada uma destas três perspectivas do meu trabalho.

### Desenvolvimento Profissional Dialético do Professor

Há alguma controvérsia sobre a existência ou não de uma epistemologia freireana. Sou dos que argumentam que Freire oferece sim uma epistemologia. A epistemologia freireana, na minha opinião, é particularmente adequada para o trabalho com indivíduos adultos; independente do seu grau de instrução. Não vou aqui digressar a respeito, mas considero que Freire nos oferece uma correspondente, para o indivíduo adulto, à epistemologia socio-constructivista elaborada por Vygotsky para o processo de aquisição de conhecimento pelas crianças. São duas as evidências que me inspiram a estabelecer este paralelo. A primeira é a ênfase que ambos dão a problemas enfrentados pelo indivíduo nos processos, respectivamente, de conscientização e de aprendizagem. A segunda é o reconhecimento da função social da fala e a importância dada, não ao conteúdo desta fala, mas ao papel que este conteúdo desempenha na comunicação.

Restringindo-me à epistemologia freireana, creio que o princípio fundamental da mesma é o princípio de dialogicidade. A mim parece que o educador radicalmente democrático se pauta neste princípio que em essência é o que lhe permite encontrar o equilíbrio entre quatro tendências anti-democráticas que eu represento da seguinte forma:

- Representação Alegórica do Princípio de Dialogicidade (Figura 3)

### Um Referencial Freireano de Pesquisa

Num referencial freireano de pesquisa o objeto de estudo não é , nem o que os professores consideram possível ou desejável fazer em sala de aula, nem o que a pesquisa diz que seria ideal que se eles fizessem; o foco de interesse não é nem o espectro de suposições, crenças ou "teorias implícitas" dos professores, nem o que os professores de fato fazem em sala de aula. O foco de interesse, portanto, é o saber estratégico dos

professores, mais especificamente no que este se relaciona com o saber estratégico dos especialistas em ensino.

Para ter acesso ao conhecimento estratégico é importante ficar atento às emoções que os professores associam a eventos e episódios específicos de sua vida profissional, bem como a exemplos, parábolas e alegorias que eles escolhem para ilustrar seus argumentos. Na pesquisa que eu conduzi, escolhi trabalhar com professores vivendo uma mudança curricular e fazer uso do teste de repertório de George Kelly.

O foco de interesse da pesquisa é o saber estratégico dos professores, mais especificamente no que este se relaciona com o saber estratégico dos especialistas em ensino. Isto implica que, ao analisar o discurso dos professores, se faça uso de uma representação do saber formalizado destes especialistas. No Método Paulo Freire, a escolha das palavras geradoras dentro o universo vocabular dos alfabetizando é feita levando em conta princípios fonéticos, semânticos e pragmáticos. Nesta pesquisa, a escolha dos temas geradores dentro do saber estratégico dos professores é feita levando em conta um referencial semelhante a que eu dou o nome de Tetraedro dos Princípios.

- Tetraedro dos Princípios (Figura 6)

## Bibliografia

- ALEXANDER, R.J. (1984) *Primary Teaching*. London, Holt.
- BANNISTER, D.; FRANSELLA, F. (1971) *Inquiring Man: the psychology of personal constructs*. London, Croom Helm.
- CARR, W.; KEMMIS, S. (1986) *Becoming Critical: Educational Knowledge and Action Research*. London, Falmer Press.
- FRANSELLA, F.; BANNISTER, D. (1977) *A Manual for Repertory Grid Technique*. London, Academic Press.
- FRANSELLA, F.; THOMAS, L.F. (1988) *Experimenting with Personal Construct-Theory*. London, Rutledge & Kegan Paul.
- FREIRE, P. (1967) *Educação como Prática da Liberdade*. Rio de Janeiro, Paz e Terra.
- FREIRE, P. (1970) *Pedagogia do Oprimido*. Rio de Janeiro, Paz e Terra.
- FREIRE, P.; SHOR, I. (1987) *Medo e Ousadia. O cotidiano do professor*. Trad. Adriana Lopez. Rio de Janeiro, Paz e Terra, 2ª edição.
- GIROUX, H. (1988) *Teachers as Intellectuals: toward a critical pedagogy of learning*. New York, Bergin & Garvey.
- GUBA, E.G.; LINCOLN, Y.S. (1994) *Competing Paradigms in Qualitative Research*. In Denzin, N.; Lincoln, Y.S. *Handbook of Qualitative Research*. London, Sage, Chapter 6, pp. 105-17.

- HABERMAS, J. (1974) *Theory and Practice*. Trad. John Veiertel, London, Heinemann.
- KELLY, G.A. (1963) *A Theory of Personality: The Psychology of Personal Constructs*. New York, W.W.Norton.
- KINCHELOE, J.L. (1993) *Toward a Critical Politics of Teacher Thinking: Mapping the Postmodern*. Henry A.Giroux & Paulo Freire (Eds). Westport, USA, Bergin & Garvey.
- SCHWAB, J.J. (1964) *Structure of the Disciplines: Meanings and Significances*. In G.W.Ford; L.Pugno (Eds) *The Structure of Knowledge and the Curriculum*, Chicago, Rand McNally.
- SHULMAN, L.S. (1986) *Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching*. *Educational Researcher*, Vol. 15, 2, pp. 4-14.
- SHULMAN, L.S. (1987) *Knowledge and Teaching: Foundations of the New Reform*. *Harvard Educational Review*, Vol. 57, 1, pp. 1-22.
- VAZ, A.M. (1989) *Estrutura e Função do Laboratório*. Dissertação de Mestrado. Instituto de Física e Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo.
- VAZ, A.M. (1996) *Being Challenged - Reflections on the contribution of Paulo Freire's work to teacher education: the Thematic Investigation of primary teachers' thinking and practice with regard to the teaching of science*

## A TEORIA PIAGETIANA E OS MODELOS MENTAIS<sup>64</sup>

Sonia Krapas-Teixeira<sup>1</sup>, Glória Queiroz<sup>2</sup>, Creso Franco<sup>3</sup> e Dominique Colinvaux<sup>4</sup>  
1 - UFF, 2 - PUC-Rio / UFF, 3 - PUC-Rio, 4 - UFF

O termo "modelos mentais" tem sido utilizado de dois modos diferentes na pesquisa em ensino de ciências. Num primeiro sentido, a expressão vem da suposição epistemológica de que o conhecimento científico é um empreendimento representacional, envolvendo técnicas como analogias e metáforas por um lado e matematização por outro. A utilização de modelos tem também o objetivo de compreender as bases psicológicas dos processos representacionais. A investigação das capacidades modeladoras da mente pode se situar no campo da psicologia cognitiva - como por exemplo na perspectiva de Johnson-Laird (1983) - ou da psicologia do desenvolvimento - na linha piagetiana. Nesta última se enfatiza o papel da competência lógico-matemática como base para as capacidades modeladoras da mente. No campo da psicologia cognitiva argumenta-se que a representação ocorre por meio também de imagens e de análogos estruturais de situações reais ou idealizadas ("modelos mentais"). Durante os anos 90 mais atenção tem sido dada às limitações teóricas do movimento das "concepções alternativas". As dificuldades encontradas estão relacionadas à falta de uma abordagem teórica capaz de estabelecer conexões entre os muitos dados obtidos em diferentes contextos. Neste trabalho são enfatizadas as potencialidades da reconciliação do movimento das concepções alternativas com a teoria piagetiana, através da integração de diferentes abordagens. Mostra-se em que medida a teoria piagetiana é compatível com a abordagem dos modelos mentais e exploram-se as conseqüências das tensões entre as duas abordagens para a pesquisa em ensino de ciências.

### Introdução

Modelos aparecem na literatura psicológica e educacional sob duas formas distintas e complementares. Numa primeira acepção, a importância dos modelos é derivada do pressuposto epistemológico de que o conhecimento científico é um empreendimento representacional. Nessa perspectiva, o conhecimento é o resultado de uma atividade modeladora que envolve técnicas tais como analogias, metáforas e matematização. De acordo com esta perspectiva o ensino pode se beneficiar com o que conhecemos sobre o processo de conhecer. Assim, estudos de caso vindos da história da ciência podem ser usados em educação e estratégias convenientes para propósitos pedagógicos podem fazer uso de analogias e

---

<sup>64</sup> Este trabalho é um resumo a partir de Franco et al (no prelo).

metáforas. Desse modo o papel dos modelos em educação é fortalecido (Gilbert 1993).

Um segundo modo pelo qual o tema dos modelos é importante na literatura está relacionado às tentativas de compreender as bases psicológicas dos processos representacionais. As tentativas de modelar as capacidades de modelagem da mente inscrevem-se no campo da psicologia cognitiva e da psicologia do desenvolvimento. Dentro desta última, a perspectiva piagetiana enfatiza o papel da competência lógico-matemática proposicional como base para as capacidades modeladoras da mente. Diferentemente, psicólogos cognitivistas enfatizam que a representação pode também ser obtida por imagens e por modelos mentais, definidos como análogos estruturais dinâmicos de situações reais ou idealizadas (Johnson-Laird 1983). Nesse artigo focalizaremos esta segunda abordagem de modelo.

Nosso objetivo é discutir até que ponto a teoria piagetiana é compatível com a perspectiva dos modelos mentais e explorar os elementos constituintes de um modelo que dê conta da dinâmica de construção dos modelos mentais. De início, resumiremos a posição piagetiana sobre o tema da representação e apresentaremos evidências que a problematizam. A seguir, focalizaremos a perspectiva dos modelos mentais de Johnson-Laird e argumentaremos que ela pode ser enriquecida por meio da abordagem genética que caracteriza a teoria de Piaget. A contribuição histórico-cognitiva de Nersessian (1992), fundamental para essa discussão, também é apresentada. As potencialidades e lacunas das três abordagens serão discutidas e a plausibilidade e a frutibilidade de articulação teórica que envolva a integração de teorias será considerada com vistas ao delineamento de um modelo para os modelos mentais.

## A Teoria Piagetiana

Piaget tratou das relações entre o aspecto lógico-matemático da inteligência e imagens em várias obras (Piaget 1945; Piaget e Inhelder 1963, 1966 e 1968). Para ele, uma explicação do desenvolvimento mental precisava considerar dois aspectos das funções cognitivas: o operativo (lógico-matemático) e o figurativo.

A principal conclusão de Piaget é que o aspecto figurativo do pensamento (imagens, imitação e percepção) está subordinado ao aspecto operativo (lógico-matemático) do pensamento. Um exemplo ilustrativo do modo como Piaget e Inhelder (1968) concebem esse problema é o experimento da melhora da memória. A inteligibilidade dos resultados, associada ao fato de que a melhora da memória com o passar do tempo não é esperada, deu os principais argumentos para Piaget defender a idéia de que o aspecto figurativo do pensamento está subordinado ao

aspecto operativo. Apesar de reconhecermos a elegância do experimento e a solidez do raciocínio de Piaget, devemos assinalar que o experimento não é informativo sobre o processo através do qual competências lógico-matemáticas são adquiridas. Baseados na literatura sobre seriação, incluindo situações apresentadas pelo próprio Piaget, argumentamos (Franco et al. no prelo) que imagens jogam um papel decisivo na construção de competências associadas à seriação.

Um outro aspecto da teoria piagetiana com o qual muitos autores têm mostrado insatisfação é sua ênfase no caráter geral, portanto independente de conteúdo e contexto, das competências do sujeito. No que concerne à tarefa de seriação, a estratégia de tomar todas as varetas ao mesmo tempo em uma mão é um bom exemplo de adequação à espécie de material envolvido - varetas de comprimentos diferentes. É fácil ver que esta estratégia seria impossível no caso da seriação de pesos. O fato de existirem estratégias dependentes do conteúdo específico da tarefa considerada, tal como a que acabamos de mencionar, não recebe de Piaget a atenção que, como veremos adiante, lhe será dada por Nersessian (1992) na sua abordagem histórico-cognitiva. Antes disso, será conveniente examinarmos a perspectiva de Johnson-Laird sobre modelos mentais.

### **Johnson-Laird e a abordagem dos Modelos Mentais**

Os estudos de Johnson-Laird (1980; 1983; 1990) são centrais para a abordagem dos modelos mentais e serão usados aqui para caracterizá-la. Johnson-Laird está preocupado com a elaboração de uma teoria do raciocínio humano e especialmente com a maneira como pessoas fazem inferências válidas. Em seu livro *Mental Models* (1983), ele argumenta que é possível fazer tais inferências sem recorrer a regras formais que são tradicionalmente vistas como baseadas no cálculo proposicional. Em outras palavras:

um sistema de inferência pode ter um desempenho inteiramente lógico embora não empregue regras de inferência, esquemas inferenciais, ou qualquer outra espécie de maquinaria correspondente a um cálculo lógico (op.cit. p.131)

Nesse sentido, ele se opõe explicitamente à perspectiva piagetiana de acordo com a qual "o raciocínio não é nada mais do que o próprio cálculo proposicional" (Inhelder e Piaget, 1955) e desenvolve o ponto de vista alternativo de que as inferências são baseadas em modelos mentais.

Para Johnson-Laird, a distinção entre modelos mentais e proposições - que é sustentada por uma variedade de resultados de pesquisa - aponta para uma questão que permanece ainda aberta, que é a da representação mental. Com a noção de modelos mentais, ele se propõe a entrar no debate sobre representação que, na sua forma original,

opunha proposicionalistas de um lado e "imagistas" do outro. Argumenta que há justificações teóricas e empíricas para suportar a distinção entre três formas principais de representação, a saber, proposições, imagens e modelos mentais. A representação proposicional consiste de cadeias de símbolos, isto é, enunciados formando uma linguagem, formal ou natural. Imagens são visões de mundo (worldviews) coerentes e integradas e como tal estão associadas a um ponto de vista particular e a um tempo particular. Portanto, a representação imagística é análoga à realidade havendo uma correspondência entre as relações tal como são representadas na imagem e as relações tal como elas são percebidas no mundo. Modelos mentais são análogos dinâmicos e estruturais do mundo, formados com base numa ou em ambas as formas de representação citadas acima, dependendo da espécie e características da informação a ser modelada.

A contribuição de Johnson-Laird reside no argumento de que o raciocínio envolve mais do que a lógica formal e neste ponto a abordagem dos modelos mentais se opõe diretamente à posição piagetiana, que subordina o aspecto figurativo do pensamento às estruturas lógico-matemáticas.

Entretanto, em nosso entender, há também algumas lacunas na abordagem dos modelos mentais desenvolvida por Johnson-Laird. Em particular, argumentaremos que ele não lida a contento com as questões de desenvolvimento, que podem ser entendidas de duas formas diferentes - embora relacionadas. De um lado, o desenvolvimento pode ser tomado no sentido de como pessoas adultas constróem seus modelos mentais. Tal como o próprio Johnson-Laird argumenta, esta questão é realmente relevante: uma teoria dos modelos mentais necessita examinar os "elementos e operações a partir dos quais os modelos mentais podem ser compostos" (1990, p.84), isto é, "o princípio do construtivismo" a partir dos quais eles são formados (1983, p.398). Resumindo, sua visão é de que a formação de modelos mentais pelos adultos inclui os processos de percepção e compreensão da linguagem. Além do mais, sua análise se baseia em procedimentos computacionais tais como os propostos no campo da ciência cognitiva. No entanto, na conclusão de seu estudo, Johnson-Laird afirma que estes "procedimentos são infáveis" (1983, p.446), confirmando então nossa insatisfação com sua visão relativa aos mecanismos de formação dos modelos mentais. A esse respeito, argumentaremos que interpretações mais detalhadas são encontradas em outros campos de estudo. Por exemplo, como será visto mais tarde, Nersessian (1992) sugere uma abordagem histórico-cognitiva do desenvolvimento de teorias científicas, na qual focaliza o papel de técnicas específicas de atividades modeladoras para a construção do conhecimento científico.

Por outro lado, o desenvolvimento pode ser tomado no sentido de como as crianças desenvolvem suas capacidades modeladoras, isto é, no sentido psicogenético. Nossa visão é que apesar da questão do desenvolvimento do raciocínio dedutivo ser mencionada e resultados de pesquisas sobre a aquisição de competências inferenciais de crianças serem oferecidos (Johnson-Laird, 1983, pps121, 126-128, 142-144), é necessário ainda resolver a questão psicogenética. Com efeito, a principal afirmação de Johnson-Laird é que a competência inferencial é, na verdade, uma aquisição. Entretanto, se para ele essa visão exclui uma interpretação inatista estrita, isso não significa que as crianças aprenderiam regras de inferência, no sentido de uma lógica mental, como sugerem os estudos piagetianos. De acordo com a perspectiva dos modelos mentais, o desenvolvimento psicogenético está relacionado ao aprendizado do significado de palavras e sentenças que suportam a construção de modelos mentais (como é também o caso com adultos, conforme previamente visto). A esse respeito, resultados de pesquisa mostram que os procedimentos para entender o significado das palavras - e a fortiori para construir modelos mentais - também parece variar com a idade. Portanto, para Johnson-Laird uma explicação psicogenética deveria ser uma exigência explícita numa teoria de modelos mentais (1980, p.79 e 1983, p.66). No entanto, essa exigência não significa que Johnson-Laird faça uso de uma perspectiva genética.

### **Análise Histórico-cognitiva**

No estudo de Nersessian sobre a dinâmica da mudança conceitual em ciência (1992), há referências à abordagem dos modelos mentais. Nosso objetivo aqui é resumir suas idéias a fim de mostrar como o seu conceito de modelagem pode contribuir para a compreensão da dinâmica de construção de modelos mentais.

Nersessian (1992) está interessada na questão da mudança conceitual em ciência. Está convencida de que os processos através dos quais os cientistas criam novidades não se resumem a algo misterioso, caso em que sua análise se revelaria um empreendimento impossível de ser levado a cabo. Para dar conta destes processos, propõe que o exame da estrutura fina das práticas teóricas e experimentais dos cientistas seja combinado com os resultados recentes de pesquisa acerca das competências e limitações cognitivas dos seres humanos. Trata-se da análise histórico-cognitiva.

O pressuposto subjacente [à análise histórico-cognitiva] é que as estratégias de resolução de problemas que os cientistas têm inventado e as práticas representacionais que eles têm desenvolvido no curso da história da ciência são procedimentos sofisticados e refinados a partir de raciocínios e processos representacionais ordinários.(op. cit., p.5)



Focalizar a dinâmica do fazer teórico exige então que a abordagem histórica seja articulada com uma análise psicológica dos processos cognitivos dos cientistas. Para explicitar suas concepções acerca do que é uma teoria, Nersessian escolhe a abordagem dos modelos mentais de Johnson-Laird porque oferece uma explicação inteligível do raciocínio e do entendimento humano e, em particular, porque sugere novas perspectivas para os problemas cruciais da representação. Com efeito, representação é uma característica definidora da ciência visto que "uma teoria científica é uma espécie de sistema representacional" (op.cit., p.9) e, como Nersessian argumentará no contexto de sua análise sobre mudança conceitual, "uma forma diferente de representação é necessária para acomodar os dados da mudança" (op. cit., p.11).

Na perspectiva histórico-cognitiva, desenvolver teorias científicas é um processo de resolução de problemas que consiste de atividades de modelagem as quais envolvem geração de novas representações conceituais a partir das existentes (op. cit. p.12). As capacidades modeladoras da mente são exercitadas através de uma série de técnicas de abstração, que incluem os raciocínios imagístico e analógico, os experimentos de pensamento e as análises de caso limite. Em seu estudo de 1992 Nersessian analisa, a partir da perspectiva histórico-cognitiva, os mecanismos específicos através dos quais os modelos científicos são desenvolvidos. Seu esmerado exame dos estudos de Maxwell sobre campo eletromagnético, baseado nas idéias de Faraday, indica como o uso articulado de duas técnicas de abstração - raciocínio analógico e imagístico - sustenta o desenvolvimento de um novo modelo teórico para o eletromagnetismo. Um esboço de análise dos estudos de Galileu e Einstein focaliza o experimento de pensamento e a análise de caso limite.

É interessante notar que, embora Nersessian se refira à abordagem dos modelos mentais para dar conta da característica modeladora da teorização científica, ao propor o construto teórico "técnicas de abstração" e especialmente quando investiga o uso de tais técnicas nos procedimentos dos cientistas, sua análise proporciona um desenvolvimento adicional aos estudos de Johnson-Laird e oferece algum entendimento sobre o modo específico através do qual modelos mentais são formados. Ao mesmo tempo, Nersessian responde à nossa demanda em relação à teoria piagetiana sobre o caráter geral e a independência do conteúdo dos mecanismos que explicam o desenvolvimento das teorias científicas.

Muito embora Nersessian (1992) faça referência aos estudos de Johnson-Laird sobre os modelos mentais, a operacionalização de sua análise histórico-cognitiva enfatiza o modo específico pelo qual cientistas fazem uso de abstrações em contextos específicos durante suas atividades criativas. Deste modo, Nersessian capta em diferentes tipos de técnicas

de abstração tanto as competências de domínio geral quanto aquelas dependentes do conteúdo específico da situação.

## **Discussão e Conclusões**

Há algumas questões comuns às três perspectivas analisadas até aqui. As propostas de Piaget e Johnson-Laird explicam os processos cognitivos através dos quais pessoas entendem o mundo, com base na metáfora da mente como um processador geral, que por sua vez sugere que a mente opera através de mecanismos gerais. Nersessian, através da sua análise histórico-cognitiva, oferece um novo construto - técnicas de abstração - que proporciona um avanço na direção do objetivo de integrar a capacidade de modelagem geral da mente com a necessidade de se levar em conta o modo específico pelo qual esta capacidade de modelagem interage com o objeto de conhecimento.

Outra questão, relacionada com a anterior, se refere à posição piagetiana de subordinação do aspecto figurativo ao aspecto operativo do pensamento. Johnson-Laird e Nersessian, ao enfatizarem o papel das imagens nas representações, sustentam uma posição que se opõe a esta subordinação e oferece, assim, novas perspectivas para uma visão mais completa e integrada dos processos de construção do conhecimento.

Uma terceira questão enfocada neste artigo refere-se ao princípio genético. Como já vimos, Johnson-Laird menciona a importância do "princípio do construtivismo" e do aspecto genético para uma teoria dos modelos mentais. No entanto, sua adesão aos pressupostos não genéticos da psicologia cognitiva não o levam a entender que a competência cognitiva dos sujeitos é melhor compreendida em função do processo de desenvolvimento. A análise histórico-cognitiva de Nersessian privilegia o princípio genético, no que se refere ao desenvolvimento histórico, isto é, o processo pelo qual cientistas constroem suas teorias. Tal perspectiva deve ser complementada pela suposição psicogenética de Piaget, que explica o processo pelo qual as crianças desenvolvem suas competências cognitivas.

Temos mostrado que cada uma das três perspectivas teóricas revisadas apresentam lacunas de uma maneira ou de outra. Enquanto o modelo piagetiano enfatiza os mecanismos gerais isomórficos ao cálculo proposicional, determinando por isso um papel subordinado para os processos figurativos, a abordagem de Johnson-Laird não garante uma consideração convincente dos aspectos psicogenéticos. A análise histórico-cognitiva de Nersessian deixa de lado a questão das características individuais - e especialmente modificações psicogenéticas - quando cla

discute resultados educacionais: dessa forma, ela simplesmente estende resultados históricos ao campo de desenvolvimento individual<sup>65</sup>.

Faça a este quadro complexo de limitações parciais e contribuições igualmente parciais, argumentamos que não seria interessante eliminar nenhuma das perspectivas teóricas revisadas aqui. Sugerimos que, para lidar com este quadro, é necessário procurar vias teóricas que possam oferecer caminhos para superar as limitações acima mencionadas. Seguimos o ponto de vista de Laudan (1977) para quem a atividade de resolução de problema envolvida no progresso científico pode exigir a articulação de diferentes tradições de pesquisa. Entretanto, a questão que surge é a de saber se de fato é legítimo tentar articular essas abordagens e como isso pode ser feito.

Para sumariar nosso argumento, concluiremos (junto com Johnson-Laird e em concordância com uma quantidade substancial de resultados de pesquisa em ensino de ciências) que, opondo-se à interpretação piagetiana, as capacidades representacionais da mente não podem ser subordinadas ao cálculo proposicional. A esse respeito, os estudos de Johnson-Laird e de Nersessian oferecem contribuições significativas. Primeiramente, a abordagem de Johnson-Laird parece dar uma interessante solução uma vez que esta perspectiva inclui e enfatiza a forma imagística de representação. Em segundo lugar, na análise histórico-cognitiva de Nersessian, descobrimos indicações de como alguns processos cognitivos se realizam em domínios específicos do conhecimento. A esse respeito, é particularmente sugestivo que a autora tenha focalizado algumas das técnicas de abstração que são usadas na construção de teorias científicas, porque sua análise pode contribuir para a revisão do conceito piagetiano de abstração como um mecanismo geral<sup>66</sup>. É importante enfatizar que essa espécie de revisão não significa rejeitar a perspectiva piagetiana como um todo na medida que ela claramente contribui com a abordagem genética, da qual não podemos abrir mão.

Finalmente, enfatizamos os elementos que, a nosso ver, jogam papel ativo na compreensão da dinâmica da atividade de modelagem e que, por isso, devem ser encarados como potenciais constituintes de um modelo para os modelos mentais. Com base na discussão apresentada até aqui, podemos concluir que um tal tipo de modelo deve ser elaborado segundo três dimensões: a) a integração das competências de domínio

---

<sup>65</sup> É relevante enfatizar que, em seu artigo de 1995, Nersessian reconhece a necessidade de discutir dois pontos: as diferenças entre *experts* e *novatos* e "os caminhos específicos para traduzir os insights apresentados aqui sobre os modos de pensamento dos *experts* em física em estratégias pedagógicas para desenvolver competências nos estudantes" (p.205).

<sup>66</sup> Exploramos esses resultados em um artigo anterior (Colinvaux-de-Dominguez, Franco, Krapas-Teixeira e Queiroz 1996).

geral da mente com aquelas que são de domínio específico, visto que as evidências disponíveis sublinham as limitações tanto das abordagens baseadas exclusivamente em categorias gerais quanto das abordagens que concebem a construção/aquisição do conhecimento a partir de competências de domínio específico; b) a consideração do papel das proposições e das imagens nos processos de construção do conhecimento; c) a identificação do papel dos processamentos serial e paralelo de informação na cognição. Os construtos técnicas de abstração, formas de representação e formas de processamento da informação podem servir como pontos de partida para a apreciação das três dimensões acima referidas.

Já mencionamos que as quatro técnicas de abstração propostas por Nersessian (1992) têm o mérito de integrar características de domínio geral e de domínio específico. No contexto de construção de um modelo para modelos mentais, vislumbramos um conjunto aberto - isto é, de tamanho não definido - de técnicas de abstração que possuem as características centrais daquelas técnicas propostas por Nersessian. Em trabalho prévio (Colinvaux-de-Dominguez et al. 1996) discutimos como Piaget construiu seu conceito de abstração por um processo de depuração das características específicas presentes nas abstrações efetuadas por sujeitos em situações específicas. Podemos então concluir que um passo importante no sentido da ampliação do conjunto de técnicas de abstração é o retorno aos estudos psicogenéticos de Piaget com o objetivo de investigar como abstrações aparecem em contextos específicos. Por esta via, pretendemos em futuro próximo ampliar o conjunto de técnicas de abstração de Nersessian com a inclusão de diversas outras técnicas de abstração, tais como a diferenciação (como a estudada no caso da diferenciação de peso e densidade) e multiplicação de relações (que aparece, por exemplo, numa das etapas do processo de construção da conservação da massa).

O papel das diferentes formas de representação (imagísticas e proposicionais) na formação de modelos mentais já foram revistas no presente artigo, com ênfase para a necessidade de não subordinação das diferentes formas de representação ao cálculo proposicional. Muito embora este tema esteja bem resolvido na literatura (Johnson-Laird 1983), parece-nos ainda pouco clara a relação entre formas de representação e as diferentes formas de processamento da informação (serial e paralelo). Após um período promissor de pesquisas sobre processamento paralelo a partir de simulações computacionais, pesquisadores têm registrado os limites da estratégia de pesquisa baseada em simulações e enfatizado a importância de abordagens baseadas em situações de cognição humana (Tweney 1992). Nosso ponto de vista, que - reconhecemos - ainda necessita ser aprofundado, aponta

para a importância das diferentes formas de representação, em particular imagens, como suporte para a efetivação de processamento paralelo da informação<sup>67</sup>.

Há uma razoável distância entre a identificação dos elementos constituintes de qualquer modelo e a plena articulação deste modelo. Consequentemente, nossa afirmação de que a modelagem envolve a utilização de técnicas de abstração a partir de raciocínios imagísticos e/ou proposicionais que fazem uso de processamento paralelo e/ou serial de informação deve ser entendida como uma caracterização inicial e provisória da atividade de modelagem. O aprofundamento da referida caracterização e sua articulação como um modelo para os modelos mentais envolve estudos que não estão ainda disponíveis mas cujas características vale a pena apontar ao final do presente artigo. São elas: a construção de um conjunto amplo de técnicas de abstração, que pode ser obtido não só a partir do exame de literatura em Psicologia Genética e Psicologia Cognitiva mas também a partir da produção em História e Filosofia da Ciência; e o entendimento das relações entre técnicas de abstração, formas de representação e formas de processamento da informação, em particular o modo como as diferentes técnicas de abstração e formas de representação podem engendrar processamentos paralelos em situações de cognição humana.

## Bibliografia

- Bryant, P. E. e Trabasso, T. (1971) *Transitive inferences and memory in young children*. *Nature*, 232, 456-458.
- Colinvaux-de-Dominguez, D.; Franco, C.; Krapas-Teixeira, S. e Queiroz, G. (1996) *Abstração: entre a lógica proposicional e os modelos mentais*. *Pro-Posições*, 7 (1).
- Franco, C.; Colinvaux, D.; Krapas-Teixeira, S. e Queiroz, G. (no ptelo). *A teoria piagetiana e os modelos mentais*. In L. Banks Leite (org.) *Percursos Piagetianos*. São Paulo: Cortez.
- Gilbert, J. (1993) (ed.) *Models and Modelling in Science Education*. Hatfield: Association for Science Education.
- Inhelder, B. e Piaget, J. (1955) *De la Logique de L'Enfant à la Logique de L'Adolescent*. Paris: Presses Universitaires de France.
- Johnson-Laird, P. N. (1980) *Mental models in cognitive science*. *Cognitive Science*, 4, 71-115.

---

<sup>67</sup> A esse respeito, é importante enfatizar que, no contexto do debate sobre o papel da transitividade na tarefa de seriação, concordamos com Bryant e Trabassos (1971) sobre o papel das imagens mentais na tarefa de seriação, mas não aceitamos seus pontos de vista sobre as imagens mentais serem formadas pelo processamento serial. Nossa sugestão é que tais imagens estão associadas ao processamento paralelo da informação e estamos planejando trabalho empírico nesta direção.

- Johnson-Laird, P. N. (1983) *Mental Models*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Johnson-Laird, P. N. (1990) *Mental Models*. In: Aitkenhead, A. M. e Slack J. M. (eds.). *Issues in Cognitive Modelling*. Hillsdale (New Jersey): Lawrence Erlbaum (1a. ed. 1985).
- Laudan, L. (1977) *Progress and its Problem: Towards a Theory of Scientific Growth*. Berkeley: University of California Press.
- Nersessian, N. (1992) How do scientists think? Capturing the dynamics of conceptual change in science. In Giere, R. (ed.). *Cognitive Models of Science (Minnesota Studies in the Philosophy of Science 15)*. Minneapolis: University of Minnesota Press, 3-44.
- Nersessian, N. (1995) Should physicists preach what they practice? Constructive modeling in doing and learning physics. *Science & Education*, 4, 203-228.
- Piaget, J. (1978) *La Formation du Symbole chez L'Enfant*. Paris: Delachaux et Niestlé (1a. ed. 1945).
- Piaget, J. e Inhelder, B. (1969) *As Imagens Mentais*. In: Fraisse, P. e Piaget, J. (eds.). *Tratado de Psicologia Experimental VII: A Inteligencia*. Rio de Janeiro/São Paulo: Forense (1a. ed. 1963).
- Piaget, J. e Inhelder, B. (1971) *Mental Imagery in the Child: A Study of the Development of Imaginal Representation*. London: Routledge & Kegan Paul (1a. ed. 1966).
- Piaget, J. e Inhelder, B. (1973) *Memory and Intelligence*. New York: Basic Books (1a. ed. 1968).
- Tweney, R. D. (1992). Serial and Parallelo processing in scientific discovery. In Giere, R. (ed.). *Cognitive Models of Science (Minnesota Studies in the Philosophy of Science 15)*. Minneapolis: University of Minnesota Press, 77-88.

## ESTRUTURA DA MECÂNICA: VISÃO DE MUNDO E DE EDUCAÇÃO

Rebeca Vilas Boas Cardoso de Oliveira<sup>1</sup> e Yassuko Hosoume<sup>2</sup>

1 - IFUSP/FEUSP - Bolsista CAPES

2 - Instituto de Física da Universidade de São Paulo

### 1 - Introdução

A Mecânica Clássica talvez seja a teoria da Física mais conhecida pelos professores de Física do 2º grau. Não pretendemos aqui entrar no mérito de quão profundo e/ou coerente é este seu conhecimento. O fato é que qualquer professor sente-se à vontade quando o assunto é cinemática, plano inclinado, força de atrito etc.

Surgem, então, algumas perguntas: será que o conteúdo de Mecânica proposto para o 2º grau é único? Será que o conteúdo de Mecânica não precisa ser repensado? Para que serve esta Mecânica que apresentamos hoje ao aluno? O que o aluno faz com esse conhecimento adquirido nas aulas de Física? Para responder à estas questões é necessário compreender de forma mais profunda o significado de uma teoria física, em particular, no nosso caso, a teoria da Mecânica Clássica.

Os livros sobre este assunto não apresentam grandes diferenças aparentemente, pois abordam sempre os mesmos conteúdos e, quase sempre, na mesma sequência. Qual a consequência de se alterar a sequência dos conteúdos? Será que isto influencia a visão que se tem sobre o assunto? Acreditamos que a teoria da Mecânica Clássica é mais que a soma dos tópicos abordados pelos livros, isto é, não se tem a teoria somando-se à cinemática conceitos de dinâmica, de energia, de trabalho etc.

Uma teoria física tem uma estrutura interna, ou seja, a teoria tem seus conceitos muito bem articulados entre si, tem coerência, tem objetividade. Entretanto a subjetividade coexiste com a objetividade na concepção/interpretação/leitura da teoria. A estrutura de uma teoria tem caráter global e também local porque a partir do momento em que os elementos são organizados, eles não só dão coerência ao todo como também ganham significado dentro deste: a estrutura é auto-contida. Assim, a lei da inércia completa a teoria da Mecânica Clássica e ao mesmo tempo só tem significado dentro dela. O todo engloba as partes, que são seus elementos e suas relações. Seus elementos correspondem aos seus princípios, conceitos e propriedades, enquanto suas relações são dadas pelo formalismo matemático.

Podemos representar a estrutura por um mapa conceitual. Este mapa de conhecimento é uma tentativa de "tocar" a estrutura, de "coisificá-la", torná-la um objeto; o mapa nos permite melhor manipular a teoria. Nele os elementos aparecem unidos por uma linha; são linhas lógicas, representando as relações matemáticas que existem entre as

partes da teoria; não possuem setas indicativas, e a ausência do sentido indica que o caminho a ser percorrido dentro da teoria também não é único, está sujeito ao conhecimento/visão que cada um tem do assunto. A leitura do mapa está ligada ao conhecimento que cada um tem para si sobre o assunto: você sabe (objetivamente) e também sente (subjetivamente); parafraseando M. R. Robilotta: "o verbo é bom para o lado sabe e não para o lado sente". Portanto, como se "caminha" pela teoria é muito subjetivo pois, como já dito, a teoria é mais que a soma de suas partes. Ao desenhar/percorrer o mapa é preciso uma aproximação-distanciada. A aproximação implica um conhecimento mais profundo, portanto local. À medida que se aprofunda o conhecimento, torna-se necessário um distanciamento da teoria, possibilitando a articulação das partes no todo, isto é, o conhecimento "se espacializa", torna-se mais global. Quando temos o conhecimento espacializado podemos mapear a teoria, ou seja, representar as suas partes (elementos) articulados no todo.

Podemos perceber a presença constante de um jogo dialético nesta concepção de uma teoria, como também na sua estrutura e no seu mapa. Objetividade-subjetividade, local-global, parte-todo, aproximação-distanciada coexistem: ora alguns aspectos são evidentes, ora outros são relevantes; mas um *nunca* exclui o outro.

Todo este questionamento nos leva a buscar uma forma de apropriação deste conhecimento, que neste trabalho será através da compreensão de uma estrutura conceitual para essa teoria. Partiremos da construção de um mapa conceitual da Mecânica, utilizando como referência o ensino do 3º grau. Com este mapa, tentaremos compreender a Mecânica tradicionalmente ensinada no 2º grau e a Mecânica proposta para o ensino secundário por um dos projetos atuais, identificando a sequência de desenvolvimento dos conteúdos/conceitos.

## II - Metodologia

### 1. A construção de um mapa conceitual da Mecânica

A construção de um mapa conceitual da Mecânica implica numa busca constante de elementos que ajudem a caracterizar da melhor maneira possível uma teoria. Também é importante a posição que cada elemento ocupa no mapa, ou seja, a maneira pela qual a parte se relaciona com o todo dando-lhe e ganhando coerência.

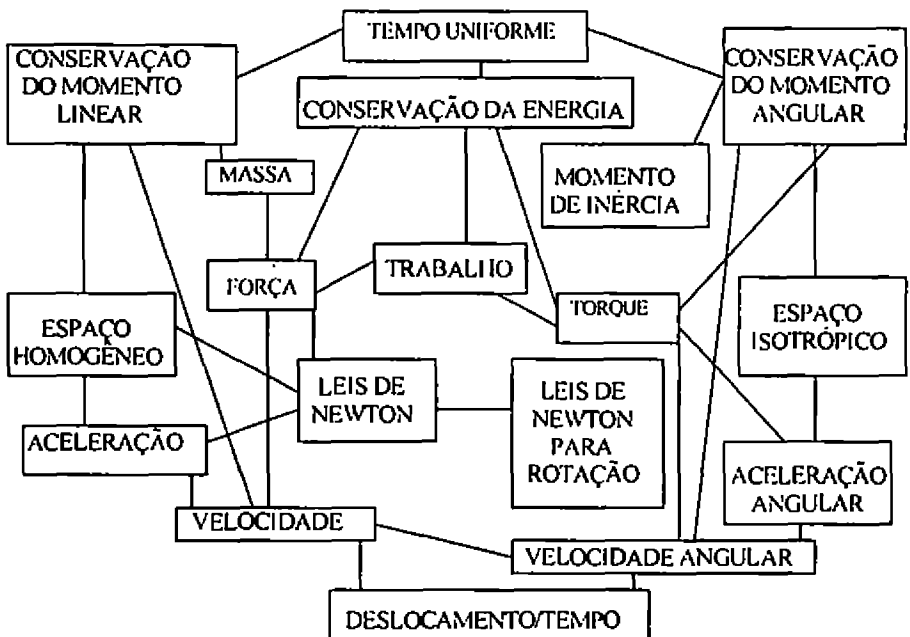
Para a confecção do mapa da Mecânica, utilizamos o conteúdo proposto pelo livro *Curso de Física Básica - 1 - Mecânica*, de H. M. Nussenzveig. Este livro foi escolhido por ser um dos livros indicados para alunos do 3º grau, inclusive àqueles que cursam Licenciatura em Física, portanto, futuros professores.

Neste livro a sequência dos conteúdos é a tradicionalmente conhecida: cinemática, dinâmica, energia. A parte de rotações, torque e



momento angular também é discutida. Elementos de simetria importantes, como a isotropia e a homogeneidade do espaço e a uniformidade do tempo, que caracterizam a Mecânica Clássica, são discutidos e articulados com as leis de conservação do momento linear e angular e com a conservação da energia. Além disto, o autor estabelece um caminho de ida e também de volta entre as leis de conservações e as leis de Newton. Feita a análise, apresentamos um possível mapa conceitual para a Mecânica no Mapa 1.

Neste mapa, buscamos uma simetria na representação dos conteúdos referentes à translação e à rotação. A cinemática está representada na parte mais baixa, e pode-se iniciar o percurso através do deslocamento/tempo. Os elementos que consideramos principais na teoria são espaço homogêneo (invariância nas translações), espaço isotrópico (invariância no giro), tempo uniforme (energia se conserva) e as três leis de conservação. Também colocamos um elemento com o nome de "Leis de Newton" para rotação. Este elemento não aparece apenas para garantir a simetria do mapa, mas também decorre da conservação do momento angular e da energia nas rotações. Além disso, sempre faz-se uma analogia entre a rotação e a translação.



Mapa 1

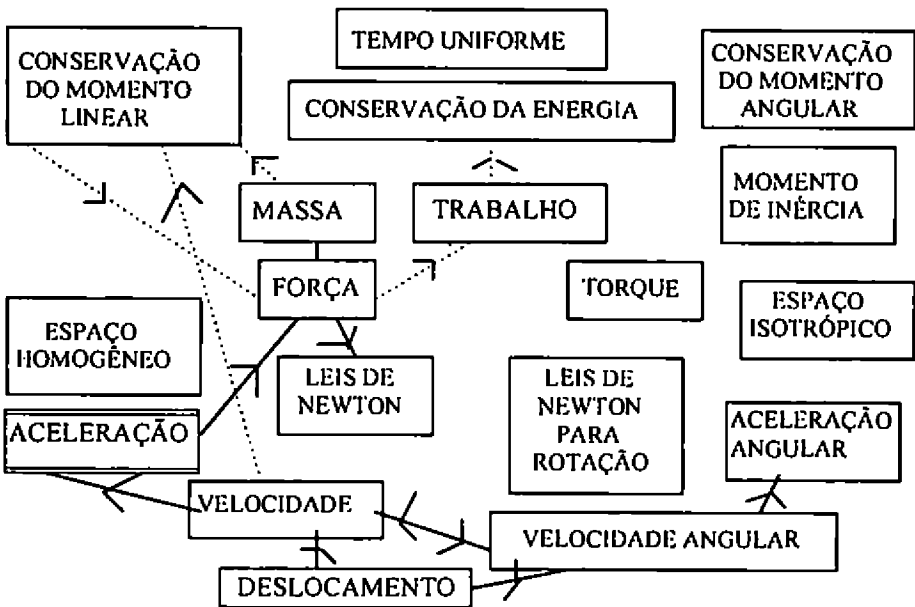
Este mapa não possui indicação da sequência de desenvolvimento, pois nós o tomamos como sendo um mapa para a teoria, cabendo, portanto, a cada um escolher o caminho a ser percorrido. Se estivéssemos

interessados em compreender o ensino proposto pelo autor, então existiria uma caminho traçado.

## 2. Mapa conceitual de duas propostas de Mecânica para o 2º grau

Com o mapa em mãos, passamos a analisar o livro *Os Fundamentos da Física 1*, de F. Ramalho Junior, N. G. Ferraro e P. A. T. Soares, mais conhecido como *Ramalho*, maneira pela qual nos referiremos a ele. Este livro foi escolhido porque é o mais vendido e utilizado pelos professores e alunos do 2º grau; ele também é um representante do currículo tradicional.

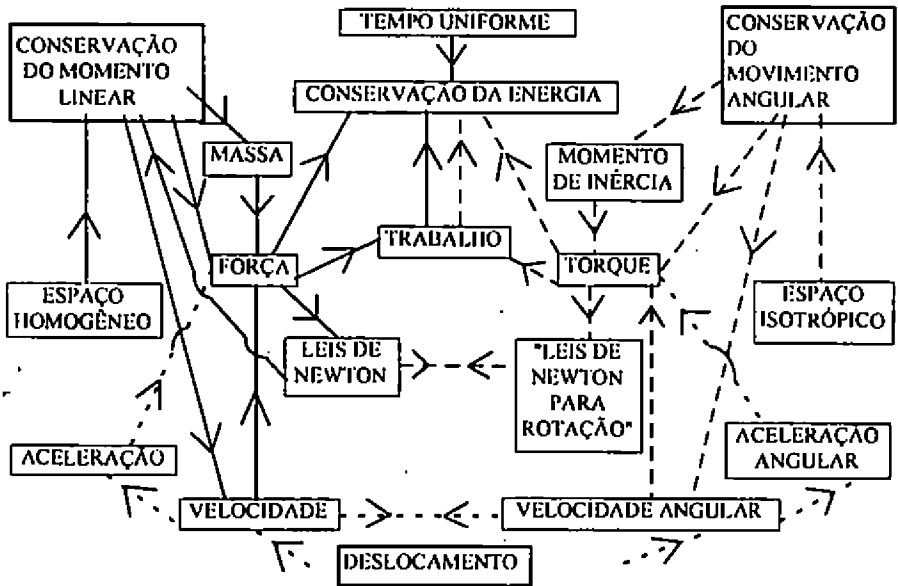
Este livro dedica dez capítulos à cinemática e outros dez capítulos ao restante do conteúdo. A dinâmica aparece com o conceito de força e com as leis de Newton. Em seguida, aparecem os conceitos de trabalho e energia. As leis de conservação da quantidade de movimento e de energia aparecem por último e não se articulam com as leis de Newton, apenas com o conceito de força. O mapa deste livro analisado é apresentado no Mapa 2.



Mapa 2

Agora, as linhas têm setas, indicando o caminho escolhido pelo autor. O autor apresenta três pontos de partida (elementos hachurados), sendo o primeiro o deslocamento/tempo, seguido por massa e aceleração e, por último, força. As linhas, que indicam o caminho a ser percorrido também estão diferenciadas: primeiro são contínuas, depois tracejadas e, por último, pontilhadas.

Escolhemos a proposta do GREF - Grupo de Reelaboração do Ensino de Física, que publicou o livro *Física 1 - Mecânica* em 1990. Escrito para o professor, sua proposta para o ensino da Mecânica parte do cotidiano: não ilustra exercícios com situações do dia-a-dia, mas coloca a Física no cotidiano. Propõe, inicialmente, que se faça um levantamento de "coisas" relacionadas com a palavra mecânica; estas "coisas" passam por um processo de classificação e são trabalhadas ao longo do curso. Não são diferentes apenas a sequência e a maneira de se tratar os conteúdos. O projeto apresenta uma leitura da Mecânica centrada nas leis de conservação, que por sua vez aparecem articuladas com as leis de Newton. Também apresenta um estudos sobre rotações. A cinemática aparece por último. Outro caráter desta proposta é a abordagem experimental que ela apresenta através de atividades. O mapa do GREF é apresentado no Mapa 3.



Mapa 3

Este mapa segue a mesma formatação do mapa 2; os pontos de partida (hachureados) são conservação do momento linear, conservação do momento angular e deslocamento/tempo. As linhas também estão diferenciadas nas três "partes". A transparência sobre o mapa indica a presença constante do cotidiano na sua proposta. A análise de alguns mapas da Mecânica confeccionados pelos proponentes do projeto, contribuiu para o mapa apresentado.

### III - Conclusão

A maneira pela qual cada autor "caminha" pela teoria é diferente, o que já era esperado pois a estrutura de conhecimento não é única, ao

### III - Conclusão

A maneira pela qual cada autor "caminha" pela teoria é diferente, o que já era esperado pois a estrutura de conhecimento não é única, ao contrário, carrega toda subjetividade do protagonista (autor e/ou professor). Ao escolher um caminho, definimos a posição de cada elemento no mapa, ou seja, a maneira pela qual ele se articula com o todo. Além do caminho escolhido, existem outras diferenças entre as duas visões analisadas.

Os conteúdos abordados também são diferentes. O ensino tradicional, mapa 2, possui poucos elementos da Física, isto é, poucos conceitos são abordados. A cinemática concentra algumas linhas, o que já esperávamos pois 50% do livro lhe é dedicado, o que implica em, ao menos, um semestre inteiro de trabalho com as equações horárias. A força parece fazer a articulação entre os elementos do mapa, pois várias linhas chegam e partem dela. A conservação do momento linear não estabelece uma relação direta com as leis de Newton, apenas com o conceito força. Não podemos dizer que a rotação faz parte dos conteúdos estudados pois fica restrita ao estudo da velocidade e da aceleração. A leitura do GREF, mapa 3, apresenta a maioria dos elementos da Física abordados por Nussenzveig. As linhas estão melhor distribuídas no mapa 3 e podemos perceber que as leis de conservação estão bem articuladas no mapa. Os elementos da rotação estão presentes e são abordados de maneira semelhante aos da translação.

O ensino tradicional enfoca apenas a dinâmica (de translação), e o faz de maneira fragmentada: o jogo dialético entre as partes e o todo parece não se estabelecer. No nosso ponto de vista, pois os três "pontos de partida" na parte de translação, estabelecem uma série de pré-requisitos para a aprendizagem: aprender deslocamento e intervalo de tempo para chegar ao conceito de velocidade e, posteriormente, ao de aceleração, e assim segue até ao final do curso. Parece que a cada assunto abordado tudo é novidade, isto é, não se estabelece uma relação direta entre os conceitos e, por isso, podemos dizer que é fragmentado: é uma proposta de ensino linear num só sentido, sem a volta que consideramos importante.

Na proposta do GREF a translação aparece bem menos fragmentada: apesar das linhas terem setas, os caminhos percorridos se fecham. Nessa concepção, o ensino não aparece de forma linear nem com pré-requisitos. O ensino proposto pelo GREF, estruturado no mapa, parece estabelecer o jogo entre as partes e o todo. O fato da proposta partir do cotidiano e retornar a ele indica uma visão mais global que local, portanto, menos fragmentada. Por partir do cotidiano, a proposta exige um reelaboração do conteúdo, pois como evitar a rotação da roda da bicicleta que também translada? O GREF faz uma opção pelo conteúdo a ser ensinado e que conteúdos privilegiar.

Esta pesquisa aponta na direção de que o conteúdo a ser ensinado é definido pela visão que se tem da teoria e também da educação. Estas visões se manifestam na maneira de encarar o conteúdo (o que ensinar), nos objetivos deste ensino (para que ensinar) e na sua forma (abordagem).

## APERFEIÇOAMENTO DE WWW-PAGES

Fernando A. Camelo da Silva<sup>68</sup> (*fcamelo@ncc.ufm.br*)

Maria Cristina Dal Pian Nobre<sup>69</sup> (*dalpian@ncc.ufm.br*)

Existe no mercado um conjunto de programas de computador para a realização de conferências eletrônicas, cujas características variam amplamente. A escolha do mais apropriado depende tanto da própria natureza do curso a que se destina, como das condições do hardware disponíveis de linhas de comunicação. Definir uma solução adequada à utilização de "Módulos Temáticos via Web" (MTW) é um problema de pesquisa relevante. Neste trabalho, apresentamos os resultados referentes ao estudo do Hypermail, um programa que converte os arquivos de mensagens eletrônicas em mensagens em formato HTML para ser possível o acesso a WWW browsers como o Netscape e o Mosaic. O Hypermail roda em Sistema Operacional UNIX, mas a sua eficiência para a finalidade do nosso trabalho precisa ser testada. Isto implica em definições sobre a configuração da máquina mais adequada e do tipo do sistema UNIX utilizado (SunOs 4.1.3, Solaris 2.3, Linux 1.2.8, etc). no que se refere à função do Hypermail como modalidade de conferência eletrônica, as mensagens recebidas via e-mail são organizadas pela data, assunto, autor, etc, através de adição de tópicos e interpretados como links para que possam ser utilizados por outros recursos que utilizem o WWW. Dentre as alternativas estudadas, o Hypermail foi escolhido devido ao fato de ser um sistema seguro ao contrário da Usenet, e também por ser distribuído gratuitamente através da Rede Internet. O estudo do Hypermail permitirá o aperfeiçoamento do módulo Temático "Sismicidade" através de debates, críticas e sugestões de professores situados em comunidades distantes e reorientando as mudanças necessárias do MTW.

### Introdução

Neste trabalho, apresentamos os resultados referentes ao estudo do Hypermail, um programa que converte os arquivos de mensagens eletrônicas em mensagens no formato HTML para ser possível o acesso a WWW browsers como o Netscape e o Mosaic, promovendo assim uma conferência eletrônica com o objetivo de aperfeiçoamento de Módulos Temáticos via Web (MTW) utilizados no auxílio do ensino de Ciências no primeiro grau menor.

---

<sup>68</sup>Graduando em Engenharia Elétrica - Bolsista de Iniciação Científica no Departamento de Educação.

<sup>69</sup>PhD em Educação de Ciências - Instituto de Educação de Londres - Coordenadora da unidade "Educação, Ciência e Tecnologia da UFRN.

## Desenvolvimento

A presente proposta tem origem nos trabalhos desenvolvidos nos últimos dois anos junto a Base de Pesquisa "Cultura Científica e Produção do Conhecimento nas Ciências", do Programa de Pós-Graduação em Educação na Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Esta base atua numa área interdisciplinar conhecida como "Educação, Ciência e Tecnologia" e realiza estudos que visam a produção e transformação de conhecimento nas Ciências em conhecimento pedagógico.

Um dos trabalhos desse grupo diz respeito a utilização de Módulos Temáticos de Ensino sugerido para as séries iniciais do 1º grau. Os módulos temáticos são conjuntos de materiais que visam auxiliar o professor em suas atividades com alunos, a partir de um determinado tema gerador. O tema guarda sempre uma relação com problemáticas geradas a partir da vida e das experiências das pessoas e é suficientemente amplo para permitir um leque de questões que gerem um programa de ensino, com conteúdos pertinentes às problemáticas.

Temas como "Seca e Água", "Agricultura", "Sismicidade" e "Habitação" vem sendo trabalhados, com o intuito de gerar conteúdos para serem utilizados em 3ª e 4ª séries do 1º grau nas aulas de Ciências (Dal Pian, 1990, 1993a, 1993b e 1994)

Os módulos foram disponibilizados na Internet através do WWW (*World Wide Web*) sendo utilizado o estudo do HTML (*Hipertext Markup Language*) para a elaboração das Home-Pages dos Módulos que agora se encontram acessíveis por professores situados em comunidades distantes.

A partir do momento em que outras comunidades estiverem realmente utilizando os módulos através da Internet, tem-se a necessidade de garantir um meio de comunicação entre educadores para poder assegurar a qualidade do processo de ensino-aprendizagem através de crítica, sugestões e debates.

Para a criação de uma conferência eletrônica, estudamos o Hypermail que é um software desenvolvido especialmente para esta função. A escolha do Hypermail como software de conferência eletrônica deve-se pelo fato de ele ser um programa seguro e seu programa fonte disponível gratuitamente (se a sua finalidade for para uso não comercial) na Rede Internet no endereço <http://www.cit.com/software/hypermail/hypermail.html>. O Hypermail foi desenvolvido em linguagem C para rodar em computadores com Sistema UNIX de porte elevado com plataformas SunOS 4.1.3, Solaris 2.3, IRIX 5.2, OSF/1 2.0, etc.

Para o estudo do Hypermail, tivemos que fazer algumas alterações em seu programa fonte para que o mesmo pudesse rodar nas máquinas que tínhamos disponíveis (PC-compatível com Sistema Operacional UNIX - Linux 1.2.8 ), máquinas essas de baixo custo e facilmente disponíveis de acordo com as tendências do mercado atual.

O Hypermail como programa, tem a função de capturar os arquivos de mensagens recebidas em formato de UNIX no diretório */var/spool/mail/* e formatá-los gerando uma série de documentos HTML (*Hyper Text Markup Language*) com referências cruzadas. Cada arquivo que é criado representa uma mensagem separada das outras existentes no arquivo de mensagens UNIX e contém um link para outros artigos, fazendo com que seja possível a navegação pelas mensagens através de várias formas, bastando para isso seguir os links desejados. Cada arquivo HTML gerado por uma mensagem contém:

- o título do artigo;
- o nome e endereço eletrônico de quem o enviou;
- a data no qual o artigo foi enviado;
- links para as próximas e anteriores mensagens;
- um link para possibilidade de reply a quem enviou e
- um link para a próxima mensagem em outra conferência criada.

Para complementar cada arquivo de mensagem HTML, quatro arquivos de index são criados para que se possa organizar em ordem alfabética ou ordem de chegada os assuntos referentes a data, conferência, título da mensagem ou autor. São eles:

- **date.html**: index dos arquivos em ordem pela data em que foram recebidos pelo sistema.
- **thread.html**: index alfabético da conferência.
- **subject.html**: index alfabético dos assuntos das mensagens.
- **author.html**: index alfabético dos primeiros nomes de cada autor das mensagens.

Os arquivos gerados no Hypermail são depositados no diretório especificado quando se executa a sua linha de comando e cada arquivo é numerado pela ordem em que ele chegam a caixa de mensagens. Os arquivos começam em zero e vão aumentando consecutivamente, ex.: *0000.html, 0001.html, 0002.html, etc.*

Os arquivos gerados no Hypermail podem ser sempre atualizados através da inclusão de parâmetros extras na sua linha de comando permitindo assim que seja possível manter sempre a conferência atualizada.

## Bibliografia

- DAL PIAN, M. C. (1990): *The Characterization of Communal Knowledge: Case Studies in Knowledge Relevant to Science and Schooling. PhD Thesis.* Institute of Education of London.
- DAL PIAN, M. C. (1993a): *Living With Seismicity. The Second International Conference on Planning and Disaster Management.* Lankaster, UK.
- DAL PIAN, M. C. *et al.* (1993b): *Sismicidade. Anais. X SNEF - Simpósio Nacional do Ensino de Física.* UFL. Londrina, Paraná.



**DAL PIAN, M. C. (1994): Representação e Aquisição de Conceitos: Implicações para o Ensino de Ciências. Projeto Integrado de Pesquisa - CNPq. UFRN. Natal/RN.**

## PRODUÇÃO DE VÍDEOS PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS NA FORMAÇÃO DE PROFESSORES: A EXPERIÊNCIA DO CECIMIG

Arjuna C. Panzera (*arjuna@coltec.ufmg.br*)

### Introdução

A década de 80 foi marcada, no campo audiovisual brasileiro pela introdução dos aparelhos de reprodução de fitas de videocassete e gravações de programas de TV, assim como das câmeras de vídeo tipo Camcorder (para amadores).

Atualmente, uma grande parte dos lares de classe média possui um aparelho de videocassete, haja vista a explosão de locadoras de fitas espalhadas pelas capitais e pelo interior do Brasil.

O sistema educacional também tem usufruído dessa nova tecnologia: um grande número de escolas, particulares ou públicas, já possui um aparelho de vídeo. É inegável a grande facilidade de manuseio desse equipamento para o uso educacional, comparado com os antigos projetores de filmes de 8 ou 16 mm que contavam com problemas de operação, manutenção e obtenção dos filmes.

Os programas de vídeo, são um dos vários recursos audiovisuais disponíveis em nossas escolas e são vistos como meios que facilitam o processo de comunicação em sala de aula.

É inegável o grande poder atrativo das imagens e do som e seu poder de persuasão. Temos que estar conscientes dessa situação para não transformar os programas em meios universais de aprendizagem. Ao mesmo tempo os programas de vídeo podem passar informações educativas e provocar passividade, superficialidade, mistificação. Pois o que se passa na TV comercial é quase sempre traduzido como verdade absoluta: "O que não passa na TV, não existe" (Marco Crespo - 1990). São ditos populares: "Até passou na TV" ou "É verdade, pois saiu na TV". A TV comercial pode mudar nossa forma de ver o mundo. Segundo Gutierrez (1978):

*"O imediatismo das imagens, como representação do mundo e dos seres, é o que produz um choque direto na afetividade e na sensibilidade do consumidor... As imagens chegam a dominar o homem em seu próprio inconsciente."*

Segundo os interesses dos grupos dominantes, os meios de comunicação e principalmente a TV constituem a fórmula mágica que a nossa sociedade encontra para autoperpetuar-se (Passos e Melo - 1992). A ideologia desses grupos é uma arma de influência definitiva nas atitudes dos telespectadores.

*"Desde os primeiros tempos de sua existência se constatou que o controle ideológico da mensagem de TV supunha o controle da opinião*

*pública e, portanto, uma arma política de extraordinária eficácia ao alcance dos governos e de suas ideologias" (Soler, 1988).*

A Televisão constitui o principal meio de informação que a sociedade brasileira usa como forma de lazer e para adquirir cultura. O Brasil é um país de baixa leitura, tanto de livros como de revistas ou jornais. Dessa forma a TV tem um grande impacto sobre a família, os jovens e as crianças.

*"A família é mais permissiva. Se reduz a censura em casa: violência, pornografia, publicidade, etc. são internalizadas pela criança e pelo jovem sem acompanhamento, controle ou explicação dos adultos."*

*"A criança quando vê televisão, vive o que observa, sem distinguir o real do físico. Isto cria algumas contradições internas que podem originar problemas psicológicos graves." (Marco Crespo - 1990)*

As redes de TV têm um grande trunfo, o de poder manipular a realidade.

*"É tão completa e sutil a manipulação televisiva, que não basta dizer palavras, ou dizê-las de tal ou qual forma. Tudo isso é o menos importante. Um movimento de câmera, a colocação visual, etc., tem tal poder de reconstrução que pode ressaltar ou neutralizar inclusive a declaração mais importante sobre a atualidade em seus diversos aspectos." (Marco Crespo - 1990)*

Os alunos ao assistirem um programa de videocassete, compara-o inevitavelmente com os que vê pelas redes de TV, tanto em termos de recursos técnicos (efeitos especiais, animações, etc.) quanto na qualidade da informação. Na TV comercial se prioriza o espetacular, o fantástico, o belo.

As redes de TV estão preocupadas em vender imagens, pois elas sobrevivem em função de sua audiência.

Na produção de vídeos didático-científicos há de se ter uma grande afinidade entre os técnicos de vídeo e os que têm o conteúdo: pesquisadores de ciência ou professores, para que se garanta transmitir um conteúdo correto. Esta tem sido um dos grandes problemas a serem enfrentados na hora da produção.

*"É uma negociação palavra por palavra, pois temos que chegar a um acordo, explica Lacy Barca, gerente de produção do programa Telecurso 2000 da Fundação Roberto Marinho, que faz a ponte entre os acadêmicos e os profissionais de TV. O veredito final é dos professores." (TV Folha - Folha de S. Paulo - 14/5/95)*

Quando pensamos em produzir vídeos didático-científicos para o ensino de 1º e 2º Graus temos de estar cientes de toda essa realidade televisiva tentando superar tais críticas, e usar este recurso audiovisual como uma estratégia de aprendizagem.

O sistema de televisão brasileiro tem produzido ou reproduzido programas educativos que podem ser gravados em casa e então repassados à escola. Principalmente a TV Educativa, tem mostrado

filmes de todas as áreas do conhecimento, porém mais fitas estrangeiras do que nacionais.

É inegável, para o ensino, a importância de filmes, como recurso didático, para enriquecer o conteúdo dos cursos. Mas existem poucos filmes que atendam as especificidades de cada curso.

Os programas nacionais relacionados com a Física, veiculados pela TV-E são:

- Os produzidos pela Fundação Padre Anchieta: "O Professor", "Vestibulando", "Olhando para o Céu".

- Os produzidos pela Fundação Roberto Marinho: "Telecurso 2º Grau", "Telecurso 2000".

Programa estrangeiro relacionado com o ensino de física, dublado para o português e veiculado pela TV-E é o Mundo de Beakman, produzido pela Columbia Tristar International Television.

No mercado nacional encontram-se vídeos estrangeiros sobre física, dublados:

- Enciclopédia Britânica: têm cerca de 35 vídeos com duração média de 12 minutos sobre temas genéricos.

- Didak. Vídeos canadenses (na maioria das vezes, em animação)

- National Geographic Society: documentários sobre temas gerais de ciência em que a física está incluída.(Ex: O mundo invisível)

A UPMG possui o Vídeo Clube Universitário Ciência e Cultura mantido pela Biblioteca Central e pelo Centro Audiovisual com filmes artísticos, culturais e científicos, tendo grande procura por parte da comunidade universitária.

As fitas existentes na nossa Universidade são na grande maioria ultrapassadas e fora de nossa realidade.

As Universidades que participaram da implantação do projeto PSSC no Brasil na década de 60, adquiriram vários filmes referentes aos assuntos de física desse curso. Algumas foram dubladas pelo Instituto de Física da USP e atualmente encontram-se telecinadas sendo usadas no ensino de graduação. Essas fitas, em preto e branco, têm um objetivo educacional bem diferente da realidade de nosso país apesar de mostrarem experimentos interessantes.

Outra série de filmes da década de 60, adquiridos por algumas universidades, são os Loops (da produtora Ealing), filmes de 2 a 3 minutos, mudos mostrando diversos experimentos, elucidando aspectos básicos da física.

## **A Utilização Do Vídeo No Ensino De Física**

Seria desnecessário repetir que o ensino de Ciências tanto a nível de 1º e 2º graus e até mesmo nos cursos de graduação nas Faculdades está muito aquém daquilo que se almeja. Os conteúdos de Ciências sugeridos pelos programas das Secretarias de Educação, principalmente no 1º grau, não são totalmente desenvolvidos pelos professores. Em

grande parte, essa situação é causada pela deficiente formação desses professores, que, ao desconhecer um certo conteúdo, não o repassam ao aluno, por inexperiência e insegurança. Além disso mesmo que um certo conteúdo de Ciências seja desenvolvido em sala de aula, ele se limita à sua parte teórica; a parte experimental correspondente, as aplicações no cotidiano e na técnica, as implicações sociais e históricas daquele conhecimento geralmente são desconhecidas e portanto não chegam ao aluno. Assim, além do ensino de Ciências se tornar puramente teórico, não é científico e se desenvolve isento da realidade histórico-social.

Os livros-textos atualmente existentes no mercado não dão essa visão globalizada do conhecimento: carecem da parte experimental, das aplicações na tecnologia e implicações histórico-sociais. Um vídeo, devidamente planejado, pode suprir essa lacuna.

Nossa proposta é mostrar em vídeo, experiências, tanto com material simples (de forma a que professores e alunos possam reproduzi-las na escola), quanto com equipamento experimental mais sofisticado, que a escola não pode adquirir, mas que os alunos poderiam no mínimo ver funcionando.

Nesse ponto, entra no projeto, a contrapartida da Universidade, que já possui além do equipamento experimental para ser mostrado, professores bem formados que organizarão os conteúdos de forma a não passar conceitos errôneos aos estudantes. Ao mesmo tempo, poderão ser mostrados no vídeo, cenas de equipamentos em uso na tecnologia, filmadas nas fábricas, empresas, indústrias, onde a aplicação desse conhecimento está instalada. Além disso, poderão também ser mostrados, depoimentos de pessoas sobre o assunto estudado visando captar as implicações sociais daquele tema.

Os vídeos podem também ser usados para gravar e editar conferências, palestras e depoimentos de especialistas. Os cursos de graduação e em particular os Cursos de Licenciatura, também poderão ser beneficiados com o uso desse equipamento: os alunos poderão planejar vídeos para o 1º ou 2º grau ou poderão se auto-avaliar através da gravação de suas aulas nas disciplinas de Prática de Ensino ou de Instrumentação para o Ensino.

A produção de vídeos para o ensino de Ciências possibilitará uma difusão cultural- científica através da possibilidade das Instituições de Ensino copiarem fitas com um bom grau de qualidade.

### **Histórico de Desenvolvimento do Projeto de Produção de Vídeos:**

Elaborou-se um Projeto de Produção de Vídeos didático-científicos (a ser executado entre agosto/91 e julho/93), constituído por um grupo de professores dos cinco departamentos do ICEX/UFMG que pretendiam entre outros objetivos produzir vídeos didático-científicos nas áreas de Física, Química, Matemática, Estatística e Computação, assim como divulgar este trabalho nas redes de ensino de 1º e 2º graus. Este Projeto

foi apresentado ao SPEC/PADCT como sub-projeto do Projeto Rede de Apoio à Educação em Ciências encaminhado pelo CECIMIG. O Projeto, orçado em US\$25.409, previa a aquisição de uma Ilha de Edição de Vídeo S-VHS, acompanhada de uma câmera, tripé, iluminadores e um computador AMIGA que controlaria a edição e serviria de gerador de caracteres.

Após aprovado, realizamos em 1992 várias reuniões com a equipe sob a assessoria de professores ligados a área de vídeo e educação com objetivo de trocar experiências e discutir sobre as características que teriam os vídeos didático-científicos para que conseguissem atingir alunos dos vários graus de ensino.

Durante este tempo aguardávamos a chegada dos recursos necessários para a compra dos equipamentos que utilizaríamos na produção dos vídeos.

Em julho/92 foi destinado US\$8.500, defasado pela metade, do dólar comercial. Demoramos cerca de dois meses para comprar parte do equipamento. Fizemos várias licitações para conseguir comprar apenas dois aparelhos (1 câmera S-VHS Cancorder e 1 videocassete); as firmas não cotavam os equipamentos e quando o faziam, davam por preços 3 ou 4 vezes do valor de mercado. Com isso, reduziram-se as opções de compra.

Nessa época o grupo se envolveu na produção do vídeo "Ciências Exatas e Ciências da Terra", criado para divulgação à nível de 2º grau, das pesquisas realizadas no ICEX-UFMG. Este vídeo foi distribuído para todas as delegacias Estaduais de Ensino de Minas Gerais para reprodução pelas escolas públicas e privadas de cada região. Tal vídeo foi custeado pela Pró-Reitoria de Pesquisa da UFMG e pôde ser produzido em tempo hábil por causa do entrosamento já existente da equipe de professores do Projeto. Outros dois vídeos encomendados à professores de outros setores da UFMG não foram realizados até hoje.

Professores do Departamento de Estatística gravaram no ano de 1992 um seminário sobre pesquisa em Estatística e aguardam o equipamento desse Projeto para editá-lo. Esses professores usaram os equipamentos adquiridos, no processo ensino-aprendizagem na disciplina Profissão e Mercado, do Curso de Estatística.

Professores do Departamento de Matemática também estão aguardando tal equipamento para editar fitas já gravadas em vídeo.

Professores do Departamento de Química utilizaram a câmera gravando as Comemorações do 25 anos do Departamento de Química em outubro de 1993 e o Encontro Nacional de Ensino de Química realizado na UFMG em julho de 1994 e esperam o equipamento para edição.

Professores do Departamento de Computação pretendiam usar o equipamento a ser adquirido, no processo experimental de integração do vídeo e computador.

Professores dos Departamentos de Física e de Química iniciaram a elaboração de roteiros e gravaram as imagens de vídeos didático-científicos que ficaram aguardando o processo de edição.

Aproveitando a constituição da equipe de vídeo, o diretor do ICEX encomendou ao grupo a elaboração de um vídeo sobre a vida e obra do Prof. Francisco de Assis Magalhães Gomes que seria usado na inauguração do prédio novo do ICEX em Março de 1994. O grupo de vídeo elaborou roteiro, gravou as imagens e editou-as na Ilha de Edição do Depto de Comunicação da Fafich/UFMG.

Nessa época (fins de 1993, início de 1994) o Colégio Técnico da UFMG (Coltec) adquiriu, através de Projeto junto à Fundação Vitae uma Ilha de Edição de vídeos, no formato que o nosso grupo desejava. O Coordenador desse Projeto se transferiu para o Coltec, convidado para coordenar o estúdio de gravação e edição de vídeos. O Coordenador do Projeto, também criou uma disciplina no Curso de Especialização em Ciências denominada "Foto e Vídeo Aplicado ao Ensino de Ciências" e através dela, incentiva professores de 1º e 2º graus a produzirem seus próprios vídeos. Esta disciplina já foi ofertada 5 vezes mostrando um grande interesse por parte dos professores de ciências e por ela passaram cerca de 60 professores-alunos. (No Anexo 1 mostra-se o programa do curso).

De posse do equipamento adquirido pelo Coltec, após o processo de instalação e domínio de sua utilização, começamos o trabalho de edição. No 1º semestre de 1995 editamos os seguintes vídeos:

- Física: "Lei de Faraday": idealizado e gravado por alunos da disciplina Instrumentação para Ensino de Física do Curso de Licenciatura de Física do ICEX;

- Física: "Introdução à Eletrostática": idealizado e gravado por professores do Coltec, Depto de Física e Depto de Computação;

- Física: "Indução Eletromagnética": idealizado e gravado por professor-aluno do Curso de Especialização em Ensino de Ciências;

- Institucional: "III Festival de Dança do Coltec": idealizado e gravado por professores do Setor de Educação Física do Coltec;

- Biologia: "Orientação Sexual com adolescentes": idealizado e gravado por professor-aluno do Curso de Especialização em Ensino de Ciências;

Os vídeos didático-científicos estão sendo testados inicialmente nos alunos de 2º grau do Coltec.

Foi muito desgastante a tentativa de integrar professores de vários Departamentos para elaboração de um Projeto, conseguir a sua aprovação mas não poder realizar todas as metas propostas por falta de recursos que já estavam garantidos, mas que não chegaram até nós.

Atualmente existem 8 vídeos de professores-alunos do Curso de Especialização em diversos processos da produção:

- a) roteirização: - Tratamento de Água e Proteção do Meio Ambiente (Química)

- Constituintes Químicos Ativos das Plantas Medicinais (Química)
- Alguns vermes de nosso cotidiano (Biologia)
- Verminoses (Biologia)
- A Física nos desenhos animados (Física)
- Pra que estudar física ? (Física)
- b) gravação: - Imãs e Eletroímãs (Física)
- Meninos e Plantas, uma Maneira Criativa de Aprender (Biologia)
- c) edição: - Cadê o Rio Mutum? Participação da Escola em Busca de

Soluções (Biologia)

Pretendo esse ano iniciar a produção de outro vídeo de física sobre "Descargas Eletrostáticas" juntamente com outro professor do Depto de Física da UFMG.

Além disso um dos professores-alunos do Curso de Especialização está desenvolvendo um manual de utilização de um software sobre "Animações" para enriquecer os recursos de produção de vídeo.

Há também um grupo de professores-alunos do Curso de Especialização está desenvolvendo um projeto de avaliação de vídeos já produzidos verificando como o vídeo contribui para a construção do conhecimento, como os professores utilizam o vídeo nas aulas de ciências e propondo uma metodologia alternativa para a utilização do vídeo como recurso didático (O Vídeo Como Recurso Didático: Como Utilizá-lo no Ensino de Ciências de 1º e 2º graus?).

Inicialmente estamos aplicando um teste de sondagem sobre o vídeo "Introdução à Eletrostática" em alunos de 1º e 2º Graus. Consta de um teste de múltipla escolha aplicado antes e após a apresentação do vídeo e algumas questões abertas, além de um questionário ao professor. (Os resultados iniciais estão em anexo). Esperamos que o resultado de tais testes sirvam de subsídios para planejarmos os próximos vídeos.

## Bibliografia

- ALMEIDA, CÂNDIDO JOSÉ MENDES DE. **O que é vídeo** - Coleção Primeiros Passos nº 137 - Editora Brasiliense - 1986.
- ANDRÉS, MAGDA ALBERO. El Niño ante el Televisor - Escuela y Sociedad - *Cadernos de Pedagogia* 202.
- BRUM, REGINA A. A Televisão como Recurso Pedagógico. *Revista de Tecnologia Educacional* - Rio de Janeiro - Vol.19(94) - maio/junho, 1990.
- BUSSELLE, MICHAEL. **Tudo sobre Fotografia** - Editora Pioneira
- FUSARI, MARIA FELISMINA DE RESENDE E. **Meios de Comunicação na Formação de Professores: Televisão e Vídeo em Questão**. Tese de Doutorado - Inst. de Psicologia - USP - S.Paulo.
- GUTIERREZ, PEREZ FRANCISCO. **Linguagem total: uma pedagogia dos meios de comunicação**. São Paulo, Summus, 1978.



- MARCO CRESPO, VALERO. La Utilizacion de la Television como estrategia para la Enseñanza de Atitudes y Valores en la Escuela - *Revista de Ciências de la Educacion* - nº 144 - outubro - diciembre 1990.
- MARIN, LUIZ CARLOS PIZZARO E OUTROS. **Fotografia - Guia Prático** - Abril Cultural - 1975.
- MOTA, MARIA REGINA DE PAULA. **TV pública - A Democracia no Ar** - Tese de Mestrado - 1992 - FaE / UFMG.
- SERRA, FLORIANO. **Arte e Técnica do Vídeo: do Roteiro à Edição** - Summus Editorial - S.Paulo - 1986.
- SONTHEIMER, KURT. **El Compromiso Social de la Televisión - Educacion - Coloccion Semestral de Aportaciones Alemanas Recientes en las Ciencias Pedagógicas - Vol 16.**
- PASSOS, CLÉO DE OLIVEIRA E MELO, DENISE PAIVA D'AVILA. Os Recursos Audiovisuais e a Teoria Prática - *Revista Tecnologia Educacional* v.21(104) - jan/fev/1992.
- WATTS, HARRIS. **On Camera - O Curso de Produção de Filme e Vídeo da BBC** - Summus Editorial - S. Paulo - 1990.

## Anexo 1

### A DISCIPLINA: FOTO E VÍDEO APLICADA AO ENSINO DE CIÊNCIAS do Curso de Especialização em Ensino de Ciências - CECIMIG - FaE - UFMG

#### Objetivo:

Esta disciplina se destina a instrumentalizar o professor-aluno nas técnicas de fotografia e vídeo, assim como analisar a produção já existente e sua influência no ensino de ciências.

#### Programa Suscinto:

##### Fotografia:

- Características técnicas das máquinas fotográficas
- Análise das variáveis: velocidade, diafragma e sensibilidade na obtenção de fotos
- Iluminação
- Fotos estroboscópicas
- Revelação e cópia de filmes preto-branco
- Uso da fotografia na escola: análise crítica

##### Produção de vídeos didático-científicos para o ensino de ciências:

- Análise das técnicas de gravação de áudio e vídeo
- Análise crítica de vídeos didático-científicos já produzidos
- Utilização de vídeos na escola
- Roteirização de vídeos (ver Anexo2)
- Gravação das imagens e do áudio (ver Anexo 2)

- Edição do vídeo (ver Anexo 2)
- Elaboração do Relatório Técnico (ver Anexo 3)

- Método Utilizado:

Aulas expositivas, aulas de demonstração, trabalhos de grupo, aulas práticas, leituras de textos especializados e pesquisa bibliográfica e de vídeos.

## Anexo 2

### Roteinização, Produção e Edição de Vídeos

- 1) Público alvo
- 2) Tema
- 3) Objetivo
- 4) Duração prevista
- 5) Síntese da estória (Story line): no máximo 5 linhas
- 6) Argumento: o resumo da estória (de 2 a 10 páginas) - sua extensão deverá ser compatível com o tempo previsto
- 7) Roteiro: divisões do argumento em cenas relacionando o texto com as imagens e as músicas

Cenas: gravações feitas em ambientes diferentes (Parágrafos de um texto)

Tomadas: Gravações feitas num mesmo ambiente (Frases do texto)

Características:

\* Prever os efeitos a serem utilizados na passagem de uma cena para outra (corte seco, fusão, cortina, rotação, fades, etc.)

\* Prever os efeitos a serem utilizados (ou não) durante cada cena ou tomada (strobe, câmera lenta, zoom, etc.)

\* Prever os tipos de enquadramento (plano geral, close up, detalhe, etc.)

\* Prever as possíveis movimentações da câmera (travelling, panorâmica, zoom, etc.)

\* Prever o áudio (texto em off, fala direta, barulhos externos, etc.)

Formulário para o roteiro:

Cena	Imagem	Características	Texto	Música
1				
2				
3/T1				
3/T2				
3/T3				
4				

### 8) Pré-produção:

\* Levantamento de materiais a serem utilizados nas gravações (câmera, baterias, cabos, extensão, fitas de vídeo e áudio, tripé, iluminadores, rebatedores, microfone, móveis, objetos, livros, materiais experimentais, fita adesiva, pincel atômico, cartazes, etc.)

\* Previsão de pessoas envolvidas (atores, locução, ajudantes, etc.)

\* Planejamento das gravações - a partir do roteiro, fazer previsão das cenas a serem gravadas em externas, em estúdio, em laboratório, em salas de aula, em livros ou revistas, etc.

\* Previsão de datas, pessoas, locais para as gravações

9) Produção: a gravação das imagens e do áudio

\* Preparação das fitas (nº, tipo, bobinação e rebobinação)

\* Montagem das cenas

\* Iluminação

10) Pós-produção:

\* Mapeamento da fitas brutas:

Nome da fita	Fita Bruta	Nº da fita
--------------	------------	------------

Cena	Assunto	Contador Hora - Min. - Seg.	Qualidade

\* Mapeamento da fita matriz:

Nome da fita	Fita Matriz
--------------	-------------

Cena	Assunto	Fita	Contador Hora - Min. - Seg.

\* Edição das imagens e sonoplastia: prevê-se aproximadamente 1 hora de edição para cada minuto de vídeo acabado.

\* Créditos:

Início: a) Coltec/Cecimig apresentam

b) Título do vídeo

Final: a) Este vídeo faz parte do trabalho final do Curso de Especialização em Ensino de Ciências realizado no CECIMIG (Centro de Ensino de Ciências e Matemática de Minas Gerais) Faculdade de Educação - UFMG - Mês / Ano.

b) Aluno:

Orientador:

Co-orientador:

c) Argumento, roteiro e direção:

d) Imagens:

e) Edição:

f) Locução:

g) Músicas:

h) Agradecimentos:

i) Apoio: Fundação VITAE

- j) Apoio: Sub-Programa de Educação para Ciência (SPEC - PADCT)  
Projeto: Rede de Apoio à Educação em Ciências  
Sub-Projeto: Produção de Programas Didático-Científicos em Vídeo
- k) Realização: Cecimig - Coltec - UFMG

a) Telecurso 2º Grau - produzido pela Fundação Roberto Marinho, é uma tentativa de educação à distância para um ensino de massa, tinha um destino específico: o aluno de supletivo que comprava um livro nas bancas de revistas e assistia os programas, sem momentos presenciais. Tais programas são inadequados para o ensino de física presencial, nas escolas de 2º Grau.

b) O Professor - produzido pela Fundação Padre Anchieta é destinado mais a alunos de ciências de 1º Grau, mas mostra muitos conteúdos de física através de experimentos simples que podem enriquecer alguns tópicos tendo em vista a escassez de experimentos no nosso ensino.

Vestibulando - produzido pela Fundação Padre Anchieta é destinado aos alunos que farão exames vestibulares. Tenta passar conteúdos básicos dos programas vestibulares com um ar de macetes tendo uma postura resumística sem maiores aprofundamentos, resolvendo mais problemas numéricos do que conceituais. Usa um microcomputador para destacar as leis ou princípios físicos e a resolução dos exercícios, tentando, com isso, passar uma imagem "moderna" de ensino. Usa poucas imagens da realidade ou do cotidiano e muito menos aplicações dos conhecimentos na tecnologia. Assim pode ser atraente para quem está muito interessado em passar num vestibular (apesar de que se o vestibular for mais contextualizado do que teórico e matemático este programa não terá muita utilidade) mas para um aluno de um curso propedêutico é desinteressante. Dessa forma este programa também não é adequado ao ensino de física de 2º Grau.

Telecurso 2000 - produzido pela Fundação Roberto Marinho é destinado aos alunos adultos de 1º Grau. Suas características são semelhantes ao Telecurso 2º Grau com mais recursos técnicos

Olhando para o Céu - produzido pela Fundação Padre Anchieta é uma série de Astronomia para todas as idades.

d) Mundo, de Beakman - produzido pela Columbia Tristar International Television é bastante dinâmico, movimentado e chama a atenção do estudante pois tem elementos cômicos, históricos, interdisciplinares, científicos-curiosos, sempre sugerindo experimentos simples.

e) Com uma câmera Camcorder o trabalho de gravação de vídeos fica bem facilitado. A edição dessas gravações também pode ser feita, com uma aparelhagem compatível.

Este Projeto vai permitir à equipe ampliar sua experiência na área de produção de material e constituir-se como grupo interdisciplinar, contando com a assessoria do Centro Audiovisual da UFMG.

A universidade tem o dever de divulgar a sua produção intelectual e o grande meio de comunicação atual tem sido o videocassete.

### Anexo 3

#### Estrutura do Relatório Técnico

- 1 - Título / Autor / Orientador / Co-orientador
  - 2 - Resumo
  - 3 - Introdução:
    - Análise crítica sobre os recursos audiovisuais e em particular o vídeo, bem como a sua utilização na educação.
  - 4 - Objetivo do vídeo , seu público alvo e previsão de duração.
    - Justificativa do tema escolhido ( revisão de vídeos já existentes)
  - 5 - Argumento
  - 6 - Roteiro:
    - Comentários sobre as suas características, de imagens (gravuras, desenhos, experimentos entrevistas, representações teatrais, gravações no vivo, animações, etc.) e de audio (falas, textos em off, músicas).
    - Apresentar justificativa de cada cena a ser gravada.
  - 7 - Gravações: comentários sobre vídeo e audio.
  - 8 - Edição: comentários
  - 9 - Proposta de utilização do vídeo na escola
  - 10 - Conclusão
  - 11 - Bibliografia + Relação de vídeos analisados
- Anexos:
- 1) Roteiro do vídeo e créditos.
  - 2) Mapeamento da fita matriz.
  - 3) Sugestões de utilização do vídeo para quem for copiá-lo.
  - 4) Objetivo / Público alvo / Duração

## DECAIMENTO RADIOATIVO: UMA ANALOGIA PARA O CIRCUITO RC

Sonia Krapas-Teixeira e Alexandre Motta Borges  
Universidade Federal Fluminense

Apesar do uso de analogias ser muito comum, pode-se entender que o processo mental subjacente acontece independentemente delas e que analogias meramente dão uma terminologia conveniente para os resultados do processo. Gentner e Gentner denominam essa hipótese de Terminologia Superficial. Em contraste, os autores sugerem a Analogia Generativa. Caracterizam-na por dois domínios: o domínio base, que é o domínio dos conhecimentos existentes, e o domínio alvo, que é aquele dos conhecimentos a serem investigados. Na Analogia Generativa inferências conceituais sobre o novo conhecimento surgem, de forma preditiva, da utilização de um dado domínio base na forma de um modelo analógico. Essas idéias são aplicáveis aos conteúdos de Física, em especial ao circuito RC. Em geral os livros textos de física tratam o circuito RC do ponto de vista macroscópico, fazem uso da equação diferencial que rege o fenômeno da carga e descarga do capacitor, e apresentam a solução da equação que é do tipo exponencial. Por outro lado, a população de núcleos radioativos também decaem com o tempo na forma de uma exponencial. A similaridade matemática entre esses dois fenômenos possibilita a análise da descarga de um capacitor num circuito RC do ponto de vista microscópico, tratando estatisticamente a migração da população de elétrons da mesma forma que é tratado o decaimento da população de núcleos radioativos. Dada uma amostra radioativa contendo  $N$  átomos, a taxa de variação do número de átomos é dada pela expressão:  $dN/dt = -\lambda N$  onde  $\lambda$  é a constante de desintegração, que mede a probabilidade do decaimento de um dado nuclide. Da mesma forma, podemos entender que na placa negativa de um capacitor há uma população de  $N$  elétrons, cuja migração para a placa positiva é regida por uma estatística: a taxa de variação desses elétrons com o tempo é dada pela mesma expressão, onde  $\lambda$  pode ser entendida como a constante de "migração" e mede a probabilidade de migração dos elétrons num dado circuito. Mas que significado físico tem  $\lambda$ ? Se compararmos as exponenciais que regem ambos fenômenos, vemos que regem ambos fenômenos, vemos que  $\lambda$  é equivalente a  $1/RC$ , onde  $R$  é resistência e  $C$  capacitância. Portanto,  $1/RC$  desempenha do ponto de vista estatístico a medida da probabilidade de recombinação das cargas presentes nas placas do capacitor. (CNI'9)

### Introdução

O uso de analogias é muito comum na Ciência. Muitas vezes os próprios cientistas explicitam em seus discursos a sua utilização. Um exemplo bastante interessante é reportado por Maxwell na introdução do seu primeiro trabalho sobre o eletromagnetismo *On Faraday's Lines of force* (Maxwell 1855, pg 155).

Na área de ensino de ciências analogias e metáforas têm despertado o interesse de diversos autores. Dentre os mais importantes podemos citar alguns. Solomon (1986) estuda as explicações das crianças para fenômenos da natureza e destaca, dentre aquelas explicações de natureza pré-causal tais como a reafirmação, a teleológica, a tautológica e a justaposição, o caráter científico da explicação analógica. Lawson (1993) dedica um número especial do *Journal of Research in Science Teaching* sobre analogias no ensino de ciências. Ogborn e Martins (1994), considerando metáforas e analogias como um aspecto essencial das representações mentais, estão interessados em investigar similaridades e diferenças ontológicas das quais dependem o pensamento analógico e metafórico e que os torna mais efetivo. Gilbert e Boulter, estudando a aprendizagem em ciência através de modelos e modelagem, entendem que modelos são produzidos pelo uso de analogias e metáforas.

Para dar conta de analogias em ciência, os autores acima lançam mão de obras fora do âmbito do ensino de ciências tais como Osgood, Boyd, Harré, Black, mas a citação mais expressiva é Mary Hesse.

Vale a pena citar ainda trabalhos que tratam da mudança conceitual através de raciocínios analógicos (Stavy 1991; Treagust et al. 1996; Clement 1993; Brown 1993); que exploram o papel de analogias e metáforas nos mais diversos assuntos de ciências: conservação da matéria (Stavy 1991), relatividade especial e eletromagnetismo (Arruda 1993), eletricidade (Stocklmayer e Treagust 1996; Stocklmayer e Treagust 1994; Newburgh 1993), ótica (Treagust et al. 1996; Harrison e Treagust 1993); que estudam o uso de analogias empregadas por professores em aulas de ciências (Thiele e Treagust 1994; Wong 1993); que tratam das relações entre analogias e teoria neural (Lawson e Lawson 1993). Uma importante revisão bibliográfica de pesquisas em analogias e metáforas em ensino de ciências é feita por Reinders (1991).

O interesse despertado pelo raciocínio analógico na comunidade de ensino de ciências, tem paralelo, e muitas vezes suporte, na área da psicologia cognitiva e mais recentemente na área da inteligência artificial. Vale a pena destacar o trabalho de Nersessian (1992) que lança mão do raciocínio analógico e imagístico para realizar o que ela denomina análise histórico-cognitiva referente ao conceito de campo enunciado por Faraday e Maxwell, e de Guentner e Guentner (1983) que exploram o papel conceitual da analogia discutindo dois modelos analógicos para a corrente elétrica.

Vale acrescentar que um aspecto das analogias que tem merecido atenção de autores advindos da psicologia cognitiva Nersessian (1992), da psicologia genética (Bidaud 1988) e de pesquisadores em ensino de ciências (Greca e Moreira 1996; Franco et al. no prelo) diz respeito a sua relação com os raciocínios do tipo imagístico e proposicional.

Nas diversas áreas nas quais analogias são contempladas é consenso que elas funcionam como ferramentas do pensamento. Para Nersessian (1992) "*muitas das teorias cognitivas sobre analogia*

concordam que o cerne criativo do raciocínio analógico é um processo de modelagem no qual estruturas relacionais de modos existentes de representação e solução de problemas são abstraídos do domínio fonte e são adaptadas às restrições do novo domínio do problema". A questão que vem sendo colocada é a de saber se analogias não passam de um vocabulário conveniente para expressar o pensamento, ou se o pensamento depende de analogias, no sentido de adquirirem autonomia, constituindo-se em processos inferenciais independentes. Na visão de Nersessian "analogias não são 'meramente' guias para pensar, com inferência lógica resolvendo realmente o problema, mas elas próprias fazem o trabalho inferencial e geram a solução do problema". Neste espírito encontra-se a hipótese da Analogia Gerativa proposta por Guentner e Guentner (1983).

Neste trabalho vamos mostrar em que medida a hipótese da Analogia Gerativa dá contribuições para o entendimento dos processos mentais envolvidos no uso de analogias. Vamos propor uma analogia para o funcionamento do circuito RC, baseada no decaimento de uma amostra radioativa e mostrar como fica enriquecida esta proposta quando analisada segundo a Analogia Gerativa. Finalmente vamos discutir as potencialidades e limitações desta abordagem para o ensino de ciências.

### Uma teoria para o mapeamento<sup>70</sup> da estrutura do pensamento analógico

Podem-se entender que o processo mental subjacente ao uso de analogias acontece independentemente delas e que analogias meramente dão uma terminologia conveniente para os resultados do processo. Gentner e Gentner (1983) compartilham do ponto de vista dominante em psicologia que rejeita a idéia de que analogias são meramente fracas afirmações literais de similaridade. Denominam essa hipótese de Terminologia Superficial e em contraste, sugerem a hipótese da Analogia Gerativa, na qual analogias são caracterizadas por inferências gerativas. Analogias são geralmente caracterizadas por dois domínios: o domínio base ou fonte, que é o domínio dos conhecimentos existentes, e o domínio alvo, que é o domínio dos conhecimentos a serem investigados. Na hipótese da Analogia Gerativa inferências conceituais sobre o novo conhecimento surgem, de forma preditiva, da utilização de um dado domínio base na forma de um modelo analógico. Analogias possuem um poder heurístico, o domínio alvo fica enriquecido, certas inferências surgem.

Enquanto as analogias levam a uma superposição nas relações entre objetos, porém a nenhuma superposição particular nas características dos próprios objetos, as afirmações com similaridades literais levam à superposição de ambos. Modelos analógicos podem ser caracterizados como um mapeamento da estrutura entre sistemas

---

<sup>70</sup> Mapeamento é uma tradução do termo *mapping*, que tomaremos como sinônimo de função, no sentido dado em álgebra linear (Yosida 1978).



complexos: uma analogia de mapeamento estrutural estabelece que operações e relações idênticas surgem entre objetos não idênticos. A estrutura relacional é preservada, mas os objetos não.

No mapeamento estrutural, os domínios alvo e fonte são vistos como sistemas de objetos, atributos dos objetos e atributos das relações entre objetos. A tabela 1 mostra o mapeamento estrutural da clássica analogia átomo/sistema solar. Nesta analogia o domínio base é o sistema solar e o domínio alvo é a estrutura do átomo. Os objetos no domínio base são o planeta e o sol; e os objetos do domínio alvo são o elétron e o núcleo. Os objetos do domínio base são mapeados com os objetos do domínio alvo. São mostradas atributos das relações entre os objetos: *atrai*, *mais massivo do que*, *gira em torno de*. Dadas essas correspondências, a analogia mantém as relações entre os objetos dos dois domínios, mas deixa de lado os atributos dos objetos: por exemplo, o núcleo do átomo não é amarelo, quente ou massivo, tal como é o sol.

O mapeamento estrutural admite duas regras: uma delas é a preservação de relações, tal como descrita acima, e a outra é a sistematicidade. A sistematicidade estabelece que atributos são mais prováveis de serem importados para o domínio alvo se eles pertencerem a um sistema de relações coerentes, restritivas e de ordem hierárquica diferentes. Uma analogia deste tipo permite mapeamentos mais fortes do que uma relação isolada. A tabela 1 mostra relações de ordem inferior que são subordinadas às relações de ordem superior.

**Tabela 1-** Mapeamento entre o sistema solar e o átomo de Rutherford

Base - sistema solar

Alvo - átomo de Rutherford

Objetos mapeados	
planeta	elétron
sol	núcleo
Atributos dos objetos mapeados	
massa	carga
distância entre os objetos	distância entre os objetos
Relações mapeadas	
gira em torno de (planeta, sol)	gira em torno de (elétron, núcleo)
mais massivo do que (sol, planeta)	mais massivo do que (núcleo, elétron)
atrai (planeta, sol; sol, planeta)	atrai (elétron, núcleo; núcleo, elétron)
Relações de ordem superior mapeadas	
$F = G m_p m_s / R^2$	$F = K Q_e Q_n / R^2$
$F = m a$	$F = m a$
$F_p = F_s$ (lei da ação e reação)	$F_e = F_n$ (lei da ação e reação)

Vale acrescentar que, pelo fato do sistema de relações interconectadas ser de natureza matemática, a analogia possui certa especificidade:

*"Modelos matemáticos representam um extremo de sistematicidade. A série de relações mapeáveis é fortemente restritiva, e a regra para as relações conectadas são bem especificadas. Uma vez escolhido um dado sistema matemático -- a saber, um anel ou um grupo -- como base, sabe-se então que regras combinatórias e que relações de ordem mais alta se aplicam na base. Isso clarifica o processo de derivação de novas predições para testar no alvo. Sabe-se, por exemplo, que se as relações base são adição e multiplicação no campo (dos números reais) então pode-se esperar que valha a distributividade:  $c(a+b)=ca+cb$ ." (Guentener e Guentner 1983)*

Vamos mostrar mais adiante que o caso da analogia do decaimento radioativo para o circuito RC constitui um exemplo de sistematicidade extrema.

### Uma descrição estatística para o circuito RC

Em geral os livros textos de física tratam o circuito RC em descarga do ponto de vista macroscópico, fazem uso da equação diferencial que rege o fenômeno, e apresentam a solução da equação que é do tipo exponencial.

$$Q = Q_0 e^{-t/RC} \quad (1)$$

Por outro lado, a população de núcleos radioativos decaem com o tempo na forma de uma exponencial.

$$N = N_0 e^{-\lambda t} \quad (2)$$

A similaridade matemática entre esses dois fenômenos nos levou a analisar a descarga de um capacitor num circuito RC do ponto de vista microscópico, tratando estatisticamente a migração da população de elétrons da mesma forma que é tratado o decaimento da população de núcleos radioativos.

A exponencial que rege o decaimento é obtida tratando o fenômeno estatisticamente: dada uma amostra radioativa contendo  $N$  átomos, a taxa de variação do número de átomos é dada pela seguinte expressão:

$$dN / dt = -\lambda N \quad (3)$$

Onde  $\lambda$  é a constante de desintegração, que mede a probabilidade do decaimento de um dado nuclídeo e diz respeito às características do nuclídeo. O sinal de menos indica que a variação do número de átomos diminui com o tempo. É fácil ver que integrando-se a expressão (3) obtém-se a exponencial (2).

Da mesma forma, podemos entender que na placa negativa de um capacitor há uma população de  $N$  elétrons, cuja migração para a placa positiva é regida por um processo estatístico: a taxa de variação desses elétrons com o tempo é dada pela mesma expressão (3), onde  $\lambda$  pode ser entendida como a "constante de migração" que mede a probabilidade de migração dos elétrons entre as placas do capacitor num dado circuito. Mas que significado físico tem  $\lambda$ ? Se compararmos a expressão (1) com a expressão (2) vemos que  $\lambda$  é equivalente a  $1/RC$ . Portanto,  $1/RC$

desempenha, do ponto de vista estatístico, a medida da probabilidade de recombinação das cargas presentes nas placas do capacitor.

Mapeamento entre o decaimento radioativo e um circuito RC em descarga

A situação em questão constitui, tal como o mapeamento entre o sistema solar e o átomo de Rutherford, um caso típico de sistematicidade extrema, por se tratar de uma sistema de relações interconectadas de natureza matemática.

No presente mapeamento o domínio base é o fenômeno da radioatividade e o domínio alvo é um circuito RC em descarga. Nesses domínios os objetos são núcleos e elétrons respectivamente. Podemos apontar alguns atributos desses objetos que não admitem nenhum tipo de importação de um domínio ao outro, por exemplo: os núcleos emitem partículas, os elétrons tem mobilidade. Por outro lado, é possível o mapeamento das relações entre os objetos dos dois domínios: assim como entendemos o fenômeno da radioatividade como decaimento com o tempo de uma população de núcleos radiativos, no circuito RC em descarga a população de elétrons na placa do capacitor decaem com o tempo. No domínio base temos uma constante de desintegração  $\lambda$  que mede a probabilidade de decaimento de um dado nuclide; no domínio alvo podemos interpretar a constante  $1/RC$  como sendo a probabilidade de recombinação das cargas nas placas do capacitor. Dessa forma quando  $\lambda$  for nulo significa que o núcleo é estável, isto é, não há desintegração do núcleo. Quando a constante  $1/RC$  for nula, significa que a placa não está se descarregando, seja porque a resistência do circuito é muito grande ( $R$  tendendo a infinito), seja porque a capacitância é muito grande ( $C$  tendendo a infinito), seja porque a corrente está interrompida devido a abertura da chave do circuito. Outra propriedade que podemos importar do domínio base para o domínio alvo é a meia vida, que é o tempo para que uma amostra de núcleos radiativos se reduza à metade. Falamos então de "meia vida" do capacitor, entendendo com isso que neste tempo metade das cargas do capacitor se recombinaram.

O alto grau de sistematicidade da presente analogia se manifesta mais uma vez no mapeamento da constante  $\lambda$  nos dois domínios. A probabilidade de migração dos elétrons num circuito RC é composta de dois termos, o termo  $1/C$  que pode ser associado à probabilidade de um elétron deixar uma das placas do capacitor na direção da outra placa, e o termo  $1/R$  que pode ser associado à probabilidade do elétron, depois de deixar a placa, viajar até alcançar a outra placa. Devemos supor que tais efeitos não são mutuamente exclusivos porque o movimento do elétron é feito de uma simples decisão na primeira placa.

O decaimento radioativo por emissão de partículas pode ser interpretado como o inverso do processo de formação de núcleo composto, que ocorre por bombardeio de um núcleo alvo por um núcleo projétil. Este bombardeio, quando analisado ao longo da trajetória de colisão, exhibe dois

processos altamente decisivos, em uma dada ordem cronológica. Primeiramente o núcleo projétil deve transpor a barreira coulombiana (ação da força exclusivamente repulsiva de longo alcance), para então aproximar-se do núcleo alvo nas vizinhanças de distâncias entre suas superfícies na ordem de grandeza dos raios destes núcleos, trocando finalmente interações de força forte (ação da força exclusivamente atrativa de curto alcance). Estes dois processos são avaliados por dois coeficientes probabilísticos: o primeiro (T) denominado coeficiente de transmissão, mede a probabilidade do sucesso de transposição da barreira coulombiana pelo projétil; o segundo (P) mede o sucesso da configuração de um núcleo composto, isto é, o sucesso da fusão dos dois núcleos, dando origem a um novo núcleo. Glas e Mosel (1975, pg 431) estabelecem que a medida de probabilidade de formação do núcleo composto pode ser expressa pelo produto

$$T_1 \cdot P_1$$

onde  $l$  é o momento angular do núcleo projétil nos casos em que a trajetória deste não está alinhada com o centro de massa do núcleo alvo. Este momento angular  $l$  é modulado pelo parâmetro de impacto (distância entre a reta suporte do vetor velocidade do centro de massa do núcleo projétil e o centro de massa do núcleo alvo).

Desta forma, a constante  $1/R$  do domínio alvo é mapeada com o termo  $T_1$ , e a constante  $1/C$  é mapeada com o termo  $P_1$ . O modelo analógico que apresentamos se encontra esquematizado na tabela 2.

**Tabela 2- Mapeamento entre o decaimento radioativo e o circuito RC**

Base - decaimento radioativo	Alvo - circuito RC
<b>Objetos mapeados</b>	
população de núclídeos	população de elétrons no capacitor
tempo	tempo
<b>Atributos dos objetos mapeados</b>	
probabilidade de decaimento $\lambda$	probabilidade de recombinação das cargas $1/RC$
estabilidade do núclídeo ( $\lambda = 0$ )	estabilidade da recombinação ( $1/RC$ tende para infinito)
<b>Relações entre objetos mapeados</b>	
decai com (núcleo, tempo)	decai com (população de elétrons, tempo)
meia vida do núclídeo $T_{1/2} = \ln 2/\lambda$	"meia vida" do capacitor $T_{1/2} = RC \ln 2$
<b>Relações de ordem superior mapeadas</b>	
$dN/dt = -\lambda N$ ou $N = N_0 e^{-\lambda t}$	$dN/dt = -\lambda N$ ou $Q = Q_0 e^{-\lambda t}$
$\sigma_{fus} \propto T_1 P_1$	$\lambda = 1/RC$

## Discussão

Consideramos que a analogia proposta tem seu valor *per si*: é um belo exemplar de como ocorrem analogias com sistematicidade extrema. Tem interesse assegurado entre professores de terceiro grau. Há, no entanto, algumas questões a serem exploradas. A primeira diz respeito ao público a que se destina tal analogia: seriam estudantes de Física moderna, de Física básica, ou de disciplinas ligadas à formação formação de professores (incluída aí a formação continuada)?

Esta questão está relacionada a uma segunda que trata dos próprios objetivos da introdução dessa analogia. Se o objetivo é explorar as potencialidades do uso de analogias no ensino de ciências (Gilbert e Boulter), o mapeamento do circuito RC com o decaimento radioativo tal como apresentado acima será muito interessante para professores em formação. Se o objetivo é dominar um domínio (alvo) a partir de outro domínio (fonte), uma nova questão surge, que é a de determinar qual é o alvo e qual a fonte para uma determinada população que se pretende atingir. No caso da física básica, ao contrário do que foi proposto até então, inicialmente o domínio base seria o circuito RC, na sua descrição estatística e, a partir daí, se introduziria, a título de complementação, sua analogia com o decaimento radioativo. No caso de alunos de Física moderna, ao se propor uma descrição estatística para o fenômeno da descarga de um capacitor, o decaimento radioativo seria o domínio fonte. Mas ao se apresentar a equação de Glas e Mosel (1975, pg 431) invertem-se os domínios.

Estamos propondo para o reduto da sala de aula uma sistemática presente na história da ciência. Enquanto o mapeamento tal como concebido por Gentner e Gentner (1983) privilegia um sentido, do domínio fonte para o domínio alvo, Maxwell já tinha vislumbrado que, no uso de analogias, este mapeamento pode ser de mão dupla: um dos domínios pode ilustrar o outro. Dessa forma alvo e fonte são sucessivamente permutados. É assim que, no seu trabalho *On Faraday's Lines of force* (Maxwell 1855, pg 155) ao introduzir uma analogia entre o eletromagnetismo (domínio alvo) e a hidrodinâmica (domínio fonte), a própria hidrodinâmica é reinterpretada: as equações de movimento de um fluido incompressível através de um meio resistente são vistas em termos de grandezas eletrostáticas e, particularmente, em termos do conceito de linha de força.

## Bibliografia

- Arruda, S. M. (1993) Metáforas na física. Caderno Catarinense de Ensino de Física, 10 (1), 25-37.
- Bideaud, J. (1988) Traitement Analogique et traitement propositionnel dans la résolution d'une tâche piagétienne.

- Brown, D. E. (1993) Refocusing core intuitions: a concretizing role for analogy in conceptual change. Journal of Research in Science Teaching, 30 (10), 1273-1290.
- Clement, J. (1993) Using bridging analogies and anchoring intuitions to deal with students' preconceptions in physics. Journal of Research in Science Teaching, 30 (10), 1241-1257
- Franco, C.; Colinaux, D.; Krapas-Teixeira, S. e Queiroz, G. (no prelo). A teoria piagetiana e os modelos mentais. In L. Banks Leite (org.) Percursos Piagetianos. São Paulo: Cortez.
- Gilbert, J. K. e Boulter, C. J. Learning science through models and modelling. In B. Frazer e K. Tobin (eds.) The International Handbook of Science Education. Dordrecht, Kluwer (a ser publicado).
- Glas, D. e Mosel, U. (1975) On the critical distance in fusion reactions. Nuclear Physics A237, 429-440.
- Greca, I. e Moreira, M. A. (1996) Un estudio piloto sobre representaciones mentales, proposiciones y modelos mentales respecto al concepto de campo eletromagnético en alumnos de física general, estudiantes de posgrado y físicos profesionales. Investigações em Ensino de Ciências. 1 (1), 100-
- Guentner, D. e Guentner, D. R. (1983). Flowing waters and teeming crowds: mental models of electricity. In D. Guentner e A. Stevens (eds.) Mentals Models. Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum, pg 99-130.
- Harrison, A. G. e Treagust, D. F. (1993) Teaching with analogies: a case study in grade-10 optics. Journal of Research in Science Teaching, 30 (10), 1291-1307.
- Lawson, A. (1993) Special issue: the role of analogy in science and science teaching. Journal of Research in Science Teaching, 30 (10), 1211-1348.
- Lawson, D. e Lawson, A. E. (1993) Neural principles of memory and theory of analogical insight. Journal of Research in Science Teaching, 30 (10), 1327-1348.
- Maxwell, J. C. (1855) On Faraday's lines of force. In W. D. Niven (ed.), The Scientific Papers of James Clerk Maxwell. Cambridge: Cambridge University Press, 1880, pg 155-229.
- Nersessian, N. (1992) How do scientists think? Capturing the dynamics of conceptual change in science. In R. Giere (ed.), Cognitive Models of Science, Minnesota Studies in the Philosophy of Science 15. Minneapolis: University of Minnesota Press, pg 3-44.
- Newburgh, R. G. (1993) Capacitors, water bottles and Kirchoff's rule. Physics Teacher, 31 (1), 16-17.
- Ogborn, J. e Martins, I. (1994) Metaphorical understandings of scientific ideas. Commonsense Understanding of Science. London: University of London.

- Reinders, D. (1991) On the role of analogies and metaphors in learning science. Science Education, 75 (6), 649-672.
- Solomon, J. (1986) Children's explanations. Oxford Review of Education, 12 (1), 41-51.
- Stavy, R. (1991) Using analogy to overcome misconceptions about conservation of matter. Journal of Research in Science Teaching, 28 (4), 305-313.
- Stockmayer, S. e Treagust, D. (1994) A historical analysis of electric currents in textbook: a century of influence on physics education. Science and Education, 3 (2), 131-154.
- Stockmayer, S. e Treagust, D. (1996) Images of electricity: how do novices and experts model electric current? International Journal of Science Education, 18 (2), 163-178.
- Thiele, R.B. e Treagust, D. F. (1994) An interpretive examination of high school chemistry teachers' analogical explanations. Journal of Research in Science Teaching, 31 (3), 227-42.
- Treagust, D. F.; Harrison, A. G. e Venville, G. J. (1996) Using an analogical teaching approach to engender conceptual change. International Journal of Science Education, 18 (2), 213-229.
- Wong, D. (1993) Understanding the generative capacity of analogies as a tool for explanation. Journal of Research in Science Teaching, 30 (10), 1259-1272.
- Yosida, K. (1978) Functional Analysis. Berlin: Springer-Verlag.

## MUDANÇA CONCEITUAL EM SALA DE AULA: O ENSINO DE CIÊNCIAS NUMA PERSPECTIVA CONSTRUTIVISTA

Orlando Aguiar Jr e João Filocre  
CECIMIG-UFMG

### Introdução

O título da nossa pesquisa reflete o seu objeto de estudo: os trabalhos publicados nas últimas décadas relativos ao tema da mudança conceitual no contexto do ensino de ciências. Embora crucial para a consolidação de uma pedagogia construtivista, e mesmo considerando o volume de trabalhos publicados, a compreensão do processo de aprendizagem por mudança conceitual nos parece ser ainda bastante superficial e fragmentada, fruto de uma abordagem excessivamente descritiva e pouco analítica. Nosso trabalho consistiu em acompanhar a origem e evolução desta problemática, identificar as principais questões em aberto, assim como buscar um referencial mais adequado para seu tratamento.

Buscamos a articulação de uma abordagem piagetiana e as contribuições derivadas do sócio-interacionismo vigotskiano. Trata-se de dois referenciais teóricos distintos, portanto irreduzíveis, porém, a nosso ver, complementares para a compreensão do problema da mudança conceitual em sala de aula.

O olhar da equibração se dirige aos processos e mecanismos engendrados pela atividade do sujeito com os objetos do seu conhecimento. Trata-se de identificar e explicar a construção de novidades nos ciclos de interação sujeito ↔ objetos. O olhar da mediação focaliza a maneira pela qual a interação com os outros permite a cada indivíduo a apropriação de formas de pensamento consagradas na cultura. Trata-se portanto de investigar os processos de aprendizagem no interior de grupos sociais.

Procuramos ainda reconhecer a especificidade do problema pedagógico colocado, evitando assim a simples transposição de um referencial tomado de empréstimo da epistemologia ou da psicologia ao campo da educação. A problemática central da obra de Piaget consistiu em identificar como se dá a passagem de formas primeiras de conhecimento a outras, consideradas de maior validade. A pesquisa pedagógica nos remete a um problema correlato: "como fazer com que os alunos passem de um estado de conhecimento a outro, considerado mais satisfatório, em relação a cada um dos conteúdos ensinados pela escola?" (Lerner, 1995). Existe um núcleo comum nessas duas problemáticas, na medida em que as aprendizagens escolares estão sujeitas às mesmas leis gerais que regulam o entendimento humano. Entretanto, elas não se constituem em mero prolongamento das



atividades espontâneas realizadas pela criança em seu ambiente social. O contexto escolar encerra características próprias: existe uma intencionalidade (deseja-se ensinar algo a alguém), estando o processo sujeito a pressões sociais (ao final de um prazo estabelecido espera-se que o aluno seja portador de certas habilidades e conhecimentos, existindo portanto uma expectativa e uma direção do processo ensino-aprendizagem), no interior de uma instituição que funciona de acordo com determinadas regras e padrões de comunicação (mesmo que quase sempre implícitos), com agentes que cumprem papéis diferenciados (estabelecendo relações fundamentalmente assimétricas). Analisar o problema da mudança conceitual à luz da Teoria de Piaget exige uma extensão deste programa de pesquisa para um campo de problemas distintos daqueles que originalmente deram origem às suas investigações.

Em nossa apresentação iremos partir dos aspectos mais abrangentes do problema para então considerarmos as dimensões específicas do processo ensino-aprendizagem em ambiente escolar. A este respeito, podemos destacar dentre as contribuições de Piaget, os seguintes aspectos: o significado da expressão "mudança conceitual" no sistema piagetiano; as três formas de equilíbrio e os tipos de mudança conceitual; o papel das contradições; o processo de tomada de consciência; e a construção dos possíveis e do necessário.

## 1. A mudança conceitual numa perspectiva piagetiana

Que significado teria a expressão "mudança conceitual" no sistema piagetiano? Não se trata de uma simples "troca" de conceitos, à maneira em que se troca uma peça defeituosa, mas uma autêntica ultrapassagem, com reestruturação do antigo saber, com todas as novidades e rupturas que ela acarreta. A Teoria da Equilíbrio concebe o desenvolvimento conceitual enquanto uma seqüência de etapas de construção em que as anteriores preparam e condicionam as seguintes assim como cada novidade reorganiza, num outro nível as principais realizações precedentes (Saraiva, 1991). Esta solidariedade entre continuidades e rupturas implica a existência de etapas intermediárias entre as duas "teorias"<sup>71</sup> em jogo. Este é um desafio importante para a pesquisa em ensino de ciências, na medida em que nosso conhecimento atual oferece apenas um esboço, um quadro geral, do processo de formação do conhecimento físico na criança e adolescente. É preciso ir além, na busca de mecanismos constitutivos das teorias elaboradas pelos sujeitos em situações escolares.

Adotar o construtivismo piagetiano para o tratamento da mudança conceitual em sala de aula implica ainda modificar as atitudes e

---

71 O termo "teoria" é empregado aqui abrangendo significados mais abrangentes como as "teorias em ação" descritas por Karmiloff-Smith e Barbel Inhelder (1975), ou ainda conceituações utilizadas, mas ainda não tematizadas pelo sujeito.

representações que têm sido formuladas a propósito do conhecimento prévio dos estudantes. Boa parte dos trabalhos publicados na área considera a existência das concepções espontâneas mais como um problema a ser removido pelo ensino de ciências do que enquanto ponto de partida para novas aprendizagens. Em Piaget, eles são **condição necessária** para progressos posteriores. Além disso, os "modelos" de raciocínio intuitivo são considerados de maneira estática, e sempre a partir de uma linguagem e da lógica da ciência formal, o que resulta numa imagem deformada dos mesmos. O olhar de Piaget é um olhar de dentro destes sistemas, que procura captar não apenas os estados de equilíbrio, mas o processo de equilibração, ou seja, captar a produção, a dinâmica do conhecimento. Em lugar de caracterizar as conceituações infantis como "ingênuas" ou enquanto produtos de uma "metodologia da superficialidade" (Gil Pérez e Carrascosa, 1990), o construtivismo piagetiano nos recomenda problematizá-las, tomá-las em sua provisoriidade (como todo conhecimento). Por outro lado, parece-nos fundamental reconhecer os conhecimentos prévios dos estudantes enquanto respostas a situações da vida cotidiana, o que lhes confere certas metas, valores e estratégias distintos daqueles consagrados pelo pensamento científico.

## 2. As três formas de equilibração

A Teoria de Piaget nos permite ainda discernir três tipos de mudança conceitual, em graus variados, cada um deles correspondendo a uma das formas de equilibração (Piaget, 1976). Num primeiro patamar a mudança conceitual ocorre graças às regulações que conduzem a um equilíbrio dos observáveis do objeto aos esquemas de assimilação ativados pelo sujeito. Esta primeira e mais elementar forma de equilibração constitui numa fase prévia e necessária de análise de casos particulares não ainda ou insuficientemente ligados entre eles. Uma segunda forma de equilibração (ou seja, um segundo patamar de mudança conceitual) vem assegurar a interação entre esquemas e decorre do equilíbrio entre assimilação e acomodação recíprocas. A ênfase se desloca de estados e atributos para transformações e relações, graças a diferenciação dos esquemas e a relativização das noções de partida. Mas ainda uma terceira forma de equilibração se impõe no sentido de garantir a integração dos subsistemas em totalidades organizadas e hierarquizadas, donde resulta o caráter necessário das composições efetuadas.

A identificação de tais patamares de construção e superação nos domínios específicos tratados pelo ensino de ciências nos fornece uma condição de prever as dificuldades inerentes a cada uma delas e, portanto, avaliar os objetivos da ação pedagógica nos vários níveis de ensino. Para citar um só exemplo, o estudo da mecânica clássica no ensino médio tem insistido inutilmente na superação da noção de um movimento absoluto como condição prévia para que os estudantes possam

apreciar a estrutura teórica proposta pela física newtoniana. Iniciamos a abordagem deste domínio pelo que ele tem de mais contra-intuitivo, pelo seu maior obstáculo, em lugar de expandir a heurística positiva dos esquemas conceituais dos estudantes, enriquecendo as possibilidades de análise do problema do movimento. Uma abordagem piagetiana recomenda, pelo contrário, um conjunto de construções anteriores enquanto pré-condição para a elaboração de um modelo teórico mais consistente por parte do sujeito.

### 3. O papel das contradições

Quanto ao papel das contradições no processo de mudança conceitual, as contribuições de Piaget podem ser melhor apreciadas quando as comparamos com o modelo proposto por Posner e colaboradores (Posner, Strike, Hewson e Gertzog, 1982). Segundo esses autores, a insatisfação é o resultado de um jogo de enunciados (teóricos ou experimentais) julgados contraditórios pelo sujeito. A superação deste estado inicial, que propicia novas aprendizagens, dá-se pelo confronto entre teorias rivais. Isto implica num tratamento formal do problema. Em Piaget, o desequilíbrio cognitivo precede a contradição lógica (Piaget, 1978a). O sujeito, não estando ainda de posse da teoria T2 não poderia ser capaz de compreender um discurso formal montado sobre seus pressupostos. Disto resulta uma característica central das mudanças conceituais: a existência de entedimentos parciais, esquemas incompletos com origens diversas, potencialmente contraditórios e não conectados entre si. (Rowell, 1989; Villani, 1992).

Além disto, Piaget distingue dois tipos de perturbações: as contradições, no sentido exposto acima, e as lacunas a preencher para que a assimilação ocorra. As perturbações lacunares referem-se às condições que seriam necessárias para concluir uma ação, ou ainda à carência de um conhecimento que seria indispensável para a solução de um problema.

### 4. Saber-fazer e compreender

O processo de tomada de consciência consiste na passagem de uma ação prática (saber fazer) à ação conceitualizada, ou ainda, a passagem da ação conceitualizada para uma reflexão do pensamento sobre si mesmo (próprio do pensamento teórico). A pesquisa em mudança conceitual no ensino de ciências tem enfatizado a importância da "tomada de consciência", por parte dos estudantes, dos esquemas de conhecimento de que utilizam como condição para sua superação (Nussbaum, 1989). Entretanto, a maioria destes autores considera a tomada de consciência como um simples esclarecimento, sem transformação. Piaget demonstra que tal passagem envolve, pelo contrário, construções genuínas que modificam profundamente o conhecimento prático anterior (Piaget, 1978b; 1978c). Uma coisa é utilizar conceitos como calor ou temperatura

para expressar relações e coordenar ações em contextos específicos; outra, muito diferente, é tomar calor e temperatura enquanto objetos de um sistema teórico consistente que procura prever e interpretar um conjunto de fenômenos. Poderíamos então perguntar: o que provoca tais tomadas de consciência? Os estudos conduzidos por Piaget mostram que ela decorre de algum fator que interrompe ou frustra uma ação ou ainda a solicitação externa que rompe o automatismo da ação (prática ou conceitualizada) em direção aos seus processos formadores - por que fez assim e não de outro modo? o que aconteceria se modificarmos este aspecto? qual a influência desse fator no resultado? o que devemos fazer para obter outro resultado? como comparar esta solução com aquela outra? etc.

As relações entre a ação prática e funcional e os progressos na conceitualização nos remetem ao problema dos possíveis e do necessário, ambas criações do sujeito impostas aos objetos de seu conhecimento (Piaget, 1987; Piaget, 1985). Os possíveis são fonte de diferenciações e aberturas, enquanto a necessidade constitui um fechamento, uma estruturação com integração das variações possíveis. A abertura dos possíveis, segundo Piaget, é motor das equilibrações majorantes, na medida em que permitem construir variações sobre as quais o pensamento se liberta progressivamente do factual, do aqui e do agora. Isto nos leva a afirmar, com Rowell (1989) que as estratégias de conflito cognitivo, no sentido da oposição entre teorias rivais, devem ser precedidas pela abertura de novas possibilidades para o enfrentamento do problema. Em primeiro lugar, é preciso destacar que isto se faz, inicialmente, de forma apenas localizada, através de problemas e situações especialmente favoráveis para a elaboração de respostas mais próximas daquelas consagradas pela ciência. Apenas gradualmente, tais esquemas conceituais são examinados e utilizados em outras situações, bem como comparados com outras alternativas de solução. Além disso, a abertura aos possíveis podem ser longamente bloqueadas por obstáculos, que Piaget denomina "pseudonecessidades", que refletem uma indiferenciação entre possível, real e necessário, na medida em que o objeto do conhecimento aparece ao sujeito não apenas o que é mas ainda como devendo necessariamente ser, o que exclui possibilidades de variações ou mudanças.

Outro aspecto especialmente relevante ao nosso problema, diz respeito às relações entre "saber fazer" e a o "compreender". Estes dois planos consistem, em Piaget, sistemas de conhecimento autônomos, embora complementares e interdependentes. De um lado, o plano da compreensão resulta de um saber extraído por tomadas de consciência das coordenações da ação. De outro, algumas vezes, os êxitos práticos da ação são longamente bloqueados e apenas tornados possíveis graças a progressos a nível da compreensão do problema. A mudança conceitual no contexto do ensino de ciências certamente poderá corresponder a um destes dois movimentos: de um sucesso no plano do "saber fazer" para um

progresso na conceituação; ou, reciprocamente, da conceituação à ação considerada satisfatória. Embora não tenhamos aprofundado, tais questões nos parecem essenciais para o ensino técnico.

Podemos, portanto, destacar a existência de duas etapas do processo de mudança conceitual quando da passagem de esquemas responsáveis por ações bem sucedidas a um sistema de conceitos diferenciados e integrados em uma estrutura:

1ª etapa: criação e desenvolvimento de uma "zona de construção" (no sentido que será exposto adiante): etapa funcional de abertura dos possíveis; enfrentamento sobretudo de perturbações lacunares.

2ª etapa: Tomada de consciência das conceituações e ações até então desenvolvidas, o que consiste em uma fase de estruturação ou formalização. Isto será possível através da coordenação dos diversos pontos de vista até então desenvolvidos e explorados, com eliminação de erros, dubiedades e contradições.

## 5. Algumas contribuições do sócio-interacionismo

Finalmente, resta destacar aspectos relativos aos mecanismos graças aos quais os elementos culturais transformam-se em processos psicológicos, individuais e cognitivos. A idéia central de Vygotsky é a de que o conhecimento tem sempre uma origem social, ou seja, surge através do contato com outros (nível interpsicológico) para só então ser internalizado por cada indivíduo (nível intrapsicológico). A internalização de uma função consiste nesta passagem de uma atividade externa em processos internos de regulação e controle<sup>72</sup>. A mudança conceitual teria, em Vygotsky, o significado de uma passagem de um plano externo, de trocas sociais, a um plano interno, em que o sujeito é capaz de controlar as formas simbólicas consagradas na cultura (Vygotsky, 1991).

Tal processo ocorre necessariamente através dos outros. Somente através dos outros sujeitos tenho acesso a objetos culturais, e são estes objetos que me introduzem no universo do discurso, do pensamento conceitual e reflexivo.

É o conceito de zona de desenvolvimento proximal que permite compreender como se realiza esta passagem. Tal conceito tem objeto de várias interpretações e aplicações na pedagogia, referindo-se especialmente ao papel do professor na construção do conhecimento escolar.

1. Suporte, (Bruner, 1985): a ação do professor é contingente à ação do aluno, isto é, deve fornecer elementos apenas àqueles aspectos da tarefa que a criança ainda não domina e que só poderiam ser executados

---

<sup>72</sup>Podemos estabelecer um paralelo entre o processo de internalização (Vygotsky) e tomada de consciência: ambos sugerem um percurso de construção e não apenas a transferência de um nível prático para o plano representativo. Entretanto, Vygotsky acredita que tal processo se dá através da interação com outros mediada pela linguagem. O mecanismo central seria assim dado pela emergência do controle sobre formas simbólicas.

### *Mudança Conceitual...*

com sua ajuda e direção. É importante que, após obter sucesso, a criança tenha a responsabilidade de reconstruir a tarefa, engendrando sua internalização;

2. Zona de construção (Newman, Griffin e Cole, 1989): espécie de palco de negociações, no qual professores e alunos podem, cada qual, apropriar-se do entendimento do outro, num constante movimento de recriação e reinterpretação de significados e objetivos. O professor dá a direção ao processo de construção de conhecimento por parte de seus alunos, atuando "como se" tivessem uma mesma compreensão da atividade. O aluno tenta se apropriar das intenções do professor do seu entendimento do problema. Sua conduta se dirige por este objetivo ainda exterior que deve ser, ao longo da atividade, internalizado. O controle voluntário e a tomada de consciência das operações e conceituações efetuadas só será possível uma vez estando familiarizado e introduzido no sistema.

O que significa esta assimetria das relações professor-alunos? se de um lado, a assimetria na relação professor-alunos introduz um padrão de discurso e pensamento de outra forma inacessível, por outro, estabelece certas dificuldades de comunicação. Enquanto o professor acha-se de posse de um discurso formalizado, o raciocínio do aprendiz possui uma liberdade muito maior. O aluno, na passagem de um nível de entendimento a outro, tenta conciliar as características de dois sistemas ainda indiferenciados. O professor, por mais que se esforce, só consegue compreender o pensamento de seus alunos nos moldes de sua teoria. A tentativa de aproximação é importante, mesmo que não seja nunca completa. Macedo (1994,p.30) sugere uma inversão proposital no cotidiano da sala de aula, dando provisoriamente um estatuto de noção ao que dizem os professores e livros didáticos e um estatuto de conceito ao que dizem os alunos. Esse procedimento consiste, por um lado, em não introduzir uma nova idéia de maneira esquemática, formalizada; por outro, em pedir à intuição que se explique, que saia de seu fechamento, que busque suas razões, que faça sua crítica. Ao tratar as intuições "como se" fossem conceitos, estamos introduzindo nelas algum elemento que não é próprio delas, estamos penetrando numa zona de construção, no sentido proposto por Newman, Griffin e Cole (1989).

Finalmente, no que se refere à interação entre alunos, duas interpretações são formuladas para explicar sua influência no aprendizado. A primeira delas, comprometida com a formulação piagetiana, introduz uma noção de conflito sociocognitivo, produzido como resultado da confrontação entre pontos de vista divergentes a propósito de uma mesma situação ou tarefa a ser desenvolvida coletivamente.

Outra fonte de interpretação consiste em analisar, em estreita conexão, o desenvolvimento cognitivo e a interação social. Em Vygotsky, a internalização de uma função psicológica significa não apenas a aquisição de uma conduta ou conceito graças à ajuda de um adulto ou

colega mais capacitado, mas também a regulação sobre a própria atividade graças à mediação da linguagem. Além da função comunicativa, que permite a troca social de idéias, a linguagem possui ainda uma função regulamentadora dos processos cognitivos. Ao pretender comunicar determinada idéia ou noção aos seus colegas, o sujeito é obrigado a organizar mentalmente o que pretende transmitir, reconsiderando seus argumentos e expandindo sua análise. Esse mecanismo que se prolonga e aprofunda na fala interna, se desenvolve especialmente por ocasião do contato com outros no desenrolar de uma tarefa coletiva para a qual se encontram motivados.

As duas interpretações dadas aos mecanismos através dos quais a interação entre pares favorece a aprendizagem são irredutíveis, embora possuam vários pontos em comum. Segundo Coll, *"a postura mais razoável na fase atual de nossos conhecimentos consiste em conjecturar que ambas as hipóteses se aplicam a dois mecanismos distintos, o que não quer dizer opostos ou exclusivos"*(1994,p.96).

## Bibliografia

- AGUIAR, Jr. O. (1995) - Mudança Conceitual em Sala de Aula: o ensino de ciências numa perspectiva construtivista. CEFET-MG, Dissertação de Mestrado.
- BRUNER, J. (1985) - Vygotsky: a historical and conceptual perspective. In J. Wertsch, Culture, communication and cognition: Vygotskian perspectives. Cambridge, Cambridge University Press.
- COLL, C. (1994) - Aprendizagem escolar e construção do conhecimento. Trad. Emília de Oliveira Diel. Porto Alegre, Artes Médicas.
- GIL-PÉREZ, D. & CARRASCOSA, J. (1990) - What to do about science "misconceptions". In: Science Education, 74(5): 531-540.
- LERNER, D. (1995) - O Ensino e o Aprendizado Escolar: argumentos contra uma falsa oposição. In: Castorina et alli Piaget e Vygotsky: novas contribuições para o debate. São Paulo, Ática.
- MACEDO, L. (1994) - Ensaios Construtivistas. São Paulo, Casa do Psicólogo.
- NEWMAN, D GRIFFIN, P & COLE, M. (1989) - The construction zone: working for cognitive change in scholl. Cambridge. Cambridge University Press.
- PIAGET, J. (1976) - Equilíbrio das Estruturas Cognitivas. Trad. Marion M.S. Penna. Rio de Janeiro, Zahar.
- PIAGET, J. (1978a) - Investigaciones sobre la contradicción. Siglo XXI, Madrid (original publicado em 1974).
- PIAGET, J. (1978b) - A Tomada de Consciência. Trad. Edson Braga de Souza. Ed. Melhoramentos, São Paulo (original publicado em 1974).

## ENERGIA E VIDA NO ENSINO DE CIÊNCIAS

Maria Mônica Macêdo Torres  
Auta Stella de Medeiros Germano  
Marcílio Colombo Oliveros  
Maria Cristina Dal Pian Nobre  
Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Apoio Financeiro: CNPq

### Energia e Mudança

Desde criança aprendemos que a toda ação está relacionada uma causa, e muitas vezes a energia é vista como causa das ações. Mas a causa das mudanças não é a Energia, mas sim a Diferença.

### Uma Hierarquia de Diferenças

- *Estátua.* Está em equilíbrio térmico com o meio ao seu redor, nada acontece. Porém, seu material é diferente do material dos seus vizinhos, com o tempo essa diferença acabará.

- *Xicara de café quente.* Não está longe do equilíbrio. Possui uma diferença de temperatura com os seus vizinhos, mas essa breve diferença acabará e o café esfriará. Enquanto quente ele pode fazer coisas: como queimar sua língua, por exemplo.

- *Um furacão.* Longe do equilíbrio. Possui uma diferença de pressão o qual faz o vento soprar forte. No fim essa diferença acabará. Esse furacão é forte o suficiente para arrastar coisas e pode criar movimentos organizados.

- *Uma panela no fogo.* Mantém-se num estado estacionário longe do equilíbrio às custas de uma grande diferença contínua: a chama de um fogo. Se a chama for quente o bastante ela cria movimentos organizados: as correntes de convecção na água. Essa diferença guia a energia através da água criando pequenos pacotes organizados de diferenças.

- *Sol.* Ele próprio se mantém num estado estacionário.

- *Um carro.* Destói ordem (diferença química) em combustível para criar movimento organizado.

- *Uma árvore.* Mantém-se num estado estacionário longe do equilíbrio. As árvores se alimentam da luz do sol: que permite criar material químico organizado, por fotossíntese. A árvore é auto-organizada: Ela armazena informações contidas no DNA, a qual gera outras estruturas organizadas.

*Um animal.* Também se mantém num estado estacionário longe do equilíbrio. Também é auto-organizável. Os animais se alimentam da ordem das plantas que por sua vez usaram a luz solar. Os animais podem



agir: Eles se movimentam e podem mover outras coisas. Suas ações criam movimentos organizados às custas de mais ordem.

Assim, vemos que as diferenças tendem a desaparecer. Isso é o que está expresso na segunda lei da termodinâmica, que diz que a entropia (desordem) sempre aumenta, em sistemas fechados.

Diferença = ordem/organização = informação

Entropia = desordem

↓ Diferença  $\Rightarrow$  ↑ Entropia

O que significa dizer que diferença gera mudança ?

É dizer que alguma coisa que não está em equilíbrio vai para o equilíbrio. Não estando em equilíbrio significa que há diferença, portanto, enquanto houver diferença, haverá mudança.

Diferenças podem ser geradas quando outras diferenças maiores desaparecem.

Sistemas abertos podem ser mantidos longe do equilíbrio, às custas da eliminação de grandes diferenças.

Algumas coisas longe do equilíbrio, também podem ser fonte de diferenças necessárias para fazer outras diferenças menores. Por exemplo, tempestades podem ser produzidas como resultado da diferença de temperatura entre os pólos e o equador.

### Papel da Energia

Num sistema isolado a energia total é constante. Qualquer mudança que aconteça neste sistema terá que respeitar esse "vínculo".

***A Energia participa dos processos que ocorrem as mudanças, mas não as causa.***

A Energia pode ser trocada entre sistemas abertos.

Formas de se trocar energia:

1. Aquela que leva o sistema "composto" para o equilíbrio, tende a ser espontânea. Isso aumenta a entropia (destrói diferenças).

2. Aquela que leva um sistema nem para longe nem para perto do equilíbrio. As diferenças são mantidas (**estado estacionário**).

### Seres Vivos

Os seres vivos são sistemas abertos, estabelecem uma grande troca de energia e matéria com outros sistemas, porque eles se mantêm num estado estacionário, criando outras diferenças, ou ações. E são imaginados, muitas vezes, como fontes elementares de energia.

Mas essa criação de diferenças são possíveis às custas de outras diferenças maiores: ingerimos energia e matéria numa concentração maior do que aquela que eliminamos.

**Bibliografia**

- OGBORN, Jon.** (1991). How to think about energy. *Preprint do Instituto de Educação de Londres*.1-4
- OGBORN, Jon.** (1990). Energy, change, difference and danger. *SSS*, 72 (259), 81-85.
- NICHOLLS, Gillian and OGBORN, Jon**(1993).Institute of Education, University of London. Children's Conceptions of Energy. *Research Reports*. vol. 15, nº 1, 73-81.

## DEFINIÇÃO DE LINKS PARA A PROGRAMAÇÃO DE MÓDULOS TEMÁTICOS

Apuena Vieira Gomes<sup>73</sup>  
Maria Cristina Dal Pian Nobre<sup>74</sup>  
Glédson Elias da Silveira<sup>75</sup>

Universidade Federal do Rio Grande do Norte

O presente estudo tem origem nos trabalhos que desenvolvemos nos últimos dois anos junto à Base de Pesquisa "Cultura Científica e Produção do Conhecimento nas Ciências", do Programa de Pós-Graduação em Educação da Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Esta base atua numa área interdisciplinar conhecida como "Educação, Ciência e Tecnologia" e realiza estudos que visam a transformação do conhecimento das ciências em conhecimento pedagógico.

Dado o seu caráter aplicado, as pesquisas desenvolvidas encontram-se associadas à criação, produção e utilização dos meios que auxiliam a comunicação entre educadores e educandos e que garantem a qualidade do processo ensino-aprendizagem.

A informática se faz presente nesta tarefa, fornecendo conceitos, ferramentas e tecnologias que permitem o acesso a uma vasta gama de conhecimentos, o tratamento rápido de informações, bem como a comunicação entre os sujeitos do ensino-aprendizagem através de redes.

Formas de representar e disponibilizar informações para o uso de professores, onde sejam conhecidas não apenas a distância física entre eles, mas principalmente as diferentes formas de distâncias de entendimento entre sujeitos (cognitivas, históricas e culturais) é a proposta firmada para o desenvolvimento da segunda fase do projeto. Este trabalho diz respeito a utilização de Módulos Temáticos de Ensino sugeridos para algumas séries do primeiro grau. A implementação desses módulos é feita de acordo com momentos pedagógicos em WWW-Pages, o que auxiliará no ensino e na troca de informações diretas em distintas localizações.

### 1. O que é um documento hipermídia e sua adequação ao ensino/aprendizagem

Tecnicamente, um documento hipermídia é um hipertexto composto por um conjunto de nós ligados por elos. Os nós são blocos de informações que podem ser palavras, expressões, gráficos, vídeos,

---

73 Graduanda em Ciências da Computação - Departamento de Informática e Matemática Aplicada - UFRN

74 PhD em Educação de Ciências, Instituto de Educação de Londres - Departamento de Educação - UFRN

75 Mestre em Ciências da Computação, PUC/RJ - Departamento de Informática e Matemática Aplicada - UFRN

### *Definição de Links...*

mensagens sonoras ou documentos complexos que podem ser eles mesmos documentos hipermídia. Os nós de informação não são ligados linearmente, mas alguns deles, ou a maioria, estendem suas conexões em estrela, de modo reticular. O usuário pode navegar livremente por vários documentos seguindo elos (links). Navegar em um documento hipermídia significa portanto desenhar um percurso em uma rede que pode ser complexa dada a variedade de possibilidades de caminhos que este apresenta. O objetivo entretanto, é oferecer ao usuário, liberdade de movimentos pelos documentos proporcionado pelos elos. Às vezes, os documentos hipermídia estão ligados a outros documentos feitos por autores completamente diferentes.

Um documento hipermídia pode se apresentar sob diferentes meios e tecnologias de comunicação e formação, mas as pesquisas têm destacado a sua versão eletrônica dada a facilidade que apresenta em disponibilizar, manusear e representar informações em volume considerável. Dentre estes, privilegiaremos o WWW (*World Wide Web*), que utiliza o HTML (*HyperText Markup Language*) para a construção de hipertextos. O HTML pode ser considerado uma coleção de estilos, indicada por etiquetas, as quais definem os vários componentes de uma home page. Similar às linguagens de programação, o HTML possui regras de sintaxe e semântica que devem ser obedecidas para a criação de um documento sem erros.

Segundo van Oostendorp (1996), a disponibilização da informação através de formato eletrônico tem vantagens sobre as demais modalidades quando garante aos usuários, formas flexíveis de acessar e visualizar documentos e conhecimentos, e quando fornece ferramentas de registro de dados e procedimentos para a organização, tratamento e uso destes dados (isto é, algum grau de interatividade). Para que estas condições sejam conseguidas no caso do WWW, além do domínio da sintaxe e da semântica do HTML, algumas decisões devem ser tomadas envolvendo, por exemplo, a escolha dos links, o tamanho das home pages, o uso de gráficos e figuras, etc.

A interatividade pode ser buscada na programação de home pages dinâmicas, documentos hipermídia que apresentam-se sob diferentes formas quando vistas por diferentes usuários ou em momentos distintos de tempo. As home pages dinâmicas podem ser projetadas utilizando-se algumas técnicas já disponíveis e padronizadas. Dentre estes podemos citar:

- **JAVA:** Linguagem de programação que permite a incorporação de programas em home pages;
- **Common Gateway Interface (CGI):** Ferramenta que viabiliza uma interface entre o servidor WWW e aplicações de propósitos específicos que manipulam informações a serem dinamicamente apresentadas aos browsers cliente.

No presente trabalho a interatividade será baseada nas facilidades proporcionadas pela CGI. Esta técnica permite o projeto de home pages

dinâmicas com completa independência da linguagem de programação a ser utilizada para o desenvolvimento dos programas de tratamento das informações. Ao contrário do JAVA que requer o aprendizado de uma linguagem de programação por completo. Obviamente não estamos afirmando que CGI é uma ferramenta melhor que JAVA. Entretanto, para os propósitos específicos deste trabalho, CGI dispõe de facilidades que viabilizam de forma rápida e segura o resultado esperado.

Lévy (1993) sugere que nós compreendemos e retemos bem melhor, tudo aquilo que esteja organizado de acordo com relações espaciais e que o domínio de uma área qualquer do saber implica, quase sempre, a posse de uma rica representação esquemática. Os documentos hipermedia eletrônicos podem propor vias de acesso e instrumentos de orientação em um domínio do conhecimento sob a forma de diagramas, de redes ou de mapas conceituais manipuláveis e dinâmicos. Acredita-se que em um contexto de formação, os documentos hipermedia eletrônicos podem favorecer, de várias maneiras, uma apreensão mais rápida e mais fácil da matéria do que através do texto linear, do audiovisual clássico ou do suporte impresso habitual (Dillon, 1996).

Entretanto, como lembram Rouet & Levonen (1996), há ainda uma grande distância entre as teorias do conhecimento e da aprendizagem e os sistemas de hipertextos já implementados. Estudos sobre como os alunos navegam num hipertexto e entendem os conceitos apresentados ainda são necessários. Aspectos cognitivos são centrais neste tipo de investigação.

## 2. Módulos temáticos e sua estruturação como documento hipermedia

*Módulos Temáticos* são conjuntos de materiais que visam auxiliar o professor em suas atividades de aulas com alunos, a partir de um determinado *tema gerador*. O *tema* guarda sempre uma relação com problemáticas da vida das pessoas e é suficientemente amplo para permitir um leque de questões que *gerem* um programa de ensino, com conteúdos pertinentes às problemáticas. Temas como Seca e Água, Agricultura, Sismicidade e Habitação vêm sendo trabalhados, com o intuito de gerar conteúdos para serem utilizados em 3<sup>as.</sup> e 4<sup>as.</sup> séries do primeiro grau nas aulas de ciências (Dal Pian, 1990;1993b e 1994).

Um módulo Temático é composto por: Programação Geral - Destina-se a dar uma visão geral do que se espera com o desenvolvimento do módulo, incluindo o número total de aulas previstas. Material de apoio - Apresenta sugestões de programação de aulas, de acordo com a programação geral. Material de Experimento - São dadas instruções para a realização de experimentos, cujos materiais são de fácil aquisição por parte do professor ou dos alunos. Material de consulta, Leituras, Exercícios, Slides, Arquivo de fotos e Vídeos.

A programação dos módulos faz uso de 3 momentos pedagógicos. São eles:

*O Estudo da Realidade* - É o momento onde se cria a necessidade de compreender uma situação da realidade do aluno, problematizando-a.

*A Organização do Conhecimento* - Neste momento, o conhecimento científico toma a forma de um conteúdo escolar a ser trabalhado com os alunos.

*A Aplicação do Conhecimento* - O professor deve levar seus alunos a uma readmiração da realidade inicialmente descodificada em seus aspectos mais superficiais através da generalização de conceitos envolvidos e aprendidos na etapa anterior.

A estruturação do conhecimento em momentos pedagógicos, associada à variedade de atividades dos módulos descritas anteriormente, fornecem ao professor um conjunto de procedimentos que o orientam na implementação do programa e que o levam a refletir sobre o desempenho dos alunos, sobre a necessidade ou não de se buscar informações adicionais e sobre a necessidade de se alterar a própria seqüência de atividades inicialmente sugeridas. Permitem portanto que o professor utilize os materiais de acordo com as necessidades e os interesses de sua situação. Para que isto ocorra, há links de procedimento que o conduzem na navegação do módulo, o que confere ao módulo o caráter de documento hipermídia.

Os Módulos Temáticos existem nas versões "Impressa" (MTI) e "Eletrônica" (MTE). Metodologia para organização de *links conceituais* (e não apenas de procedimentos) para uso de MTEs em Educação à Distância via Internet está sendo atualmente testada (Dal Pian & Silveira, 1996a; 1996b). Tal metodologia (Módulos Temáticos via Web - MTW) comporta a estruturação de uma semântica referente ao conteúdo dos documentos disponibilizados num MTE. Desta forma, agrega-se à gramática da linguagem HTML, uma semântica representacional que orienta as ligações entre conceitos, o que reforça a estruturação de hipertextos pedagogicamente eficientes.

Paralelamente, alguns softwares estão sendo desenvolvidos com a finalidade de auxiliar o ensino de conceitos no âmbito dos MTEs. As condições de utilização destes programas na Internet estão sendo investigadas (Dal Pian, Silveira & Diniz, 1996). Para isto, estão sendo implementadas rotinas de manipulação de dados à distância (disponíveis em servidor WWW), transferíveis através de protocolo TCP/IP para os programas, com auxílio de biblioteca básica para tal conexão (Dal Pian & Souza, 1996); e testados programas como o Hypermail que converte arquivos de mensagens eletrônicas em mensagens em formato HTML para ser possível o acesso a WWW browsers, como o Netscape (Dal Pian & Silva, 1996).

Além disso, metodologias para a Educação à Distância vêm sendo implementadas com o intuito de garantir interatividade durante a realização de algumas atividades dos MTEs que requerem feedback imediato, tais como exercícios, questionários e avaliações de aprendizagem (Dal Pian & Silveira, 1996b).

### 3. Estudo de caso: Transformando o módulo "Sismicidade" em documento hipermidia

Como estudo de caso utilizaremos o módulo de Sismicidade (já disponível na versão MTE), cuja situação explorada é a seqüência de terremotos ocorridos em João Câmara - RN, a partir de 1986. O módulo se compõe de 4 unidades principais:

I. Os Efeitos dos Terremotos: Distingue os conceitos de intensidade e magnitude de um terremoto enquanto fenômeno natural, relacionando-os respectivamente aos efeitos do fenômeno e à energia transmitida.

II. As Ondas Viajam: Identifica os fenômenos onde existem transmissão de energia sem transmissão de matéria e relaciona intensidade com magnitude e distância.

III. Como é a Terra por Dentro?: Diferencia os elementos solo e rocha e discute materiais que se deformam e quebram com facilidade.

IV. Causas dos terremotos: Introduce a teoria de tectônica de placas e discute os pontos de maior tensão ou acúmulo de energia e o porquê da ocorrência dos terremotos no centro de uma placa, como em João Câmara.

O estudo de caso envolve três tarefas principais.

(1) Revisão dos links já disponíveis na versão MTE, utilizando a metodologia MTW.

(2) Experimento exploratório para investigar o desempenho de três grupos de sujeitos (professores de 1º grau), no estudo de alguns documentos do módulo. Serão testadas as leituras (a) linear (grupo A); (b) hipertexto com links de procedimento (grupo B); e hipertexto com links de procedimento e conceituais (grupo C).

(3) Teste de interatividade para algumas atividades do MTE Sismicidade, de acordo com a metodologia sugerida em Dal Pian & Silveira (1996b).

#### Referências

- AMARAL, F. M. C. B. (1995): Estudo do Modelo Hipertextual de Informações do Servidor WWW. *Relatório de Graduação*. Departamento de Informática e Matemática Aplicada, UFRN. Natal, RN.
- DAL PIAN, M. C. (1990): The Characterization of Communal Knowledge: Case Studies in Knowledge Relevant to Science and Schooling. *PhD Thesis*. Institute of Education of London.
- DAL PIAN, M. C. (1993a): Living With Seismicity. The Second International Conference on Planning and Disaster Management. Lankaster, UK.
- DAL PIAN, M. C. *et al.* (1993b): Sismicidade. *Anais. X SNEF - Simpósio Nacional do Ensino de Física*. UFL. Londrina, Paraná.

- DAL PIAN, M. C. (1994): Representação e Aquisição de Conceitos: Implicações para o Ensino de Ciências. Projeto Integrado de Pesquisa - CNPq. UFRN. Natal/RN.
- DAL PIAN, M. C. & SILVA, F. C (1996): Estudo de Hipermail para Aperfeiçoamento de WWW-pages. V EPEF - Encontro de Pesquisa em Ensino de Física. Águas de Lindóia/SP.
- DAL PIAN, M. C.; SILVEIRA, G. E. & DINIZ, C. H. G. (1996): Um Modelo Gerencial Dinâmico para Aplicação de Módulos Temáticos via web. V EPEF - Encontro de Pesquisa em Ensino de Física. Águas de Lindóia/SP.
- DAL PIAN, M. C. & SILVEIRA, G. E. (1996a): Módulos Temáticos Via Web: Uma Nova Estrutura para a Aprendizagem. III Taller International de Educacion a Distancial. Havana, Cuba.
- DAL PIAN, M. C. & SILVEIRA, G. E. (1996b): Metodologia de Educação à Distância via Internet. (no prelo).
- DAL PIAN, M. C. & SOUZA, M. F. (1996): Estudos para Acesso de dados à Distância por Visual Basic. V EPEF - Encontro de Pesquisa em Ensino de Física. Águas de Lindóia/SP.
- DILLON, A (1996): Myths, Misconceptions, and an Alternative Perspective on Information Usage and the Electronic Medium. In: Rouet, J.; Levonen J; Dillon, A & Spiro, R. *Hypertext and Cognition*. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.
- LÉVY, P. (1993): As Tecnologias da Inteligência: O Futuro do Pensamento na Era da Informática. Rio de Janeiro: Ed. 34.
- OOSTENDORP, H.V. (1996): Studying and Annotating Electronic Text. In: Rouet, J.; Levonen J; Dillon, A & Spiro, R. *Hypertext and Cognition*. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.
- ROUET, J. & LEVONEN, J (1996): Studying and Learning With Hypertext: Empirical Studies and Their Implications. In: Rouet, J.; Levonen J; Dillon, A & Spiro, R. *Hypertext and Cognition*. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.



## CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS E LIVROS DIDÁTICOS

Lucillana de Moraes Silveira<sup>1</sup>, Eduardo Adolfo Terrazzan<sup>2</sup>

1 - Curso de Licenciatura em Física - UFSM

2 - Centro de Educação - Universidade Federal de Santa Maria

### Introdução

Nas últimas duas décadas o Ensino de Ciências, e em particular o Ensino de Física, surgiu como uma importante área de pesquisa no campo da Educação, onde desenvolvem-se fortes linhas de investigação, dentre as quais destaca-se a que trata das chamadas concepções alternativas.

Vários autores têm trabalhado nesta direção, sobretudo com ações dirigidas ao ensino fundamental e ao ensino médio. De um desses trabalhos tomamos a conceituação:

*Concepções alternativas, também chamadas intuitivas ou alternativas, são as concepções apresentadas pelos estudantes, que diferem das concepções aceitas pela comunidade científica. Vários trabalhos têm sido publicados salientando a importância destas concepções no ensino e na aprendizagem, tendo em vista que algumas são compartilhadas por um grande número de alunos, são resistentes à instrução, e em alguns casos surgem como decorrência da instrução. (Gravina e Buchweitz, 1994:110)*

O presente estudo é derivado dessa modalidade de pesquisa e se insere no âmbito de um projeto de iniciação científica que busca centrar a atenção na análise de algumas temáticas/conceitos de Física, integrantes do currículo de ensino médio. Nas temáticas escolhidas evidencia-se, a princípio, um alto índice de manifestações do tipo concepções alternativas, por parte dos estudantes, em alguns casos, até por parte dos próprios professores, conforme relatado na literatura específica da área.

### Escopo do estudo

Neste trabalho analisamos alguns dos livros didáticos de Física para ensino médio dentre os mais utilizados pelas escolas do município de Santa Maria/RS. Procuramos identificar as formas de apresentação de situações envolvendo conceitos científicos, que possam vir a reforçar ou "induzir", nos estudantes, concepções alternativas/alternativas. Para esta análise, tomamos por base os resultados já "mapeados" na literatura específica da pesquisa em Ensino de Física, acerca deste tema.

### Desenvolvimento do trabalho

O trabalho foi desenvolvido através de ações caracterizadas nas seguintes etapas:

## 1. Contato com professores do Ensino Médio da disciplina de Física<sup>76</sup>

Nesta etapa aplicamos questionários aos professores desta disciplina, em todas escolas do ensino médio da cidade de Santa Maria. Nestes questionários solicitamos basicamente informações como: dados pessoais; formação profissional; atual situação profissional; dados da(s) escola(s) em que leciona; livros didáticos mais utilizados para preparação das aulas e/ou utilização em sala de aula; estratégias didáticas; opiniões sobre os conceitos mais importantes de serem ensinados dentro dos tópicos mais frequentes nos programas escolares; interesse em participar de um Núcleo de Professores de Física, bem como de atividades de atualização e aperfeiçoamento profissional.

Para que orientássemos nosso estudo sobre assuntos específicos foi importante o levantamento das opiniões dos professores sobre os conceitos mais relevantes de serem ensinados. Este levantamento evidenciou tanto um desejo, por parte dos professores, de incluir temas ou conceitos que normalmente não são trabalhados no ensino médio, por exemplo Efeito Fotoelétrico, como uma formação deficiente dos mesmos, pela indicação de conceitos não necessariamente prioritários dentro dos tópicos sugeridos, por exemplo, Escalas Termométricas.

O levantamento dos livros didáticos permitiu, por outro lado, que o estudo fosse referenciado, o mais diretamente possível, no material que efetivamente influencia as aulas de Física do ensino médio. Seja porque são livros utilizados pelos alunos para estudo e acompanhamento das aulas, seja porque são utilizados, pelos professores, na preparação destas aulas ou de polígrafos para as mesmas.

## 2. Contato com professores do departamento de Física da UFSM<sup>77</sup>

Para este contato aplicamos questionários, onde foram solicitadas as seguintes informações: nome; titulação; disciplinas já lecionadas no curso de licenciatura; experiências de magistério no ensino médio; pesquisas atualmente em desenvolvimento; áreas ou especialidades de atuação; opiniões sobre os conceitos considerados mais importantes em Física e que deveriam fazer parte das programações escolares de ensino médio.

Estas últimas opiniões foram consideradas importantes, pois partiam, de profissionais que trabalham na universidade justamente na tarefa de formação de futuros professores.

---

<sup>76</sup>Não foi possível obter junto à S'DE/SEC/RS a relação de professores da rede pública da cidade de Santa Maria, atuando na área de Física, nem mesmo o número de professores da disciplina vinculados a esta Delegacia. Apesar disto, procuramos enviar os questionários a todos os professores de física das escolas de ensino médio de Santa Maria, cerca de 40. Destes, conseguimos um retorno de 18 questionários respondidos.

<sup>77</sup> Neste levantamento solicitamos a colaboração de 23 professores do Departamento de Física da UFSM, no preenchimento do questionário, dentre os quais 12 nos deram retorno.

### 3. Escolha dos temas/conceitos a serem investigados

A escolha dos temas a serem investigados, baseou-se em parte nos resultados dos questionários aplicados aos professores de Física de Santa Maria da rede de ensino médio e também professores da UFSM que atuam, permanentemente, ou que atuaram até recentemente, no curso de Licenciatura em Física.

Além disso, procuramos escolher temas que já se encontram, de certa forma, mapeados em publicações específicas da área de pesquisa em ensino de ciências, em relação ao estudo das concepções alternativas/alternativas.

Ainda assim, diante da diversidade de temas a escolher, iniciamos a investigação optando por um tema para cada série correspondente ao nível médio de ensino, de maneira a tornar a seleção mais representativa. Assim sendo, escolhemos o tema "Força e Movimento", referente à 1ª série, o tema "Calor e Temperatura", referente à 2ª série e o tema "Circuitos Elétricos" referente à 3ª série.

### 4. Escolhas dos Livros Didáticos<sup>78</sup>

Através das informações contidas nos questionários, determinamos os livros didáticos para serem analisados. Desse modo seguindo o número de indicações, resultou as seguintes escolhas: Fundamentos da Física - Ramalho, Ivan, Nicolau e Toledo; Física - Bonjorno/Clinton; Curso de Física - Beatriz Alvarenga e Antônio Máximo.

### 5. Estudo das concepções alternativas

Esta etapa do trabalho se desenvolveu a partir do estudo sobre concepções alternativas no âmbito das temáticas escolhidas, tomando-se por base artigos e publicações da área de pesquisa em Ensino de Ciências, procurando evidenciar as formulações características mais frequentes e classificá-las em tendências do pensar. Os trabalhos utilizados como fonte para este estudo, estão indicados nas referências bibliográficas.

Iniciamos esta análise após uma leitura prévia dos capítulos referentes aos temas selecionados, no livro de Rosalind Driver (1991), intitulado "Ideas Científicas en la Infancia y la Adolescencia". A partir de uma segunda leitura registramos as principais concepções alternativas apontadas neste livro.

Realizamos uma seleção de artigos referentes ao tema, publicados em revistas de Educação em Ciências, e após a leitura dos mesmos, registramos as concepções alternativas ali citadas.

---

<sup>78</sup> As indicações completas destes livros encontram-se nas referências bibliográficas.

Além destes livros, resolvemos incluir um texto bastante usado pelos professores para a introdução à física na 8ª série do 1º grau, intitulado "Ciências" de Demétrio Gowdak. Isto porque vários conceitos de Mecânica são discutidos mais informalmente neste texto para 8ª série.

Retornamos ao estudo das concepções alternativas, agora utilizando o livro de Maria Eduarda(1991), intitulado "Mudança Conceptual na Sala de Aula - Um Desafio Pedagógico". procurando observar se as concepções ali indicadas estavam em concordância com aquelas mapeadas no livro de Driver e nos outros artigos.

Da análise dos livros e artigos estudados, procuramos classificar, as formulações apontadas nos mesmos, para melhor referenciar a análise dos livros didáticos, propriamente dita. Destacamos abaixo as concepções analisadas:

- Concepções Alternativas na Mecânica

*"Formulações": "Força incorporada ao movimento do objeto"; "Uso indistinto de força e outros termos como energia, pressão, potência e outros"; "Objeto em repouso implica na ausência de força"; "Força proporcional a velocidade"; "Força na mesma direção do movimento"; "Ação diferente da reação"; "Força dependente do contato"; "Movimento dependente da trajetória anterior."; "Observadores Privilegiados".*

- Concepções Alternativas sobre Calor e Temperatura

*"Formulações": "Confusão entre energia e calor"; "Calor como uma substância"; "Confusão entre condutores e isolantes"; "Relação com o tato"; "Temperatura de um objeto dependente da natureza do material".*

- Concepções Alternativas acerca de Circuitos Elétricos

*"Formulações": "A corrente é consumida no circuito"; "Confusão entre os conceitos de corrente elétrica e diferença de potencial"; "Correntes que se chocam"; "Confusão entre corrente elétrica e energia elétrica"; "Modelo unipolar".*

- 6. Análise dos livros didáticos de Física à luz do estudo das concepções alternativas

Esta análise desenvolveu-se, de modo geral, segundo os seguintes momentos:

- Leitura prévia dos livros didáticos para demarcar a apresentação das temáticas.

Realizamos uma primeira leitura dos livros didáticos buscando identificar, na apresentação das temáticas/conteúdos, formas que pudessem "induzir" ou "reforçar" concepções do tipo alternativas e registramos nossas observações a respeito destas apresentações.

- Análise da apresentação das temáticas escolhidas nos livros didáticos, observando, registrando e eventualmente comentando, a presença de indícios que poderiam "reforçar" as concepções alternativas apontadas na literatura específica.

Uma segunda leitura, permitiu uma análise mais acurada possibilitando corroborar ou descartar as escolhas feitas, bem como incluir algumas novas.

Na tabela abaixo reproduzimos alguns exemplos dos resultados obtidos; os conceitos analisados, as formulações mais significativas citadas na literatura consultada e as apresentações nos livros didáticos, que de alguma forma se relacionam com as formulações escolhidas.

conceito	formulação	apresentação nos livros didáticos
força/ energia	<ul style="list-style-type: none"> <li>Força como sinônimo de outras entidades físicas como a pressão, energia ou potência.</li> </ul> <p>Tendem a usar indiscriminadamente as noções de força e energia. Dizem por exemplo, "a força do motor", "a força do vento", "a força do mar", "um empurrar energético", "sacudir energeticamente uma árvore".</p>	<p><b>Alvarenga:</b> (p.130): "Quando exercemos um esforço muscular para empurrar um objeto, estamos lhe comunicando uma força; uma locomotiva exerce força para arrastar as vagões; um jato de água exerce força para acionar uma turbina."</p> <p><b>Ramalho:</b> (p.167): "força associada ao esforço muscular e também por outras causas diferentes, como de ação do vento, atração de cargas elétricas."</p>
força	tendem a explicar a ação de uma força quando observam movimento e a ignorá-la quando não observam.	<b>Alvarenga:</b> (p.134): "se um corpo estiver em repouso, é necessária a ação de uma força sobre ele para colocá-lo em movimento."
força/ velocidade	<ul style="list-style-type: none"> <li>A relação espontânea entre a força e velocidade parece ser mediada por dificuldades com o conceito de aceleração.</li> <li>Esquema intuitivo: <math>V=0</math>, se <math>F=0</math>; <math>F=kV</math>.</li> </ul>	<b>Gowdak:</b> (p.173): "os carros e barcos movem-se devido à força do motor que lhes imprime uma velocidade..."
calor/ temperatura	<ul style="list-style-type: none"> <li>tendem a considerar que os objetos "percebidos como quentes" e os objetos "percebidos como frios" não estão à mesma temperatura.</li> <li>relação com o tato.</li> </ul>	<p><b>Alvarenga:</b> (352): "Usando o nosso tato, podemos perceber, entre dois corpos, qual é o mais quente e qual é o mais frio, isto é, sabemos reconhecer qual dos dois tem temperatura mais elevada."</p> <p>..." Você poderia verificar que o corpo mais quente iria se esfriando, enquanto o mais frio iria se aquecendo. Depois de um certo tempo, você perceberia, usando seu tato, que os corpos atingiram uma mesma temperatura."</p> <p><b>Bonjorno:</b> (9): "Portanto as palavras quente e frio estão associadas à temperatura de um corpo."</p>
calor	<ul style="list-style-type: none"> <li>calor como uma substância.</li> <li>tendem a assimilar o calor como uma substância material, a um fluido. A algo parecido com o ar ou com o vapor. O "frio" e o "quente" adquirem para os alunos uma existência autônoma. Dizem, por exemplo, que o calor existente na ponta de uma barra (cuja extremidade está a ser aquecida), quando já não cabe, desloca-se ao longo da barra.</li> </ul>	<p><b>Ramalho:</b> (3): "Em outras palavras, houve uma passagem de energia térmica (calor) do corpo mais quente para o corpo mais frio."</p> <p><b>Bonjorno:</b> (43): "À medida que o calor penetra no corpo, aumenta a energia interna das partículas, o que faz com que se movimentem com velocidade maior. Quanto mais calor o corpo recebe, maior e mais desordenado será o movimento de suas partículas."</p>

	<p>Referem-se à necessidade de fechar o frigorífico para não deixar sair o frio, em "fechar a janela para guardar o calor dentro (ou) guardar o frio fora", a que "o metal transmite o frio e o plástico não", ou ainda, a que "o material da carroceria do automóvel armazena mais facilmente o frio do que o dos pneus".</p>	
corrente	<p>dos terminais de bateria saem cargas positivas e negativas, em sentidos opostos, e quando as mesmas chegam a um elemento, devido a atração entre elas, parte delas se neutralizam, aparecendo então, luz e/ou calor. ("modelo de corrente elétrica em choque").</p>	<p><b>Bonjorno:</b> (136): apresenta uma figura não muito clara, onde em uma lâmpada, dois conectores parecem estar ligados em um mesmo ponto, e portanto poderia indicar que esta possui um só polo para onde converge a corrente.</p> <p><b>Bonjorno:</b> (140): a figura do exercício 152 apresenta o mesmo problema apresentado anteriormente.</p>

## Conclusões

Os livros didáticos, infelizmente são extremamente sucintos nas suas apresentações. Poucos discorrem sobre os assuntos tratados. Usualmente são apresentadas muitas definições e fórmulas e, em seguida, são realizados alguns exercícios de aplicação, numéricos na maioria dos casos. Assim, pouco contribuem para a formação de conceitos científicos.

Pode-se dizer também que, não expõem sistematicamente os leitores a reforços sobre suas próprias concepções justamente por *não correrem o risco de discutir a Física* presente nas situações trabalhadas. No entanto, implicitamente acabam por colaborar com a manutenção das concepções alternativas/alternativas dos mesmos.

Como perspectiva para a continuidade do trabalho podemos apontar: o aprofundamento da análise realizada, estendendo-a a outros conceitos científicos e a outros livros didáticos; a ampliação dos critérios de análise, procurando focar mais especificamente a questão da linguagem no ensino; o retorno aos professores da rede escolar com os resultados obtidos na análise realizada, em duas formas:

- Publicação e distribuição destes resultados, particularmente aos professores participantes (respondentes) da pesquisa.
- Cursos sobre "Concepções Alternativas no Ensino de Ciências".

## Referências Bibliográficas

- ALVARES, B.A. e LUZ, A.M.R. da; (1986). *Curso de Física 1, 2, 3*. São Paulo/BRA: Editora Harbra.
- AXT, R. e BRÜCKMANN, M.E.; (1989). 'O conceito de calor nos livros de ciências'. In: *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Florianópolis/BRA, UFSC, 6(2), 128-142.
- BONJORNO, R.A.; BONJORNO, J.R.; BONJORNO, V. e RAMOS, C.M.; (1992). *Física 1, 2, 3*. São Paulo/BRA: Editora FTD.
- CARRASCOSA, J., FERNANDEZ, D.G. y OROSCO, A.; (1991). 'Diferencias en la evolución de las preconcepciones en distintos dominios científicos.' In: *Revista de Ensino de Física*, São Paulo/BRA, SBF, 13, 104-134.
- DRIVER, R.; GUESNE, E. e TIBERGHIE, A.; (1992). *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*. Madrid, Ediciones Morata.
- DOMÍNGEZ, M.E. e MOREIRA, M.A.; (1988). 'Significados atribuídos aos conceitos de campo elétrico e potencial elétrico por estudantes de Física Geral.' In: *Revista de Ensino de Física*, São Paulo/BRA, SBF, 10, 67-82.
- GOWDAK, D.; (s.d.). *Ciências*, 8ª série. São Paulo/BRA: Editora FTD.
- GRAVINA, M.H. e BUCHWEITZ, B.; (1994). 'Mudança nas concepções alternativas de estudantes relacionadas com eletricidade.' In: *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo/BRA, SBF, 16(1 a 4), 110-119.
- HEWSON, P.W. y BEETH, M.E.; (1995). 'Enseñanza para un cambio conceptual: ejemplos de fuerza y de movimiento.' In: *Enseñanza de las Ciencias*, Barcelona/Valencia/ESP, UAB/UV, 13(1), 25-35.
- LABURU, C.E. y de CARVALHO, A.M.P.; (1992). 'Investigación del desarrollo y aprendizaje de la noción de aceleración en adolescentes.' In: *Enseñanza de las Ciencias*, Barcelona/Valencia/ESP, UAB/UV, 10(1), 63-72.
- PACCA, J.L. de A., VILLANI, A. e HOSOU, Y.; (1983). 'Conceitos Intuitivos e Conteúdos Formais de Física: Considerações.' In: *Publicações*, São Paulo/BRA, Instituto de Física-IFUSP.
- PEIDUZZI, F.O.Q.; (1992). 'Força e Movimento na Ciência Curricular.' In: *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo/BRA, SBF, 14(2), 87-91.
- PREGNOLATTO, Y.H., PACCA, J.L.A. E TOSCANO, C.; (1992). 'Concepções sobre força e movimento.' In: *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo/BRA, SBF, 14(1), 19-23.
- RAMALHO, F.; SANTOS, J.I.C. dos; FERRARO, N.G. e SOARES, P.A.T.; (1983). *Os fundamentos da Física, 1 Mecânica, 2 Termologia, Óptica Geométrica e Ondas, 3 Eletricidade*. São Paulo/BRA: Editora Moderna.

- SANTOS, M.E.; (1991). *Mudança conceptual na sala de aula - Um desafio pedagógico*. Lisboa, Livros Horizonte.
- URE, M.H., MÜLER, G., SEBASTIÁ, J.M. and MARTÍNEZ, A.d'A.; (1994). 'Concepciones Intuitivas de los estudiantes sobre el Principio de Acción y Reacción.' In: *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo/BRA, SBF, 16(1-4), 120-128.
- VIEIRA, J.S., QUILLFEIDT, J.A., SELISTRE, L.F., RIOS, L.H.R., SCHMITZ, S.R. e STEFFANI, M.H.; (1986). 'Conservação de corrente elétrica num circuito elementar: o que os alunos pensam a respeito.' In: *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Florianópolis/BRA, UFSC, 3(1), 12-16.
- VILLANI, A., PACCA, J.L. e HOSOUME, Y.; (1985). 'Concepções Alternativas sobre Movimento.' In: *Publicações*, São Paulo/BRA, Instituto de Física-IFUSP/P-488.
- ZYLBERSZTAJN, A.; (1983). 'Concepções Alternativas em Física: Exemplos em Dinâmica e Implicações para o Ensino.' In: *Revista de Ensino de Física*, São Paulo/BRA, SBF, 5(2), 3-16.



## GRAVITAÇÃO: UM EXEMPLO DO USO DA HISTÓRIA DA FÍSICA

Josefina C. Silva \*  
Instituto de Física e Faculdade de Educação  
Gláucia Lopes\*, João Zanelic  
Instituto de Física

*"Só se pode entender a essência das coisas quando se conhecem sua origem e desenvolvimento"*  
*Heráclito*

### 1. Introdução

Apesar das pesquisas em ensino de física apontarem aspectos que apresentam relevância direta para o que ocorre em sala de aula, mudanças na forma tradicional de abordagem de temas da física costumam a chegar até os alunos, em qualquer nível de ensino, tanto no que se refere a diferentes estratégias de ensino quanto à construção do conteúdo específico de física, frequentemente baseados no algoritmo matemático e na experimentação.

O objetivo principal desta pesquisa é o estudo de características de aprendizagem apresentadas por alunos que frequentaram uma disciplina, obrigatória dos cursos de licenciatura em física e matemática da USP (campus São Paulo), que busca implementar uma outra dimensão no conteúdo de física: a utilização da história e da filosofia da ciência.

### 2. A disciplina

1. Da roda aos céus
2. O sistema de mundo aristotélico-ptolomaico
3. O tamanho do mundo grego
4. Algumas idéias sobre a mecânica na Idade Média
5. A revolução copernicana
6. Repercussões dessa ciência na literatura universal
7. Do círculo perfeito à elipse
8. Algumas contribuições de Galileu Galilei
9. Galileu e Kepler: aspectos pedagógicos e literários
10. Os "Principia" de Isaac Newton
11. Triunfos da mecânica newtoniana depois de Newton
12. Mais alguns tópicos gravitacionais.

A contribuição da filosofia da ciência na estruturação dessa disciplina fica por conta da utilização das idéias de Thomas Kuhn presentes no seu livro "A estrutura das revoluções científicas". Assim, o conteúdo da disciplina é construído com base na sequência ciência normal - crise - revolução científica - ciência normal, explorando a proposição e

articulação dos diferentes paradigmas que se sucederam na caminhada rumo à teoria gravitacional de Newton.

### 3. Caracterização dos alunos

Esta caracterização dos alunos foi efetuada com base num questionário de 24 questões distribuídas em três blocos:

#### a) Informações gerais

Dois terços dos alunos ingressantes nessas licenciaturas frequentaram o segundo grau numa escola pública, sendo importante destacar que pouco mais de 40% o fizeram em escolas técnicas. Quase 40% dos alunos frequentaram o segundo grau no período noturno. A faixa etária era bem variada: 60% estavam entre os 20 e 30 anos de idade; 29% abaixo dos 20 e os restantes 11% com idade acima dos 30 anos. Cerca de 60% dos alunos indicaram que estavam frequentando um curso de licenciatura porque pretendiam dar aulas enquanto que cerca de 14% afirmaram apenas pretender ampliar seus conhecimentos.

#### b) Informações sobre o estudo anterior de física

Apenas 30% dos alunos estudaram algum conteúdo relativo ao tema gravitação e demonstravam conhecer algo sobre as leis de Kepler e sobre o princípio da gravitação universal de Newton. Pouco mais de 60% dos alunos utilizaram livros didáticos de física e destes, 28% indicaram o "livro do Ramalho". Pouco mais de três quartos dos alunos disseram que gostavam de estudar física no segundo grau porque ela estava relacionada com temas do cotidiano (!). Apenas pouco mais de um décimo dos alunos leram algo relacionado com história ou filosofia da ciência.

#### c) Conhecimento específico sobre o tema gravitação

Poucos alunos demonstraram conhecer o tema com certa profundidade e a maioria encontra grande dificuldade em explicar os fenômenos celestes como as fases da Lua, eclipses, etc.

### 4. Análise das avaliações

Ao analisarmos as duas avaliações, pudemos fazer uma comparação do desempenho dos alunos durante esse semestre.

As questões foram analisadas segundo uma classificação de quatro tipos:

1. construção de conhecimento: identificação de um processo que leva à geração de novos conhecimentos;
2. conceitual: compreensão de conceitos ou distinção de procedimentos geradores de conceitos;
3. metodológica: que envolve a utilização de diferentes métodos;
4. aplicação: uso de conceitos na resolução de problemas.

Inicialmente escolhemos aleatoriamente uma das questões de cada avaliação de cada turma para análise e anotamos os tipos de respostas que os alunos apresentaram para essa questão; e depois, fazendo uma

análise mais detalhada, anotamos os acertos e os erros para todas as questões das provas.

Construímos tabelas e diagramas para visualizar melhor quais as questões com maior número de acertos e de erros e quais obtiveram maior índice de respostas, já que os alunos poderiam optar por não responder duas das questões da avaliação. Embora para cada turma as avaliações foram diferentes, as questões abordavam os mesmos assuntos específicos e possuíam quase sempre o mesmo caráter.

Na análise da primeira avaliação da turma da licenciatura em matemática (diurno), que foi aplicada em 26/09/96 e continha 10 questões, nós classificamos as questões segundo os 4 tipos e percebemos que dos 65 alunos que a fizeram, a maioria obteve nota entre 4 e 5. Já na segunda avaliação, que foi aplicada em 21/11/96 e foi composta de oito questões, a nota dos 68 alunos que a fizeram, foram melhor distribuídas, ou seja, tivemos quase a metade dos alunos com notas iguais ou superiores a cinco.

Tabela 1- Obs.: Esta avaliação foi feita por 65 alunos.

nº da questão	tipo de questão	alunos que: (%)				
		acertaram 100 %	acertaram 50% ou mais	acertaram menos que 50%	erraram	não escolheram
1	A	12,3	63,1	21,5	-	3,0
2	A	13,8	41,5	30,8	-	13,8
3	B	1,5	21,5	26,2	4,6	46,2
4	B	7,7	36,9	38,5	1,5	15,4
5	B	-	41,5	38,5	6,1	13,8
6	C	-	9,2	44,6	21,5	21,5
7	C	-	15,4	20,0	27,7	36,9
8	B	-	1,5	7,7	6,1	84,7
9	D	16,9	52,3	12,3	3,1	15,4
10	B	4,6	3,1	20,0	21,5	50,1

Tipos de questões: A - Construção de conhecimento; B - Conceitual; C - Metodológica; D - Aplicação

Tabela 2 Obs.: esta avaliação foi feita por 67 alunos.

nº da questão	tipo de questão	alunos que: (%)				
		acertaram 100 %	acertaram 50 % ou mais	acertaram menos que 50 %	erraram	não escolheram
1	B	-	49,3	19,4	1,5	29,8
2	C	1,5	59,7	31,3	-	7,5
3	B	1,5	31,3	16,4	1,5	49,3
4	D	1,5	25,4	29,8	5,5	35,8
5	D	23,9	56,7	13,4	-	6
6	D	6	4,5	4,5	31,3	53,7
7	B	7,5	46,3	7,5	8,9	29,8
8	C	1,5	29,8	34,4	4,5	29,8

diagrama 1

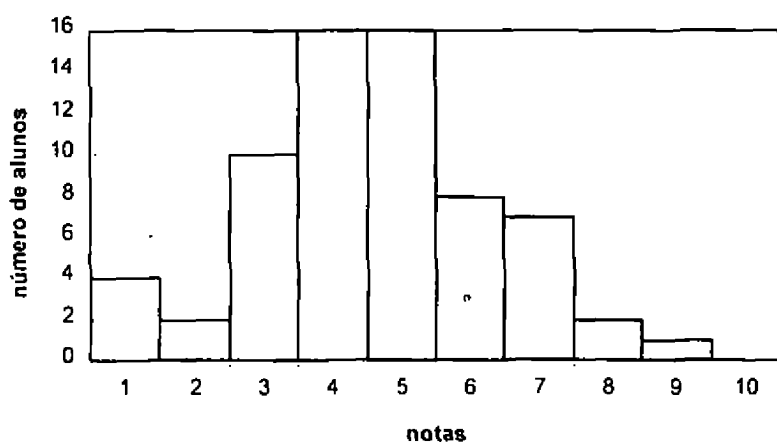
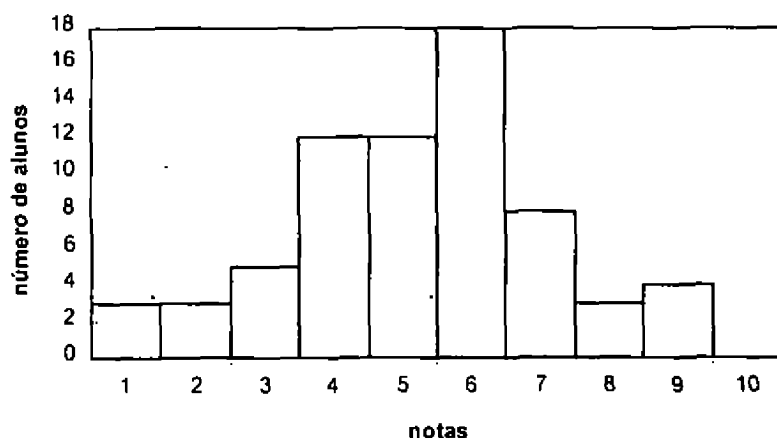


diagrama 2



Com relação à turma da licenciatura em física (diurna), na primeira avaliação aplicada em 25/09/95 e que possuía o mesmo número de questões, os 37 alunos tiveram notas com um pico mais acentuado entre três e quatro. Comparando com a segunda avaliação, aplicada em 21/11/95, apesar de ainda existir notas inferiores a cinco, verificamos que a metade dos alunos tiveram notas superiores a cinco.

**Tabela 3- Obs.: Esta avaliação foi feita por 37 alunos.**

nº da questão	tipo de questão	alunos que (%):				
		100 %	50 % ou mais	acertaram menos que 50 %	erraram	não escolheram
1	A	-	8,1	48,6	10,8	32,4
2	B	5,4	18,9	51,3	5,4	18,9
3	B e C	5,4	43,2	24,4	8,1	18,9
4	B	-	10,8	43,2	8,0	32,4
5	B	2,7	43,2	45,9	8,1	-
6	B	18,9	27,1	16,2	2,7	35,1
7	C	-	35,1	29,8	13,5	21,6
8	B	2,7	2,7	21,6	10,8	62,2
9	D	29,8	27,0	27,0	8,1	8,1
10	B	13,5	16,2	13,5	5,0	51,3

**Tabela 4- Obs.: Esta avaliação foi feita por 33 alunos.**

nº da questão	tipo de questão	alunos que (%):				
		100%	acertaram 50% ou mais	acertaram menos que 50%	erraram	não escolheram
1	C	3,2	67,7	12,9	-	16,1
2	C	6,4	61,3	9,7	3,2	19,4
3	B	3,2	35,5	35,5	6,4	19,4
4	B	-	25,8	41,9	3,2	29
5	D	25,8	35,5	22,6	3,2	12,9
6	D	3,2	41,9	19,4	9,7	25,8
7	B	3,2	12,9	22,6	6,4	54,8
8	C	-	12,9	51,6	-	35,5

**diagrama 3**

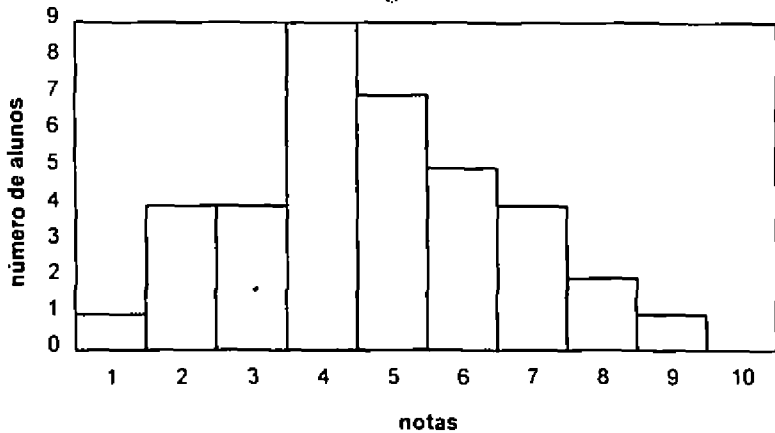
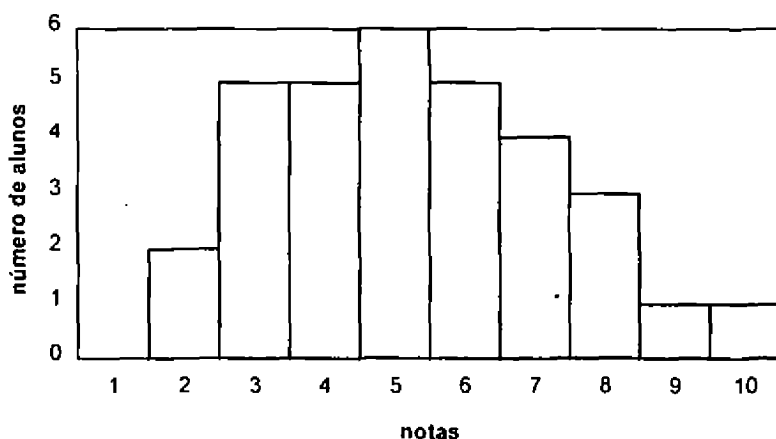


diagrama 4



## 5. conclusões preliminares

1. Uma primeira conclusão diz respeito à reação dos alunos à disciplina. Nota-se uma certa perplexidade de boa parte dos alunos no início das atividades: há uma certa surpresa quanto ao fato de que boa parte das aulas iniciais ficaram apenas "no discurso", isto é, não utilizavam as tradicionais construções matemáticas ou as "fórmulas", estas últimas dominantes no ensino do 2º grau e as primeiras dominantes nas primeiras disciplinas que eles frequentaram na universidade. No entanto, aos poucos, com o auxílio das listas de exercícios, realizadas em grupos de dois ou três alunos e que deviam ser entregues a cada quinze dias, a dinâmica das aulas foi sendo entendida e parte significativa dos alunos acabou demonstrando uma boa aceitação da disciplina e do texto que a embasava. Neste ano, visando implementar seu papel na organização do estudo e prática de redação, as listas de exercícios passaram a ser individuais.

2. Fazendo um comentário geral sobre a análise das provas, pudemos perceber que na primeira avaliação houve um reflexo da perplexidade acima mencionada, isto é, como a maioria dos alunos ainda não havia captado tanto a metodologia diferente quanto a nova forma de abordagem do conteúdo e como boa parte dos alunos tem dificuldade em expressar seu pensamento através de breves ensaios, as notas obtidas foram relativamente baixas. Houve uma ligeira melhora quando da realização da segunda prova.

3. Uma análise das avaliações e dos questionários evidenciam que uma parcela dos alunos evolui na direção da utilização e compreensão dos elementos históricos e filosóficos discutidos

em aula. Alguns aparecem em aula com textos mencionados na bibliografia ou utilizam tais textos na realização dos exercícios para casa. Esta conclusão nos permite antever a possibilidade de transformação da forma dominante ("formulista" e/ou "aplicada") do ensino de física que contemple, além do algoritmo e da experimentação, aspectos históricos, filosóficos e sociais, presentes na construção da física.

(\* auxílio CNPq)

## PRÓTONS, ELÉTRONS E A INTERAÇÃO ENTRE ELES: MODELOS CONSTRUÍDOS POR BACHARÉIS EM FÍSICA

Yassuko Hosoume<sup>1</sup>; Maria Inês Nobre Ota<sup>2</sup> <sup>79</sup>

1- Instituto de Física da USP

2- Dep. de Física da Univ. Est. de Londrina

### Introdução

Partindo do pressuposto de que os estudantes, na tentativa de compreender a realidade física, constroem seus próprios modelos através de representações subjetivas, organizadas e sistematizadas sobre a natureza; que estas representações fazem parte de um todo que possui uma estrutura própria e que, não necessariamente, coincide com as estruturas conceituais científicas e, ainda, que este todo não é imutável e nem é assimilado de repente mas sim é construído a partir das experiências vivenciadas nas diversas atividades desenvolvidas durante o processo escolar, procuramos investigar as representações do conceito de interação que foram construídas ao longo de um curso de graduação. Embora referenciamo-nos à interação eletromagnética para obtermos nossos dados, nossa análise não foi realizada sob este recorte. Procuramos analisar como os estudantes interpretam a interação entre partículas atômicas sem tentar enquadrá-la em algum modelo teórico construído e aceito pelos físicos. Consideramos os mesmos termos que usualmente são utilizados pela física para representar as estruturas construídas pelos estudantes mas os significados destes termos dependem de como estão inseridos nas estruturas e por isso podem ser conceitualmente diferentes daqueles construídos pela física ou das várias construções elaboradas pelos estudantes.

Há dois enfoques diferentes no estudo das interações. Normalmente nos cursos de graduação é enfatizada a análise do movimento sendo a interação responsável pela variação deste. Nestas situações as representações mais relevantes são aquelas referente ao próprio movimento. Neste trabalho dirigimos a atenção para o outro lado, para o que provoca a modificação do movimento, para o conceito de interação. Os dois lados da relação de interação são diferentes tanto conceitual como significativamente. Do ponto de vista conceitual um lado é referente à forma da interação e o outro refere-se às conseqüências desta. Em termos de significado podemos dizer que há um empobrecimento no sentido da forma para a conseqüência, isto é, enquanto que a interação possui propriedades que a individualiza, caracteriza e especifica, a sua conseqüência reduz-se apenas à variação

---

<sup>79</sup>auxílio parcial da CAPES/PICD - programa de doutorado da Faculdade de Educação da USP



no movimento da partícula, seja este movimento descrito por uma trajetória clássica ou uma amplitude de probabilidade quântica. Se um lado é específico para cada tipo de interação, o outro depende apenas do valor da grandeza resultante da interação.

## I. Pressupostos

Se procurarmos no dicionário o significado de **conceito** encontramos que é a *representação de um objeto pelo pensamento por meio de suas características gerais*<sup>80</sup>. Entretanto se formos procurar na literatura encontramos várias concepções sobre o conceito. Isto indica que há diferentes correntes de pensamento a respeito do significado do conceito.

Na nossa concepção o conceito é um elemento de organização de várias seqüências, é a parte de um todo estruturado. Não é necessário que o conceito esteja relacionado a um signo que possa ser reproduzido pela palavra mas quando isto é possível ele pode ser comunicado. É possível conhecer o conceito sem que se possa explicá-lo, é um saber-sentir que pode ser difícil de ser expresso pois a palavra é boa para o lado do saber mas ineficiente para o lado do sentir. Existem conhecimentos que são intrinsecamente impossíveis de serem explicados, entretanto, são extremamente significativos quando considerados no seu contexto.

Esta é uma concepção diferente daquela que considera o conceito como uma definição ou seja como uma tentativa de explicar um objeto em termos mais básicos e por meio de palavras. A idéia de definição traz dentro de si uma proposta de regressão infinita pois pretende explicar uma palavra por meio de outras palavras. Uma palavra, ao existir, precisa (*de precisão*) um objeto mas, também, ela precisa (*de necessidade*) do objeto para existir e por isso uma das grandes dificuldades das definições é que elas se apoiam em palavras que não conseguem exprimir tudo.

Nossa investigação sobre as imagens construídas por estudantes de graduação em física está baseada na concepção de conceito contextualizado, que denominamos por *concepção teórica de conceito*. Para identificar algumas destas construções investigamos como bacharéis, recém graduados, interpretam o conceito de interação entre elétrons e prótons. Escolhemos esta interação porque ela é bastante freqüente nas diversas atividades dos cursos de graduação em Física. Além disso, suas interpretações nos contextos clássico e quântico podem ser utilizadas como protótipos para a interação gravitacional e forte respectivamente.

A concepção teórica de conceito e a construção de representações sobre a natureza são os pressupostos que nos baseamos para a elaboração

---

<sup>80</sup>Aurélio Buarque de Holanda Ferreira - *Novo Dicionário da Língua Portuguesa* - 1986 - pág. 4-15.

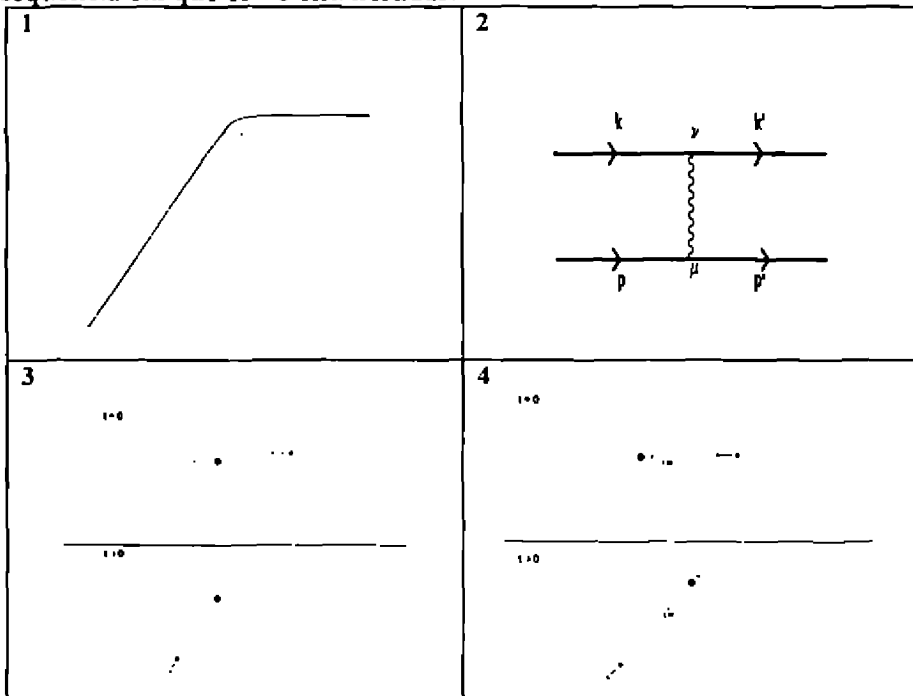
de nosso instrumento de investigação, com coleta de dados através de entrevistas e a análise dos conteúdos das mesmas.

## II. Metodologia

Nosso instrumento para coleta de material de análise é composto de entrevistas semi estruturadas. Nossa amostra são oito bacharéis recém graduados em física. São indivíduos que atualmente fazem parte de algum programa de mestrado e a origem destes estudantes, relativa ao curso de graduação, é diversificada. As condições de contorno para a escolha da pessoa entrevistada foi a obrigatoriedade de ter cursado bacharelado, estar formado a pouco tempo e ter feito o curso de graduação no Brasil. Com isto temos uma amostra razoavelmente homogênea, uma vez que as propostas curriculares dos cursos de bacharelado em física das universidades brasileiras obedecem a um mesmo padrão e a exigência que os estudantes sejam recém graduados é uma forma de controle para que a especificidade da pós graduação não se superponha à formação geral da graduação.

As entrevistas foram realizadas na seguinte seqüência:

a) As quatro figuras abaixo foram apresentadas, inicialmente, na seqüência em que estão enumeradas.



Estas figuras são representações distintas de um espalhamento elástico entre um próton e um elétron. A primeira representa a trajetória descrita por um elétron quando é espalhado por um próton, uma representação clássica. A segunda é o diagrama de Feynman referente ao

espalhamento elástico elétron-próton, uma representação da eletrodinâmica quântica. A terceira e a quarta apresentam as velocidades das partículas, antes e depois da interação, no sistema de referência do laboratório e em relação ao centro de massa, respectivamente. Trata-se também de representações clássicas que comumente aparecem nos estudos de choques entre partículas. Todas estas propriedades implícitas nas representações não são declaradas. Nossa intervenção nas entrevistas foi simplesmente apresentar uma figura por vez e perguntar sobre o seu significado. Neste primeiro momento estas figuras serviram de introdução para o tema que queríamos que fosse desenvolvido no transcorrer das entrevistas. Esta estratégia de introduzir o assunto através de figuras e não de discurso é devido ao fato de que uma representação permite obter os significados implícitos a ela.

b) Após este primeiro reconhecimento, propusemos que fossem associados eventos que pudessem ser explicados por intermédio das figuras apresentadas. Perguntamos também se duas ou mais figuras podiam representar um único evento para que não houvesse restrições a nenhuma tentativa de interpretação. Enfatizamos que o fato das figuras serem apresentadas em separado e numa determinada ordem não deveria implicar a priori que houvesse ou não relação entre elas.

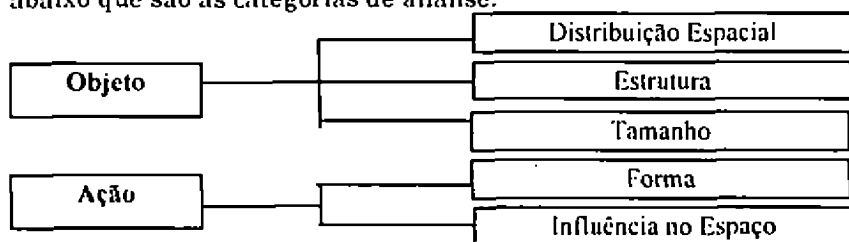
c) Finalmente, solicitamos que fossem consideradas duas partículas em particular, um elétron e um próton em qualquer uma das figuras e, então, apresentasse uma descrição detalhada, ponto a ponto, do evento representado por cada uma delas. Nesta parte também havia a possibilidade de se fazer associação ou não das quatro representações. Durante esta discussão, nossa intervenção foi no sentido de explorar mais profundamente algumas colocações que consideramos relevantes aos nossos objetivos. Procuramos sempre nos colocar solidárias às opiniões que estavam sendo apresentadas e elaborar questões que estivessem contextualizadas nas representações que iam surgindo.

As entrevistas tiveram duração média de uma hora com variação de mais ou menos quinze minutos. Nossa expectativa era obter resultados que envolvessem elementos subjetivos. Se estamos procurando investigar algumas representações construídas por estudantes de física é de se esperar que sempre que se interpreta algo há um elemento de arbitrariedade, pois interpretações envolvem julgamentos subjetivos por quem as faz e, por isso, não são únicas. Entretanto, ao lado desta subjetividade existe também uma objetividade propiciada pelo meio social em que as pessoas vivem. No caso especial que estamos investigando o meio está delimitado pela comunidade dos físicos, cujo acesso a ela é conseguido através do curso de graduação em física. O contato com a comunidade dos físicos através dos cursos permite que haja um convívio com as idéias e opiniões sobre a natureza material. Como há uma certa hegemonia que caracteriza a comunidade, há também um elemento objetivo na construção das representações da natureza do universo físico pelos estudantes de física. Os resultados, que são

apresentados na próxima seção, evidenciam tanto esta objetividade como a subjetividade no conceito de interação.

## II.1. Elaboração do instrumento de análise

Utilizando a metodologia de análise de conteúdo elaboramos duas dimensões e suas categorias. Estas dimensões foram elaboradas a partir de uma análise global de todas as entrevistas cujo objetivo foi a identificação de uma estrutura que pudesse incorporar todos elementos representativos das várias representações do conceito de interação identificadas. Nesta primeira análise o conteúdo das entrevistas foi apreciado extensivamente, ou seja, consideramos todas as entrevistas simultaneamente e procuramos identificar suas regularidades. O resultado desta análise está esquematizada no diagrama apresentado abaixo que são as categorias de análise.



As duas dimensões são denominadas por objeto e ação. A dimensão objeto é relativa a aquilo que está interagindo e a dimensão ação está relacionada a como os objetos interagem. Estas dimensões estão estruturadas em categorias:

Na dimensão **Objeto** há três categorias:

- **Distribuição Espacial:** relativa a como cada objeto está distribuído no espaço, isto é, se são extensos ou localizados, se são formados de partes distintas ou se são de um único tipo.
- **Estrutura:** nesta categoria identifica-se a composição dos objetos, se são homogêneos ou heterogêneos e se são rígidos ou maleáveis.
- **Tamanho:** relativa às dimensões de cada objeto, de caráter absoluto como pontual ou extenso e de caráter relativo como maior ou menor.
- Na dimensão **AÇÃO** há duas categorias:
- **Forma** como ocorre a interação, se há ou não mediadores da interação entre os objetos e, se houver, quais são eles.
- **Influência no Espaço** é relativa ao tipo de interação nas várias regiões do espaço, ou seja, como ocorre a interação quando os objetos estão distantes, próximos e muito próximos.

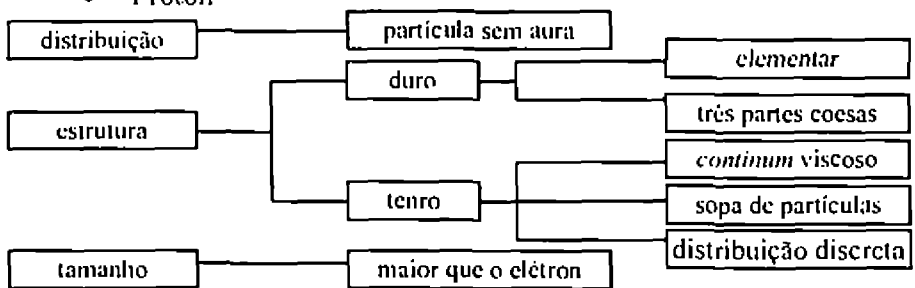
Considerando, então, estas dimensões e suas categorias retomamos cada uma das entrevistas e classificamos segundo as dimensões de análise. Com estas classificações articulamos e sintetizamos os elementos

de todas as entrevistas. Com as articulações das categorias de respostas pudemos perceber um conjunto de relações construídas por estudantes relativas ao conceito de interação entre prótons e elétrons. Os tipos de estruturas de conhecimento elaborados são resultados de uma percepção global de todos os nossos dados e, portanto, não reflete a totalidade de nenhuma entrevista em particular embora cada entrevista contenha alguns dos elementos e das relações presentes.

### III. Resultados

Na dimensão Objeto há três elementos que participam da interação: o próton, o elétron e o fóton, cujas características estão nos diagramas correspondentes:

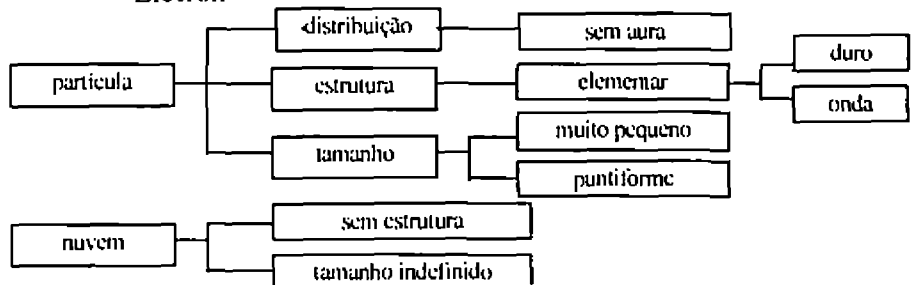
- Próton



As categorias Distribuição Espacial e Tamanho são comuns a todos os tipos de conceitualização extraídos: o próton é uma partícula que tem um determinado tamanho, é maior que o elétron e não tem nenhuma aura ao redor. O que há de diferente nos vários conceitos construídos sobre o próton é a sua estrutura.

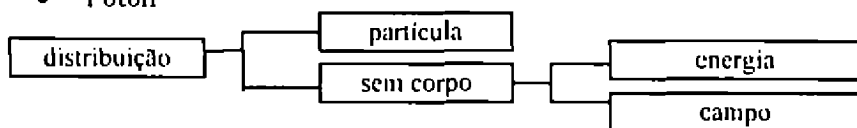
Há dois prótons: duros ou tenros e cada um deles é constituído de "coisas" diferentes. O próton duro é um bloco rígido elementar ou é constituído por três elementos rígidos e coesos. Já o próton tenro é mole o suficiente para que um elétron possa penetrá-lo. Pode ser homogêneo e viscoso ou constituído de diferentes tipos de partículas que formam uma espécie de sopa ou uma distribuição discreta de três partículas muito pequenas que guardam uma certa distância uma das outras.

- Elétron



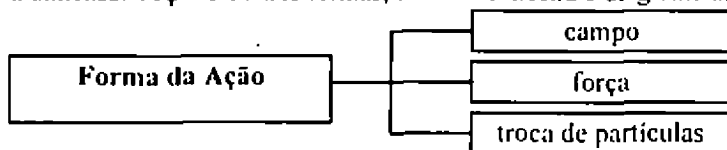
O conceito de elétron é mais homogêneo que o próton pois as diferenças que existem são localizadas e pouco discrepantes. Dois conceitos de elétron coexistem, um está relacionado ao elétron livre e outro ao elétron ligado. O elétron pode ser uma partícula ou uma nuvem, depende do seu estado de ligação. Quando é partícula ele não tem nenhuma aura ao redor, pode ser uma bolinha dura ou um pacotinho que tem uma onda dentro e é muito pequeno, podendo ser um ponto. Ele pode ser partícula e estar ligado a um núcleo mas neste estado ligado ele também pode ser uma nuvem. Nesta imagem ele tem uma distribuição espacial na forma de nuvem, não tem estrutura e seu tamanho é indefinido.

- fóton



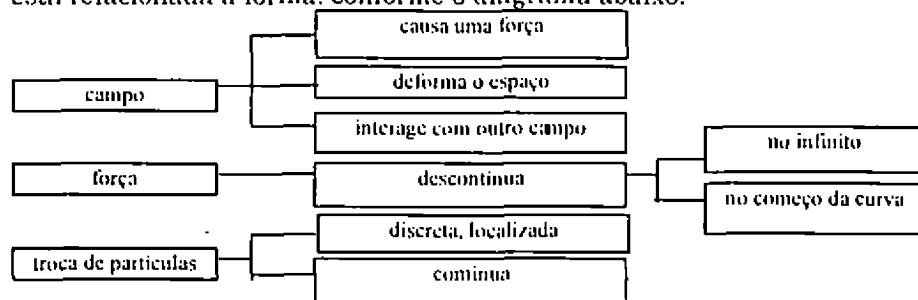
O fóton é o objeto mais indefinido de todos. O conceito de fóton é muito vago e possui apenas um elemento. O fóton pode ser uma partícula ou pode não ser partícula, não ter corpo e neste caso ele é energia ou ele é campo. Para o fóton os conceitos de partícula, energia e campo são utilizados como axiomas que se encerram em si mesmos.

Na dimensão AÇÃO há três formas, conforme mostra o diagrama abaixo:



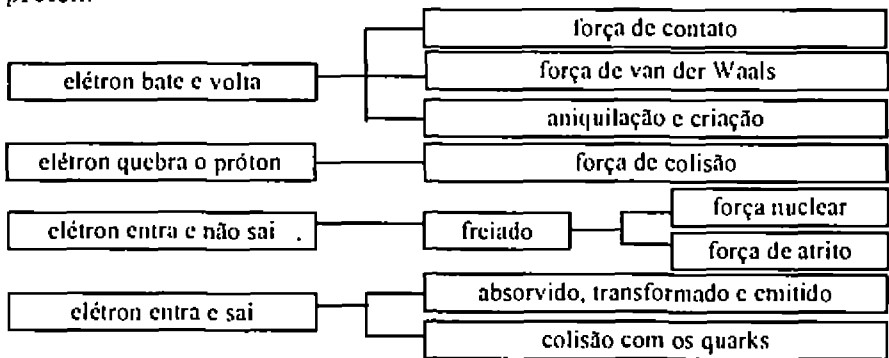
São formas independentes e incomensuráveis. Estas três formas sintetizam um conjunto maior ações que dependem da distância relativa elétron-próton.

Quando o elétron está longe do próton a INFLUÊNCIA da ação está relacionada à forma, conforme o diagrama abaixo:



- Quando um campo influencia a ação ele é de origem eletromagnética, é delimitado no espaço e sua ação tem as três propriedades indicadas no diagrama.
- Quando há apenas uma força influenciando a ação, esta força é de origem eletromagnética e descontínua no espaço. Os pontos de descontinuidade é no infinito ou próximo à região onde a mudança na velocidade do elétron é perceptível.
- Quando a ação ocorre através de troca de partículas, estas partículas são fótons e pode haver trocas discretas e localizadas na região onde a variação da velocidade do elétron é maior ou contínua em todos os pontos do espaço.

Quando o elétron está muito próximo do próton, o campo como forma de ação desaparece. Prevaecem, ainda, as formas de ação força e troca de partículas. A influência da ação, esquematizada no diagrama abaixo, depende do comportamento do elétron ao atingir frontalmente o próton.

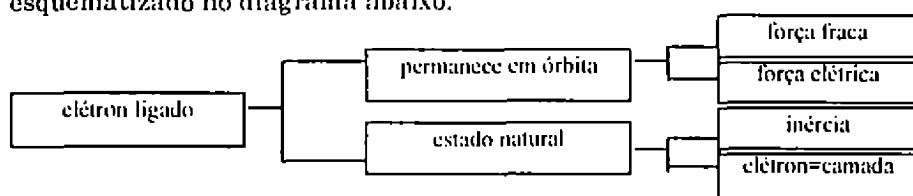


- Ao atingir o próton, o elétron pode bater nele e voltar através da ação de duas forças de naturezas diferentes ou ser aniquilado e simultaneamente criado e reemitido.
- O elétron bate no próton e quebra-o através de forças de colisão.
- O elétron entra e não consegue sair do próton. É freiado dentro do próton através de forças nucleares ou forças de atrito.
- O elétron atinge o próton, entra nele e sai por absorção, transformação e posterior emissão ou, então, ele pode atravessar o próton sem interagir a não ser que ele interaja com algum quark através de uma força de colisão, cujo resultado é a mudança na sua trajetória.

Vale a pena notar que as diferentes formas de ação no interior do próton não são de origem eletromagnética. As forças de contato, colisão e atrito têm o *status* de forças fundamentais.

Quando o elétron está próximo do próton ele pode estar em dois estados: livre ou ligado. As considerações anteriores foram relativas ao elétron livre. Se ele está ligado há também diferentes formas de ação que

o liga ao núcleo. Quando o elétron está ligado não há forma de ação por troca de partículas. Existe apenas a ação na forma de força. Por outro lado, surge uma outra concepção, relacionada especialmente ao estado ligado, onde não há interação entre o elétron e o núcleo, conforme está esquematizado no diagrama abaixo:



O elétron no estado ligado pode permanecer em órbita através da ação da força fraca ou força elétrica ou o estado ligado é considerado um "estado natural" do elétron. Nesta concepção o elétron fica em órbita por inércia ou porque ele tem o formato da camada relativa a cada estado.

As categorias de respostas apresentadas nesta seção fornecem-nos elementos que articulados permitem a elaboração de modelos de interação pois o conceito de interação depende dos conceitos de objeto e de ação entre eles. A articulação entre as categorias de respostas são apresentadas a seguir, na forma de considerações finais, através do destaque de alguns conceitos e relações das representações construídas por estudantes sobre a interação entre um elétron e um próton.

## V - Alguns Modelos construídos sobre Interação

As representações sobre a natureza da interação percebidas através da articulação entre as categorias de respostas corroboram a nossa premissa de que um conceito é construído estruturadamente pois as categorias relativas à forma e Influência no espaço estão intimamente relacionadas aos conceitos dos objetos que participam da interação. O conceito de interação depende da estrutura do próton, do estado de ligação do elétron e da distância entre o elétron e o próton.

Uma característica comum a todas as representações é que na interação entre um elétron e um próton existem diferentes tipos de ação. Não há restrições quanto a natureza da interação que o elétron experimenta. Numa interpretação animista diríamos que *o elétron não tem nenhum preconceito, interage com tudo e com todos* e o tipo de interação depende apenas da ocasião. A idéia disseminada pelos físicos que o elétron participa apenas das interações eletromagnética e gravitacional é insustentável nos modelos construídos pelos estudantes.

A interação através de campo só existe quando as partículas interagentes estão distantes uma da outra. Isto indica que esta forma de intermediação só é útil quando é necessária. É uma forma de "resolver" o problema da interação à distância e, por isso, não existe quando as partículas estão próximas. Outro conceito que têm esta função é a troca de partícula como mediadora da interação. Esta troca existe também



apenas quando as partículas estão distantes pois quando elas estão próximas esta forma de ação modifica-se para um processo de absorção e reemissão que não envolve uma terceira partícula.

A natureza da interação entre partículas muito próximas está intimamente relacionada aos conceitos de próton e de ação, ou seja, se o próton é duro o elétron bate nele e volta ou, então, quebra-o devido a ação de forças ou a um processo de aniquilação e posterior criação e emissão do elétron pelo próton. Se o próton é tenro, o elétron pode entrar no seu interior e seu percurso depende da interação nesta região, cujas formas de ação estão relacionadas ao meio que o elétron está, ou seja, dentro do próton. Por isso, há forças nucleares, de atrito, de colisão com quarks ou, então, absorção, transformação e emissão de elétrons pelo próton. Estas formas de ação são diferentes daquelas relativas ao próton duro.

O conceito de elétron também determina o tipo de interação que existe. Se ele é considerado uma partícula, ele pode interagir com um próton e entrar em órbita mas, também, ele pode passar por um certo ponto, que é a distância natural da órbita e ficar orbitando por inércia. Este estado natural do elétron ligado também existe quando o elétron é considerado como um nuvem.

Concluindo, podemos verificar que há vários modelos de interação construídos por estudantes e, também, há diferentes conceitos de próton e elétron. Este trabalho foi uma tentativa de explicitar alguns elementos e relações das estruturas conceituais construídas por bacharéis em física.

## ENSINANDO A DUALIDADE ONDA-PARTÍCULA SOB UMA NOVA ÓPTICA

Maria Beatriz Fagundes, Osvaldo Pessoa Jr.  
João Zanetic, Mikiya Muramatsu  
Instituto de Física - Universidade de São Paulo

### Resumo

Como inserir tópicos de Física Moderna no segundo grau? Neste trabalho, sugerimos uma abordagem introdutória à Física Quântica, a partir do estudo de um experimento em óptica, o interferômetro de Mach-Zehnder. Exploramos a dualidade onda-partícula segundo a concepção da complementaridade de Niels Bohr. Examinamos este tema sob a óptica epistemológica de Gaston Bachelard.<sup>81</sup>

### 1. O Ensino de Física Quântica sob a Perspectiva de Bachelard

Apoiados no referencial epistemológico de Gaston Bachelard, buscamos no *novo espírito científico*<sup>82</sup> decorrente da ciência moderna, e em particular da Física Quântica, uma possibilidade de ruptura curricular e metodológica, com a perspectiva de atualizar e adaptar os conteúdos de Física abordados no segundo grau e de aproximar a Física contemporânea da realidade escolar.

A epistemologia de Bachelard nos coloca frente ao rompimento com o real imediato e nos fornece os moldes convenientes para construirmos nosso referencial teórico, uma vez que a realidade quântica só nos é visível por intermédio de instrumentos contruídos para a sua observação.

*É preciso portanto que a epistemologia dê conta da síntese mais ou menos móvel da razão e da experiência...*<sup>83</sup>

É possível traçar paralelos entre a epistemologia de Bachelard e a proposta de Thomas Kuhn, no sentido de que, para ambos, o desenvolvimento do conhecimento científico não ocorre por simples acumulação: há ruptura, há a revolução científica. Para ambos as formulações teóricas orientam a percepção.

Apoiados nessa epistemologia, esperamos com a nossa proposta fortalecer a tese de que *a Física também é Cultura*<sup>84</sup>, e de que a Física

---

<sup>81</sup> Este trabalho foi apresentado como painel no V Encontro de Pesquisadores em Ensino de Física, e teve considerações que vêm sendo desenvolvidas na dissertação de mestrado de M.B.F., cujo tema central é a inserção de tópicos de Física Quântica no segundo grau. Agradecemos o apoio financeiro da CAPES (M.B.F.) e CNPq (O.P.J.).

<sup>82</sup> Bachelard utiliza o conceito de *novo espírito científico* para sintetizar as epistemologias não-cartesianas e as teorias científicas da Física Contemporânea como, a relatividade e a quântica, que caracterizam a ciência do século XX. BACHELARD, G. *O Novo Espírito Científico*. Ed. Tempo Brasileiro, Rio de Janeiro, 1985. Original francês de 1934.

<sup>83</sup> BACHELARD, ref. 2, p. 22.

Quântica, enquanto produção cultural deste século, deve ser oferecida na escola, principalmente para contemplar aqueles alunos que finalizam no segundo grau seus contatos com a disciplina de Física.

Nesse sentido procuramos, num primeiro momento, focalizar nossos esforços na figura do professor e, posteriormente, adaptar essa abordagem para o aluno. Foi então elaborado e realizado, no primeiro semestre de 1996, no período de 24 de fevereiro a 30 de março, um curso de extensão universitária de *Introdução Conceitual à Física Quântica*<sup>85</sup>. Esse curso foi oferecido a 33 professores de primeiro e de segundo graus das áreas de Ciência e de Física da rede pública, totalizando uma carga de trinta horas-aula.

A estrutura básica do curso foi construída sobre o conceito de "dualidade onda-partícula", que adotamos como a característica essencial da Física Quântica. A dualidade no comportamento da luz foi abordada principalmente através do experimento da dupla fenda e das analogias desse experimento com experimentos de interferometria óptica demonstrados durante o curso.

Queremos contextualizar a característica dual da luz e contrapor as concepções clássicas dos modelos ondulatório e corpuscular. Fazemos um paralelo entre as concepções clássica e quântica, de modo a enfatizar os conflitos decorrentes da utilização de concepções clássicas na explicação de fenômenos quânticos. Essa situação promove, ainda fazendo referência a Bachelard, uma ruptura com a concepção usual de realidade.

*É talvez a propósito do dualismo das ondas e dos corpúsculos que as observações psicológicas às quais consagramos esta obra se nos revelem como as mais bem fundamentadas. É aí mais do que noutra parte, com efeito, que se pode sentir quão mal instruídos somos pela experiência imediata...*<sup>86</sup>

Para compor o curso selecionamos os tópicos apresentados a seguir, que constituem a Teoria Quântica, através dos quais oferecemos um panorama amplo das diferentes visões de mundo construídas a partir das concepções clássica e quântica.

Estrutura geral do curso: Introdução Conceitual à Física Quântica

Introdução Histórica	A velha Mecânica Quântica
	Mecânica Matricial
	Mecânica Ondulatória
A Essência da Física Quântica	Luz como onda
	Luz como partícula
	Dualidade onda-partícula

<sup>85</sup> ZANETIC, J. *Física Também é Cultura*. Tese submetida à Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, 1989.

<sup>86</sup> PESSOA JR., O. *Introdução Conceitual à Física Quântica*. Estação Ciência e Instituto de Física da Universidade de São Paulo, fevereiro / março 1996.

<sup>86</sup> BACHELARD, ref.2, p. 79.

Visões de Mundo	Realismo
	Positivismo
Dualidade Onda-Partícula	Probabilidades Princípio de Incerteza
Efeito Fotoelétrico	Um modelo simples
Ondas	Amplitude, fase, intensidade
	Superposição de ondas
	Reflexão e ondas estacionárias
Interferômetro de Mach-Zehnder	Interferômetro de Mach-Zehnder
	Determinação de trajetória
	Princípio de superposição quântico
	Variação de fase e superposição
Interpretações da dualidade	Bohr : Complementaridade
	De Broglie : dupla solução
	Schrodinger : ondulatória
Experimento da dupla fenda	Um paralelo com o interferômetro
Interferômetro de Mach-Zehnder	Prática de Física experimental
Experimento de Stern-Gerlach	Spin do elétron
Ondas em duas E três dimensões	Polarização, superposição
	Estados estacionários
Átomo de Bohr	Quantização de energia

Partindo dessa experiência particular estendemos nossa proposta para inserir a Física Quântica no segundo grau a partir da Física Ondulatória. Nessa abordagem apontamos, através de discussões presentes na análise do interferômetro de Mach-Zehnder, fenômenos que caracterizam a dualidade do comportamento da luz e os contrapomos aos fenômenos clássicos de corpúsculos e de ondas.

Existe uma discussão na literatura sobre se os conteúdos de Física Quântica devem ou não ser dados a partir de teorias semi-clássicas, como o átomo de Bohr (1913). Tendemos a concordar com o grupo de Fischler, de Berlin<sup>87</sup>, que defende que não: o átomo, por exemplo, deve ser apresentado já a partir da Mecânica Quântica desenvolvida em 1926.

Nessa linha, uma idéia a ser explorada é aproveitar as concepções dos alunos antes delas serem formatadas nos moldes da Física Clássica. Neste caso, inverter-se-ia o sentido comumente descrito nas abordagens tradicionais, partindo dos conteúdos quânticos e indo para os conteúdos clássicos.

*...os hábitos psicológicos antigos roubam a flexibilidade necessária a um pensamento em acordo absoluto com a ciência contemporânea...*

<sup>87</sup> FISCHLER, H; LICHTFELDT, M. *Research in Physical Learning: Theoretical Issues and Empirical Studies*. Proceedings of an Internacional Workshop held the University of Bremen, march 4-8, 1991.

Nossa discordância com este grupo é com a interpretação adotada para a Teoria Quântica. Enquanto eles se posicionam (talvez sem perceber) na interpretação dos coletivos estatísticos, nossa abordagem é mais próxima a uma interpretação ondulatória, sem contudo desprezar as outras interpretações.

*É no momento em que um conceito muda de sentido que ele tem mais sentido...*<sup>88</sup>

Nessa abordagem a dualidade onda-partícula é explorada essencialmente através do experimento de Mach-Zehnder (MZ) e através do conceito de onda-partícula é que olhamos os conceitos de onda e de partícula.

## 2. Explorando o Interferômetro de Mach-Zehnder

Para utilizarmos o interferômetro de MZ como ferramenta de ensino de Mecânica Quântica é preciso antes familiarizar o aluno com a "dualidade onda-partícula". Uma maneira de fazer isso é examinando o comportamento da luz. Inicialmente, pode-se apresentar o experimento das duas fendas (Young). O resultado de tal experimento só pode ser entendido supondo que a luz se propaga como *onda*. O conceito de "interferência" da luz pode ser trabalhado por meio de filmes<sup>89</sup> ou de uma cuba de ondas. Apresenta-se então uma discussão do efeito fotoelétrico, no qual o aluno é convencido que a absorção da radiação luminosa se dá em pacotes com energia bem definida, chamados fótons. Pode-se argumentar também que tais fótons são indivisíveis, o que os caracteriza como *partículas*.

Feito isso, o aluno se depara com o que podemos chamar de "versão fraca" da dualidade onda-partícula. No experimento das duas fendas, se a intensidade do feixe for baixíssima, as ionizações que ocorrem em uma chapa fotográfica (que serve como detector) aparecem uma a uma, correspondendo à detecção de cada fóton individual. Só com o acúmulo desses pontos é que surge o padrão de interferência. Temos assim, simultaneamente, o aspecto corpuscular (absorções individuais de quanta localizados) e o ondulatório (o padrão de interferência, que se forma paulatinamente).

Com esse pano de fundo, estamos prontos para explorar a Física Quântica a partir do interferômetro de Mach-Zehnder. Em primeiro lugar, é preciso entender o funcionamento do interferômetro de acordo com a Física Ondulatória Clássica. Um feixe de luz de amplitude  $\Psi$ , provindo de uma fonte  $F$ , é dividido em duas partes (A e B) com amplitudes  $\Psi/\sqrt{2}$  no semi-espelho  $S_1$  (ver figura 1). O componente refletido sofre um deslocamento de fase de  $\frac{1}{2}$  de comprimento de onda em relação ao componente transmitido. O feixe A reflete em  $E_1$  e cai sobre o semi-espelho  $S_2$ , dividindo-se em duas partes, com amplitudes  $\Psi/2$ . O feixe B também se divide em  $S_2$ , resultando em duas partes com amplitudes  $\Psi/2$ . Um exame das fases mostra que os componentes rumando para  $D_1$  se superpõem construtivamente, e os rumando para

<sup>88</sup> BACHELARD, ref.2, pp. 83, 51.

<sup>89</sup> Um bom exemplo são os filmes produzidos na série *The Mechanical Universe*, de R. P. Olenick, T. M. Apostol & D. L. Goodstein.

D2 se superpõem destrutivamente. Todo o feixe inicial termina então em D1.

O exame do comportamento do interferômetro de MZ, resumido no parágrafo anterior, é uma ótima aula de física ondulatória clássica para os alunos de segundo grau. O regime *quântico* surge ao se diminuir a intensidade do feixe, a tal ponto que os fótons entrem um por um no interferômetro. Mesmo neste caso, ocorre interferência após S2, e todos os fótons serão detectados em D1.

### Interferômetro de Mach-Zehnder

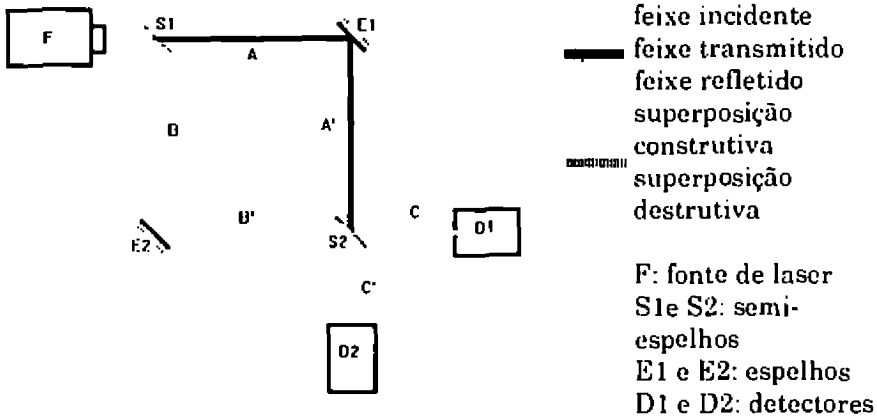


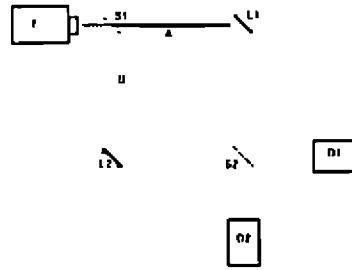
Figura 1

Por qual caminho rumou o fóton? Como todos os fótons terminam em D1, não podemos discernir por qual caminho um certo fóton seguiu. Mas poderíamos dizer que ele rumou *ou* pelo caminho A, *ou* pelo caminho B?

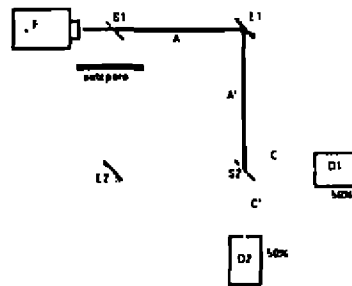
Nossa intuição "clássica" diria que sim. Mas vejamos: se o fóton seguir pelo caminho A (por exemplo, bloqueando-se o caminho B por meio de um anteparo, como esquematizado na figura 2b), a probabilidade do fóton ser detectado em D2 será de 50% (em relação ao número total de fótons detectados), ao invés de 0%, como no caso sem anteparos. Analogamente, se o caminho A for bloqueado por um anteparo (ver figura 2c), os fótons detectados certamente terão rumado pelo caminho B. Mas novamente, neste caso, há uma probabilidade de 50% dos fótons caírem em D2.

Ora, no caso sem anteparos, se o fóton rumou *ou* pelo caminho A, *ou* pelo caminho B, as chances de ele cair em D2 também seriam 50%. Mas não é isso que observamos! Assim, não podemos imaginar que o fóton escolhe um caminho bem definido e nada vai pelo outro caminho!

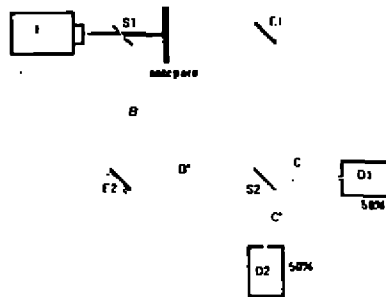
Explorando o interferômetro de Mach-Zehnder



Fenômeno Ondulatório  
Figura 2a



Fenômeno Corpuscular  
Figura 2b



Fenômeno Corpuscular  
Figura 2c

Como explicar isso? Existe um punhado de interpretações diferentes para esta situação<sup>90</sup>. Contentemo-nos, por hora, com a seguinte explicação, desenvolvida por Niels Bohr. Um “fenômeno” quântico consiste no objeto quântico mais a aparelhagem experimental, e ele só se

<sup>90</sup> Podemos imaginar que o fóton se divide em duas partes, mas que na hora que ocorrer uma detecção, ele sofre um colapso e se constitui em um único fóton (interpretação ondulatória). Podemos imaginar que haja uma onda e uma partícula, e que a onda se divide em duas enquanto a partícula, que só pode rumar por onde existe onda, escolhe um dos caminhos (interpretação da dupla solução). Ou podemos adotar a estratégia “anti-realista” da interpretação da complementaridade, conforme fazemos no texto.

realiza quando uma detecção ocorre. Enquanto não houver uma detecção, nada podemos falar sobre o fenômeno. Pois bem, um fenômeno pode ser ou ondulatório, ou corpuscular, mas a ocorrência simultânea dos dois é excluída (este é o princípio da complementaridade). Se o fenômeno for ondulatório, como no interferômetro de MZ para fótons individuais, não podemos pensar em uma partícula seguindo uma trajetória bem definida. O que chamamos de "fóton", neste caso, não é algo que se propaga como uma partícula, mas sim algo que é detectado de maneira bem localizada como um pacote de energia (devido ao que Bohr chama de "postulado quântico").

Por outro lado, se pudermos afirmar qual foi a trajetória de um fóton detectado (por exemplo, se retirarmos S2 do interferômetro de MZ), o fenômeno é corpuscular. Mas neste caso, não ocorre interferência. Enunciamos novamente o princípio da complementaridade para arranjos experimentais, que também chamamos de "versão forte" da *dualidade onda-partícula*: dado o arranjo experimental, ou ocorre interferência (fenômeno ondulatório) ou podemos determinar as trajetórias dos quanta (fenômeno corpuscular)<sup>91</sup>.

A montagem do interferômetro de MZ que apresentamos no Encontro foi construída por nós, e custou em torno de R\$ 700 (excluindo o laser). O procedimento de alinhamento do interferômetro é razoavelmente simples, e mesmo sem conseguir caminhos ópticos iguais para os caminhos A e B, observam-se claramente franjas de interferência em D1 e em D2 quando o fenômeno é ondulatório.

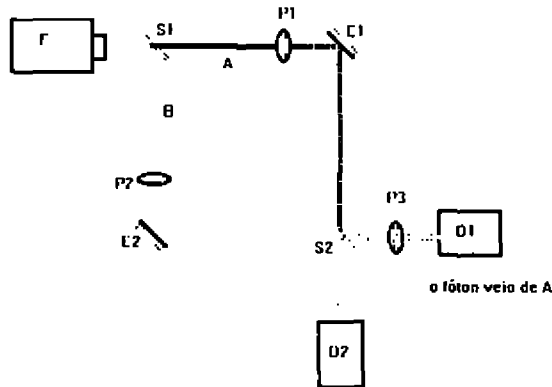
Com esse equipamento é possível realizar uma atividade com polarizadores, que ilustra o princípio de complementaridade. Inserindo-se polarizadores P1 e P2 nos caminhos A e B, se estes polarizadores estiverem alinhados a 0° e a 90° (portanto ortogonalmente), não se observam as franjas de interferência em D1. Pensando em termos de física ondulatória clássica, isso ocorre porque componentes ortogonais não se superpõem. Em termos quânticos, segundo a interpretação da complementaridade, temos um fenômeno corpuscular, pois podemos analisar a polarização do fóton e inferir por onde ele veio. Por exemplo, na figura 3a, se um fóton passar por um terceiro polarizador P3, orientado a 0°, e incidir em D1, sabemos que ele veio por A (pois se viesse de B ele não conseguiria passar pelo terceiro polarizador). Por outro lado, se P3 for colocado a 45°, o padrão de interferência voltará a ser observado. O fenômeno será então ondulatório! De fato, poderíamos (em princípio) retardar a decisão de colocar o terceiro polarizador a 0° ou a 45° para depois do fóton passar por S2!

---

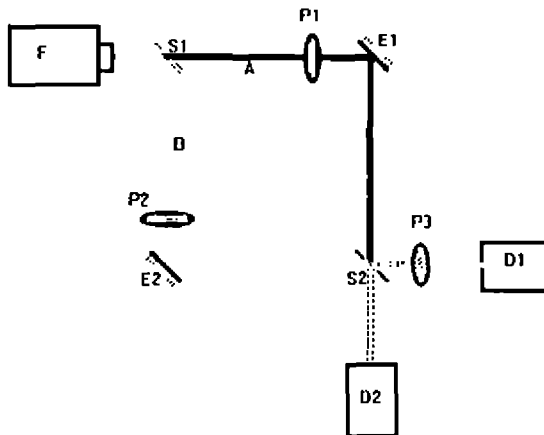
<sup>91</sup> Esta definição precisaria ser qualificada, tendo em vista os chamados "fenômenos intermediários" entre onda e partícula. A dualidade, porém, não é violada pois tal fenômeno tem sempre um par complementar.



## Interferômetro de Mach-Zehnder com polarizadores



Fenômeno Corpuscular  
Figura 3a



Fenômeno Ondulatório  
Figura 3b

Se o leitor se sentir perplexo, sugerimos que ele tente entender o que está acontecendo por meio da Física Ondulatória Clássica. A perplexidade desaparecerá, assim como ocorre se ele adotar uma interpretação da Física Quântica. Mas, infelizmente, todas as interpretações desenvolvidas até hoje têm seus problemas!

### 3. Implicações para o Ensino de Física

Podemos agora apontar, de forma geral, algumas implicações dessa proposta para o ensino da Física escolar.

1) Possibilidade de revisitar conceitos da Óptica Clássica. Estudar a Física Quântica a partir das propriedades da luz é uma forma de estimular e reforçar o estudo da Óptica Clássica, muitas vezes negligenciado nos currículos escolares tradicionais.

2) Reconstrução da Física Clássica a partir da Física Quântica.

Dentro da concepção bachelardiana, de que "um conceito ganha mais sentido quando ele muda de sentido", entendemos que olhar o universo da Física Clássica a partir de um referencial da Física Quântica pode proporcionar ao estudante uma melhor compreensão da própria Física Clássica, além oferecer a esse estudante a possibilidade de contemplar a Física deste século inserida no contexto geral da Física.

3) Uma nova visão da História da Ciência. A Física moderna encontra-se num momento de consolidação de suas bases e de ampliação dos domínios do paradigma que a caracteriza. Explorar, através da história da ciência, esse momento de síntese de um novo paradigma pode contribuir para o entendimento de paradigmas anteriores mostrando a articulação desses paradigmas no processo de construção do conhecimento científico. Isso oferece inclusive elementos para que sejam estabelecidos paralelos entre a construção do conhecimento científico e o processo de ensino e aprendizagem da ciência. Para julgar o passado da ciência é preciso conhecer seu presente. "É o presente que ilumina o passado e lhe dá sentido, permitindo-lhe reviver."

4) Ruptura curricular e metodológica no Ensino. Os obstáculos epistemológicos são encontrados tanto na história do pensamento científico quanto na prática educacional. Há todo um passado cultural: é preciso lutar contra as experiências primeiras, romper com a evidência imediata, com as idéias claras. A Física Quântica nos remete às relações entre os objetos de estudo, os instrumentos utilizados nas observações e a relação do observador com esses elementos. Nos leva a racionalização do real imediato. Para se observar é necessário construir o instrumento de observação e à construção desse instrumento pressupõe uma teoria.

5) Uma visão da Ciência como processo. Através da análise dos dilemas presentes na Física contemporânea, e das propostas de solução desses problemas, se evidenciam as dinâmicas interna e social do pensamento científico. Transparecem as constantes transformações pelas quais a ciência passa nas bases conceituais e metodológicas. O conhecimento ocorre de forma espacial e não linear, portanto aprender não é um processo de acumulação sucessiva de conteúdos, é um processo dialético e recorrente, no qual as partes dão sentido ao todo e a partir do todo as partes se solidificam. Esse processo exige o constante diálogo entre os conceitos e o contexto e entre o contexto e os conceitos.

6) Coexistência de interpretações conflitantes. Na Física Clássica dois modelos já eram objetos de investigação, Huygens investiga a luz como onda e Newton a luz como partícula. Com a Física Contemporânea consolida-se um modelo dual: luz como onda-partícula. A coexistência de dois modelos conflitantes permite a coexistência de interpretações conflitantes, a proliferação de paradigmas. Devemos encarar a evolução do conhecimento como busca da verdade ou como forma de *salvar as aparências*?

7) A construção racional da realidade. Para Bachelard o corpúsculo e a onda não são ligados por mecanismos, sua associação é de origem matemática. É a Matemática que nos conduz à realidade, e é nesse sentido que o vetor epistemológico vai do racional ao real. Surgem assim os vários tipos de real: o real macro, percebido pelos sentidos; o real micro, percebido indiretamente através de instrumentos e o real construído: a ciência contemporânea cria o ultra-objeto, por exemplo, o fóton. A física é então uma forma de diálogo com a natureza que vai além da descrição imediata, é preciso também contemplar o "racionalismo aplicado" sobre o real.

8) Proximidade entre o Ensino de Física e a Pesquisa em Física. Uma concepção de ciência mais humana torna mais próximo o conhecimento produzido pela ciência da aprendizagem e do ensino da ciência. Há que se procurar resolver as dificuldades inerentes à difusão do conhecimento contemporâneo, inclusive daquele que ainda guarda uma certa provisoriédade ou que ainda está num estágio meramente especulativo.

9) Incorporação da Física moderna na visão de mundo contemporânea. Um indivíduo, no final do século XX, que ainda não foi apresentado pelo menos aos rudimentos introdutórios da Física Quântica e da Relatividade, pode ser comparado a um indivíduo de meados do século XVIII que ainda não conhecia nada sobre a Física Newtoniana.

10) A Física Moderna como elemento da Cultura. A inserção da Física Moderna não se justifica somente dentro da perspectiva de atualização curricular mas se justifica também porque entendemos que a Física é parte da cultura contemporânea. A Física Moderna não traz em seu âmbito apenas o conteúdo de Física ou de mais uma disciplina componente do currículo escolar. Ela carrega em sua essência, assim como qualquer outra área do conhecimento humano, as características de um momento histórico e social que permeia toda forma de manifestação cultural.

## CONDICIONANTES ESTRUTURAIS PARA O ENSINO DE FÍSICA MODERNA

Sandro Rogério Vargas Ustra<sup>1</sup>, Dulce Maria Strieder<sup>1</sup>, Eduardo Adolfo Terrazzan<sup>2</sup>

1 - Programa de Pós-Graduação em Educação-UFSM

2 - Centro de Educação-Universidade Federal de Santa Maria

### Introdução/Justificativa

Na sociedade contemporânea os conhecimentos relacionados à ciência e à tecnologia se tornam cada dia mais importantes, tanto para a inserção do cidadão no mundo do trabalho quanto para uma melhor compreensão acerca dos artefatos tecnológicos que estão à sua volta. Os conhecimentos científicos e tecnológicos quando abordados de forma adequada na escola, possibilitam um instrumental de pensamento e de leitura da realidade para que se interprete e se transforme a sociedade atual.

Entretanto, é no momento de cumprir esta função, de formação do homem-cidadão, que a escola atual entra em contradição, pois os conteúdos e as metodologias adotadas não têm permitido atender às necessidades dos indivíduos para capacitá-los a uma intervenção efetiva e ativa na sociedade contemporânea.

Nesse sentido, não podemos aceitar que os programas curriculares de Física na escola média brasileira permaneçam atrasados, na sua grande maioria, em relação ao desenvolvimento científico e tecnológico atual. A falta de uma atualização dos currículos escolares leva-nos cada vez mais ao atraso cultural e ao distanciamento de uma escola que esteja voltada aos interesses e necessidades dos alunos.

A atualização dos programas da física escolar passa, sem dúvida, pela introdução dos conteúdos de Física Moderna no ensino médio. Porém, para que seja possível a realização de alterações curriculares que tragam resultados positivos para o ensino de Física, é conveniente que estas ocorram em meio a uma reflexão conjunta com professores que trabalham nesta disciplina no ensino médio. Deve-se considerar que é a convivência com estes professores que nos permite avaliar as possibilidades e os limites desta inserção.

A prática em sala de aula, da maior parte dos professores reflete uma concepção basicamente empirista-indutivista do conhecimento. Neste modelo empirista de aprendizagem, o aluno é considerado uma tabula rasa, sem qualquer estrutura teórica preestabelecida, ou segundo alguns autores, a mente do aluno é entendida como um recipiente vazio passível de preenchimento por novos conhecimentos.

Assim, se pretendemos alcançar melhorias efetivas no ensino é preciso promover uma mudança de atitude dos professores frente à sua concepção de como ocorre o conhecimento. Em especial, para que se

concretize a inserção dos conteúdos de Física Moderna, é necessário que se compreenda a construção do conhecimento não mais como um caminho único, linear, mas como uma rede onde os conceitos relacionam-se entre si. Nesta nova perspectiva podemos eliminar grande parte dos pré-requisitos considerados "naturais e obrigatórios", escolhendo-se teorias mais gerais para serem trabalhadas e, em torno destas, organizar outras menos abrangentes, buscando relacioná-las entre si e com outras áreas do saber.

No entanto, a maioria dos cursos de Licenciatura, em nosso país, enfatizam essencialmente a formação referente aos conteúdos específicos, em detrimento de outros aspectos do campo pedagógico também necessários. Não há dúvida de que o professor precisa dominar a matéria a ser ensinada, porém é imprescindível o aprofundamento das reflexões epistemológicas e em consequência, metodológicas nos cursos de Licenciatura, para que os futuros profissionais neles formados possam sustentar coerentemente suas práticas pedagógicas.

Desta maneira, a questão das concepções sobre o processo de construção de conhecimento praticamente não é abordada nos cursos de graduação. Resta aos estudantes, futuros professores, assimilar a concepção veiculada implícita ou explicitamente no processo de ensino-aprendizagem praticado nestes cursos, que em sua maioria, permanecem extremamente tradicionais.

Nesse sentido, este trabalho pretende contribuir para um esclarecimento das idéias nesta perspectiva e para uma melhor delimitação do problema a ser enfrentado.

Apresentamos, assim, os resultados do nosso estudo acerca dos fatores estruturais que condicionam o ensino de conteúdos de Física Moderna nas escolas de nível médio da região de Santa Maria/RS. Este trabalho está articulado com um projeto mais abrangente intitulado "A Inserção da Física Moderna no Ensino Médio", onde se discute a viabilidade prática e as formas de encaminhamento de um programa de Física que contemple conteúdos de Física Moderna.

## **Desenvolvimento do Trabalho**

Utilizando questionários específicos investigamos, junto a professores de Física do ensino médio de nossa região, qual o nível de compreensão dos mesmos sobre conceitos relativos à Física Moderna, bem como a importância a eles atribuída e os fatores limitantes à sua abordagem em sala de aula. Para verificar a preocupação presente no curso de Licenciatura em Física da UFSM/RS com esta questão, caracterizamos, através de entrevistas semi-estruturadas com professores deste Curso, a forma como os conceitos em questão se articulam durante o ensino, tanto nas disciplinas básicas, quanto nas avançadas e nas relativas à instrumentação para o ensino, didática e prática de ensino. Também realizamos um levantamento dos livros

didáticos mais utilizados no ensino médio, analisando nestes a presença e a forma de apresentação de conteúdos de Física Moderna.

## Resultados

A seguir, apresentamos e comentamos alguns resultados obtidos da análise de cada um dos instrumentos citados acima:

### a) Questionários aplicados aos professores de Física da Rede Estadual de Santa Maria/RS

Com as respostas de 21 professores efetivos de Física do ensino médio da rede oficial, elaboramos a seguinte caracterização, quanto a:

#### Formação dos professores

- Licenciatura plena: em Física (7), em Matemática (10)
- Licenciatura curta em Ciências e plena em Física (2)
- Licenciatura plena em Física e em Matemática (2)

#### Participação em cursos de atualização no último biênio

Não (12)	Sim (8)	Não respondido (1)
----------	---------	--------------------

Posição dos professores, em relação ao ensino de Física Moderna na escola média

- Todos se mostram a favor, devido a presença generalizada destes conceitos em aplicações/instrumentos/tecnologia da atualidade.
- Aspectos que, segundo os professores, dificultam e/ou limitam o ensino de Física Moderna na escola média
- Em relação aos professores

Deficiência de conteúdo	Falta de uma metodologia adequada
-------------------------	-----------------------------------

- Em relação ao aluno

Falta de embasamento conceitual	Falta de motivação /interesse
---------------------------------	-------------------------------

- Em relação à escola

Reduzido número de aulas	Falta de condições materiais
Currículo pré-determinado	

A partir da análise dos questionários aplicados aos professores da rede oficial de ensino da região de Santa Maria, RS, podemos perceber que um número bastante grande, cerca de 50% deles são formados em curso de Licenciatura Plena em Física. Porém, estes demonstram ter dificuldades conceituais com relação a Física Moderna.

## b) Entrevistas semi-estruturadas com os professores do curso de Licenciatura em Física da UFSMRS

Utilizando entrevistas semi-estruturadas, foram ouvidos 6 professores que normalmente lecionam disciplinas no Curso de Licenciatura em Física.

Os professores entrevistados se mostraram interessados em comentar sobre a estrutura de suas aulas nas disciplinas, apontando dificuldades que enfrentam no seu trabalho, principalmente o baixo nível de conhecimentos sobre os conceitos da Física que os alunos trazem do ensino médio, ao ingressarem na Universidade.

Os professores das disciplinas de Instrumentação para o Ensino, Física I, II, III e IV, Laboratórios de Física e Unidades de Conteúdo do 2º Grau, mostraram seguir rigorosamente as ementas estabelecidas pelo curso, de forma tal que, estas acabam se tornando além de orientadores, fortes limitadores dos conteúdos trabalhados. A Física Moderna não está contemplada nas ementas destas disciplinas e assim acaba não sendo discutida com os alunos.

Os professores afirmam trabalhar com um pressuposto que é o programa curricular da disciplina de Física no ensino médio. Dizem que este é um programa "real", denotando assim uma adequação ao que nele está posto, preparando pouco o aluno para uma visão crítica, ou mesmo para a inovação.

Outra dificuldade para a inserção da Física Moderna no ensino médio, que aparece nos discursos dos professores do Curso de Licenciatura em Física, é a idéia de que o aluno está predeterminado, antes de entrar em sala de aula, a compreender apenas determinados conteúdos.

A Física Moderna é apresentada bem no final do programa da disciplina de Física IV. Nas disciplinas anteriores ela aparece como ilustração ou curiosidade. Mesmo que os temas atuais despertem a atenção dos alunos sempre que comentados, os professores entendem que o aluno apresenta limitações e dificuldades para compreender a Física Clássica e assim não teria sentido discutir temas de Física Moderna.

A idéia de que, para estudar Física Moderna, se faz necessário passar previamente por uma "infinitude" de conteúdos, é muito destacada pelos professores, o que impossibilita a abordagem destes simultaneamente com o programa da disciplina. O tempo se torna, assim, também um elemento dificultador de uma inovação neste sentido.

O professor das disciplinas de Didática I e II e Prática de Ensino, comentou que na atual estrutura em que se encontra o ensino médio, nem mesmo a Física Newtoniana é tratada de forma a se chegar aos seus limites. Desta forma, a Física Moderna estaria muito longe de ser inserida no ensino médio. Considera, no entanto, o ensino de Física Moderna na escola média muito importante e possível.

Este professor comentou que os alunos na disciplina de Didática até chegam a planejar aulas de Física Moderna, mas na hora de lecionarem, demonstram fragilidade frente a um conteúdo que para eles parece ser novo e complexo. Para ele, os alunos acabam ficando com o tradicional e terminam se adequando às regras da escola. Direcionam o preparo de suas aulas conforme aquilo que imaginam que o aluno do ensino médio é capaz de aprender.

Na disciplina de Prática de Ensino de Física, este professor, enfatiza o abandono do livro didático como uma tentativa de conquista de um espaço para a abordagem de temas mais atuais. Porém, a dificuldade para assumir inovações deve-se ao fato de que os alunos trazem, dos discursos da "área específica", uma imagem negativa acerca da "área de ensino". Durante sua formação é reforçada, ainda segundo este professor, a idéia de que o conhecimento do conteúdo de Física está em primeiro lugar e que o ensino pode ser praticado por qualquer pessoa. Assim, as discussões travadas nas disciplinas de Didática e Prática de Ensino são consideradas de meros passatempos para os alunos.

Várias dificuldades apontadas para a inserção da Física Moderna no ensino médio, pelos professores da rede oficial, mostraram-se bastante semelhantes às dos professores do curso de Licenciatura em Física. Abaixo relacionamos algumas delas:

- a Física é caracterizada como uma disciplina excessivamente "abstrata";
- a compreensão dos alunos sobre conceitos é concebida como limitada a priori;
- a ausência de Física Moderna registrada oficialmente nos programas curriculares limita a possibilidade de seu tratamento em sala de aula;
- a carga horária da disciplina é considerada muito pequena, o que "impede" o tratamento do tema em sala de aula;
- a compreensão da temática exige muitos pré-requisitos, por parte dos alunos,.

As aulas nos cursos de graduação, tanto nas disciplinas básicas como nas avançadas, praticamente não remetem o aluno à reflexão acerca desta temática para o ensino médio. Somente nas disciplinas de Didática e Prática de Ensino, os alunos são estimulados, a partir de planejamentos didáticos, a inserir esses conteúdos no ensino médio. No entanto, a idéia que os futuros professores levam para sua prática de estágio, acerca do nível de compreensão dos alunos do ensino médio, acaba ocasionando apenas uma abordagem não sistemática destes conteúdos em sala de aula.

Quase todos os professores, tanto do ensino médio, quanto do curso de graduação demonstram em suas falas, possuírem uma imagem linear da construção do conhecimento onde os pré-requisitos têm um papel central.



### c) Análise dos livros didáticos mais utilizados

Constatamos que praticamente todos os professores utilizam a coleção Física - Bonjorno em suas aulas. Na preparação das suas aulas, os professores apontaram a mesma coleção, além de alguns outros livros destinados ao ensino médio.

Infelizmente, não houve necessidade de realizarmos uma análise mais detalhada, pois esta coleção simplesmente não aborda conteúdos de Física Moderna.

Os professores comentam que têm por base para suas aulas quase que exclusivamente os livros didáticos. Estes, ao invés de servirem como instrumentos de auxílio para um melhor preparo de suas aulas, acabam delimitando os próprios conteúdos a serem abordados e também o aprofundamento dado a cada um deles.

Na sua grande maioria, estes livros didáticos não apresentam conteúdos de Física Moderna, ou então os apresentam colocados em tópicos opcionais no final de alguns capítulos, ainda assim colocados sob forma de curiosidade ou leitura suplementar, o que significa que poucos professores se arriscam a utilizá-los em sala de aula.

### Conclusões

A partir dos resultados podemos apontar como perspectivas para que se alcance a melhoria do ensino nas escolas de ensino médio, a participação dos professores em programas de Educação Continuada, nos quais não se limitem as discussões apenas a conteúdos, mas que se trabalhe também no sentido de subsidiar alterações em sua prática cotidiana de sala de aula. Desta forma, é necessário que se desenvolva com estes professores um trabalho prolongado, acompanhando-o na elaboração dos planejamentos didáticos e na efetivação destes, junto aos alunos, para posterior análise crítica.

### Referências Bibliográficas

- BECKER, Fernando; (1993). *A Epistemologia do Professor: o Cotidiano da Escola*. Petrópolis: Vozes.
- CARVALHO, A.M.P.; GIL PEREZ, D.; (1993). *Formação de Professores de Ciências-Tendências e Inovações*. São Paulo: Cortez.
- GIL, D.; SENNET, F. y SOLBES, J.; (1989). 'Física Moderna en la Enseñanza Secundaria: una Propuesta Fundamentada y unos Resultados'. In: *Revista Española de Física, ESP, RSEP*, 3(1), 53-58.
- PACCA, J.L.A.; (1992). 'O Profissional da Educação e o Significado do Planejamento Escolar: Problemas dos Programas de Atualização'. In: *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 14(1), 39-42.

- PACCA, J.L.A.; VILLANI, A.; (1992). 'Estratégias de Ensino e Mudança Conceitual na Atualização de Professores'. In: Revista Brasileira de Ensino de Física, São Paulo/SP, SBF, 14(4), 222-228.
- PACCA, J.L.A.; VILLANI, A.; (1993). 'Mudanças no planejamento escolar de professores de Física num curso de atualização'. In: Atas do X Simpósio Nacional de Ensino de Física. Londrina/PR: SBF.
- SANDOVAL, J.S. de; CUDMANI, L.C. de; MADOZZO, M.J. de; (1995). 'Las Concepciones Epistemológicas de los Docentes en la Enseñanza de las Ciencias Fáticas'. In: Revista Brasileira de Ensino de Física, São Paulo, SBF, 17(1), 55-61.
- TERRAZZAN, E.A.; (1994). Perspectivas para a Inserção da Física Moderna na Escola Média. São Paulo/BRA: Tese de Doutorado, Faculdade de Educação da USP
- VILLANI, A.; (1991). 'Planejamento Escolar: um Instrumento de Atualização dos Professores de Ciências'. In: Revista de Ensino de Física, 13, 162-177.
- VILLANI, A.; (1991c). 'Reflexões Sobre as Dificuldades dos Professores de Física'. In: Caderno Catarinense de Ensino de Física, Florianópolis, UFSC, 8(1), 7-13.

## O PROFESSOR DE 1º GRAU E SUA RELAÇÃO COM O UNIVERSO

Sérgio Mascarello Bisch<sup>1</sup>, Yassuko Hosoume<sup>2</sup>, Cristina Leite<sup>3</sup>

1 - Faculdade de Educação da USP e Departamento de Física da UFES (PICD/CAPES)

2 - Instituto de Física da USP

3 - Iniciação científica - CAPES

### introdução

Durante a execução de projetos de extensão universitária do IF-USP dirigidos a professores de 1º Grau em serviço, nos quais se abordou conteúdos de Astronomia, foi possível levantar alguns aspectos da relação que os professores estabeleciam com o universo, tais como: as suas concepções de espaço, o uso ou não dos próprios sentidos na construção de conhecimentos, a sua relação com o conhecimento, o envolvimento da imaginação e da afetividade e as formas de expressão gráfica de suas concepções e observações. Estes diversos aspectos tinham implicações importantes na aprendizagem dos professores e foram tomados como categorias provisórias de análise da relação dos professores com o universo, tendo sido possível delinear a situação dos professores em relação a elas no início dos projetos. No total trabalhamos com um grupo de cerca de 30 professores, quase todos das séries iniciais do 1º Grau.

### Instrumentos e Metodologia

No início das atividades foi solicitado aos professores a resposta por escrito a um questionário sobre questões de Astronomia e de seu ensino, bem como a realização de desenhos livres do céu e do universo, acompanhados de uma descrição por escrito do que fora desenhado.

As atividades foram desenvolvidas em duas frentes:

- a realização de atividades práticas e observações do céu a olho nu, geralmente feitas em casa, de acordo com roteiros distribuídos semanalmente;

- atividades desenvolvidas em aulas semanais dirigidas aos professores, divididas nos módulos: 1. Forma, tamanho e idade da Terra; 2. Referências e orientação; 3. Meridianos e paralelos; 4. Dias e noites; 5. A gravidade; 6. A órbita da Terra; 7. As estações do ano; 8. A Lua; 9. O sistema solar.

Os resultados das observações do céu eram registrados pelos professores em seus cadernos e discutidos no início de cada aula. Os módulos, por sua vez, eram acompanhados por um roteiro de atividades, geralmente desenvolvidas usando-se modelos tridimensionais, um texto de apoio e um mesmo questionário que deveria ser respondido em três etapas: primeiro individualmente, antes do início das atividades, depois em grupo, após a realização das atividades, e mais uma vez individualmente, no próprio caderno, após a discussão de fechamento do

módulo, envolvendo toda a turma. Também foi feita a gravação em vídeo da execução de uma das atividades (a de construção de um modelo tridimensional do sistema solar) e de duas reuniões de avaliação.

Além do próprio acompanhamento do desenrolar das atividades e das discussões surgidas durante as aulas, as respostas dadas aos questionários nas três etapas, os cadernos e os registros em vídeos serviram como material para análise e coleta de dados sobre as concepções dos professores e suas eventuais mudanças, bem como permitiram discernir as categorias de relação com o universo, acima citadas, e a situação inicial dos professores com relação a elas.

### **As Categorias de Análise**

Ao longo do trabalho com os professores foi possível perceber que certos tipos de respostas, concepções, desenhos e comportamento durante as atividades podiam ser agrupados dentro de certos padrões que podiam ser considerados como manifestações de diferentes aspectos de sua relação com o universo. Conseguimos discernir inicialmente seis aspectos, que tomamos como categorias provisórias de análise da relação dos professores com o universo:

O primeiro corresponde à sua relação com o espaço, manifestada através de seus desenhos do céu e do universo, na construção de modelos tridimensionais, na reprodução de movimentos dos astros através dos modelos, em questões como a de comparação de tamanhos entre os astros, representações em escala, definição e uso de distintos referenciais, orientação na superfície da Terra e no espaço, uso de medidas angulares para indicação de posição, etc.

O segundo refere-se ao uso, ou não, dos próprios sentidos para a observação e exploração do céu e do universo, evidenciado nas respostas e desenhos dos professores acerca do que viam e observavam, ou não, no céu: aspectos da Lua, do Sol, dos planetas, das estrelas, das constelações, da Via Láctea, etc.

O terceiro aspecto seria o da relação com o conhecimento acerca do universo, sobretudo o veiculado nos livros didáticos, expressa em inúmeras respostas e durante a execução das atividades e das discussões de cada módulo.

O quarto refere-se ao papel desempenhado pela imaginação como mediadora da relação dos professores com o universo, cuja importância, no caso de alguns professores, manifestava-se claramente, sobretudo nas descrições de seus desenhos do céu e do universo e também em algumas de suas respostas e perguntas.

O quinto aspecto, bem evidente sobretudo nas descrições dos desenhos livres do céu, corresponde à afetividade e ao sentimento estético envolvidos na relação de diversos professores com o céu. Várias referências à beleza do céu e a sentimentos despertados pela sua contemplação foram citados pelos professores.

A última categoria refere-se às formas de expressão gráfica que o professor utilizava para representar o céu e o universo, evidenciadas nos desenhos livres e no registro de suas observações a olho nu, feitas nos seus cadernos.

## Resultados

### A relação com o espaço

Pudemos verificar que um dos aspectos mais fundamentais e determinantes da representação de universo dos professores e de sua relação com ele eram as suas concepções espaciais. Constatamos que nem sempre a representação mental que os professores tinham do espaço era tridimensional.

Por exemplo: ao construir um modelo tridimensional do sistema solar, foi comum a colocação dos planetas numa sequência linear, mas, na maioria das vezes, obedecendo corretamente a ordem de menor para maior distância em relação ao Sol, ou seja, representavam um sistema solar unidimensional. Quando questionados acerca do movimento que estes astros descreveriam em torno do Sol, alguns professores respondiam que imaginavam que eles se moviam todos juntos, mantendo-se sempre alinhados...

Na resposta a perguntas do tipo: "quantas vezes um determinado astro é maior que outro?" (por exemplo a Terra em relação a Lua, ou o Sol em relação à Terra), quase todos os professores davam algum tipo de resposta, mas sem qualquer preocupação ou noção acerca de que tipo de dimensão que estava sendo comparada. Se se tratava de uma comparação entre diâmetros, superfícies, volumes, ou mesmo massa... Suas respostas eram dadas como se existisse apenas um tipo de dimensão a ser comparada (ou como se o resultado da comparação fosse sempre o mesmo, independente do tipo de dimensão comparada, o que absolutamente não é verdade).

Na atividade em que se devia reproduzir o movimento da Terra em sua órbita em torno do Sol existia a preocupação de descrever uma órbita circular, ou elíptica, mas, geralmente, não havia qualquer cuidado em fazer com que o Sol permanecesse contido no plano da órbita, dando-se pouca ou nenhuma importância à dimensão perpendicular ao plano da órbita. Também a reprodução da inclinação do plano da órbita da Lua em relação ao plano da órbita da Terra, que explica a não ocorrência de eclipses em todas as luas cheias, era extremamente problemática para os professores, posto que implicava na noção de um ângulo entre dois planos, envolvendo assim a terceira dimensão, que geralmente era desconsiderada pelos professores.

Outro ponto fundamental foi o da dificuldade de articulação e coordenação entre pontos de vista e referenciais diferentes. Por exemplo, era um verdadeiro "choque" para a maioria dos professores constatar, ao

se trabalhar com um modelo tridimensional da Terra, que ela gira no sentido anti-horário, quando observada de um ponto de vista sobre o pólo norte, mas que este sentido simplesmente se inverte, passando a ser horário, quando a observamos de um ponto sobre o pólo sul... Este tipo de dificuldade de articulação entre referenciais distintos revelou-se especialmente crucial na comparação entre o ponto de vista de quem está na superfície da Terra e o de um observador que esteja no espaço, fora da Terra, cuja adoção é extremamente comum nas explicações dos fenômenos astronômicos. Para muitos professores parece haver uma dissociação acentuada entre estes dois referenciais, como se se tratasse de dois espaços bem distintos e independentes: um deles o céu, familiar e cotidiano, como é visto por nós, da superfície da Terra, e o outro o universo dos astros, abstrato e distante.

### O uso dos sentidos

Uma das grandes facilidades didáticas da Astronomia é que o seu grande "laboratório" – o céu – acha-se disponível e acessível a todos. Mesmo a olho nu, a quantidade de fenômenos interessantes que podem ser observados é imensa. Contudo, logo nas primeiras sondagens e proposição das atividades de observação do céu, constatamos que a maioria dos professores acha-se completamente distanciada e alheia aos fenômenos que ocorrem no céu. Não o olham, ou, quando olham, não o observam. Desconheciam a possibilidade de uso dos próprios sentidos na exploração e observação do universo e, portanto, na construção de conhecimentos a seu respeito. Por exemplo: muitos nunca haviam percebido que a Lua frequentemente é visível de dia, imaginando mesmo que isso era impossível; a grande maioria achava que os planetas não podiam ser vistos a olho nu, mas apenas através de telescópios; quanto à Via Láctea a maioria dos professores ou nunca a tinham observado, ou então já a tinham observado, mas sem reconhecê-la como tal; muitos acreditavam que as estrelas ficavam fixas no céu, sempre na mesma posição em relação ao horizonte, sem nascer nem se pôr, de tal modo que as mesmas constelações eram sempre visíveis durante todo o ano, na mesma posição; etc.

### A relação com o conhecimento

Através sondagens iniciais e das discussões em sala de aula, percebemos que o conhecimento que os professores expressavam acerca do céu e do universo achava-se extremamente atrelado à aceitação acrítica das "verdades" veiculadas pelos livros didáticos, sendo muito comum a repetição de certos chavões como: "o Sol é uma estrela de quinta grandeza", sem ter a menor noção do que significa esta "grandeza" (que acha-se ligada ao conceito astronômico bastante abstrato de magnitude absoluta); "a Terra é achatada nos pólos", e nos seus desenhos, de fato, alguns professores representavam a Terra com um enorme achatamento

nos pólos, considerando esta a representação mais real da forma da Terra; "a primavera é a estação das flores", o que, num país tropical como o nosso, nem sempre é um bom critério; "a Lua é 49 vezes menor que a Terra", sem ter a menor noção de que dimensão está sendo comparada (que, neste caso, trata-se do volume dos dois astros); "os astros dividem-se em luminosos e iluminados", e tem dificuldade de explicar a seus alunos porque a "estrela d'alva", que é o planeta Vênus, é tão brilhante; "a Terra tem o eixo inclinado", só que não sabem responder em relação a que ele é inclinado e, ao desenhá-lo, muitos representam-no inclinado em relação aos pólos geográficos da Terra!...; etc. Ou seja, o significado deste chavões é muito mal compreendido, tratando-se de um "conhecimento" totalmente livresco, sem reflexão e desvinculado de qualquer comparação com a realidade. Alguns professores revelam uma consciência bastante clara deste problema, explicitando-a, por exemplo na questão do questionário inicial que perguntava sobre o que ele gostaria de aprender no curso. Uma das professoras respondeu: "Todo e qualquer conhecimento servirá para meu enriquecimento, já que apenas reproduzo o que leio nos livros didático, sem qualquer convicção a nível pessoal."

### A imaginação

Tando nas descrições dos desenhos livres do céu e do universo, como nas respostas às perguntas do questionário inicial sobre o como era o universo foi muito frequente a referência aos mistérios do universo, a coisas que podem existir sem que ainda o saibamos, ao estímulo à imaginação que o céu e o universo representam, definindo o que denominamos um tipo de relação "imaginante" com o universo, ou seja, um tipo de relação que é mediada pela interrogação, a imaginação e a fantasia acerca do que pode existir; por uma postura especulativa e curiosa com relação ao universo. Por exemplo, no caso da professoras que escreveram nas suas descrições e respostas:

- "Gostaria de aprender sobre os mistérios que existem, as últimas descobertas sobre o universo";
- "O meu céu é imenso, muito, muito imenso e parece guardar muitos segredos.";
- "Enfim, adoro olhar para o céu e ficar imaginando coisas.";
- "Minha visão [do céu] perde longe para a imaginação dos porquês sem respostas, que só mesmo posso e quero imaginar."

### A afetividade e o sentimento estético

A relação de diversos professores com o céu parece fortemente marcada por um componente afetivo, sendo feitas referências, sobretudo nas descrições dos desenhos livres do céu, a sentimentos geralmente benfazejos, de paz, conforto, de volta à infância e, sobretudo, a um sentimento estético de gosto pela apreciação da beleza do céu, do seu

colorido, das estrelas e da Lua. Por exemplo, em algumas das descrições por escrito do céu desenhado encontramos trechos como:

- "Meu céu está sempre azul e estrelado, com uma linda lua brilhante, poucas nuvens./ O meu céu é lindo e maravilhoso, gosto de observá-lo,..."

- "O céu está estrelado, alegrando a vida de todos os que elevam o olhar a contemplar a beleza das estrelas."

- "Sou apaixonada pelo céu, uma linda manhã, um final de tarde com aquele céu colorido, avermelhado, uma noite."

- "O meu céu é lindo e maravilhoso, gosto de observá-lo,..."

- "... fico vendo as nuvens mudarem de posição. Volto a ser criança, pois nelas eu vejo bichinhos, palhaços rostos conhecidos e desconhecidos."

- "Quando pequena no interior eu gostava de sentar no terreiro com minhas irmãs e minha mãe, nós ficávamos olhando para o céu e cantando cantigas para a lua."

- "Como adoro olhar para o "céu", acabei me acostumando e notando que eu me identifico muito com ele, pois o "céu" assim chamado, é muito interessante dependendo do seu estado psíquico e emocional, que você o vê, pois podemos imaginar o "céu" da maneira que quisermos, sendo ele uma visão imaginária com pontos que nos chamam muitas vezes a atenção e nos proporcionando muita tranquilidade."

### As formas de expressão gráfica

A maior parte dos desenhos livres do céu e do universo, feitos no início dos projetos, eram caracterizados por uma grande vivacidade de cores e por um caráter essencialmente icônico das representações, sendo raros os desenhos esquemáticos e formais.

Já os desenhos das observações do céu, inicialmente, eram marcados por dificuldades de representação da visão do observador e de indicação de referências para acompanhar as variações de posição dos astros. Os primeiros desenhos geralmente, em vez de representarem apenas aquilo que o observador via, na direção do horizonte, representavam o próprio observador, ou seu ponto de observação, visto do alto, como se o desenho fosse uma "planta baixa", ou então misturavam, num único desenho, os dois pontos de vista.

Este mesmo problema de uma mistura de perspectivas num mesmo desenho era muito comum nos tradicionais diagramas que acompanham a explicação das estações do ano, nos quais o eixo da Terra é desenhado como se fosse visto de perfil, enquanto que a órbita é vista "de cima".

### Conclusões

Concluimos que o grupo de professores de 1º Grau com que trabalhamos estabelecia uma relação com o universo que, no início das atividades, era caracterizada por:



- uma representação do espaço que revelava-se, por vezes, bidimensional ou mesmo unidimensional;
- uma dissociação entre o espaço que é visto da superfície da Terra (o céu) e o espaço que é visto de fora da Terra (o universo);
- um alheamento da observação direta do céu e, portanto, de uso dos próprios sentidos como fundamento para a construção de conhecimento sobre o universo;
- um conhecimento puramente livresco e geralmente restrito a chavões, mal compreendidos, presentes nos livros didáticos;
- um apelo à imaginação e aos sentimentos, sobretudo o de apreciação estética da beleza do céu;
- uma expressão gráfica colorida e de caráter icônico nos desenhos livres do céu ou do universo e que, no desenho das observações do céu, apresentava dificuldades em diferenciar e coordenar perspectivas distintas.

## A RELAÇÃO ENTRE A ÓPTICA GEOMÉTRICA E AS CONCEPÇÕES DOS ALUNOS SOBRE LUZ E VISÃO: PROBLEMAS PARA UM PLANEJAMENTO PEDAGÓGICO

José Paulo Gircoreano e Jesuina L. A. Pacca  
Instituto de Física da USP  
Caixa Postal 66318 - CEP. 05389-970 - São Paulo

### Introdução

O objetivo deste trabalho é desenvolver uma estratégia de ensino que, partindo das concepções dos alunos sobre a natureza da luz e o processo de visão, tenha como resultado um aprendizado mais efetivo e significativo do que o proporcionado pelo ensino tradicional, de forma que os alunos possam dominar os conceitos científicos, através de uma mudança conceitual. Ao mesmo tempo, procuramos confrontar as concepções espontâneas dos alunos e o conteúdo dos cursos tradicionais de Óptica Geométrica, questionando a aplicação desse conteúdo cujo formalismo e geometria apresentada não mostram nenhuma relação com a concepção da natureza da luz e o processo de visão que os alunos expressam.

### O Curso de Óptica e as Concepções Alternativas.

Encontra-se na literatura específica material sobre esse conteúdo e as concepções dos estudantes, que pode dar subsídios para alcançar os objetivos propostos.

Nesse material é feita referência ao grande interesse existente nos últimos anos sobre as idéias que os alunos desenvolvem, antes ou mesmo durante o processo de instrução, a respeito dos fenômenos físicos e são oferecidos instrumentos pedagógicos para diagnóstico das concepções alternativas.

Diversas pesquisas sobre as concepções da luz e suas propriedades têm sido feitas em diversos países, em geral através de entrevistas e questionários, e concluem que os estudantes não usam os conceitos sistematicamente: uma situação particular determina qual a concepção relevante para aquele caso; muitas concepções não aceitas cientificamente são utilizadas, independentemente de se ter passado ou não por um programa de instrução. Alguns pesquisadores têm proposto estratégias de ensino e uso de materiais para melhorar o aprendizado, a partir desses resultados e dos instrumentos que são utilizados para obtenção dos dados das pesquisas. Contudo, as pesquisas raramente fornecem suficiente evidência para medir o "status" das concepções ao longo dos cursos e a ocorrência de uma mudança. Na prática, o teste diagnóstico normalmente não faz parte efetiva do ensino regular talvez

pela sua complexidade de análise e inserção no processo de aprendizagem, ou mesmo pelo tempo gasto nessas tarefas.

A perspectiva teórica encontrada na literatura aponta então para um ensino que considere o conhecimento inicial do estudante e o envolvimento em atividades práticas que possibilitem insatisfação, reflexão, dissonância e a construção do entendimento buscando a mudança conceitual, mas sem deixar muito claras as estratégias correspondentes.

Conforme essa linha, a seqüência a ser seguida num planejamento pedagógico seria:

- diagnosticar o erro no pensamento do estudante, o que difere da concepção cientificamente aceita.
- criar conflito cognitivo, que leve em conta as explicações ao problema.
- mostrar as diferenças entre a explicação do aluno e a explicação científica.
- avaliar a mudança conceitual e reelaborar o planejamento no que for preciso.

Pretendemos trabalhar com essa seqüência, dando conta das atividades concretas e analisando o progresso da aprendizagem com alunos do segundo grau.

### **A Tomada de Dados**

A aplicação do teste foi feita em 3 classes de 2º colegial noturno da rede estadual de São Paulo, um total de 130 alunos, que têm no curso duas aulas semanais de 40 minutos cada.

O conteúdo será a Óptica, dando significado e ênfase à natureza da luz e ao processo de visão, ao contrário do que é feito tradicionalmente nas escolas de 2º grau quando se ensina a Óptica Geométrica. A estratégia a ser desenvolvida de forma a dar condições para que ocorra a mudança conceitual, deverá possibilitar respostas aos seguintes tópicos:

1. Como a luz viaja?
2. Como nós vemos?
3. Como a luz é refletida?
4. Como as lentes funcionam?

Partimos dos testes e dos resultados apresentados no texto de Fetherstonhaugh et al, para elaborar um teste diagnóstico próprio, verificando as pré-concepções que os alunos apresentavam. A idéia básica na elaboração desse teste foi encontrar o padrão dos conceitos investigados por Fetherstonhaugh, entretanto, às questões do teste diagnóstico, foram acrescentadas outras encontradas em vários textos e por nós adaptadas.

As respostas desse teste diagnóstico foram analisadas e pudemos identificar a semelhança das idéias apresentadas com os tipos de respostas encontrados na literatura específica. A partir disso, começamos

a identificar interligações e a agrupar as respostas em categorias de pensamento. Na verdade, as respostas foram agrupadas conforme as suas semelhanças quanto à relação causa-efeito estabelecida. Pode-se dizer que ainda é necessário delimitar melhor as categorias estabelecidas, que estão de certa forma, em estado "bruto", necessitando de refinamento e melhor definição, na direção de um modelo mais sintético e mais globalizante.

Um resultado importante também foi a percepção da relação que os alunos vêem entre as diversas questões do teste. Nossa preocupação com o teste foi de manter uma estrutura com cada questão versando sobre algum conceito da Óptica (luz, reflexão, refração). Analisando as respostas percebeu-se que várias questões estavam sendo respondidas em função de um mesmo modelo geral. A ligação entre as 6 questões iniciais, que para nós inicialmente pareciam segmentadas e seqüenciadas de certo modo (1,2 e 3, depois 4 e 5, depois a 6) ficou evidenciada de modo diferente para os alunos, o que se mostrou importantíssimo para as análises subseqüentes e posteriormente para a condução do curso.

Num segundo passo, decidimos realizar entrevistas com alguns dos alunos cujas respostas foram representativas de algumas concepções e que achamos poderiam ajudar na identificação dos modelos de pensamento usados, dando subsídios para os passos seguintes.

Os 6 primeiros exercícios do teste formam a base desse procedimento, tratam do conceito de luz e visão. 1) 2) e 3) avaliam a natureza da luz. 4) 5) e 6) se fixam mais ao processo de visão, mas todas essas 6 questões estão muito ligadas.

Como resultado da análise inicial do teste diagnóstico e das entrevistas realizadas (foram 5 entrevistas), encontramos concepções muito marcantes:

- intensidade ou ímpeto (Osborne et al, 1993): a luz necessita de um ímpeto para continuar se movendo. Com fontes fracas a luz não se move muito além da superfície da fonte e consegue maiores distâncias à noite. Essa idéia aparece em quase todos os casos analisados, com pequenas variações. A luz do farol vai mais longe do que a da vela pois a luz da vela é menor, é mais fraca que a do farol, logo não pode alcançar grandes distâncias.
- claro e o escuro como entidades ativas ou passivas. A claridade do dia bloqueia a luz do farol; a luz "mais forte" se sobrepõe à "mais fraca", impedindo que seja vista..
- o banho de luz (Osborne et al 1993), idéia de que a luz é um ente onipresente e não identificada com uma fonte em particular; o dia é então visto como um banho de luz que possibilita a visão. A luz fica no espaço entre objeto e fonte e não se propaga.
- imagem reside na superfície dos espelhos.

- cores como uma qualidade dos objetos (La Rosa et al, 1984) que variam conforme a intensidade da luz que os atinge; tudo o que se vê são cores refletidas, inclusive o preto.
- raio visual. Esse parece ser o modelo pitagórico onde um “fogo” invisível emana dos olhos, um fluxo visual de dentro para o exterior. É uma concepção muito forte. Esse movimento dos olhos para os objetos é essencialmente abstrato.

Encontrou-se significativo número de indivíduos em que a visão é representada como um processo de enviar “raios” que retornam aos olhos com a informação da figura. Há também a idéia de que a luz atinge os olhos e então vai até o objeto. Guesne identificou a seqüência de noções da luz ambiente, a ligação fonte - objeto, a ligação fonte - objeto com visão ativa e passiva. Há duas ligações distintas: fonte - objeto e olho - objeto.

Abaixo, seguem-se alguns exemplos de respostas obtidas no teste e nas entrevistas.

“Ah, eu acho que deve vir a claridade! (?)...por exemplo assim, é que nem por exemplo um espelho, eu olho num espelho, tá o reflexo de uma luz lá e eu me vejo? deve ser mais ou menos des desse estilo.”

*“mas você não tinha me falado agora há pouco que quando não tem luz...”*

dá pra ver alguma coisa transparente sei lá, alguma coisa que não tenha a cor da coisa apagada.”

*“como é que você consegue ver? agora há pouco você disse que pra ver a árvore, se fosse à noite, tudo escuro, você não conseguiria ver...”*

*porque a folhagem é escura...”*

“Eu tenho uma gata. Então o olho dela fica pequeno quando tem bastante claridade e ele aumenta quando ele não tem claridade. Então eu acho que ele vai enxergar.”

“Quando tá tudo apagado eu enxergo. eu consigo enxergar assim...o formato das coisas... a janela, é..., a janela...dá pra ver.

*Tem certeza que é escuro total?*

Absoluta.”

“...porque acho que o sol vai atrapalhar com a luz que ele dá. a claridade do sol vai atrapalhar impedindo que ele possa observar o farol. E à noite como já tá tudo escuro a clarid a escuridão vai prevalecer e o farol vai impedir vai como se diz vai fazer com que ele veja.”

“...A luz tá interferindo na mais outra que é mais fraca. A luz do sol.”

“A claridade é...é a forma como a gente vê a luz, luz clara, luz escura, eu acho que é isso.

Eu acho que é, deve ser isso. Sei lá, luz que o sol transmite é bem mais forte que essa e não vai deixar essa luz chegar muito longe. Deve ser isso.”

"Ah, por causa da luminosidade, por causa que no escuro a a luz parece que ela se propaga entende, a distância. Ela tem eh... digamos assim, ela reflete como uma luz que dá pra você enxergar."

"O escuro é uma sensação de que você não pode ver nada, tampa sua visão."

*"Ele bloqueia a visão, o escuro...Bloqueia..."*

Ah, eu acho que a claridade tampa."

Este exemplo fornece um conjunto de idéias que parecem representar a forma dos estudantes conceberem a luz quanto à sua natureza e ao processo de visão. As questões de partida para planejar o curso de Óptica foram melhor delimitadas: por exemplo, a questão do "raio" visual, a visão de objetos claros mesmo que não haja luz, ou a visão das formas dos objetos nessa mesma situação, entre outras. Mesmo assim, alguns detalhes ainda ficaram sem uma clara definição, caso do "raio" visual que não foi associado explicitamente à uma luz, mas a "algo" que sai dos olhos.

Chegamos então ao terceiro passo do planejamento, com atividades para criar conflito e reestruturação do conhecimento, composto basicamente de discussões abertas, resolução de problemas e a vivência de algumas das situações práticas.

As atividades, realizadas em grupo, tiveram como finalidade permitir que os alunos expressassem suas idéias, fornecendo mais dados para verificar que modelo estariam usando, que fossem instigados a raciocinar em função do seu próprio modo de pensar e pelo o de seus colegas, favorecendo o questionamento mútuo. Além disso visavam também criar contextos de experimentos e fenômenos dentro da área de óptica. Na análise das respostas no teste podemos perder alguma informação de alguns indivíduos pois há limitações na forma se de expressar, de entendimento dos termos usados, mesmo do interesse em escrever a resposta. Com essa atividade podemos resgatar, complementar informações e direcionar melhor as atividades e conceitos a serem tratados.

Iniciamos as discussões com as questões do teste que tratam da necessidade de haver luz ou não para podermos ver, evidenciam a diferenciação claridade/luz/luz do sol e da crença de que gatos (e outros animais) vêem no escuro; questões que chamaram a atenção na análise das entrevistas e se mostram como inadequadas em relação à concepção científica.

Como procedimento básico, dispusemos os alunos em um círculo na sala de aula e iniciamos o debate das questões. As manifestações iniciais se limitavam a "sim", "não", "é óbvio". Com um pouco de insistência no "por quê?", as explicações começaram a surgir. A concepção dominante foi a irrelevância da luz para vermos, que "se não é possível ver os detalhes, pelo menos a forma conseguimos ver". A idéia de adaptação visual foi uma explicação freqüente para isso.

Colocando a questão da visão do gato, tivemos quase unanimidade: o gato vê no escuro pois tem uma capacidade visual diferenciada, "natural", e seus olhos brilham no escuro (os alunos que têm gato em casa alegaram já ter visto isso acontecer), havendo apenas uma única aluna se manifestando contrária a essa idéia. Em aulas seguintes, procedemos à resolução de novos problemas envolvendo os conceitos tratados em situações mais gerais. Destaca-se o fato de que questões do tipo "o que a luz deve fazer para vermos" não faziam sentido nenhum para os alunos.

Tendo discutido e definido bem esses pontos (visão/claridade/escurecimento/visão da cor), encontramos dois grupos: os que acreditam poder ver sem luz (incluindo aí o grupo que acredita que objeto claro tem "claridade" própria) e os que acreditam ser necessário um mínimo de luz para vermos qualquer coisa (poucos alunos). Um deles comentou em certo ponto (devido à controvérsia criada) que só poderíamos "ver" o que acontece se fôssemos para uma sala escura. Em alguns momentos, alguns alunos chegaram a ser ofensivos em relação aos colegas que reafirmavam uma convicção diferente da sua. Houve até o caso de um aluno que discutiu com o professor da aula seguinte que tinham opinião divergente sobre o assunto. Essas exacerbações foram a justificativa de alguns alunos para não expor sua opinião.

Preparamos a primeira atividade de laboratório para que os alunos pudessem vivenciar suas concepções: uma sala onde toda entrada de luz externa foi bloqueada.

Ao entrarem, foi solicitado aos alunos que considerassem todas as idéias levantadas durante as aulas e verificassem sua veracidade (adaptação ao escuro, visão de objetos brancos, claros, das formas, etc.). "Em segredo", foi pedido a um dos alunos que depois de algum tempo que as luzes fossem apagadas, mudasse de lugar, indo com sua cadeira para o centro da sala.

Desligadas as luzes, a reação inicial foi típica: gritos, falas altas, etc., mas após a inquietação inicial, começaram a surgir os comentários de que não se enxergava nada, de que aquela situação dava uma sensação estranha, até de desespero, etc. Muitos reconheceram nunca ter estado num lugar totalmente sem luz.

Ao acender as luzes, um aluno havia se colocado no centro da sala sem que ninguém tivesse percebido isso. As discussões se seguiram então com os estudantes demonstrando que agora acreditam realmente que a luz era necessária à visão, independente de cor ou outro fator qualquer. Apenas 2 alunos permaneciam com opiniões discordantes: um acredita que a adaptação visual demora mais de 2 horas para ocorrer e outro que acredita que não havia objetos brancos grandes o suficiente para sobrepujar a escuridão.

Uma aluna relatou que enquanto estava escuro, levantou-se, andou pela sala e inclusive dançou sem que ninguém percebesse. .

## Considerações Finais

O exemplo dado acima pode dar uma idéia do potencial de uma estratégia dessa natureza. O levantamento das concepções espontâneas permitiu direcionar as atividades em função das idéias dos alunos e permitir que essas atividades pudessem ser significativas, apesar de simples.

Resistências à mudança são sempre esperadas (como nos dois casos citados); os modelos construídos pelos estudantes são altamente resistentes e coerentes, principalmente na Óptica e é preciso ter esse fato sempre em mente. Além disso, uma atividade pode resolver um aspecto mas reforçar outro. A atividade da sala escura realmente é eficaz no sentido de fazer perceber a necessidade da luz para a visão mas não conflita com a idéia de raio visual, pois alguns alunos previram justamente isso: sem luz, o "algo" que sai do olho não é forte o suficiente para que a visão funcione; ele precisa da luz.

As atividades não são fechadas em si mesmas. Os procedimentos adotados abrem sempre a possibilidade dos alunos demonstrarem várias das suas concepções simultaneamente e a atenção a isso é fundamental pois, numa determinada situação, podemos trabalhar um conceito que não era o inicialmente visado. O processo tem um caráter altamente dinâmico, com possibilidade de grande mobilidade interna, e a constante interação dos alunos entre si e com o professor é peça chave para alcançar êxito.

A situação apresentada é apenas um exemplo e constitui o início de um planejamento escolar real que visa ensinar as leis de reflexão e refração; a formação de imagem; a função das lentes bem como chegar às construções da óptica geométrica, sem perder o significado e a natureza da luz e do processo de visão.

Apoio: CNPq/CAPES

## Referências Bibliográficas

- FETHERSTONHAUGH, Tony, TREAGUST, David F. Student's Understanding of Light and Its Properties: Teaching to Engender Conceptual Change. Science Education, V.76, n.6, p. 653-672, jun. 1992
- ANDERSSON, Björn, KÄRRQVIST, Cristina, How Swedish pupils, aged 12-15 years, understand light and its properties. European Journal of Science Education, V.5, n.4, p. 387- 402, 1983.
- LA ROSA, C., MAYER, M., PATRIZI, P., VICENTINI-MISSONE, M. Commonsense knowledge in optics: Preliminary results of an investigation into the properties of light. European Journal of Science Education, V.6, n.4, p. 387- 397, 1984.
- OSBORNE, J. F., BLACK, P. Young children's (7-11) ideas about light and their development. International Journal of Science Education, V.15, n.1, p. 83- 93, 1993.



## AS PESQUISAS EM CONCEPÇÕES ESPONTÂNEAS EM TERMOLOGIA: SEUS INSTRUMENTOS E RESULTADOS COMO SUBSÍDIOS À PRÁTICA EM SALA DE AULA

Ivanilda Higa ; Luiz Fernando Sbruzzi; Jesuina L. A. Pacca  
Instituto de Física da USP

Este trabalho tem por objetivo dar uma descrição criteriosa sobre os principais instrumentos utilizados por diversos autores para levantar as idéias espontâneas dos alunos em relação aos conceitos de física térmica.

As concepções espontâneas que os estudantes apresentam sobre determinados conceitos têm sido bastante estudadas nos últimos anos, para diversos conteúdos dentro da física. Desta forma, tendo à disposição, na literatura especializada, uma grande variedade de artigos dessa natureza, nos propusemos a investigar uma forma de aproximar tais pesquisas da prática em sala de aula.

Partimos do pressuposto de que um ensino significativo deve ser planejado a partir destas concepções, num trabalho mais embasado teoricamente e mais consciente por parte do professor, de forma que o aluno tenha maior possibilidade de ultrapassá-las, chegando mais próximo do conhecimento científico.

Efetuamos uma análise dos trabalhos que abordam os conceitos de termologia, selecionando os principais instrumentos que os diversos autores utilizaram para levantar as idéias espontâneas dos alunos. Tais instrumentos, constituídos por questões e problemas de vários tipos, sobre os conceitos da física térmica em geral, foram então organizados em categorias, construídas e articuladas de acordo com o conhecimento científico rigoroso e detalhado em níveis adequados para o ensino no 2º grau.

Tínhamos inicialmente quatro grandes categorias: **Natureza do calor**, **Transferência de calor**, **Tipos de calor** e **Medida do calor**. A partir dos instrumentos por nós selecionados, verificamos que dentro destas categorias, haveria outras relacionadas com as idéias espontâneas dos alunos. Por exemplo: na categoria *Natureza*, as respostas dos alunos nos sugeriam que ainda haveria outras duas subcategorias, classificadas como: **Substância e Fontes**.

Para construir as categorias acima, utilizamos conceitos chaves da termologia, como a noção de calor e temperatura, o equilíbrio térmico e os processos de transmissão de calor. A preocupação principal é tornar a organização elaborada significativa para os professores que delas venham a se utilizar.

Os trabalhos analisados foram selecionados nos diversos periódicos e publicações da área, utilizando-se somente os mais significativos quanto

ao potencial para revelar concepções espontâneas bem como gerar discussões que levam à mudança conceitual dos estudantes.

Na análise das pesquisas, muitas dificuldades se apresentaram, no que concerne a quais artigos e questões deveriam ser selecionados. Muitas vezes, apesar das atividades utilizadas estarem bastante claras, o tipo de análise apresentada pelo autor não permitiu-nos discriminar as respostas dos alunos a uma determinada atividade.

Decidiu-se privilegiar aqueles trabalhos que trouxessem claramente a metodologia e os instrumentos utilizados, bem como as respostas dos estudantes.

Em relação à classificação das questões, também houve dificuldades, uma vez que nem sempre os autores traziam-nas explicitamente na apresentação do artigo. Optamos por privilegiar aquelas em que os autores, no momento de discutir os resultados, apresentavam claramente as questões utilizadas e suas respectivas respostas (dadas pelos alunos). Muitas atividades puderam ser encaixadas em mais de uma categoria.

Acreditamos que o material produzido desse modo constitui-se num importante subsídio para os professores no planejamento de sua prática em sala de aula, resolvendo em parte o problema da transferência dos resultados das pesquisas para a aula.

Este trabalho deverá ser utilizado por um grupo de professores secundários participantes de um curso de extensão coordenado pelos professores Jesuína L. A. Pacca e Alberto Villani no Instituto de Física da USP. Desta forma, as perguntas selecionadas deverão servir como auxílio para que os professores (do curso e em geral) consigam evidenciar em suas aulas as dúvidas pertinentes aos conceitos envolvendo os fenômenos térmicos.

### **As categorias para classificação dos instrumentos**

A definição das categorias dentro das quais os instrumentos seriam classificados foi definida em função das concepções que os alunos apresentam em relação a alguns fenômenos envolvendo processos térmicos.

A classificação proposta é uma reelaboração dos resultados encontrados nas diferentes pesquisas, tendo como objetivo encontrar um quadro abrangente de concepções alternativas. Os elementos que parecem dar conta de aspectos globais de um "modelo" alternativo tratando de Natureza, Transferência, Tipos e Medida do Calor.

Assim, a classificação que surgiu, definiu as quatro grandes categorias acima, sendo cada uma delas ainda subdividida em outras duas ou três categorias menores:

## A. Natureza do calor

- A.1. Substância
- A.2. Fontes

## B. Transferência do Calor

- B.1. Processo de emissão (não material)
  - movimento em um só sentido
  - aquecimento
- B.2. Por contato: propriedade intrínseca do material
- B.3. Deslocamento de uma substância

## C. Tipos de calor

- C.1. Calor quente/calor frio
- C.2. Calor simplesmente

## D. Medida do calor

- D.1. Temperatura
- D.2. Caloria (associada a corpos vivos)

Na categoria A.1., são classificados aqueles instrumentos que evidenciam um tipo de concepção dos alunos acerca da natureza do calor, quando estas respostas indicam uma associação do calor com alguma substância material. Já na categoria A.2., classificam-se as respostas que indicam uma associação do calor com as fontes. É como se o calor estivesse contido nas fontes, como o sol, fogo.

Na categoria B.1., classificam-se as atividades cujas respostas indicam uma concepção de transferência do calor como uma emissão de algo (que não é material), ou pela emissão de algo que resulta em um aquecimento do corpo. Na B.2., a transferência do calor se dá pelo contato, mas como uma propriedade intrínseca do material de que é constituído o corpo, tal como a espessura, tipo de material (metal, plástico). Já na categoria B.3., o calor pode ser transferido pelo deslocamento de uma substância, de um corpo para outro.

Na categoria C, as respostas dos alunos aos instrumentos, parecem indicar que há tipos diferentes de calor. Em C.1., classificamos aqueles instrumentos que evidenciavam respostas dos alunos indicando a existência de um calor que pode ser quente, ou frio. Parece que pode haver um tipo de "calor frio", onde o frio, que sai de um determinado corpo (tal como um cubo de gelo), é transferido de um corpo para outro. Na categoria C.2., as respostas indicam o uso do termo "calor" sem a necessidade de alguma explicação.

Na categoria D.1., classificamos os instrumentos que levantavam respostas indicando a temperatura como uma forma de medida do calor de um corpo, e na categoria D.2., onde evidenciava-se a medida do calor

associada à calorias e também a seres vivos (tais como alimentos, animais, pessoas).

## **Categorização dos Instrumentos em Função das Concepções dos Alunos[1]**

### **A. Natureza:**

#### **A.1. Substância**

1) Colocou-se um certo número de diferentes materiais em uma chapa quente (diversos cubos de metal, açúcar, manteiga...) e observou-se os resultados. Pergunta-se: O cubo de metal estava mais quente que a madeira ou o açúcar. Porque? *(esta atividade também consta na classificação B.3.)* [1]

2) Uma 'corrida' é efetuada colocando-se velas sob diferentes tipos de barras de metal e vidro, ao longo das quais foram colocadas gotas de cera. Como a temperatura das barras aumentava, a cera poderia derreter e os pingos indicariam o vencedor da corrida. Pergunta-se: A vara inteira tornou-se quente. Porque? Pergunta-se: A barra mais larga aqueceu-se mais rápido. Porque? Pede-se à criança para explicar porque a cera derreteu *(esta atividade também consta na categoria B.3.)*[1]; [4]

3) Apresentou-se aos estudantes quatro colheres (metal, madeira, plástico e cerâmica), que foram mergulhados em uma jarra de água quente. Os estudantes tocaram os cabos das colheres com as mãos. Pergunta-se: Você pode explicar porque a colher de metal se aquece antes que a colher de madeira e a de plástico? [2]

4) Os estudantes foram informados de que as placas de metal e plástico na sua frente tinham sido colocadas em um quarto escuro desde a noite anterior. Pergunta-se: Se você colocasse o termômetro diretamente em contato com as placas, você esperaria encontrar alguma diferença de leitura na leitura ou ela poderia ser a mesma? Os estudantes tocaram então as placas com as mãos. Pergunta-se: Você pode explicar porque sente o metal mais frio? *(esta atividade também consta na classificação B.2)*[2]

#### **A.2. Fontes**

1) Maria toma banho à tardinha. Como ela começa a sentir frio, ela e seus amigos fazem uma fogueira e ficam ao redor dela. Explique porque eles sentirão calor. [5]

### **B. Transferência**

#### **B.1. Processo de emissão**

##### **B.1.1. Movimento em um só sentido**

1) Aqueceu-se a mesma quantidade de substâncias diferentes (à mesma temperatura inicial) com chamas de tamanhos diferentes (neste caso, são quantidades iguais de dois líquidos em chamas de tamanhos diferentes. Pergunta-se: Qual dos líquidos se aquece mais? [4]

#### B.1.2. Aquecimento

1) Depois de usar uma furadeira contra a parede, sua temperatura: Aumenta, Diminui ou Permanece Constante? Explique. [3]

#### B.2. Propriedade Intrínseca / Por Contato

1) Em Morelia, um objeto de metal, através do tato, é sentido mais frio que um de madeira. Acontecerá o mesmo em um cidade africana onde a temperatura ambiente é de 43 °C? Porquê? [3]

2) Você tem duas pequenas mesas iguais, uma feita de madeira e outra de metal. Simultaneamente coloca-se um cubo de gelo no centro de cada uma delas. Qual cubo se derreterá primeiro? [3]

3) Aqueceu-se a mesma quantidade de substâncias diferentes (à mesma temperatura inicial) com chamas de tamanhos diferentes. [4]

4) Colocou-se diversos cubos de diferentes materiais em uma chapa quente e observou-se os resultados. Um outro experimento relaciona-se à taxa de aquecimento e resfriamento destes materiais. Pergunta-se: A cera derreteu porque: [1]

5) Apresentou-se aos estudantes quatro colheres de metal, madeira, plástico e cerâmica, que foram mergulhados em uma jarra de água quente. Os estudantes tocaram com as mãos o cabo de cada uma das colheres. Pergunta-se: Você pode explicar porque a colher de metal se aquece antes que a colher de madeira e a de plástico? [2]

6) Em um dia fresco, Sally notou que sentia a parte de metal do guidão de sua bicicleta mais fria que o plástico branco do freio. pergunta-se: Você pode explicar porque sente a parte de metal do guidão mais fria que o plástico branco do freio? [2]

7) Explique porque num dia frio usamos agasalhos. [5]

8) Maria, ao chegar da praia, caminha descalça no interior e sua cas e nota que o piso ladrilhado é mais frio que o piso de madeira - Porque? [5]

#### B.3. Deslocamento De Uma Substância

1) Aparato de expansão de líquidos. Um tubo capilar em uma rolha, inserido em um frasco Erlenmeyer, de 250 ml, contendo um líquido vermelho. Este frasco foi colocado em um outro recipiente grande, o qual continha água quente. A classe observou o movimento do líquido vermelho para cima no tubo capilar quando o frasco foi aquecido. Pergunta-se: Porque o líquido vermelho sobe? Pergunta-se: Desenhe o nível que o líquido teria se a temperatura fosse de 50 °C? (Atividade utilizada por Erikson (1979 e 1980)).[6]

2) Maria, ao chegar da praia, caminha descalça no interior e suas cas e nota que o piso ladrilhado é mais frio que o piso de madeira - Porque? [5]

### C. Tipos de Calor:

#### C.1. Calor quente/Calor frio

1) Colocou-se diversos cubos de diferentes materiais em uma chapa quente e observou-se os resultados. Outro experimento relaciona-se à taxa de aquecimento e resfriamento destes materiais. Pergunta-se: A temperatura da água decresceu quando o cubo de gelo foi acrescentado porque: [1]

2) Em um dia fresco, Sally notou que sentia a parte de metal do guidão de sua bicicleta mais fria que o plástico branco do freio, pergunta-se: Você pode explicar porque sente a parte de metal do guidão mais fria que o plástico branco do freio? [2]

### D. Medida do Calor

#### D.1. Temperatura

1) Ler a a temperatura ambiente, a do corpo humano em várias crianças e várias leituras durante o processo de aquecimento e resfriamento da água. [4]

2) Colocou-se diversos cubos de diferentes materiais em uma chapa quente e observou-se os resultados, outro experimento relaciona-se à taxa de aquecimento e resfriamento destes materiais. Pergunta-se: Um cubo de gelo grande demora mais a derreter do que um cubo pequeno porque: [1]

3) Explique porque num dia frio usamos agasalhos. [5]

4) Maria toma banho de mar à tardinha. Como começa a sentir frio, ela e seus amigos fazem uma fogueira e ficam ao redor dela. Explique porque eles sentirão "calor". [5]

Apoio: CAPES/ CNPq

### Referências Bibliográficas

- [1] ERIKSON, G. L. Children's conceptions of heat and temperture. *Science Education*, 63(2): 221-230 (1979).
- [2] CLOUGH E. E. e DRIVER, R. Secondary student's conceptions of the conduction of heat: bringing together scientific and personal views. *Physics Education*, 20: 176-182 (1985).
- [3] GUERRERO, S. J. Calor y Temperatura. esquemas alternativos en estudiantes de preparatória. *Revista Mexicana de Física*. 37(4): 688-696 (1991).

- [4] GUERRERO, S.J. et ali. Descubriendo las ideas de los niños. Calor y Temperatura. *Revista Mexicana de Física*. 37(1): 124-135 (1991).
- [5] SBRUZZI, L. F. Uma proposta construtivista para o ensino de propagação de calor. *Monografia apresentada no Curso de Especialização em Ensino de Ciências*, UFF-Niterói, 1992.
- [6] SHAYER, M. e WYLAN, H. The development of the concepts of heat and temperature in 10-13 years old. *Journal of Research in Science Teaching*. 18(5):419-434 (1981).

## LEVANDO A PESQUISA CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA PARA GRANDE PÚBLICO, ATRAVÉS DE APRESENTAÇÃO DE ATIVIDADES EDUCACIONAIS

Deise Miranda Vianna, Álvaro Chrispino e Kátia Nunes Pinto<sup>92</sup>  
Centro de Ciências do Estado do Rio de Janeiro - CECIERJ - RJ

A população precisa, hoje em dia, enfrentar o mundo altamente tecnológico. O mundo inteiro se comunica, a ligação via INTERNET coloca os habitantes deste planeta em contacto com os avanços tecnológicos, quase ao mesmo tempo em que eles são produzidos. E a nossa escola? Ela continua com professores, cuja formação não ultrapassou os conteúdos elaborados no último século, tendo que enfrentar alunos que têm em suas casas instrumentos com alto grau de sofisticação científica e tecnológica. A educação e a divulgação científica têm a responsabilidade maior não somente de ensinar e/ou apresentar esses avanços, mas muito mais de fazer com toda a população utilize os instrumentos no seu dia-a-dia, de maneira correta e crítica.

### Porque divulgar Ciência para o público ?

Neste mundo de hoje envolto pela tecnologia, a rapidez da comunicação faz com que todo mundo participe, ao mesmo tempo, de todos os avanços que acontecem no mundo científico e tecnológico. É praticamente impossível que a escola mantenha a informação para seus alunos atualizadas. Principalmente, porque esses conhecimentos fazem parte de avanços que, quase sempre, não estão contidos em programas curriculares, por se tratarem de conteúdos mais avançados. Até este acervo ser incorporado aos livros e currículos escolares leva um tempo considerável.

Porque toda a pesquisa é custeada pela sociedade, cabe aos cientistas e pesquisadores informar à população sobre o que estão pesquisando e o que está sendo desenvolvido para a utilização, pois é a responsabilidade social deles.

Precisamos ainda aprender muito como dialogar com o público, para sabermos sobre o que mais lhes interessam, quais as suas principais preocupações no uso de novas tecnologias, suas dúvidas quanto ao que vem sendo divulgado pela imprensa sobre as últimas 'descobertas' científicas, sobre o que sabem de ciência, desde os bancos escolares.

Em 1990, no Congresso Brasileiro de Química, realizado pela Associação Brasileira de Química, começamos nossa observação, com teatros e experiências interativas.

Em 1991, participamos também do evento, no Rio de Janeiro, "SBPC Vai à Rua". Na época nos surpreenderam as perguntas que



surgiram: "Como isso funciona?", "Para que serve essa mola?". Elas estavam relacionadas a pequenos 'kits' (câmara escura, caleidoscópio e dinamômetro) que estávamos levando para demonstrar a crianças e adultos, alguns fenômenos da Física, presentes em instrumentos de uso cotidiano ou de divertimento .

De primeiro momento, percebemos que deveríamos apresentar um experimento construído e outro que desmontávamos e tornávamos a construí-lo. As perguntas passaram a ser, então, sobre os modelos que a ciência constrói para explicar seus fenômenos: "Por que a imagem está invertida?", se referindo a câmara escura; "Como se formam esses desenhos?", se referindo ao caleidoscópio.

Deste modo, ao longo do tempo, temos nos preocupado em levar ao público experimentos, de maneira clara e simples, mas que, através de seu manuseio, possamos mostrar e explicar fenômenos científicos.

### Quem deve divulgar Ciência?

Entendemos hoje, que é papel do *CECIERJ* (CENTRO DE CIÊNCIAS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO) fazer a ligação entre a produção do conhecimento científico e tecnológico e o grande público. Cada segmento da população tem representações específicas sobre ciência: os próprios cientistas, os professores das disciplinas científicas, alunos, e público, em geral (VIANNA e CARVALHO, 1996). Como consequência, são linguagens específicas utilizadas, precisando cada vez mais de interações.

Como também atuamos na atualização de professores, entendemos que, para divulgar ciência, a linguagem a ser usada não é a de um especialista falando para seus pares. Mas de especialistas que procuram fazer a interface entre os pesquisadores e o público em geral. São aqueles que conhecem o conteúdo a ser transmitido, que conhecem aqueles que o produzem, e sabem qual a representação que o público faz sobre ciência e cientistas. Além disso, hoje encontramos no mercado diferentes publicações, com diferentes linguagens, para o 'público leigo', com as quais temos trabalhado, identificando as representações apresentadas.

Procuramos levar, de uma maneira clara e simples, porém desmistificada, experimentos que podem ser manuseados, com os quais possamos explicar e mostrar fenômenos biológicos, químicos e físicos, que muitas vezes são percebidos como uma 'caixa preta', fechada, de difícil compreensão. Discutimos com alunos, professores, pais, ou público em geral. A linguagem expressa por todos identifica o aparato científico e/ou tecnológico resultante de uma 'descoberta', fazendo leves referências aos conteúdos estudados, porém sem desconfiar que tudo aquilo apresentado tenha a haver com a sociedade em que vive, que está impregnada de ciência e tecnologia. A partir do entendimento do que está sendo apresentado, interferimos na sua representação, mostrando e discutindo, com o material apresentado, os fenômenos presentes.

## Onde fazemos este trabalho

Este contacto com o público tem se dado mais sistematicamente em eventos com grande participação. Em 1995, participamos da Semana do Meio Ambiente - Copacabana, evento organizado pela Secretaria de Estado de Meio Ambiente, que montou um grande 'circo' na praia e convidou diversas instituições do Estado para apresentar seus trabalhos, relacionados com o meio ambiente. Estivemos presentes abordando principalmente fenômenos biológicos, e tivemos oportunidade de ter presentes pessoas das mais diferentes faixas etárias e interesses (CUNHA e MOURÃO FILHO, 1995).

Em outras atividades, como no Centro de Educação Integral - Quintino (janeiro e fevereiro de 1996), como parte do projeto Praça da Ciência, e também em Nova Friburgo, na Praça do Suspiro (março de 1996), organizamos o evento Ciência na Praça. Nesses três momentos, foram montadas barracas, onde podíamos expor diferentes materiais científicos. Tivemos presente público bastante heterogêneo: crianças, adolescentes e adultos, incluindo professores, porém todos sempre muito carentes de informações científicas. Ficamos a disposição para responder sobre o material que já estava montado, ajudar no manuseio, como também proporcionar a montagem de outros.

Em São Paulo, em julho de 1996, na Estação Ciência, durante a II Mostra de Material Didático e Divulgação Científica, organizamos oficinas para crianças, colocando materiais disponíveis para a construção de diversos 'kits', mostrando ao longo da elaboração sua utilização, como em outros momentos podem ser adaptados e suas relações com outras áreas do conhecimento.

## Como reage o público?

O interesse do público se dá em qualquer idade, dos 8 aos 80 anos. Tanto a criança questiona a construção, como o pai, o tio e o avô. Todos querem entender o processo, já que está relacionado a seu cotidiano.

Há porém atitudes diferentes do adulto e do jovem ao observar o experimento. O jovem normalmente se mostra desinibido e pronto a experimentar, a mexer, com algumas exceções. O adulto, pelo contrário, sempre mais inibido e com medo de errar, se torna um pouco arreadio. Mas ao ser conquistado, pelo experimento, esse adulto se fascina, tornando para ele, de extrema importância entender o modelo representado na construção do experimento.

## Como interfere no ensino formal?

Como já expressamos, atuamos também em atualização regular de professores, nas áreas de Ciências, Física, Química e Matemática, desenvolvendo novas abordagens de conteúdos e metodológicas para o ensino formal. O nosso trabalho de levar a ciência para o grande público tem nos possibilitado olhar de maneira diferente para a sala de aula. Este

contacto se torna importante, na medida em que se pode obter informações sobre o conteúdo que vem sendo trabalhado nas escolas, ou o que não vem sendo, e portanto deficiente. Por vezes, escola e professores não dão importância a determinados conteúdos, porque não fazem parte do currículo. Porém ao colocarmos a ciência 'em praça pública', deixamos claro que o que estamos apresentando (um experimento, por exemplo) está ao nosso redor em diferentes situações. O que identificamos entre os presentes, principalmente professores e alunos, é que não se dão conta que na estrutura curricular tudo está contido, porém eles só conhecem teoricamente ou em exemplos que não tem aplicação no dia-a-dia.

Olhar cientificamente o mundo ao nosso redor faz parte das nossas intenções. Isto significa, cada vez mais claro para nós, que a escola só tem o compromisso formal com o programa, mas deixa de lado a sociedade em que está inserida. Não permite que aluno questione ou faça prevalecer seus interesses mais imediatos, se tornando cada vez mais um 'entrave' na vida do aluno. É de extrema importância para a formação do estudante a relação da ciência com seus modelos, a influência do homem na construção de todo o conhecimento científico e tecnológico, considerando-se as influências sociais, nos contextos históricos.

Questões como "que ciência é esta que ensinamos?", ou "para que serve?", estão presentes em toda a nossa prática, seja com aluno, professores ou como grande público. O aluno, que hoje está na sala de aula, poderá estar na praça amanhã, ou vice-versa.

Ao mostrarmos em público atividades relacionadas ao ensino de Ciências, estamos procurando relacionar ensino formal com o conhecimento do público sobre desenvolvimento científico e tecnológico.

Muitas vezes professores não percebem que seus alunos têm curiosidade em sala de aula sobre um determinado assunto. Ficam tão surpresos, quando acompanham atividades abertas ao público, ao se depararem com inquietações de alunos muitos próximas das dos adultos.

Levar a ciência ao público reforça nosso trabalho de apresentar uma postura questionadora e mutável, é ver ciência como criação do homem. É também aumentar o nível de 'alfabetização científica' da população.

## Bibliografia

- CUNHA, M. E MOURÃO FILHO, A. Curso de Biologia Marinha para Professores, CECIERJ, 1995, mimeo.
- VIANNA, D. M. E CARVALHO, A. M. P. Conhecer a vida do laboratório para melhor ensinar Ciência, trabalho apresentado no V EPEF, 1996.
- VIANNA, D.M., PINTO, K.N. E LIMA, S.F. Pode o Ensino de Física Modificar a Concepção de Ciência do Futuro Professor de 1o Segmento do 1o grau ? *Caderno Catarinense de Ensino de Física* v.11, n.2, , UFSC, SC, p. 79-87.

## ERROS ASTRONÔMICOS NOS LIVROS DIDÁTICOS DO 1º GRAU

João Batista Garcia Canalle<sup>1</sup>, Rute Helena Trevisan<sup>2</sup>, Cleiton Joni Benetti Lattari<sup>3</sup>

1 - Instituto de Física - UERJ, Rua São Francisco Xavier, 524/3002-D,  
CEP 20550-013 Rio de Janeiro - RJ

2 - Departamento de Física - UEL, Campus Universitário, 86051-570 Londrina - PR

3 - Departamento de Matemática - UEL, Campus Universitário, 86051-570 Londrina - PR

O objetivo deste trabalho é alertar os professores usuários dos livros didáticos sobre a possibilidade da existência de erros em seus conteúdos. Analisamos o conteúdo de astronomia de 6 livros de geografia destinados à quinta série, editados (ou reeditados) em 1996. Abaixo apresentamos uma seqüência de erros encontrados e fornecemos as explicações sobre os mesmos. Os erros são conceituais e ou por desatualizações. Alguns dos trechos comentados não são erros propriamente, mas enfatizamos que são de difícil compreensão sem explicações adicionais àquelas dadas nos livros, isto é, quando elas são dadas.

### Introdução.

Existem muitos livros de geografia destinados à quinta série do primeiro grau. Seis livros foram escolhidos entre os mais vendidos; isso no começo de fevereiro de 1996. Os livros analisados são os seguintes:

**1. Espaço em Construção, Vol. 1,**

LUCI IMACULADA DE OLIVEIRA ALVES

ROSÂNGELA MIRANDA DE CARVALHO

IDÁRCI ESTEVES LASMAR

Editora LÊ S/A

**2. Geografia Nova - O Espaço do Homem, Vol. 1**

IGOR MOREIRA

Editora Ática

**3. Geografia Ativa - Investigando o Ambiente do Homem, Vol. 1**

ZORAIDE VICTORELLO BELTRAME

Editora Ática

**4. Geografia Crítica - O Espaço Natural e a Ação Humana, Vol. 1.**

J. WILLIAM VESENTINI

VÂNIA VLACH

Editora Ática

**5. Lições de Geografia - Iniciação aos Estudos Geográficos**

HÉLIO CARLOS GARCIA

TITO MÁRCIO GARAVELLO

Editora Scipione

**6. GEOGRAFIA E PARTICIPAÇÃO - INTRODUÇÃO AOS ESTUDOS  
GEOGRÁFICOS, Vol. 1**

CELSON ANTUNES

### Editora Scipione

A seqüência de erros abaixo, é apenas uma pequena amostra dos problemas que detectamos ao analisarmos os livros acima. Um levantamento detalhado sobre estes livros está sendo feito. Os resultados serão encaminhados aos autores e editoras. O número dentro de colchetes indica o livro da lista acima no qual foi encontrada a frase analisada.

- a) "Na verdade, a Terra não é uma bola certinha. Os cientistas descobriram que ela é achatada em dois lados opostos. Mas o achatamento é tão pequeno que nem dá para ser visto nas fotos. O ponto central de cada lado achatado da Terra recebe o nome de pólo. Temos, assim, dois lugares bem marcados na superfície da Terra: os pólos terrestres."<sup>[1]</sup> Trocaram uma definição precisa, a de que os pólos são a interseção da superfície da Terra com o seu eixo de rotação, por outra imprecisa.
- b) "O eixo terrestre está um pouco inclinado em relação ao Sol, apontando sempre na direção da estrela Polar"<sup>[1]</sup>. Como pode o eixo da Terra estar inclinado em relação a uma esfera? Como pode o eixo estar sempre na direção da estrela polar se a Terra gira ao redor do Sol? Estas são questões incompreensíveis para um leigo e não esclarecidas no texto.
- c) "Ao realizar a sua translação, a Lua está sempre com a mesma face voltada para nós. Por isso, se você pensar um pouco, verá que, ao completar uma volta ao redor da Terra, o nosso satélite terá executado uma volta sobre si mesmo, ou seja uma rotação."<sup>[2]</sup> A explicação dada é correta mas o autor poderia explicar melhor ao invés de mandar o leitor "apenas pensar um pouco".
- d) "Um conjunto de estrelas mais ou menos próximas umas das outras forma uma constelação."<sup>[2]</sup> As constelações não são formadas por estrelas próximas. Elas apenas estão na mesma direção.
- e) "Acontece que a própria Terra funciona como um gigantesco ímã, pois as suas extremidades norte e sul possuem magnetismo."<sup>[2]</sup> O magnetismo terrestre está nela toda e não apenas nos pólos como sugere o texto.
- f) "O dia 21 de dezembro é o dia em que o hemisfério sul recebe mais calor. ..." e "Do mesmo modo, o dia 21 de junho é o ponto máximo do inverno no hemisfério sul. ..." A seguir vem a frase: "Fora esses dias que marcam o momento em que a Terra mais se aproxima e mais se distancia do Sol, na realidade, as estações do ano não são tão bem definidas como mostra o quadro acima."<sup>[2]</sup> Fica de associação automática que o verão e o inverno estão relacionados com a maior proximidade ou não ao Sol, depois de se ler esta frase, o que é um erro clássico no ensino da astronomia.

- g) " As estrelas são classificadas de acordo com sua grandeza, que vai de primeira até décima quinta. Pois bem, o Sol é de quinta grandeza, o que significa que é uma estrela pequena perto de milhões de outras existentes no Universo. Mesmo assim, a temperatura da superfície solar chega a 6000 °C. Já no interior do Sol a temperatura atinge 5.000.000 °C."<sup>121</sup> A classificação não vai da primeira até a décima quinta grandeza, vai, na verdade, de menos infinito até mais infinito. Dizer que o Sol é de quinta grandeza é uma informação inútil, pois a escala é logarítmica e isso não é estudado no primeiro grau. Dizer que o Sol é uma estrela pequena perto de milhões também é uma informação irrelevante, porque o Sol também é uma estrela muito maior do que outros milhões de estrelas. A temperatura no interior do Sol atinge valores de 15 milhões de graus e não apenas 5 milhões de graus, como escrito no texto.
- h) "O que ocorreria se a Terra perdesse seu movimento de translação, mas conservasse o movimento de rotação?"<sup>161</sup> É uma pergunta hipotética que alunos e, geralmente, professores de primeiro grau, não têm conhecimentos suficientes para responder"
- i) "Além da Lua, muitos outros satélites também fazem parte do Sistema Solar. Marte, por exemplo, tem dois satélites, Júpiter e Saturno possuem 15 cada um e Urano mais de quinze. Além de seus satélites, Saturno possui centenas de anéis que o rodeiam."<sup>171</sup> O número dos satélites estão errados, com exceção dos de Marte e Terra. E não só Saturno tem anéis; Júpiter, Urano e Netuno também os têm.
- j) "O que aconteceria se a Terra não tivesse o movimento de rotação? Se a Terra não girasse, somente uma de suas faces seria iluminada; a outra permaneceria escura. Na face iluminada seria sempre dia, com altíssimas temperaturas e na face escura, seria sempre noite, com baixíssimas temperaturas."<sup>181</sup> A resposta dada está incorreta, pois nessa situação teríamos uma face iluminada por seis meses e nos outros 6 meses a outra face é que seria iluminada.
- k) "Ao redor do Sol giram nove planetas e trinta e dois satélites, além de asteróides, cometas e meteoros."<sup>191</sup> O número de satélites está completamente desatualizado. Estes números precisam ser atualizados todos os anos. Meteoro é o nome dado ao fenômeno luminoso observado quando um meteoróide entra em contato com a atmosfera terrestre (Mourão, 1987).
- l) "Observe no desenho a posição da Terra. Veja que Marte e Vênus são os planetas mais próximos do nosso."<sup>191</sup> Esta frase dá a falsa idéia de que sempre seja assim, o que não é

verdade. Obviamente, as órbitas destes planetas são as mais próximas da órbita da Terra.

- m) "Não posso esquecer que: se a Terra não fizesse o movimento de translação em volta do Sol, o aspecto do céu seria sempre igual e não poderíamos ver, a cada mês, uma constelação do zodíaco."<sup>13</sup> O fenômeno mais relevante que aconteceria é que a Terra cairia sobre o Sol.
- n) "O movimento de translação da Terra em torno do Sol e a inclinação do eixo da Terra é que determinam as estações do ano. Você poderia perguntar: Que inclinação é essa? Procure observar como a Terra é representada em desenhos ou globos. Ela aparece inclinada para a direita. A Terra é assim representada porque é nessa posição que o nosso planeta gira em torno do Sol. O eixo da Terra está sempre inclinado 23,5° para a direita."<sup>14</sup> O conceito de esquerdo e direito são relativos ao observador e, portanto, não é uma linguagem científica. A explicação acima, apesar de correta, é de grande dificuldade de entendimento. Sugerimos usar um experimento tal como uma bola de isopor e uma lâmpada para facilitar sua compreensão.
- o) "Existem na Via Láctea cerca de 150 bilhões de estrelas - incluindo o Sol - e um número gigantesco de planetas e outros astros, em geral de tamanho menor."<sup>15</sup> A existência de um gigantesco número de planetas é apenas uma hipótese plausível, mas ainda não é um fato.
- p) Ao explicar "A teoria do Big-Bang" os autores usam um exemplo: "A estrela Sírius, por exemplo, afasta-se do Sol a uma velocidade de 50 km por segundo."<sup>16</sup> Esta velocidade de Sírius é um efeito gravitacional local e não está relacionada com o Big Bang.
- q) "Conhecemos um pouco da Lua e dos outros planetas que giram ao redor do Sol, mas não sabemos quase nada sobre as outras estrelas e demais sistemas planetários, principalmente sobre as outras galáxias."<sup>17</sup> A astronomia evoluiu muito nos últimos 50 anos e em particular nosso conhecimento sobre as estrelas e outras galáxias. E sobre outros sistemas planetários, só recentemente se obteve indícios sobre a existência de um outro sistema planetário além do nosso.
- r) "O maior de todos é Júpiter, que possui um diâmetro de onze vezes superior ao da Terra, e o menor é Mercúrio, com um diâmetro cerca de três vezes inferior ao da Terra."<sup>18</sup> O menor de todos não é Mercúrio e sim, Plutão. Esta desatualização é observada em todos os livros analisados.
- s) "A órbita dos planetas ao redor do Sol não é circular e sim elíptica, com um formato que lembra mais ou menos o de um

- ovo deitado ou de um círculo achatado."<sup>141</sup> A órbita dos planetas é muito próxima de um círculo e portanto, não deveria ser associada ao formato de um ovo.
- t) "Outros planetas também possuem satélites. Saturno, por exemplo, tem quinze, sendo que o maior deles - Titã - tem aproximadamente o mesmo tamanho que o planeta Mercúrio. Júpiter possui também inúmeros satélites: quinze deles já são conhecidos, mas é provável que existam mais. Netuno tem dois satélites. Marte também tem dois, e Urano, cinco. Mercúrio, Vênus e Plutão não possuem nenhum satélite."<sup>141</sup> Só o número de satélites de Marte está correto. Os demais estão todos errados, pois Júpiter tem 16, Saturno tem 19, Urano 15, Netuno 8 e Plutão 1 satélite.
- u) "A Terra tem a forma arredondada, mas não é uma esfera perfeita. Sua forma se assemelha mais à de uma laranja, com leve achatamento de um lado e um arredondamento quase perfeito do outro. A parte achatada corresponde aos dois pólos: norte e sul."<sup>141</sup> A Terra é uma esfera quase perfeita, de modo que é muito exagerado compará-la com uma laranja.
- v) "Sentido da força gravitacional. Como a força gravitacional é exercida com mais intensidade no centro do planeta, o formato arredondado distribui mais proporcionalmente a massa (matéria) que nele existe"<sup>141</sup>. A força gravitacional é nula no centro do planeta e cresce linearmente até atingir a superfície do planeta. A partir daí ela diminui com o quadrado da distância ao centro do planeta.
- w) "O eixo ao redor do qual a Terra gira apresenta uma ligeira inclinação de  $23^{\circ} 27' 30''$ , em relação à sua órbita ou "caminho" ao redor do Sol."<sup>141</sup> A inclinação citada é em relação à vertical ao plano da órbita e não em relação ao plano desta.
- x) "A Terra com 510 milhões de quilômetros quadrados de superfície e 1 bilhão de quilômetros cúbicos de volume, é, na verdade, ..." <sup>141</sup> O volume da Terra é de 1 trilhão de quilômetros cúbicos.
- y) "O Universo visível tem uma dimensão quase imensurável, algo em torno de 10 sextilhões de quilômetros quadrados, ou seja, o número 10 seguido de 21 zeros"<sup>141</sup>. A luz atravessa a diagonal de um quadrado com essa área em apenas 41.41 horas, com isso podemos deduzir que tal área é extremamente pequena. Em astronomia não se fala em área do universo, pois nem mesmo sabemos sua forma.
- z) "O achatamento polar é consequência da diferença de velocidade da rotação terrestre, que no Equador é de 1600 km/h e nos pólos é nula."<sup>141</sup> O achatamento é consequência da rotação e da força gravitacional ser radial.



- aa) "Nas proximidades dos pólos norte e sul, devido ao próprio movimento de rotação terrestre, houve uma grande concentração de minerais metálicos, criando-se aí os pólos magnéticos da Terra."<sup>61</sup> Esta informação não tem fundamento científico nenhum.
- bb) "Estrela - Astro que tem luz e calor próprios, apresentando brilho cintilante."<sup>62</sup> Brilho cintilante não é característica da estrela e sim um efeito da passagem da luz proveniente da estrela através da atmosfera terrestre.

## **Conclusões**

Muitos dos erros encontrados são por desatualização. A astronomia é um ciência dinâmica e por isso os autores precisam buscar dados atuais ao fazerem suas revisões ou escreverem seus livros. O professor do nível básico, que é o principal usuário destes livros, geralmente não teve uma formação apropriada em astronomia e ele acaba aprendendo nos livros que adota, a astronomia que tem que ensinar e estes livros, como exemplificamos acima, têm um número muito grande de incorreções. Tais incorreções poderiam ser solucionadas se os autores e ou editoras procurassem a ajuda de um astrônomo profissional.

## **Referências**

- ALVES, L.I.O., CARVALHO, R.M. E LASMAR, I.E., **Espaço em Construção**, vol.1, 1996, Ed. Lê S/A.
- ANTUNES, C., **Geografia e Participação - Introdução aos Estudos Geográficos**, vol. 1, 1996, Ed. Scipione.
- BELTRAME, Z. V., **Geografia Ativa - Investigando o Ambiente do Homem**, vol. 1, 1996, Ed. Ática
- BOCZKO, R., **Conceitos de Astronomia**, 1984, Ed. Edgard Blücher.
- GARCIA, H.C. E GARAVELLO, T.M., **Lições de Geografia - Iniciação aos Estudos Geográficos**, vol. 1, 1996, Ed. Scipione.
- MOREIRA, I., **Geografia Nova - O Espaço do Homem**, vol. 1, 1996, Ed. Ática.
- MOURÃO, R.R.F., **Dicionário Enciclopédico de Astronomia e Astronáutica**, 1987, Ed. Nova Fronteira.
- VESENTINI, J.W. E VLACH, V., **Geografia Crítica - O Espaço Natural e a Ação Humana**, vol. 1, 1996, Ed. Ática.

## A LEITURA E A ESCRITA NO ENSINO DE CIÊNCIAS

Maria Carmem Freire Diógenes Rêgo<sup>93</sup>  
Marta Maria Almeida Castanho Pernambuco<sup>94</sup>

Este texto é parte das reflexões do Grupo de Práticas Educativas em Movimento (GEPÊM), mais precisamente no projeto de pesquisa "O Ensino de Ciências na Educação Infantil" (UFRN/CNPq).

A proposta do grupo é olhar as práticas educativas inovadoras ou que se propõem ao movimento, explicitando os seus elementos organizadores, em geral, implícitos. Há uma intencionalidade em olhar o processo de construção das práticas educativas e não simplesmente o produto final. Em outras palavras, a ênfase recai sobre as mediações do processo.

Sob este prisma, mais que categorias estamos construindo organizadores, parâmetros, critérios, não se constituindo em modelos prontos, teorias fechadas com capacidade de previsibilidade, mas sim possibilitando a acumulação de informações sobre o processo, para criar instrumentos de leitura e intervenção sobre as práticas de diferentes realidades.

Este projeto em particular, através de uma assessoria aos professores do Núcleo Educacional Infantil - NEI da UFRN, trabalha a inter-relação entre conteúdos e metodologias no ensino de ciências na educação infantil, tendo em vista a explicitação de seus organizadores básicos assim como dos critérios que embasam as tomadas de decisão no cotidiano escolar.

A análise da prática dos professores do NEI-UFRN, permitiu a identificação de alguns elementos já usados para o ensino de conteúdos ligados a ciências naturais na educação infantil (crianças de 2 a 7 anos de idade). Através da reconstituição do processo de construção das práticas foi possível identificar e detalhar algumas características passíveis de serem generalizadas.

### 1. O ensino de ciências

O ensino de ciência era utilizado como gerador de textos para o trabalho com as diversas linguagens. Não havia uma preocupação da equipe com a ciência enquanto área de conhecimento.

Então, o grupo de pesquisa passou a se preocupar em identificar a que se propõe o ensino de ciências na educação infantil.

O entendimento da educação infantil como um espaço que propicia o processo de construção da relação ensino-aprendizagem e de acesso ao

---

<sup>93</sup> Mestre em Educação pela UFRN, professora do Núcleo Educacional Infantil da Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

<sup>94</sup> Doutora em Educação pela USP, professora do Departamento de Educação da UFRN. Coordenadora do Grupo de Estudos de Práticas Educativas em Movimento.

conhecimento, culturalmente acumulado pela humanidade, traz a responsabilidade de pensar formas e conteúdos que possam contribuir para efetivar um trabalho pedagógico mais comprometido com uma intencionalidade educativa, trazendo para a vivência das crianças pequenas aspectos da vida contemporânea da sociedade brasileira.

O ensino de ciências na educação infantil possibilita a aproximação da criança ao conhecimento sistemático e universal, permitindo-a entender questões da sua realidade, para que gradativamente interaja e transforme as explicações mágicas e sincréticas que formula a respeito do mundo, partindo da sua realidade cotidiana, em busca do conhecimento culturalmente acumulado, para retornar ao seu cotidiano e explicá-lo.

Desde muito cedo as crianças demonstram interesse/curiosidade pelos fatos da realidade física, biológica e sócio-cultural e dão explicações originais sobre eles. As hipóteses, as "teorias" que formulam são de certa forma influenciadas pelas noções que captam na convivência com os adultos e, à medida que interagem com outras crianças e adultos, vão modificando suas hipóteses e teorias iniciais. Nesse sentido, uma proposta pedagógica precisa propiciar à criança, desde muito cedo, a possibilidade de utilizar-se dos conteúdos das ciências para construir e reconstruir seus próprios conceitos, respeitando o patamar de seu desenvolvimento cognitivo.

O objetivo primeiro ao estudar ciências, é que as crianças desenvolvam as estruturas cognitivas básicas, possibilitando-as superarem a visão egocêntrica e sincrética marcada pelo realismo infantil de seu pensamento, desenvolvendo novos patamares que as conduzam à construir de maneira mais elaborada os conhecimentos.

Segundo Dehcinzelin (1994), a ciência não é um livro, registro de fatos ou regras, é o processo de criação de conceitos que dão unidade e sentido à natureza e, assim sendo, o trabalho nesta área deve permitir à criança construir, de forma gradativa o conhecimento "sobre o que é, e como se faz ciência". Neste sentido, a aproximação da criança com os conhecimentos científicos permite-lhe conscientizar-se gradativamente da relação do homem com a natureza e de sua capacidade de nela intervir.

*"Aprender ciências é, antes de mais nada, desenvolver a capacidade de pensar conceitualmente. O conteúdo das ciências não são os fatos observáveis, mas as teorias sobre os fatos observáveis"*<sup>95</sup>.

Com relação à educação infantil deve-se considerar a compreensão da realidade, em função das características psicológicas, sociais e cognitivas da criança nessa faixa de idade.

Delizoicov et al... (1991) discute o desenvolvimento de algumas habilidades, que instrumentalizam o aluno, de qualquer nível de ensino, para melhor compreender a sua realidade e poder atuar sobre ela.

Mesmo que nesse momento a criança ainda não consiga entender e incorporar alguns conceitos em virtude de sua complexidade e

considerando o seu nível de desenvolvimento, a escola deve desafiá-la a pensar sobre as experiências vividas, levantando hipóteses e elaborando suas próprias teorias explicativas. Identificamos algumas que podem ser trabalhadas com as crianças nessa faixa etária.

A **observação** sistemática, propicia a separação de variáveis relevantes, medidas adequadas com instrumentais que utilizam escalas comparativas com as dimensões do cotidiano dessa faixa de idade, permitindo que a criança construa representações acerca de suas percepções, pois a cada vez que se muda o referencial de onde é visto e o que está sendo analisado, surge uma determinada percepção dessa realidade.

O **registro e tomada de dados, construção de tabelas**, favorece a organização dos trabalhos, a detecção de regularidades e anomalias dos fenômenos. É importante os registros do professor e criança, que propiciam o confronto e a discussão das hipóteses levantadas, contribuindo para apropriação dos conhecimentos.

A **classificação** possibilita à criança localizar um fenômeno segundo suas diferenças e semelhanças.

A **análise** é importante mesmo com crianças pequenas, pois permite o aprofundamento da reflexão sobre o comportamento do objeto de estudo que com certeza contribuirá para a estruturação e ressignificação dos seus conhecimentos.

Além dessas habilidades, o ensino de ciências tem também como objetivo a construção de conceitos e, no ensino de ciências, uma das funções primeiras do projeto pedagógico é fornecer elementos para que a criança supere as características do egocentrismo infantil.

Os conceitos não podem ser "ensinados" uma vez que são construídos pela própria criança através de sua ação sobre os objetos do mundo, construindo suas próprias categorias de pensamento (Piaget, 19). Cabe à escola proporcionar atividades onde possam fazer, atuar, ver, para que se apropriem do conhecimento e do meio em que vivem.

Delizoicov, et. al... (1991) aponta, para a alfabetização, o trabalho de construção dos seguintes **conceitos básicos**:

*"Comunicar e observar fenômenos' (utilização dos órgãos dos sentidos, observação, classificação); espaço (localização espacial, referencial, localização relativa, medidas e comparação de tamanhos); tempo (dimensão de um evento, localização relativa, medidas, relações sociais e o tempo, ciclos, seta do tempo); matéria (conservação da substância, forma, volume, peso, área, perímetro); vida (caracterização do ser vivo nasce, cresce, alimenta-se e morre; diferenças entre vegetal e animal).*

Na faixa etária dos 2 aos 7 anos, a construção destes conceitos apresenta os mesmos limites da construção numérica. Apesar de trabalhá-los não se tem a perspectiva de construção conceitual pois, nesse momento a criança está constituindo as estruturas básicas que permitirão a construção dos conceitos, para Piaget (1988) "pré-conceitos".

Alguns conceitos para serem trabalhados precisam de aportes de situações/objetos do cotidiano das crianças, geralmente, o que está mais próximo.

O trabalho com a utilização dos *órgãos dos sentidos* é fundamental, uma vez que as aprendizagens mais significativas nessa faixa de idade ocorrem exatamente via exploração direta de todas as possibilidades de uso do corpo. É testando, cheirando, experimentando que as aprendizagens se consolidam.

O *espaço* é construído pela criança primeiro através do corpo em relação ao próprio corpo, em seguida, do corpo em relação aos objetos e só depois dos objetos em relação aos objetos. Isto indica que o corpo é a referência básica comparativa na realização de um trabalho. Por exemplo, usa-se mãos, pés, corpo inteiro deitado para as crianças terem a dimensão aproximada do tamanho de uma baleia de 10 metros.

O trabalho com o *tempo*, talvez seja, o que os educadores tenham mais dificuldades de pensar situações de aprendizagens significativas. No entanto é possível realizar atividades a partir de fatos concretos, como a hora do lanche, antes da história, depois do parque, (parte do dia que está na escola); depois de dormir, na hora de ir para casa, depois do almoço, quando acordar (o dia); os dias que fica em casa, os que vem para a escola (semana); o aniversário da criança e das pessoas mais significativas, festas comemorativas importantes para ela tipo Natal, São João (ano). Todas essas referências servem para trabalhar os conceitos de tempo de forma contextualizada. O ciclo de colheita das frutas pode ser trabalhado utilizando datas que já tragam um significado especial, como por exemplo a colheita ou safra do caju em Natal, que começa no mês do dia da criança, passa o Natal, as férias e só termina quando voltamos para a escola, em fevereiro, mais ou menos no carnaval.

Da mesma forma que os outros conceitos são construídos a partir de vivências significativas, a *matéria* também precisa de situações planejadas. O uso da culinária em sala de aula favorece, e muito, o trabalho com esses conceitos. Utilizar o pote de margarina grande e pequeno como referência de peso vivido e experimentado pela criança é um dos exemplos possíveis.

Já o trabalho para proporcionar a construção do conceito *vida*, necessita de vivências e questionamentos constantes. É acompanhando, observando, experimentando, questionando que as crianças vão construindo idéias e hipóteses originais. Por exemplo: acompanhar o crescimento de um espaço delimitado da grama e fotografá-la a cada 5 dias (um espaço que esteja recebendo água diariamente e outro não); observar em sala de aula a reprodução de pequenos animais como a borboleta, o cavalo marinho, entre outros.

Com as crianças de 2 a 7 anos de idade, é necessário que a professora intermedie/interprete os saberes das crianças, dando-lhe um sentido. Por serem tão pequenas, não significa que não tenham já uma visão e um entendimento do cotidiano. Cabe então ao organizador do

trabalho proporcionar situações em que elas possam expressar o que vivem e sabem, na perspectiva de ampliar os conhecimentos e experiências das crianças. Tendo uma convivência significativa com o conhecer, as crianças terão o desejo de saber, a vontade de ir atrás, de experimentar, fazer, atuar e transformar.

## 2. A prática pedagógica no NEI

Em linhas gerais, o ensino de ciências se dá via tema de pesquisa a partir de três eixos: o contexto sócio-econômico-cultural, a estrutura dos conhecimentos de área e os processos de construção de conhecimentos nas crianças. Cada um desses eixos utilizados articula-se em uma metodologia de trabalho utilizando-se dos três momentos pedagógicos (RÊGO, 1995), que tem como base conhecimentos já produzidos em diferentes perspectivas, o que traz à tona uma reflexão sobre os limites e possibilidades para os conteúdos de ciências na educação infantil.

Desde os primeiros níveis de ensino (2 anos de idade), tudo o que é ressaltado como informação relevante acerca do tema é explorado através da fala e de diversas formas de registros. Dessa forma, o processo de aquisição da leitura e da escrita é favorecido pela utilização progressiva das diferentes formas de registro e torna-se significativo na medida em que é construído pela criança a partir de sua própria atuação/apropriação dos conhecimentos e da realidade.

A equipe do NEI vem sistematizando já há algum tempo as aprendizagens das crianças na linguagem, entendida como um instrumento fundamental na orientação da ação, na construção dos conhecimentos, na organização das experiências, enfim, na organização do pensamento (CARVALHO, 1995)<sup>96</sup>.

O projeto pedagógico<sup>97</sup> tem como proposta a linguagem como eixo condutor do trabalho, por se constituir num aspecto fundamental da humanidade. A linguagem confere sentido aos fatos, fenômenos e objetos do contexto. Registra no pensamento conhecimentos provisórios para a apropriação do real, permitindo que a ação humana seja intencional, dando a possibilidade ao homem de construir instrumentos de intervenção no real, sendo capaz de planejar as ações no pensamento.

As trocas que o indivíduo estabelece com o meio e, principalmente, com os outros indivíduos, em contextos sócio-econômico-cultural determinados, são fundamentais para a formação do pensamento e da personalidade. Muito cedo, as relações que o indivíduo estabelece com os outros e com o meio exterior são mediadas pela linguagem, principalmente pela oral, gestual e corporal.

A oralidade assume um papel fundamental nas primeiras interações que as crianças de 2 anos estabelecem na escola, conferindo significado a ação e às vivências sócio-culturais. Ela vai sendo

---

96 CARVALHO - texto ANPEd/95 ou Projeto de Doutorado.

97 NEI, 1993 e RÊGO, 1995.

construída/constituída, a partir das oportunidades que a criança tem de participar de diálogos com outras crianças e adultos. Dessa forma, elas coordenam suas idéias, argumentos e significações no confronto com o pensar do outro.

Desde que nasce, a criança dispõe de uma inteligência prática, sensorio-motora, que orienta suas ações no mundo. Essa inteligência vai se modificando a partir das experimentações e interações que ela estabelece com o mundo e primordialmente com as pessoas que convivem com ela. Estas, por sua vez, atuam interpretando e dando significado às suas ações, expressões, gestos, inserindo-a no mundo simbólico. Interagindo, a criança desenvolve a capacidade de "pensar" no plano das idéias, no plano mental. Portanto, a criança, antes mesmo de dominar a oralidade, convive com relações de significado, permitindo a construção de uma ação interior.

Na faixa de idade entre 2 e 3 anos, é importante ter sempre como objetivo que os primeiros temas estudados propiciem um contato mais imediato e direto com o objeto de estudo. As crianças nessa faixa etária ainda não estruturam bem as imagens mentais dos objetos, conhecimentos, situações e estão no início da construção de uma nova capacidade, que é a evocação dos objetos ausentes, através de símbolos.

Nesse início, as aprendizagens mais significativas estão diretamente vinculadas à experimentação e atuação da criança sobre o conhecimento, ou seja, à ação. Aos poucos, ela vai construindo a capacidade de pensar a realidade, sem se apoiar, exclusivamente, no concreto, no objeto imediato, na ação.

## O ensino de ciências na prática do NEI

Como efetivar o desenvolvimento dessas habilidades? Em que conteúdos e como tratá-las?

Como efetivar a construção dos conceitos? Em que conteúdos e como tratá-los.

A opção escolhida, entre muitas, foi começar pela identificação dos conteúdos a serem trabalhados na educação infantil. Já havia um plano anual com sugestões do tipo *"adquirir conhecimento sobre os animais, considerando: características físicas, habitat, alimentação, necessidade: o que precisam para viver e utilidades e perigos para o homem"*.

Iniciamos a discussão acerca das relações e da complexidade dos conteúdos no ensino de ciências. Para tanto, elaboramos "redes" de relações de conteúdos, partindo de uma pesquisa nos cadernos de planejamento dos professores do NEI, dos temas mais trabalhados nos últimos 3 anos. Assim foram identificados: animais, plantas, planeta Terra, alimentação, homem, água e minerais-rochas.

As "redes" de relações não se constituem em listas de conteúdos prontas e acabadas para cada faixa de idade. Visam explicitar as relações entre conceitos e conhecimentos, a inter-relação entre os conteúdos.

Outra questão a ser resolvida era: em que redes estavam imersos os conceitos e as habilidades básicas?

A partir de estudos e reflexões identifica-se que, tanto as habilidades, quanto os conceitos perpassam todas as redes, ou seja, são passíveis de ser trabalhados em todas elas, uma vez que **não estão** nos conteúdos, mas **são construídos** pelas crianças. o que vai diferenciar é, exatamente, o nível de desenvolvimento de cada faixa de idade.

Quando a escolha dos conteúdos obedece a esse critério, o ato de ensinar está vinculado ao que a criança tem capacidade de apreender da realidade.

Por exemplo, com as crianças menores (2 e 3 anos) deve-se sempre partir do que elas já tiveram oportunidade de ter um contato direto ou mesmo que pode ser levado para o ambiente escolar como pequenos animais domésticos, plantas, peixes, insetos, objetos do cotidiano (liquidificador, telefone, rádio), meios de transportes, entre outros. Nessa faixa etária o corpo é referência básica para todas as aprendizagens é através do corpo em movimento, em contato, ou seja, em relação afetiva com o outro que o estudo/vivência/experimentação se torna significativo e a criança começa a fazer as novas relações com o mundo.

No estudo dos peixes no Nível 1<sup>98</sup> (crianças de 2 e 3 anos de idade), iniciou-se o estudo trazendo uma Cioba<sup>99</sup> para a sala de aula, as crianças puderam investigar as características externas do peixe comparando com o seu próprio corpo e com os pintos e coelhos que já havia sido objeto de estudo. Puderam ainda, observar o que havia por dentro. Trabalha-se diferenças e semelhanças explorando características que possibilitam à criança ver como agem, são e funcionam, garantindo uma ampliação do conhecimento.

Já com as crianças maiores (5, 6 e 7 anos) o objeto de estudo não precisa necessariamente está presente, nessa faixa de idade a criança já é capaz de evocar, através de símbolos, objetos ausentes. Dessa forma é possível trabalhar o funcionamento do coração humano desde que as situações de aprendizagens sejam significativas.

As professoras<sup>100</sup> Suzana, Maria Emília e Analice planejaram no estudo do coração algumas atividades que descreverei a título de ilustração. Para terem uma dimensão aproximada do peso do coração humano (250g) foi solicitado que as crianças trouxessem, de casa, alguma coisa que tivesse esse peso. Foi utilizado como referência o pote pequeno de margarina, mais comum entre os objetos. Organizou-se uma visita ao Museu de Anatomia Humana do Centro de Biociências da UFRN. As crianças puderam ver um coração de verdade e compararam o tamanho ao de uma mão fechada de adulto. Depois abriram, por sugestão do professor do Centro de Biociências, um coração de boi, segundo ele é o

---

98 Cenas da prática pedagógica trabalhada por Régio, 1995.

99 Peixe muito comum no litoral nordestino para consumo humano.

100 Professoras do NEI da UFRN.



que mais se assemelha ao humano, com um desenho do coração humano puderam observar as partes internas, ou seja, as possíveis semelhanças e diferenças. Ainda nesse estudo construiu-se com as crianças um instrumento<sup>101</sup> que indicava para as crianças como era o funcionamento da "bomba" do coração, explicando a função dos batimentos cardíacos que era a principal curiosidade das crianças.

#### 4. As Linguagens

No trabalho pedagógico do NEL, as diferentes linguagens são articuladas em torno do tema de pesquisa, elas perpassam todo o processo de busca/construção do conhecimento. O que é explorado enquanto tema de pesquisa é caracterizado/expressado nas diferentes linguagens. As crianças são incentivadas a registrarem as informações relevantes acerca do tema e o que aprenderam sobre o assunto, através da fala, da imitação, do jogo sócio-dramático, do desenho e da escrita, ou seja, nas diversas formas de representação.

As crianças se utilizam dessas diferentes linguagens para produzirem suas histórias e ao mesmo tempo se apropriarem dos conhecimentos e da realidade.

Isso ocorre sistematicamente mesmo no Nível 1 (2 e 3 anos). Assim sendo, inicia-se um trabalho significativo com as diferentes linguagens, na medida em que é construído pela própria criança, a partir da sua atuação/apropriação do conhecimento e da realidade.

Portanto, no trabalho pedagógico com crianças de 2 a 7 anos de idade, as diferentes linguagens devem assumir um papel fundamental, como mediadora dos outros conhecimentos sistematizados.

O desenho é amplamente utilizado, tanto como forma de expressão espontânea das experiências e sentimentos, quanto de registro das excursões de estudo, atividades realizadas e observações dos objetos. Também aparece como forma de sínteses, individuais ou coletivas, das informações coletadas ao final de cada estudo.

Após cada desenho realizado, as crianças são solicitadas a escreverem o que desenharam e o nome delas, sendo a escrita usada com sentido, ou seja, para registrar, deixar a história escrita daquele sujeito, sujeito do seu próprio conhecimento.

O registro escrito coletivo é garantido após cada acontecimento significativo como forma de síntese das informações relevantes acerca do tema estudado. Esses registros, escritos pela professora a partir das falas das crianças, são permeados de desenhos que permitem à criança fazer uma pseudo-leitura. Num outro momento, o escrito é lido pela professora e, posteriormente, pela própria criança, que dispõe do texto na sala de aula.

---

101 Instrumento desenvolvido por Ferreira, 1995, professor do Departamento de Física da UFRN, que tem uma interface com o nosso projeto no que diz respeito a pensar atividades práticas (experimentos) para o ensino de ciências.

A oralidade, é utilizada para dar sentido à ação, ou seja, o falado transforma-se em base de todas as interações em sala de aula. Junto a ela, a leitura, a escrita, a imitação, o jogo estão sendo utilizadas para representar o que aprendeu.

#### 4.1. Os Processos de Leitura e Escrita

Para FERREIRO (1984), a leitura e a escrita são formas variantes da mesma língua e a linguagem oral precede a escrita e a leitura, devido ao ambiente no qual a criança está exposta. Ela considera a evolução da escrita um processo que se inicia muito antes da criança ingressar na escola e segue um processo evolutivo surpreendentemente regular em variados meios culturais, em diversas situações educativas e diferentes línguas.

Quando as crianças produzem as suas primeiras garatujas, não percebem que existe diferença entre desenho e escrita. O que fazem começa a ganhar significado quando o adulto o interpreta. Gradativamente, e em função da convivência com os diferentes usos representativos da língua, a criança percebe que a escrita e o desenho são formas diferentes de representações, com características e organizações próprias, que Ferreiro afirma ser o marco inicial na aquisição da escrita pela criança.

Ferreiro identificou três grandes períodos no interior dos quais cabem múltiplas subdivisões: o reconhecimento da escrita como elemento representativo diferente do desenho (distinção entre o icônico e o não-icônico); a construção de formas de diferenciação - qualitativo e quantitativo; a fonetização da escrita - iniciando com o silábico e culminando com o alfabético.

É importante ressaltar que o sistema da escrita, enquanto objeto socialmente elaborado, cumpre várias funções sociais e tem meios concretos de existência, sendo para a criança um objeto de conhecimento.

O ensino da leitura e da escrita para ser significativo precisa ser contextualizado, ter sentido para as crianças, de forma que elas atuem e interajam com esse conhecimento a partir de suas próprias experiências.

As cartilhas não refletem os contextos de vidas das crianças, não lhes dizem nada, apresentam textos estereotipados e destituídos de nenhum sentido para elas. Já os textos que são construídos coletiva ou individualmente, a partir de experiências significativas de aprendizagem, vêm carregados de significados.

Além da interação com diversos estilos textuais como poesias, histórias, contos, reportagens de jornais, entre outros, o ensino da leitura e da escrita também deve ser utilizado para registrar o que aprenderam no ensino de ciências. Estes textos produzidos nos estudos são utilizados nas aprendizagens da leitura e da escrita.

## 6. Algumas considerações

O que tem-se evidenciado constantemente nas reflexões realizadas pelo grupo de pesquisa aponta para uma necessidade de aprofundamento na questão da estrutura de área dos conhecimentos científicos trabalhados na educação infantil (2 a 7 anos de idade).

Partido do pressuposto de que a educação infantil é um espaço privilegiado para a criança de construção de conhecimento, se faz necessário um aprofundamento desses conhecimentos nas diversas áreas de conteúdos. Conhecimento como força cultural, construída e acumulada historicamente pelos homens e em constante evolução/revolução, buscando os elementos, em cada uma das áreas, que possam constituir-se em possíveis totalização de sua estrutura interna.

De uma certa maneira considero que as aquisições das linguagens e de outras operações simbólicas, como a aritmética, já têm algumas questões esclarecidas/explicitadas, pelo menos no que diz respeito o como as crianças constroem alguns conceitos envolvidos nesses processos. De modo semelhante, deve existir a aquisição de processos de aquisição de conhecimento científico, com sua visão de área e peculiaridades próprias. Se o conhecimento é considerado como uma apropriação do real, é necessário um aprofundamento das questões de área para que ele não se efetive de forma fragmentada mas como um corpo de conhecimento que foi construído sistematicamente na história da humanidade.

## 7. Referências Bibliográficas

- DELIZOICOV, Demétrio. Et. all. (1990). *Metodologia do ensino de ciências*. São Paulo: Cortez, 1990.
- CARVALHO, Denise et al. *Faça e conte: relatos da prática pedagógica*. Natal: Editora Universitária da UFRN, 1993.
- DEHEINZELIN, Monique. *A fome com a vontade de comer: uma proposta curricular de educação infantil*. Petrópolis: Vozes, 1994.
- FAZENDA, Ivani C. (Org.). *Integração e interdisciplinaridade no ensino brasileiro*. São Paulo: Loyola, 1979.
- FERREIRO, Emília. *Reflexões sobre alfabetização*. São Paulo: Paz e Terra, 1983.
- \_\_\_\_\_. *A psicogênese da língua escrita*. Porto Alegre: Artes Médicas, 1985.
- FREIRE, Madalena. *A paixão de conhecer o mundo*. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1983.
- KAMII, C. *O Conhecimento Físico na Educação Pré-Escolar*. Porto Alegre: Artes Médicas, 1985.
- KRAMER Sônia. (Org.). *Com a pré-escola nas mãos: uma alternativa curricular para a educação infantil*. São Paulo: Ática, 1989.

- PERNAMBUCO, Marta M. C. A. "Acertando o passo" In: PONTUSCHKA, Nidia (Org.) *A ousadia do diálogo: interdisciplinaridade na escola*. São Paulo: Loyola, 1993.
- \_\_\_\_\_. *Educação e Escola com Movimento: do ensino de ciências á transformação da escola pública*. São Paulo, 1994. Tese (doutorado em Ensino de Ciências) - FEUSP.
- \_\_\_\_\_. *Programa de Pesquisa do Grupo de Estudos de Práticas Educativas em Movimento - GEPEM - UFRN*, Natal, 1994.
- \_\_\_\_\_. "Quando a troca se estabelece" In: PONTUSCHKA, Nidia (Org.) *A ousadia do diálogo: interdisciplinaridade na escola*, São Paulo: Loyola, 1993.
- \_\_\_\_\_. "Significações e realidade: conhecimento" In: PONTUSCHKA, Nidia (Org.) *A ousadia do diálogo: interdisciplinaridade na escola*, São Paulo: Loyola, 1993.
- PIAGET, Jean. *A formação do símbolo na criança: imitação, jogo e sonho, imagem e representação*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1978.
- \_\_\_\_\_. *O Raciocínio na Criança*. Rio de Janeiro: Record, 1967.
- RÊGO, M<sup>a</sup> Carmem F. D. *Recortes e Relatos: a criança de 2 e 3 anos no espaço escolar*. (dissertação de mestrado pela UFRN) Natal, 1995.
- SECRETARIA MUNICIPAL DE ENSINO/SP. *A Educação Infantil e a Interdisciplinaridade*. São Paulo: SME, 1990-1992. (mimeo.).
- \_\_\_\_\_. *As áreas de conhecimento*. São Paulo: SME, 1990-1992. (Mimeo.).
- VYGOTSKY, L. S. *A formação social da mente*. São Paulo: Martins Fontes, 1984.

## O TEXTO DE DIVULGAÇÃO E O TEXTO DIDÁTICO: CONHECIMENTOS DIFERENTES?

Sônia Salém e Maria Regina Kawamura  
Instituto de Física - USP

### 1. A Questão

Não é necessário um levantamento muito minucioso para notarmos uma crescente preocupação com a difusão de conhecimentos científicos para um público cada vez mais amplo e diversificado: o chamado "público leigo" - crianças, jovens ou adultos.

Essa tendência manifesta-se através da divulgação científica nas mais diversas formas, através de publicações escritas, meios audiovisuais e mídia eletrônica. Artigos de jornais e revistas, livros, televisão, vídeos, filmes, programas multimídia, exposições e palestras, fazem com que a ciência "invada" os lares, trazendo um mundo de informações, idéias, conceitos, imagens da ciência ou de cientista.

O crescimento intensificado desses meios e a sua grande penetração parecem traduzir uma necessidade do cidadão contemporâneo. A ciência "vendida" desse modo é atraente, curiosa, instigante.

*"Atualmente há muito interesse pela divulgação científica. Quem quiser divulgar conhecimentos encontrará um amplo auditório..."*<sup>102</sup>

Sem entrar nesse momento no mérito dessas iniciativas, interessantes, particularmente, olhar para a escola, o ensino de ciências e em especial, o de Física. Como se situam nesse contexto? Que respostas têm sido dadas, no espaço escolar, para essa demanda? De que modo a escola se relaciona com essas informações e conhecimentos veiculados "além de seus muros"?

Nos parece que, de um modo geral, a escola e, no nosso caso, o ensino de Física, andam à margem desse processo. Também parece evidente que enquanto de um lado, os meios de divulgação despertam interesse e atraem o público em geral (e, incluindo nesse, o professor ou estudante), de outro lado a física tratada na escola é, via de regra, vista como algo frio, desinteressante e distante, quando não "assustador".

Embora essas duas instâncias tenham em comum tratar de ciência, ou de Física, os contrastes são marcantes. Um livro de divulgação ao tratar da "luz", por exemplo, e uma aula convencional de óptica, não parecem falar, muitas vezes, da mesma coisa.

Tal é a questão que procuramos investigar: quais as diferenças entre esses dois meios de tratar de conteúdos científicos, no caso particular da Física? Em particular, quais as diferenças entre os livros

---

102REEVES, Hubert; A hora do deslumbramento: o universo tem um sentido?

didáticos de Física e os livros de divulgação? Será que tratam de conhecimentos diferentes?

Para isso, analisamos alguns exemplares de livros de divulgação científica, com temas ligados à Física, procurando identificar características importantes, que demarcam diferenças em relação ao texto didático. Além do conteúdo, caracterizamos em linhas gerais outras dimensões, tais como intenções implícitas ou explícitas, abordagens, recursos e linguagem utilizados, imagem de ciência, leitores potenciais, possibilidades e natureza do aprendizado que possibilitam.

Não pretendemos, desde já, esgotar essa questão. Apenas encontrar algumas pistas, testar nossas intuições e esboçar caminhos que possibilitem a introdução de novas idéias e materiais, que possam contribuir para o ensino de Física, especialmente em nível de segundo grau.

## 2. Caracterizando o Livro de Divulgação

### As fontes

Inicialmente, procuramos fazer uma seleção relativamente livre de alguns livros para analisar, incluídos em uma listagem com centenas de títulos. Listagem esta, extraída de um banco de dados que está sendo estruturado, contendo diversas referências de materiais escritos de divulgação em Física, destinado a professores de segundo grau.

Já ao iniciar essa seleção, pudemos identificar livros de diferentes "tipos", que poderiam ser classificados segundo critérios distintos: estrutura, conteúdo, abordagem, linguagem, entre outros. Alguns mais fragmentados, outros com uma clara unidade, alguns mais superficiais, outros mais profundos, os que abordam diferentes tópicos de Física, e os que tratam de um único assunto específico, alguns que tratam da física clássica e mais curricular, outros cujo conteúdo é a física moderna ou contemporânea, os mais "históricos", os mais "filosóficos", os mais pragmáticos, fenomenológicos, etc.. Aqueles mais e os menos acessíveis ao leigo ou ao estudante de segundo grau.

Contudo, sendo nossa principal intenção no momento caracterizar o que há de mais típico nesses livros, que os diferenciam do texto didático, não nos preocupamos nesse momento em fazer uma classificação. Apenas, de um modo intuitivo e subjetivo, procuramos ter uma amostra diversificada, que contemplasse essas diferentes "categorias".

Ao final, segue uma relação dos livros que utilizamos neste trabalho, cuja numeração será indicada como referência em alguns momentos ao longo do mesmo.

## 2.1 Intenção / Objetivos / Leitor

Guardadas as diferenças e particularidades, existe algo em comum nesses livros, que poderíamos caracterizar como intenções ou objetivos gerais.

Entre essas, destaca-se especialmente a de **atrair o leitor para o "mundo da ciência"**, conquistá-lo, tirando um certo peso que esta carrega e dando-lhe uma nova visão da Física, mais atraente e próxima.

Outra intenção evidente, e relacionada a esta, é a de **propriamente divulgar a ciência a um público amplo**, de tornar conhecimentos científicos acessíveis ao "cidadão comum", ampliando sua visão de mundo e integrando-o a uma cultura científica.

São intenções que se manifestam não apenas implicitamente na forma, estrutura, linguagem dos livros, mas em idéias, muitas vezes expressas de maneira explícita, em apresentações, prefácios, orelhas (aqui evidentemente produzidas pelo editor) ou ao longo do próprio livro. Idéias do tipo:

- **Aproximar, tirar o 'medo', a estranheza** "...elimina parte da estranheza e aproxima mais a física do lar..." (2)
- **Trazer o sentimento de integração no mundo atual** "Ninguém gosta de sentir-se 'por fora'. Haverá algo mais gratificante que essa integração, que essa sensação de pertencer à cultura contemporânea?" (9) "A maioria das pessoas que vivem em épocas revolucionárias sente-se curiosa quanto ao que está em jogo; elas querem participar do entusiasmo, ao menos indiretamente..."(11)
- **Humanizar a física, mostrar seu caráter cultural** "Este livro tem por objetivo aproximar a física das ciências humanas..." (2) "A física é uma atividade intelectual criativa humana, como a arte e a música... Ser ignorante cientificamente é permanecer essencialmente aculturado" (6)
- **Complementar o ensino formal** "...Esse texto poderia auxiliar os estudantes de nível médio em seus trabalhos escolares e dirimir dúvidas suscitadas pela avalanche de notícias veiculadas por órgãos de informação não especializada..."(8)

Essencialmente, o que se espera do leitor é algo mais ligado ao prazer, que ao dever.

## 2.2 O leitor

Praticamente todos os livros analisados, se dizem dirigidos ao **leigo**: em física, em matemática ou em ciência, quase sempre entendendo este como um **não-especialista**. Contudo, de livro para livro, o grau de conhecimento / informação / cultura do leitor varia. E também o tipo, formação e interesses pessoais.

Mas uma característica essencial é que o leitor é, por princípio, **um voluntário**. É ele quem vai ao livro e não vice-versa. O principal requisito é o interesse, a curiosidade.

Geralmente, explicitam quem é seu leitor:

*"Enquanto escrevamos livro mantivemos longas discussões sobre as características do nosso leitor idealizado e nos preocupamos bastante com ele. Imaginamos sua completa carência de qualquer conhecimento concreto de Física e matemática compensada por número assaz grande de virtudes. Constatamos estar interessados em idéias físicas e filosóficas... Ele sabia que um livro científico, embora popular, não deveria ser lido da mesma maneira que um romance."* (3)

### 2.3 Os autores

A grande maioria dos livros tem como autores, especialistas. Geralmente físicos importantes, conhecidos internacionalmente. São exemplos: Einstein, Gamow, Weisskopf, Gribbin, Rubbia, Reeves, Hawking, Sagan, Landau, Feynmann, Krauss, e outros.

Essa é uma característica importante, uma vez que são escritores que dominam com profundidade o conhecimento em física, tem vivência na pesquisa, intimidade com o conteúdo e, também, uma visão abrangente da Física. São, ainda, de certo modo, "cúmplices" da atividade científica e, assim, procuram "vender seu peixe" da melhor maneira possível.

### 2.4 Conteúdo

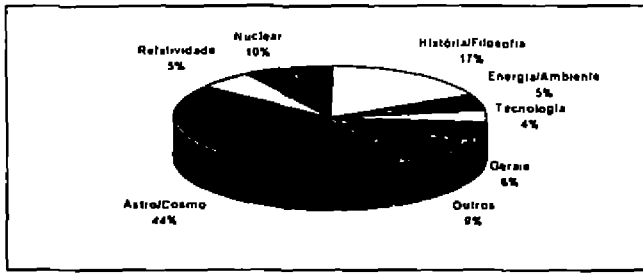
Boa parte dos livros de divulgação tratam da **física moderna**, contemporânea: conteúdos como relatividade, física quântica, física atômica e nuclear, partículas elementares, cosmologia, caos, supercondutividade.

Um número extremamente grande trata da astronomia e astrofísica. Muitos têm como tema central, aspectos históricos ou filosóficos da Ciência/Física, incluindo aqui, desde cronologias e biografias até discussões mais profundas sobre a estrutura, natureza e evolução do conhecimento científico.

Alguns (poucos) abordam tópicos da física clássica, mas, geralmente, sob uma ótica atual, contextualizada e sobretudo qualitativa. Raros, contudo, são aqueles que tratam de um único tema específico da física clássica ou curricular: mecânica, eletromagnetismo, etc.. Quando aparecem, esses conteúdos em geral estão contemplados vários em um mesmo livro.

Num levantamento feito entre 260 títulos catalogados no banco de dados (livros em língua portuguesa), identificamos a seguinte distribuição de conteúdos:





## 2.5 Estrutura

Quanto à forma e estrutura, destacamos os seguintes aspectos:

- Em geral esses textos têm uma estrutura mais do tipo "extensão" que "profundidade". São mais do tipo "redes" ou "mapas", do que linhas. Procuram estabelecer relações entre assuntos diferentes, dar um eixo, uma unidade. Situar o leitor, apresentar-lhe um mapa, um guia. Têm um caminho e seqüência próprios, freqüentemente com alguma unidade, um eixo.
- Outros são mais fragmentados, tratam de vários assuntos não necessariamente interligados ou estruturados segundo uma temática central. Permitem leituras às partes, sem uma seqüência definida. Mas, assim mesmo, mantêm a preocupação de situar o leitor num contexto mais abrangente.
- Muito poucos têm seqüência "curricular". Mesmo aqueles que tratam da física curricular, tem seqüência própria, pouco linear, com liberdade para organizar, estruturar os conteúdos segundo um caminho peculiar.
- O caminho 'concreto → abstrato' parece ser mais comum que o inverso. Partir de um fenômeno conhecido, de uma historinha, de um poema ou canção, de uma lenda ou folclore, de um dado histórico, para chegar ao conhecimento mais abstrato ou formal.
- Não há exercícios de aplicação, verificação, questionários, orientações para o uso em sala de aula.
- Quase sempre, tendo ou não uma unidade, explicitam o que vão fazer, fornecendo orientações de leitura, caminhos a seguir, possíveis dificuldades. A idéia do mapa/guia do próprio livro.
- É freqüente a sugestão de outras leituras para aprofundar, ampliar, esclarecer.

## 2.6 Abordagens, recursos, linguagens

Dois características parecem essenciais e comuns à maioria desses livros: a **diversificação de abordagens** e uma preocupação especial com a **linguagem**.

## Abordagens

Verificamos que existe entre os vários textos, e às vezes num mesmo texto, o uso de uma variedade grande de abordagens ou tratamentos: os que enfatizam os aspectos históricos da ciência (enquanto meio e não conteúdo propriamente); outros que enfatizam a observação dos fenômenos e aspectos da experimentação, uns mais voltados ao conhecimento dito "do cotidiano", outros mais filosóficos, alguns tantos trabalham com modelos e outros (poucos) são voltados a aplicações práticas e, ainda os que enfatizam aspectos tecnológicos.

E, nessa gama de possibilidades, há também o uso de inúmeros recursos, tais como: o uso de poemas, canções, de clássicos da literatura, ficções, ilustrações simples e bem-humoradas; perguntas com ou sem respostas; experiências de pensamento; sugestões de observações ou experimentos simples, diálogos (reais ou fictícios) entre defensores e opositores de uma certa idéia/teoria.

É especialmente marcante a abordagem histórica. Ainda que com concepções diferentes sobre o desenvolvimento do conhecimento científico, parecem considerar essencial à compreensão das teorias e modelos, a sua evolução histórica.

Questões de natureza filosófica também se destacam: natureza da ciência, do conhecimento e sua construção, visões de mundo, relações com a religião, contradições entre velhos e novos modelos teóricos.

Qualquer que seja a abordagem ou recurso utilizado, predomina uma ênfase nas idéias, pensamentos, modelos, na conexão entre idéias/pensamentos com fenômenos/conceitos/leis. Mais que no aspecto formal e quantitativo.

## Linguagem

Em primeiro lugar, destaca-se a ausência ou presença pouco significativa de **formalismo matemático**. Essa é uma marca desses textos. Marca com intenção muitas vezes explicitada: para tornar o conhecimento acessível ao leigo, há que se despojar da linguagem matemática. Há que traduzi-la em palavras; revelar o que há por trás das fórmulas.

Para se desfazer da descrição matemática, é bastante comum o uso de **analogias**, metáforas, paralelos com outras áreas do conhecimento, ou mesmo a aproximação com o fenômeno conhecido, familiar, concreto.

Mesmo havendo essa preocupação com a linguagem, nem sempre isso se traduz em uma simplificação do conhecimento, ou em empobrecimento. Ao contrário, a complexidade e riqueza estão presentes. E, muitos não escapam de uma linguagem relativamente sofisticada, que requer alguma cultura prévia, ou mesmo o gosto pela leitura. Outros, ainda, exigem algum raciocínio lógico-matemático, ainda que não tratem da matemática diretamente.

Existe, de qualquer modo, um apelo à curiosidade, à reflexão, e à atenção do leitor, o que se dá ou através da linguagem, ou com a introdução de questões e problemas instigantes, às vezes através da aproximação do leitor à posição de investigador, outras pela linguagem simples e direta, alguma vezes a ênfase em aspectos "fantásticos", descrições de experiências históricas, folclóricas,...ou ainda pela narrativa romaneada ou poética.

## 2.7 Imagem de ciência

Em geral, existe uma **visão explícita** em relação à Ciência e ao conhecimento científico.

Praticamente todos apresentam a Ciência/Física como um conhecimento construído, elaborado pelo homem, que não é definitivo.

Assim, existe uma intenção de desmistificar a Ciência, no sentido em que pode ou deve ser compreendida/acessível por todos, que o conhecimento científico não é algo neutro e completamente objetivo, ou ainda que o desenvolvimento da ciência, ao mesmo tempo que traz progresso, também traz problemas.

Mas por outro lado, há também uma mistificação, que se manifesta (implicitamente) em diferentes concepções, tais como exaltação à natureza, ao conhecimento e à pesquisa científica como fontes de prazer; a idéia de que o cientista é um "abnegado", "militante", apaixonado; de que existem muitas descobertas científicas feitas por homens geniais; ou ainda de que o cientista/físico "põe a nú" a natureza, revelando seus segredos.

Também é também freqüente a visão da Física/Ciência como cultura, como atividade intelectual humana, tal como a arte, a literatura, a história.

Outro aspecto que se destaca é o valor à curiosidade, à observação e persistência, no aprendizado e na construção do conhecimento científico.

## 2.8 O que acrescenta, o aprendizado

Quanto à natureza ou tipo de aprendizado nesses textos, destacamos, esquematicamente:

- Mais conceitual/qualitativo que formal/quantitativo
- Mais cultural que prático/pragmático
- Mais "comos" que "porquês"
- Mais "mapa" que "linha" / estrutura
- Conhecimento com sentido / relação com "vida real"
- Questões atuais, ciência/física contemporânea
- Estimula curiosidade, observação
- Leva ao questionamento, reflexão
- Propicia leitura
- Situa, localiza

- Contribui para estabelecer uma forma de pensar
- Estabelece relação mais pessoal com o conhecimento/universo
- Atende interesses pessoais diferentes
- Cria oportunidade para o estudante ver "respostas" questões que não têm espaço nas escolas.

Limitações:

- Conhecimento pouco operacional, instrumental.
- Ausências de sínteses, formalizações, quantificações
- Não há controle do aprendizado

### 3. Pistas finais, o uso na escola

O livro de divulgação explora aspectos em que o didático peca: preocupando-se com seu leitor; explicitando o que faz, sugerindo caminhos, procurando linguagens adequadas, criando cumplicidade, utilizando uma variedade de abordagens e recursos e, portanto, atendendo interesses pessoais variados, preocupando-se com os significados e sentidos das coisas, valorizando a observação, a leitura, a reflexão, o questionamento, procurando imagens, acrescentando informações, situando, localizando, utilizando situações concretas, familiares, abordando temas atuais.

Contudo,...

Não são operacionais, falta formalizar; não estão estruturados para o uso em sala de aula; são, muitas vezes abertos demais, com textos longos e linguagem sofisticada. Tornam difícil a avaliação do aprendizado. Enfim, não são didáticos.

Esses dois meios - livro de divulgação e livro didático, atendem interesses diferentes, respondem demandas diferentes, produzem *aprendizados de naturezas diferentes*. Mas, são complementares.

É perfeitamente possível e adequado o uso desse tipo de material em sala de aula, em caráter complementar.

A utilização de trechos/partes desses livros pode contribuir para enriquecer o ensino de física, trazendo novas questões, abrindo a visão de ciência e de mundo do aluno e professor, criando novas metodologias e recursos de ensino, localizando o conteúdo ensinado em contexto mais abrangente, motivando, e mesmo aprofundando determinados assuntos.

Pode, ainda ter papel importante na atualização e formação continuada do professor.

### A Questão que Fica

O que podemos extrair dessa primeira análise dos textos de divulgação é que eles subentendem uma concepção de "saber" ou "aprender" diferente daquela predominante nos textos didáticos. E que o seu uso em sala de aula, pelo professor ou aluno, não responde, em si, às demandas e problemas do ensino atual. Podem, sim, acrescentar "algo mais" ao que já existe, sejam novos conteúdos, abordagens, materiais.

Mas, mais do que isso, nos levam a repensar o significado e a natureza do saber e do aprender. Reforçam a necessidade de se reconhecer a escola e o ensino.

Mais concretamente, uma questão que destacamos é a seguinte:

Como trazer para a escola esses novos materiais e conteúdos, informações e idéias presentes no mundo contemporâneo, sem torná-las igualmente maçantes, desprovidas de significado, sujeitas a inúmeros exercícios e provas que exigem apenas memorização e cálculos, enfim sem confiná-las nas armaduras e submetê-las às armadilhas do ensino atual?

Nas palavras de um físico e "divulgador" da ciência:

*"...É uma pena que a Astronomia já não seja mais ensinada na escola, comentam às vezes os espectadores, após uma projeção de fotos de Astronomia. 'Tem certeza?' é minha resposta habitual. 'você poderia ainda gostar disso?' ... (9)"*

### Livro didático x Livro de divulgação

	Livro de Divulgação	Livro Didático
Contexto	Extra-escolar	Escolar
Função	Entretenimento cultural	Manual
Imagem	Instigante, atraente, curioso	Maçante, desmotivante,
Relação com leitor	Cumplicidade, aproximação, carácter pessoal	Impessoal, distante
	Leitor vai ao livro : interesse, curiosidade	Livro vai ao leitor: dever, obrigação
	Explicitam o que vão fazer, estão fazendo, fornecem caminhos	Não explicita (fica a cargo do professor)
	Não tem mediador	Professor / aula são mediadores
Autor	Físicos, especialistas, interessados na difusão	Nem sempre físicos, sem vínculo com pesquisa, Universidade
Conteúdos	Assuntos contemporâneos; Física moderna	Física clássica
	Excesso de informação	Pouca informação
Estrutura	Seqüência / caminho livre	Seqüência curricular, fixa, propedêutica
	Mapa, rede, guia	Linear
	Geralmente com um eixo, unidade	Essencialmente fragmentado
Abordagens, linguagem	Diversificação de abordagens	Abordagem única
	Ênfase nas idéias, conceitos, modelos	Ênfase no formalismo
	Recursos variados: poesia, literatura, música, quadrinhos, experimentos, analogias...	Recursos limitados

	Valor à História da Ciência	Ausência de abordagem histórica
	Explicitações quanto à natureza da ciência, do conhecimento,....	Não
	Ausência/escassez de formalismo matemático	Ênfase no formalismo matemático
	Linguagem direta, fluente, pessoal	Linguagem truncada, impessoal
	Textos / leitura	Pouco texto / Pouca leitura
	Títulos sugestivos, pouco "acadêmicos"	Títulos acadêmicos
Imagem de Ciência	Geralmente explícita, transparente	Implícita
	Física como cultura	Física como parte do currículo, exigência do vestibular
	Ciência tem história, é construída pelo ser humano	Ciência acabada, objetiva, neutra
	Relação com natureza: admiração, exaltação	Relação com natureza: manipulativa
	Triunfalismo científico	Idem
	Homem e Universo geralmente em harmonia	Idem
Aprendizado	Conceitual; qualitativo	Formal; quantitativo
	Extensão: Estrutural (situa, localiza)	Profundidade; local (fragmentado)
	Cultural	Pragmático
	Relação com outras áreas	Desvinculado a outras áreas
	Significativo, com sentido	Pouco significativo
	Não operacional	Operacional
	Não dirigido, não controlado.	Dirigido, controlado.
	Propicia reflexão, questionamento, curiosidade, forma de pensar, leituras.	Induz à memorização, passividade, desmotivação, abdicação

#### Livros consultados

1. ASIMOV, I. **Fronteiras**. Sciliano, São Paulo, 1992.
2. BAeyer, HANS. C. **Arco-íris, flocos de neve, quarks: a física e o mundo que nos rodeia**. Campus, Rio de Janeiro, 1994
3. EINSTEIN, A.; INFELD, L. **A evolução da física**. Guanabara/Koogan, Rio de Janeiro, 1988 (copyright, 1938)
4. GAMOW, GEORGE. **O incrível mundo da Física Moderna**. Ibrasa, São Paulo, 1980
5. GOLDENBERG, JOSÉ. **Energia nuclear: sim ou não?** José Olympio, Rio de Janeiro, 1987.
6. KRAUSS, L.M. **Sem medo da física: um guia para você não ficar perdido no espaço**. Campus, Rio de Janeiro, 1995.

7. MAYO, JONATHAN L. **Supercondutividade: o limiar de uma nova tecnologia.** McGraw-Hill, São Paulo, 1989.
8. OKUNO, EMICO. **Radiações: efeitos, riscos e benefícios.** Harbra, São Paulo, 1988.
9. REEVES, HUBERT. **A hora do deslumbramento: o universo tem um sentido?** Martins Fontes, São Paulo, 1988.
10. RUBBIA, CARLO. **O dilema nuclear.** Martins Fontes, São Paulo, 1989.
11. SPEYER, EDWARD. **Seis caminhos a partir de Newton.** Campus, Rio de Janeiro, 1995.
12. WEISSKOPF, VICTOR. **A revolução dos quanta.** Terramar, Portugal, 1989.

## BUSCANDO A SUPERAÇÃO DA FRAGMENTAÇÃO NO ENSINO DE FÍSICA

Milton Antonio Auth<sup>1</sup>

Eduardo Adolfo Terrazan<sup>2</sup>

1-Programa de Pós-Graduação em Educação-UFSM / SEC-RS

2-Departamento de Metodologia de Ensino, CE - UFSM

Perseguir uma atualização constante do processo ensino-aprendizagem deveria se constituir em um consenso entre a comunidade escolar. Mas quando os problemas são muitos, o simples atualizar não é suficiente. No ensino das Ciências Naturais, a excessiva fragmentação, os currículos/programas estruturados com tópicos estanques e não relacionados, a predominância de uma metodologia tradicional, são alguns dos fatores que tem contribuído para manter a situação atual de baixa qualidade.

Na literatura específica da área verificamos que uma característica predominante no ensino de Física de nível médio é a sua excessiva fragmentação, o que também tem sido referenciado pela nossa prática pedagógica, enquanto professor desta área e nesse nível de ensino. Os alunos, de modo geral, tem dificuldades em generalizar o conhecimento. Por exemplo, tem-se observado que os alunos, principalmente os iniciantes neste nível, apesar de já terem tido conhecimentos de transformações de uma forma de energia em outra, inclusive em térmica, tem dificuldades em utilizar o que aprenderam em determinada situação, à outras situações.

Outro fator importante e que vem sendo praticamente ignorado no ensino de Física, é uma abordagem referente aos conhecimentos em ciência e tecnologia, o que faz com que estes fiquem acessíveis a apenas uma pequena parcela da população. Desta forma, a maioria absoluta da população continua marginalizada em relação a este componente cultural. Como exemplo, temos os bens de consumo como televisores e aparelhos eletro-eletrônicos, normalmente adquiridos sem que se tenha o conhecimento necessário para uma escolha criteriosa e seletiva dos mesmos.

A superação destas e de outras dificuldades (de generalizar conhecimentos) tenta-se viabilizar a partir da utilização dos *Conceitos Unificadores* que, por suas características de relacionar conhecimentos, contribuem para situar o que há de comum em geral nos objetos.

Entre os conceitos unificadores, priorizamos o conceito de Energia, por acreditar que sua utilização no âmbito de uma disciplina escolar permite uma melhor ligação entre as partes e o todo, o que deve contribuir para reduzir a fragmentação dos conteúdos. Além disso, são considerados importantes elementos para estruturar atividades de ensino



de física, química e biologia, com abrangência suficiente para superar a forma fragmentada de modo geral ministrada no ensino.

Em relação aos professores, há a necessidade de envolvê-los em discussões e problematizações sobre os conhecimentos que aprenderam em seus cursos, de forma fragmentada, dissociada, para que possam rearticulá-los em seus aparatos cognitivos e, conseqüentemente modifiquem a forma de tratá-los em suas práticas pedagógicas. É nesse aspecto que reside o foco do nosso trabalho, incluindo também a exploração de *Temas*<sup>103</sup> de importância do meio em que vivem os educandos.

Na idéia de Conceitos Unificadores e de Temas, podemos identificar características importantes na tentativa de superação da fragmentação no Ensino de Ciências/Física.. Isto requer do professor a capacidade de, além de observar *regularidades* na ciência e saber sistematizá-las, observar também estas características em relação às ações dos educandos.

Apesar de constar como tópico programático de todos os textos didáticos e provavelmente de todos os planejamentos escolares da disciplina Física para o ensino médio, a temática energia raramente tem sido desenvolvida do ponto de vista conceitual. Menos ainda, sob a perspectiva de uma conceitualização mais abrangente.

O termo energia faz parte da cultura dos estudantes e, conseqüentemente, do linguajar do dia-a-dia da população. Muitas vezes, estes o entendem como sinônimo de força, de trabalho, e raramente usam o princípio da conservação da energia, em questões tanto práticas como teóricas. A temática energia, quando conformada sob as características do Conceito Unificador Energia, terá papel essencial no ensino de Física e áreas afins. Mais ainda, quando considera-se no ensino as concepções alternativas dos alunos referente às conceituações abordadas na temática.

Não se tem priorizado atividades de ensino nesse nível, nas quais as partes são sistematicamente desenvolvidas tendo como âncora uma temática mais ampla. A compreensão dos conhecimentos interrelacionados, certamente não deixará os estudantes tão destituídos da possibilidade do entendimento do funcionamento das 'coisas' com as quais convivem cotidianamente.

### Estrutura Geral das Atividades Exemplares

Para dinamizar nossa interação com os professores, procurando contribuir para a reestruturação do ensino de Física de nível médio, elaboramos três atividades de ensino. Escolhemos uma temática para cada série e utilizamos como núcleo do desenvolvimento das atividades, o conceito de energia.

---

<sup>103</sup> Paulo Freire afirma que os Temas existem nos homens, em suas relações com o mundo, referidos a fatos concretos.

Denominamos estas atividades de exemplares por constituírem-se exemplos de materiais didático-pedagógicos que pretendemos desenvolver conjuntamente com os professores e que servem de apoio para os primeiros encontros com os mesmos. Estas tratam da conformação de um conjunto de conteúdos, em uma temática mais ampla, e com características didático-pedagógicas tais como: levantamento e discussão das *principais concepções alternativas* dos estudantes sobre conceitos pertinentes à temática; sugestões de *atividades experimentais*; estruturação da temática através de *mapas conceituais*; discussão da temática propriamente dita a partir da *problematização de questões significativas* e da apresentação dos *conceitos necessários à solução* das mesmas de forma relacionada e aplicada; breve desenvolvimento *histórico da evolução conceitual* no âmbito da temática.

Em cada uma das três atividades apresentamos um levantamento bibliográfico acerca das concepções prévias dos alunos sobre conteúdos relacionados à temática específica da atividade, de modo a permitir estabelecer com os professores uma discussão sobre a importância destas concepções do ponto de vista didático.

Nas atividades exemplares constam exemplos de experimentos e os procedimentos para seus desenvolvimentos. Sugere-se que paralelamente ao desenrolar destes, sejam pontuadas algumas passagens históricas que reafirmam determinadas conceituações, como por exemplo, a da transformação da massa em energia.

Em resumo, pretende-se dar sustentação à idéia de que o conceito energia pode ser elemento unificador e transdisciplinar. As atividades exemplares não representam algo fechado, pronto, mas uma opção que se coloca aos professores para ser discutida e analisada conjuntamente com eles e, assim, servirem de parâmetro para os mesmos elaborarem seus programas de ensino. Isto poderá ser feito individualmente ou em conjunto.

Mais ainda, se o objetivo do ensino de nível médio é formar seres capazes de agir de forma consciente e crítica dentro da sociedade, a busca da compreensão de temáticas será muito mais pertinente do que continuar com a priorização de conceitos isolados em suas especificidades.

Abaixo, descrevemos, de modo resumido as atividades exemplares que elaboramos.

### **Atividade 01: Conservação da Massa e da Energia**

Estruturamos esta atividade a partir de elementos que contribuíram para a formulação das Leis de Conservação da Massa e da Energia. Com a leitura e discussão de textos aborda-se considerações sobre os processos de combustões, sobre flogístico e calórico, conservação da massa, da energia e sobre a relação massa-energia.

## Atividade 02: Energia Elétrica: "Produção e Consumo"

Esta atividade está estruturada sobre a questão do "consumo" de energia elétrica numa residência. Este aspecto, presente no dia-a-dia dos estudantes deste nível de ensino, leva a necessidade de compreender como foi gerada esta energia, como ela chega até nossas residências e como ela é transformada em outras formas.

## Atividade 03: Conservação e Degradação de Energia

Com esta atividade pretendemos enfrentar alguns problemas marcantes no ensino de Física do nível médio, como as constantes *incompreensões acerca das transformações de outras formas de energia em energia térmica, a transformação de calor em trabalho e a conservação da energia nestas. Questões ligadas às noções de irreversibilidade dos processos naturais, de degradação da energia e de desorganização da matéria, serão utilizados como forma de propiciar um tratamento mais integrado das Leis da Termodinâmica, o que deve possibilitar uma melhor compreensão dos fenômenos relacionados à Física Térmica.*

## Desenvolvimento das Atividades Exemplos Com os Professores

Confrontar as atividades que elaboramos, diretamente com os agentes do ensino de Física das escolas de nível médio, da rede pública estadual do RS, região de Ijuí, nos pareceu no momento, uma boa opção para contribuir com o objetivo de repensar a prática dos professores e reestruturar o currículo escolar. Foram quatro os encontros com os professores, sendo que, os três primeiros referentes ao desenvolvimento das três atividades e o quarto, para avaliar os trabalhos realizados com os estes, além de discutir perspectivas de continuidade dos trabalhos já iniciados.

Nos encontros constatamos que, apesar dos professores participantes terem vistos com "bons olhos" as atividades e participado do desenvolvimentos das mesmas, há diversos fatores que limitam ou até inibem a participação destes. Entre eles, sua formação tradicional; o pouco incentivo para participar em eventos, tais como estes; a falta de recursos para custear despesas (de deslocamento, refeições e material didático); elevada carga horária em sala de aula.

No desenvolvimento das atividades, alguns dos professores salientaram que já haviam tentado, anteriormente, trabalhar em grupo, porém, segundo eles, esbarraram em fatores como os acima citados. Isto deixa evidente que há preocupações, por parte dos professores, em superar suas limitações no ensino mas, normalmente fica apenas a intenção de fazer algo diferente.

Em geral, as perspectivas de reestruturação do currículo, bem como, dos procedimentos didático-pedagógicos dos professores, no nível médio de ensino, principalmente o de Física, não são muito animadoras.

Com o desenvolvimento destas atividades, pudemos evidenciar que as intenções nem sempre se configuram na prática. Talvez, pelo nosso envolvimento direto na elaboração das atividades, foram criadas determinadas expectativas que nem sempre são correspondidas na prática.

Apesar do empenhado dos professores, em participar do desenvolvimento das atividades, diversos fatores que limitam e até inibem a ação dos mesmos, ficaram evidentes. Por exemplo, as deficiências em suas formações, que normalmente os remetem a utilização dos livros textos, mais veiculados em seu meio, sendo o índice dos mesmos os parâmetros para a base curricular das disciplinas que ministram, continuam presentes em suas práticas. Muitos deles tendem a continuar com a abordagem dos conteúdos de forma a priorizar definições e particularidades.

A avaliação feita junto aos professores tem revelado que o "passar" matérias didático-pedagógicas a eles não tem surtido muitos efeitos, em suas formas majoritárias de trabalhar, de ensinar. Aliás, muitos desses professores tem acesso à periódicos como o Cadernos Catarinense de Ensino de Física, a revistas como Ciência Hoje, entre outros materiais e, no entanto, suas práticas, os currículos por eles utilizados, pouco mudaram.

A estruturação de atividades, o estudo e ajuste destas em conjunto com os professores, bem como trabalhos de investigação e formação continuada, envolvendo diretamente grupos de professores, não tem se constituído numa prática efetiva. Ao dar atenção especial aos profissionais que trabalham neste nível e, junto a eles, em trabalhos de parceria e de formação continuada, buscar novas opções, resultados mais significativos tendem a ser obtidos.

A avaliação das atividades em si, por parte dos professores, foi positiva. Eles acreditam que os trabalhos, quando em grupo, possam resultar mais significativos. Todos eles se manifestaram favoráveis a continuação dos encontros. A afirmação, de um deles, reflete isto. "Os encontros são muito bons, positivos e proveitosos, além de nos dar uma visão mais ampla e atual dos conceitos e práticas, nos proporcionam um intercâmbio de conhecimentos e experiências.

## O ENSINO DE FÍSICA NA DÉCADA DE 30

Luiz Fernando Sbruzzi\*; Maria Regina D. Kawamura  
Instituto de Física - USP

### 1) Introdução :

Apresentaremos neste trabalho alguns dados sobre o Ensino de Física ministrado na década de 30 em um determinado Colégio Estadual do interior de São Paulo. A intenção é procurar investigar possíveis origens dos problemas atuais do Ensino de Física, especialmente no que diz respeito aos conteúdos abordados. Nesse sentido, além de procurar caracterizar o contexto e a situação geral do ensino naquela década, foi realizado um levantamento histórico que inclui o programa oficial, assim como informações sobre os professores, o ensino, diários de classe da escola, livros didáticos utilizados.

Os documentos obtidos foram analisados procurando identificar elementos tanto de continuidade como de mudança em relação ao ensino atual.

### 2) Estrutura geral da educação na década de 30 :

A estrutura geral da educação na década de 30 era diferente da estrutura atual, pois o ensino secundário (interesse de nossa análise) com a Reforma Francisco Campos de 1931 passou a dividir-se em dois ciclos : **Fundamental** ( também chamado de ciclo ginásial), com duração de cinco anos e o **Complementar**, com a duração de dois anos, com a finalidade de adaptar os alunos às futuras especializações profissionais a serem obtidas no ensino superior.

Nessa década, não haviam muitas escolas públicas em todo o Estado de São Paulo, bem como o número de alunos matriculados não era elevado. De acordo com os dados de Bittencourt(1990), em 1934, tínhamos "14 Ginásios Particulares, 24 Ginásios Católicos e 1 Ginásio Oficial na capital paulista (pág.34)". No interior o quadro não era diferente, pois de acordo com Bittencourt (1990) :

*"Tínhamos em 1930, três ginásios oficiais - o da Capital, o de Campinas e o de Ribeirão Preto - com a matrícula total de 1413 alunos. Em 1935 passamos a ter nove ginásios oficiais - os três de cima citados e mais os de Araras, Araraquara, Itú, Catanduva, Tatuí e Taubaté - com uma matrícula de 2516 alunos (pág. 35)".*

De acordo com Pimenta et alli (1994 ) as matérias obrigatórias eram :

**Quadro I: Ciclo Fundamental**

1º Ano	2º Ano	3º Ano	4º Ano	5º Ano
Português	Português	Português	Português	Português
Francês	Francês	Francês	Francês	Latim

Matemática	Inglês	Inglês	Inglês	Matemática
Ciências	Matemática	Matemática	Latim	História Natural
História	Ciências	História Natural	Matemática	Física
Geografia	História	Física	História Natural	Química
Desenho	Geografia	Química	Física	História
Música	Desenho	História	Química	Geografia
	Música	Geografia	História	Desenho
		Desenho	Geografia	
		Música	Desenho	
			Música	

Alemão: Optativo.

No que se refere aos conteúdos curriculares, Piletti (1990) nos informa que :

*"...considerando-se apenas o curso fundamental, verificou-se em 1931 uma diminuição do tempo reservado às Humanidades, em benefício das áreas de Matemática e Ciências e de Estudos Sociais. A distribuição percentual da carga horária ficou assim : Humanidades 29.1% ; Matemática e Ciências 33.3% ; Estudos Sociais 20.8% ; outras atividades 16.8% (pág.79) "*

Com relação a disciplina de Física, como pode ser observado no quadro acima, ela aparecia na 3ª, 4ª e 5ª séries do curso ginásial, sendo que a mesma tinha duas aulas por semana na 3ª e 4ª séries, e três aulas por semana na 5ª série. Nessa época haviam quatro aulas por dia, inclusive aos sábados, perfazendo portanto 24 horas de carga semanal. Pelo menos no Estado de São Paulo, atualmente são 30 horas de carga semanal, sendo que não há aulas aos sábados.

Um outro aspecto é que havia um exame para os alunos que quisessem ingressar na 1ª série do ginásio chamado "Exame de Admissão". Os alunos tinham que prestar uma prova de Português, Matemática e Conhecimentos Gerais, com uma idade de 11 anos.

Quadro II : Ciclo Complementar

		Medicina			
Direito		Odontologia		Engenharia / Arquitetura	
		Farmácia			
1º Ano	2º Ano	1º Ano	2º Ano	1º Ano	2º Ano
Literatura	Literatura	Alemão/ Inglês	Alemão/ Inglês	Psicologia e Lógica	Sociologia
Latim	Latim	Psicologia e Lógica	Sociologia	Matemática	Matemática
Psicologia e	Sociologia	Matemática	Física	Física	Física

Lógica					
Noções de Economia e Estatística	Higiene	Física	Química	Química	Química
História Natural	Geografia	Química	História Natural	História Natural	História Natural
História	História	História		Geofísica e Cosmologia	Desenho
	Filosofia				

Para estudar as características do ensino de Física, optamos por analisar esse ensino em um determinado colégio Estadual do interior de São Paulo. O colégio em questão, fundado em 1932, chamava-se “**Ginásio do Estado de Taubaté**” sendo a primeira escola de nível médio oficial da cidade. O nome atual da escola é :”**Escola Estadual de 1º e 2º graus Monteiro Lobato**”.

### 3) - O ensino de Física na escola secundária :

Para analisar o ensino de Física nessa época, nos basearemos em um levantamento dos arquivos da escola, bem como dos diários de classe usados pelos professores e no programa oficial elaborado por uma comissão composta por professores do colégio Pedro II. Além disso, recorreremos a duas entrevistas: um entrevistado foi um aluno que se formou na 1ª turma do colégio em 1937; e o outro entrevistado foi um professor que se aposentou em 1994, sendo que o mesmo tinha sido aluno do professor que lecionava a disciplina Física.

De acordo com o diário de classe, haviam 4 aulas por dia, inclusive nos sábados. Havia apenas um professor que lecionou a disciplina Física em um período que vai de 1934 à 1944. Isso é devido ao fato de que havia poucos professores em todo o território nacional.

Quem lecionou a disciplina Física nesse período foi o Engenheiro Civil Urbano Alvez de Souza Pereira, uma pessoa muito influente na cidade sendo inclusive um dos fundadores do colégio. Além do que, realizou inúmeras obras de engenharia em Taubaté. Foi ele também que montou o laboratório de física no colégio, onde realizava as experiências didáticas com os alunos.

Analisaremos o ensino de Física contrapondo o programa oficial, com o programa efetivamente ministrado em sala de aula (que chamaremos de **programa real**), com o intuito de tirar algumas características desse ensino. Portanto, apresentaremos os dois programas, com os respectivos conteúdos, considerando os programas apenas para a 3ª e 4ª série ginasial.

O **programa oficial**, apresentado em anexo, foi extraído do livro: “Programas do Colégio Pedro II para o ano de 1934”. Rio de Janeiro, Grafica Nacional Ed., 1934.

E o **programa real**, também apresentado em anexo, é resultado de uma síntese feita por nós da análise de 6 diários de classe de seis anos

diferentes (1934, 1935, 1936, 1937, 1938 e 1939). Nessa análise acompanhamos o ensino ministrado tal como registrado, aula a aula, onde privilegiamos porém os termos, temas, definições, leis, princípios, etc. que aparecessem em vários anos consecutivos.

Dessa forma iremos analisar os programas da 3ª e 4ª séries, separando-os por série.

### Terceira Série

Assim, pelos programas notamos que para a 3ª série ginásial todos os ramos clássicos da Física eram ministrados, ou seja: Mecânica, Hidrostática, Termologia, Acústica, Óptica, Eletrodinâmica e Magnetismo. Embora possamos associar todo o conteúdo apresentado nos dois programas com cada ramo clássico da Física, nós não podemos discriminá-los em partes menores, ou seja em suas subdivisões. Por exemplo quando temos conceitos associados com a Mecânica, nos programas não aparece as subdivisões **Cinemática, Dinâmica e Estática**. Isso também ocorreu com os outros ramos da Física. Além do que a parte de Eletrostática não é mencionada em nenhum programa.

Portanto a apresentação dos conteúdos de Física para a 3ª série ginásial é bastante superficial, sendo os conteúdos trabalhados "en passant". Mas os mesmos eram retomados nas séries seguintes, só que com uma profundidade maior.

Tanto pelo programa oficial, como no programa real temos referência à realização de experiências em sala de aula por parte do professor. Há experiências demonstrativas sobre vários assuntos, por exemplo : Experiência demonstrativa da dilatação dos sólidos e dos líquidos; Experiência demonstrativa da pressão atmosférica, etc.

De um livro didático da época ("Curso de Physica" de Anibal de Freitas da Editora Melhoramentos de 1936) podemos perceber que os conceitos são trabalhados em termos descritivos com muitas definições. Os exercícios propostos no livro consistiam de perguntas objetivas.

Os exercícios eram puramente objetivos, pois uma simples consulta ao texto do livro o aluno já conseguiria respondê-los, como por exemplo :

- "O que é eletricidade ?";
- "O que é pilha de Volta ?";
- "Que é liquefação ?".

Da análise dos programas, podemos dizer que o Prof. Urbano ministrava todos os conteúdos propostos só que alterava algumas ordens de conteúdo, bem como deixava de ministrar certos conteúdos, como por exemplo :

- a) Estados físicos da matéria e Método em Physica, ele ministrava em uma aula.
- b) Líquidos em equilíbrio, Princípio de Arquimedes e Densidade dos sólidos e líquidos é dado em uma unidade só.



- c) A parte de Termologia no programa oficial é mais extensa que no programa real. Da mesma forma que a parte de Óptica é mais extensa no programa oficial.

#### Quarta Série

Faremos a mesma análise para o programa da 4ª série. Assim, analisando os programas oficial e real, notamos que os ramos clássicos trabalhados eram : Mecânica; Hidrostática e Flúidos; Termologia. Sendo que aqui os ramos clássicos já são especificados com as suas subdivisões, tanto no programa oficial como no programa real. Por exemplo, na Termologia temos as subdivisões : **Temperatura e Escala Termométrica; Calorimetria; Propagação do Calor; Mudanças de Estado Físico; Dilatação Térmica dos Corpos e Termodinâmica.** A diferença que aparece é que a parte de Termodinâmica não é trabalhada pelo prof. Urbano, e além do que no programa oficial a Dilatação Térmica dos Corpos vem antes da parte de Calorimetria. Notamos ainda que no programa real, a parte de Mecânica começa com a seqüência: Dinâmica - Estática - Cinemática. Já no programa oficial a seqüência é : Cinemática - Dinâmica - Estática.

No programa real há toda uma seção que não consta do programa oficial, já que pelo programa oficial, temos a 4ª série ginásial começando direto com a Mecânica. Sendo que esta parte, está bem detalhada no programa oficial, já no programa real ela se resume em apenas 10 seções.

Novamente, notamos uma forte ênfase no caráter experimental do ensino de Física, com muitas experiências para serem realizadas.

Há tópicos que hoje não são mais trabalhados, como por exemplo : **Higrometria; Instrumentos de Medida; Estudo das soluções; Difusão dos gases, etc.**

É um conteúdo muito extenso com muitas informações e conceitos para os alunos assimilarem. De um livro didático para a 4ª série ("Elementos de Física" de Alvaro Magalhães, da Editora Globo de 1939) observamos algumas características do ensino de Física, já que pelo seu desenvolvimento notamos uma forte apresentação de instrumentos de medida como por exemplo : Balanças, Balanças de Mohr, Termômetro de Jolly, Barômetros, Relógios, Nônio, Esferômetro, Paquímetro, Calorímetros, Calorímetro de Lavoisier etc.

Além do que , há muitas discussões de conceitos físicos aplicados em aparelhos que são usados pela tecnologia, como por exemplo : Guindastes, Macacos, Bombas, Sifão, Balões, Dirigíveis, Submarino etc.

Temos em muitas situações o aparecimento de leis e princípios particulares designados pelo nomes de seus criadores em detrimento de leis mais gerais, como por exemplo:

**"Leis de Borelli-Jurin"** ( As ascensões para um líquido dado, a uma certa temperatura, acham-se na razão inversa dos afastamentos das placas);

**“Lei de Neumann”** ( As substâncias de igual constituição, isto é de fórmulas semelhantes tem a mesma capacidade molecular)

E todas essas leis, instrumentos e aplicações são acompanhadas de ilustrações, sendo que são explicadas e descritas em todos os seus detalhes.

Há uma maior ênfase no aspecto descritivo, sendo que um mesmo assunto é as vezes abordado por várias experiências, ou por leis/princípios. Por exemplo na parte de Calorimetria, temos que o tópico é desenvolvido em 18 itens, onde temos vários tipos de calorímetro ( Calorímetro de Berthelot-Mohler, Calorímetro simples, Processo de Black, Lei de Neumann, Lei de Woestyne).

Como podemos reparar, o conteúdo privilegiava um grande número de informações.

Os exercícios que existem não são em grande número, sendo de pura aplicação de fórmulas, como por exemplo :

“Qual é o espaço percorrido pelo som em 20s, se sua velocidade é  $v = 333\text{m/s?}$ ”;

“Expressar  $100^\circ$ ,  $88^\circ$ ,  $50^\circ$  em “C”.

Há capítulos que hoje não são mais trabalhados, como por exemplo: **Aquecimento de Habitações; Capilaridade, Soluções, etc..**

De acordo com a lista de conteúdo do livro didático, notamos que o mesmo seguia fielmente o programa oficial.

Assim, a seqüência dos ramos é equivalente ao programa oficial, só que há algumas inversões de ordem no conteúdo, como por exemplo :

- a) Mecânica não começa pela cinemática e sim pela dinâmica;
- b) Unidades e Sistemas aparecem no começo do estudo da disciplina;
- c) A parte de Termologia é menos extensa no programa real. Inclusive a Termodinâmica não é ministrada;
- d) Muitos conceitos de Mecânica não são trabalhados, como Quantidade de Movimentos, Impulso, Atrito, etc.

Embora houvesse um programa oficial para ser seguido, o Prof. Urbano em muitas situações não dava certos conteúdos ou então ele alterava a ordem de certos tópicos do programa oficial.

#### 4) Conclusão :

**A)** O programa era OFICIAL e ÚNICO para todo o país , sendo a disciplina Física trabalhada na terceira , quarta e quinta séries do curso Ginásial .O conteúdo trabalhado era bastante extenso , evoluindo em espiral”: na terceira série era proposta uma abordagem geral , mais superficial , de todos os tópicos da Física , retomados de forma mais detalhada nas quarta e quinta séries.

**B)** O conteúdo ensinado tinha o uso de definições , nomes de leis ,etc , com ênfase em descrições e não tanto em discussões conceituais , caracterizando uma abordagem que podemos chamar de enciclopédica.

C) O controle sobre o programa a ser cumprido aparentemente era mais rígido, sendo que os livros didáticos e diários de classe reproduziam aproximadamente o programa oficial sem margens para grandes alterações.

Mesmo assim, isso não garantia sua completa apresentação. Da mesma forma que hoje, como o programa era muito extenso, nem sempre se chegava ao fim, sendo também observadas pequenas alterações e variações nas ênfases dadas.

D) Numa perspectiva comparativa, os dados referentes ao ensino de física na década de 30 devem ser considerados dentro de uma visão mais abrangente, como representativos da perspectiva educacional daquela época. A visão de ciência presente era bastante descritiva.

O que chama a atenção, contudo, é que o programa mantém basicamente a mesma estrutura geral, tendo sido apenas mais abreviado. Por exemplo, a oitava série atual é a responsável pela apresentação dos vários assuntos da física, e em seguida, o detalhamento do conteúdo de física ocorre nas séries seguintes, ou seja, já no colegial, cobrindo os mesmo campos básicos aproximadamente na mesma sequência

## 5) Anexos

### 1) Programa Oficial

#### 3ª Série :

Iniciação no estudo dos fenômenos físicos

1. Noções gerais : matéria e energia. O método em Física : a experiência.
2. Estado sólido, líquido, gasoso. Estados intermediários.
3. Peso de um corpo : fio de prumo. Balança. Líquidos em equilíbrio : vasos comunicantes.
4. Princípio de Arquimedes : densidade de um sólido, de um líquido. Arcômetros.
5. O ar. Pressão atmosférica. Experiências com a bomba de vácuo.
6. Experiências demonstrativas da dilatação dos sólidos e dos líquidos: termômetros. Fusão do gelo; e ebulição da água.
7. Experiências demonstrativas da dilatação dos gases. Pressão de um gaz. Manômetros.
8. Fenômenos sonoros fundamentais. Qualidades dos sons.
9. Propagação retilínea da luz. Reflexão da luz. Primeira noção de refração. Foco de uma lente convergente. Imagem real projetada por uma lente convergente. Imagem virtual. Observação com o microscópio e com a luneta.
10. Pilha elétrica. Noção de resistência de um circuito e de intensidade de corrente. Reostato. Efeito térmico da corrente.
11. Eletroímã, imã permanente. Bússola, galvanometro.

12. Primeira noção de corrente con-tínua e alterada. O acumulador. Ex-plicação elementar das aplicações mais usuais da energia elétrica.

### **Quarta Série**

#### **A- Mecânica :**

1. Cinemática : movimento retilíneo, movimento curvilíneo de um ponto. Equação do movimento, velocidade, aceleração. Composição de movi-mentos.
2. Princípios fundamentais da Mecâ-nica. Massa, força, trabalho. Uni-dades. Sistema C.G.S.; sistemas práticos. Homogeneidade nas fórmulas.
3. Estática : composição de forças, momento de uma força. Condições gerais de equilíbrio.
4. Dinâmica : quantidade de movi-mento, força viva. Trabalho nas máquinas; potência, rendimento. Máquinas simples.
5. Estudo da gravidade: queda dos corpos. Pêndulo. Medida do tempo.
6. Medida de comprimentos. Medida de massas : balança.

#### **B - Líquidos e gases :**

1. Pressão exercida por um líquido em equilíbrio. Princípio de Pascal; princípio de Arquimedes; aplica-ções. Densidade dos sólidos e líquidos. Capilaridade.
2. Equilíbrio dos gases. Pressão atmosférica. O barômetro e suas aplicações.
3. Elasticidade dos gases. Balões, aeroplanos. Difusão dos gases. Bombas de vácuo.
4. Movimento dos líquidos e gases nos casos mais simples. Trompas : sifão. Máquinas hidráulicas.

#### **C - Calor :**

1. Temperatura, termômetros. Dilata-ção dos sólidos e líquidos. Dilatação dos gases. Densidade dos gases.
2. Calorimetria. Calor específico dos sólidos e líquidos. Calores espe-cíficos dos gases.
3. Propagação do calor. Condu-ti-bilidade; irradiação; convenção.
4. Fusão, solidificação: calor de fusão. Vaporização: tensão de vapores. Evaporação, ebulição. Calor de vaporização. Higrometria.
5. Dissolução: estudos das soluções.
6. Gases perfeitos. Transformação iso-térmica e adiabática. Fórmula, representação gráfica. Ponto crítico. Liquefação dos gases.
7. Princípios fundamentais da termodinâmica. Equivalente mecâ-nico do calor. Máquinas térmicas, rendimentos. Refrigeração.

## II) Programa real

### Terceira Série :

#### Unidade I : Introdução à Física

1. Definição e divisão à Física.
2. Objeto e método da Física.
3. Definição de matéria, corpo e substância.
4. Propriedades gerais da matéria.
5. Estados físicos da matéria.
6. Estudo das medidas físicas. Unidades.

#### Unidade II : Mecânica

1. Definição e divisão
2. Definição de força. Unidades. Medida de Força.
3. Diferenciação entre massa e peso. Centro de gravidade.
4. Definição de trabalho e potência.
5. Definição de energia. Princípio da conservação da energia.

#### Unidade III : Hidrostática

1. Introdução e definição
2. Definição de pressão. Unidades.
3. Líquidos em equilíbrio. Vasos comunicantes.
4. Princípio de Arquimedes. Princípio de Pascal.
5. Densidade dos sólidos e líquidos. Areômetros.
6. Estudo do ar.
7. Estudo dos gases. Princípio da expansibilidade.
8. Pressão atmosférica. Experiência de Torricelli.
9. Barômetros. Aplicações.
10. Bombas. Manômetros.
11. Lei de Boyle-Mariotte.

#### Unidade IV : Termologia

1. Estudo do calor
2. Dilatação dos corpos
3. Mudanças de estado
4. Termômetros. Tipos. Escalas termométricas.

#### Unidade V : Acústica

1. Produção e propagação do som. Intensidade.
2. Qualidade do som. Escalas musicais.
3. Reflexão do som. Éco.
4. Fonação e audição. Fonógrafo.
5. Movimento vibratório.

#### Unidade VI : Óptica

1. Propagação e reflexão da luz. Sombra, cores, penumbra.
2. Espelhos planos e curvos. Imagens reais e virtuais.
3. Refração da luz. Lentes.
4. Instrumentos óticos. Aparelho de projeção. Microscópio. Lentes. Telescópio. Prismas.

#### Unidade VII : Eletricidade

1. Definição de eletricidade.
2. Definição de corrente elétrica. Intensidade da corrente. Força eletromotriz.
3. Definição de pilhas. Lei de Ohm.
4. Resistência de um circuito. Reostatos. Associação de pilhas.
5. Efeito térmico da corrente. Aplicações.
6. Ímãs. Campo magnético. Magnetismo terrestre. Bússolas.
7. Galvanômetro. Eletroímã: Aplicações (Telégrafo; Campainha; Telefone).
8. Eletrolise. Acumuladores.
9. Corrente contínua e corrente alternada. Motores e dínamos. Transformadores.

### **Quarta Série :**

#### **Unidade I : Introdução à Física**

1. Definição e divisão da física.
2. Objeto e método da física.
3. Unidades. Sistema C.G.S. e sistemas práticos. Equações dimensionais.
4. Sistema de medidas. Estudo de erro; valor médio; erro absoluto e relativo.
5. Estudo de alguns instrumentos de medida : Nônio. Paquímetro. Parafuso micrométrico. Palmar.

#### **Unidade II : Mecânica**

1. Definição de dinâmica. Definição de força.
2. Sistemas de forças. Composição de forças concorrentes. Composição de forças paralelas. Paralelogramo de forças. Binário.
3. Lei da inércia. Ação e Reação.
4. Estática. Equilíbrio de forças. Condições gerais. Momento de força. Máquinas simples
5. Cinemática. Movimento. Movimento uniforme e uniformemente variado. Equações gerais.
6. Movimento circular. Velocidade angular.
7. Trabalho e Energia. Princípio de conservação da energia.
8. Rendimento e Potência. Unidades.
9. Gravidade. Centro de gravidade. Lei da Queda dos Corpos. Resistência do ar
10. Pêndulo: leis e fórmulas. Medida do tempo.

#### **Unidade III.: Hidrostática**

1. Pressão dos líquidos. Princípio de Arquimedes e de Pascal. Aplicações.
2. Flutuação.
3. Vasos comunicantes.
4. Densimetria. Capilaridade. Tensão superficial.

#### **Unidade IV : Estudo dos Gases**

1. Equilíbrio dos gases. Pressão atmosférica . Barômetros . Aplicações .
2. Elasticidade dos gases. Bombas . Sifão.
3. Transformações particulares dos gases: Lei de Boyle-Mariotte , Lei de Charles .
4. Transformação adiabática .
5. Difusão dos gases .

Unidade V. : Termologia

1. Definição de calor e temperatura .
2. Escalas termométricas de temperatura . Zero absoluto
3. Calorimetria . Calor específico dos sólidos , líquidos e dos gases .
4. Propagação do calor. Três processos
5. Mudanças de estado físico . Ponto crítico . Refrigeração .
6. Dilatação térmica dos dos corpos .
7. Higrometria .Dissolução . Estudo das soluções .

6) Bibliografia

- 1) BITTENCOURT, CIRCE MARIA F. "Pátria Civilização e Trabalho "São Paulo, Edições Loyola, 1990.
- 2) FREITAS, ANNIBAL DE. "Curso de Physica". São Paulo, Editora Melhoramentos, 1936.
- 3) MAGALHÃES, ALVARO."Elementos de Física". Porto Alegre, Editora Livraria Porto Alegre, 1936.
- 4) PILETTI, NELSON."História da Educação no Brasil". São Paulo, Cortez Editora, 1994.
- 5) PIMENTA, SELMA G. ET ALI."Reverendo o ensino de 2º grau. Propondo a formação de professores". São Paulo , Cortez Editora, 1994.

## UM QUADRO COMPARATIVO DE PROPOSTAS DE ENSINO DE ELETRICIDADE: "RAMALHO" E "GREF"

Sandra Del Carlo\* e Yassuko Hosoume  
Instituto de Física - Universidade de São Paulo

### Introdução

As críticas ao ensino "tradicional" são normalmente pontuais e fragmentadas; é freqüente apontar nesse tipo de ensino a falta de uma abordagem conceitual, dando prioridade à memorização de fórmulas, ou ainda, a inexistência de atividades experimentais. Entretanto esses dados são vistos de forma parcial e raramente são colocados de forma contextualizada, seja em relação ao próprio conteúdo da física, seja em relação ao processo de aprendizagem ou ainda, com relação a função da educação científica.

Para uma real caracterização de uma proposta de ensino são necessárias informações contendo elementos que articulados, possibilitem inferências mais globais com relação à visões de educação e de ciência contidas na mesma. Baseada nessa compreensão, esse trabalho procura, num primeiro momento, detectar e explicitar aqueles elementos que favorecem a caracterização de propostas de ensino de física e num segundo momento, utilizar esses elementos para evidenciar duas formas de articulação do conteúdo de eletricidade, em duas propostas educacionais bastante diferentes.

### Escolha dos Elementos de Caracterização

A escolha dos elementos relevantes para a caracterização das propostas tem como referência duas fontes: a primeira são as atuais pesquisas da área de ensino de física, desde aquelas que abordam um repensar sobre a natureza do conhecimento físico até aquelas que tratam da construção do conhecimento por parte dos estudantes; e a segunda são as características do material de análise que neste trabalho, trata-se de livros para professores e estudantes e que comportam elementos característicos de um material didático.

Os elementos privilegiados contêm aquelas reflexões que compreendem o conhecimento físico como produto de um processo histórico, como um conhecimento estruturado com seus elementos dialéticos de parte e todo, de conceitual e formal, de universal e vivencial, de teórico e experimental e ainda, aquelas reflexões sobre o processo de ensino-aprendizagem, como o papel dos conhecimentos prévios dos estudantes na estruturação do conhecimento científico, as analogias como

---

\* Estudante de Mestrado em Ensino de Ciências (Modalidade: Física) - Instituto de Física/Faculdade de Educação - USP.



componentes inerentes ao processo de aquisição do conhecimento, o diálogo como a base na interação professor-aluno, a ação do aluno como o elemento fundamental do processo de aprendizagem significativa.

Para caracterizar as propostas de ensino foram privilegiados 13 elementos e serão consideradas categorias de análise. São elas:

**1- Organização do Conteúdo:** essa categoria se refere aos dados que indicam a forma de estruturação do conteúdo e a natureza dos elementos estruturantes. Permite observar a existência ou não de algo que estrutura partes ou se repete dando um contorno, um "esqueleto" ou uma "cara" para a proposta. Essa categoria também informa como as unidades estão organizadas.

**2- Construção da Física:** nessa categoria estão as informações que permitem inferir a visão de ciência com relação ao seu processo de construção. São informações dadas pela História da Ciência que é privilegiada e pela forma com que esta História comparece no contexto do desenvolvimento do conteúdo. Esse categoria informa se o conteúdo comparece como algo construído num determinado espaço-tempo.

**3- Modelos de Interpretação:** nessa categoria estão os modelos físicos utilizados na explicação dos fenômenos, as relações entre eles e os limites de validade de cada um. Essa categoria informa sobre a caracterização da física como interpretações da natureza através de modelos explicativos.

**4- Conteúdo e Forma:** nessa categoria estão os elementos que permitem explicitar as articulações existente entre as partes e o todo do conhecimento em estudo. Através dessa categoria é possível verificar se um conteúdo é abordado de maneira fragmentada, separado em sub-unidades e desenvolvidas independentemente, sem a existência de um todo que forneça significado para cada uma das partes.

**5- Atividades Experimentais:** nessa categoria estão os elementos que evidenciam o caráter experimental do conhecimento físico. A proposição ou não de atividades experimentais, a relação das mesmas com outras partes do desenvolvimento dos conteúdos e se os tipos de experimentos fornecem elementos para compreender o papel destes no ensino da física.

**6- Aspectos Qualitativos e Quantitativos:** os elementos que caracterizam os aspectos conceitual e formal da ciência física fazem parte dessa categoria. O desenvolvimento equilibrado desses dois aspectos ou o privilégio de um deles dará informações sobre a relevância ou não de conhecimentos locais em profundidade e/ou de conhecimentos globais de natureza estrutural.

**7- Relação entre a Física e o Mundo:** nessa categoria estão aqueles elementos que permitem estabelecer relações entre conhecimentos universal e vivencial. É a partir dessa categoria que serão inferidos os objetivos do ensino da física; cada proposta de ensino de física concebe o conhecimento científico e o mundo em que vivemos de uma

mancira que contém implicitamente o papel da física na forma de compreender o mundo.

**8- Conhecimento Prévio do Aluno:** nessa categoria encontra-se o tratamento dado ao conhecimento que o aluno traz consigo na terceira série do segundo grau e que foi adquirido ao longo de sua vida. Dependendo de como essa "bagagem cultural" do aluno é considerada: se já é algo "maduro" ou algo que se encontra em constante processo de amadurecimento, é possível compreender como é encarado o papel do indivíduo no processo ensino-aprendizagem em cada proposta.

**9- Exercícios e Problemas:** através desta categoria é possível explicitar como cada proposta trabalha com o conteúdo e principalmente, com que finalidade isso é feito: se privilegia através destes elementos a memorização das relações matemáticas ou se faz uso dos mesmos com outras finalidades que além disso, destacam simultaneamente noções relacionadas aos conceitos tratados no conteúdo teórico.

**10- Analogias como Estratégia:** nessa categoria estão as analogias utilizadas como estratégias de ensino. A natureza, as formas de articulação no contexto do desenvolvimento do conteúdo e a explicitação dos limites das analogias utilizadas revelam alguns indicadores sobre as formas de compreender processos de aprendizagem dos estudantes.

**11- Atuação do Aluno:** nessa categoria estão os elementos que evidenciam as concepções sobre o papel do aluno no processo de aprendizagem. A partir dos tipos de atividades ou ações propostas para os estudantes é possível extrair elementos que contribuem para compreender a visão sobre formas de aquisição do conhecimento por parte dos estudantes.

**12- Linguagem Utilizada:** nessa categoria encontra-se a diferença entre a linguagem dos professores e dos alunos: o primeiro utilizando-se de uma linguagem convencional, totalmente relacionada à física e o segundo, por não se utilizar naturalmente dela, encontra muita dificuldade. É também nessa categoria que se evidencia a definição dos papéis do professor - falar e do aluno - escutar.

**13- Objetivos:** nessa categoria encontram-se dois tipos de objetivos das propostas, os explícitos e os implícitos. Os explícitos são colocados diretamente no início de cada proposta e os implícitos são aqueles que permeiam cada elemento e suas relações dentro das propostas.

## **Análise de Duas Propostas de Ensino de Eletricidade**

Para a análise foram escolhidas duas propostas de ensino: o "GREF"<sup>104</sup> e o "Ramalho"<sup>105</sup>, que representam de alguma forma duas tendências atuais do ensino de física. A primeira é o projeto mais recente,

---

<sup>104</sup> GREF: proposta de ensino de Física elaborada pelo Grupo de Reelaboração do Ensino de Física do Instituto de Física da USP.

<sup>105</sup> Ramalho: um dos autores do livro mais vendido. A proposta é conhecida como: "livro do Ramalho".

elaborado na perspectiva de uma nova forma do ensino de física e bastante divulgado nacionalmente e a segunda é a proposta mais adotada no ensino de segundo grau. A Eletricidade foi o conteúdo de física escolhido e o material de análise são os livros elaborados por essas propostas<sup>106</sup>.

Uma síntese da análise desses dois livros é apresentada no esquema a seguir.

	RAMALHO	REF
1. <b>Organização do Conteúdo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Estrutura básica que se repete: conteúdo teórico, exercícios resolvidos, exercícios propostos, exercícios de recapitulação e testes propostos.</li> <li>- Textos extras (aprofundamento ou possíveis relações entre o mundo e o conteúdo).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Estrutura básica: centrada nos diversos tipos de transformação de energia; aspectos qualitativos colocados no início seguidos de atividades que os explicita e "motive" para o passo seguinte, comentários sobre as atividades e exercícios quantitativos.</li> <li>- Textos complementares (aprofundamento matemático; possíveis relações com outras áreas de conhecimento e explicações para fenômenos observados no dia-a-dia).</li> </ul>
2. <b>Construção da Física</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Quadro histórico geral no apresentado no início do livro.</li> <li>- História contemporânea através de menções à experiências do início do século (Millikan) e às hidrelétricas e telecomunicações brasileiras atuais.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nenhuma menção explícita dos aspectos históricos.</li> <li>- Enfoque histórico contemporâneo e atual.</li> </ul>
3. <b>Modelos de Interpretação</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Domínio da visão micro sem rigor com eventuais passagens pela visão macro através de exemplos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Conforme a necessidade, há passagens constantes entre a visão macro e a micro.</li> </ul>
4. <b>Conteúdo e Forma</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- As partes não se relacionam.</li> <li>- Grande ênfase na abrangência devido a preocupação com os vestibulares.</li> <li>- Sequência: eletrostática, eletrodinâmica e</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Constante relação parte-todo.</li> <li>- Mais abrangente possível para transferir os conhecimentos para o mundo vivencial.</li> <li>- Sequência: centrada na s diversas transformações de energia elétrica.</li> <li>- Centralização na transformação de energia.</li> </ul>

106 "Eletromagnetismo" - REF, volume 3, EDUSP, São Paulo, 1993.

"Os Fundamentos da Física", volume 3, Nicolau, Ramalho e Toledo, Ed. Moderna, 6ª ed., S. Paulo, 1993.

	<p>eletromagnetismo.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Centralização na carga.</li> <li>- Conteúdo sem questionamentos ou discussões.</li> <li>- Desenvolvimento do conteúdo a partir dos conceitos mais simples para os mais complexos (hierarquia dos conceitos).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Conteúdo amplamente discutido.</li> <li>- Hierarquia dos conceitos: inicia-se nos conceitos mais gerais e depois, segue para os particulares.</li> </ul>
<b>5. Atividades Experimentais</b>	- Não existem.	- Atividades motivadoras e "ganchos" para o assunto seguinte.
<b>6. Aspectos Qualitativos e Quantitativos</b>	- "Destaque" para os aspectos quantitativos através das relações matemáticas.	- Destaque primeiro, para os aspectos qualitativos que mantêm intacta a estrutura do conhecimento físico e sua relação com o mundo vivencial e só posteriormente, destaca os aspectos quantitativos.
<b>7. Relação entre a Física e o Mundo</b>	- Insere, às vezes, situações do mundo como exemplos.	- Conteúdo teórico é mostrado explicando o mundo vivencial do aluno.
<b>8. Conhecimento Prévio do Aluno</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sabe que existe, mas não se utiliza dele.</li> <li>- Procura, às vezes, utilizar-se do que o aluno deve ter como conhecimento e não do que ele realmente possui.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sabe que existe e se utiliza dele para levar a teoria até o mundo vivencial explicitado pelo aluno.</li> <li>- Utiliza-se do que o aluno realmente possui.</li> </ul>
<b>9. Exercícios e Problemas</b>	- Reforço e recapitulação das noções e conceitos.	- Aspectos quantitativos tratados nas relações matemáticas, mas sempre relacionados aos aspectos qualitativos do mundo vivencial.
<b>10. Analogias como Estratégias</b>	- Campo gravitacional - campo elétrico.	- Campo gravitacional - campo elétrico.
<b>11. Atuação do Aluno</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Resolução de exercícios.</li> <li>- Memorização por exaustão.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Participação ativa ao longo do processo.</li> <li>- Investigação e observação do mundo vivencial.</li> </ul>
<b>12. Linguagem Utilizada</b>	- Convencional desde o início.	- Inicia com linguagem cotidiana, passa pela pictórica e chega à convencional.
<b>13. Objetivos</b>	- Vestibular.	- Compreensão do mundo físico e tecnológico.

## Considerações Finais

Na proposta do "Ramalho" existe uma estrutura básica recursiva (um "esqueleto") onde o enfoque histórico, diferentemente dos exercícios e problemas que são parte essencial da estrutura, aparece apenas em textos para leitura no final de alguns capítulos, indicando que a construção da física não é realizada considerando o contexto histórico.

O conteúdo é basicamente desenvolvido através da visão macroscópica, dando ênfase aos aspectos quantitativos e raramente inserindo situações do mundo vivencial com a finalidade de exemplificação, onde, por exemplo, poderiam ser tratados os aspectos qualitativos.

As partes (as sub-unidades da eletricidade) não se relacionam com o todo (o conteúdo de eletricidade) ao longo do texto o que leva a uma falta de unicidade, de coerência interna que conseqüentemente explicita na proposta uma maior preocupação com os conhecimentos locais em profundidade. Essa preocupação também é evidenciada quando nota-se o privilégio dos aspectos quantitativos e formais.

Apesar desta proposta considerar que o aluno possui um conhecimento anterior, o uso dele praticamente não chega a acontecer porque esse conhecimento anterior é aquele que se considera aprendido ao longo da vida escolar do aluno e que portanto, não pode ser considerado como algo preciso.

Na atuação do aluno não é sugerida nenhuma atividade experimental e sim, a resolução do maior número de exercícios, privilegiando a memorização das relações matemáticas para que se atinja seu objetivo explícito: que o aluno passe no exame vestibular.

Na proposta "GREF" existe uma estrutura básica centrada nas transformações de energia seguidas dos aspectos qualitativos da teoria e das atividades que motivarão para o passo seguinte no conteúdo teórico.

Os exercícios e problemas tratam dos aspectos quantitativos sem perder contato com os aspectos qualitativos, ambos relativos ao mundo vivencial. Essa maneira de "ver" a física indica que a sua construção é feita através de um enfoque histórico que permeia toda a proposta já que esta é desenvolvida utilizando o conteúdo teórico para explicar o mundo vivencial, contemporâneo.

Nessa maneira de abordar a eletricidade, a atuação do aluno é imprescindível na investigação e observação dos elementos elétricos de seu mundo durante todo o processo de aprendizagem e assim, o conhecimento anterior do aluno é utilizado a todo momento.

O conteúdo é o mais abrangente possível e mantém uma constante relação parte-todo da eletricidade durante o curso, fazendo com que as passagens entre as visões macroscópica e microscópica sejam uma constante facilitando assim, a compreensão do mundo físico e tecnológico que é um dos objetivos dessa proposta. Além disso, a unidade do curso é mantida quando se utiliza das transformações de energia como o

*Um Quadro...*

elemento unificador da proposta que explicitará a relação dialética entre parte/todo, possibilitando o desenvolvimento simultâneo de conhecimentos locais em profundidade e globais de natureza estrutural.

## ESTUDO ANALÍTICO E GRÁFICO DAS CARACTERÍSTICAS DO INTERFERÔMETRO DE FABRY-PEROT.

Jorge Ivan Cisneros(*cisneros@ifl.unicamp.br*)  
Antonio Carlos da Costa  
Instituto de Física "Gleb Wataghin" - UNICAMP  
CP: 6165 - CEP: 13083-970 - Campinas (SP)

### 1 - Introdução

Apresentamos neste trabalho um estudo analítico, numérico e gráfico das propriedades do interferômetro de Fabry-Perot (IFP). Usamos dois formalismos para deduzir a intensidade da luz transmitida pelo interferômetro. O primeiro usa a superposição dos feixes refletidos nos espelhos (fórmulas de Airy). O segundo, a partir da teoria matricial dos meios estratificados, estuda os campos da onda transmitida e a intensidade correspondente. Da maneira como a fórmula de Airy do IFP é usualmente apresentada, surge a dúvida sobre a validade da fórmula deduzida usando interfaces não metálicas e a ambiguidade no uso de alguns parâmetros, como a refletividade dos espelhos e a defasagem da onda transmitida. Após deduzir as fórmulas do padrão de interferência e eliminar as ambiguidades mencionadas, estudamos algumas características do IFP, tais como perfil de intensidade dos anéis em função do seu raio, variação das características dos anéis em função do material dos espelhos e da espessura da camada metálica. Finalmente é apresentada uma simulação de um experimento usando a linha dupla do sódio, mostrando mediante superposição, as posições relativas dos dois sistemas de anéis calculados para um conjunto discreto de distâncias entre os espelhos.

O ponto de partida para a dedução usual da fórmula de Airy do IFP [1,2] é a expressão da amplitude do campo eletromagnético da onda transmitida por um sistema de duas interfaces paralelas que separam três dielétricos de índices de refração  $n_1$ ,  $n_2$  e  $n_3$  como indicado na figura 1, sendo  $h$  a distância entre as interfaces. Usando os coeficientes de Fresnel de transmissão e reflexão [3] da interface  $(i,j)$  ( $i,j = 1,2,3$ ), calcula-se o coeficiente que relaciona as amplitudes dos campos das ondas transmitida e incidente respectivamente, este resulta da superposição dos infinitos feixes refletidos nas interfaces (1,2) e (2,3) como esboçados na fig. 1:

$$t_{123} = t_{12} t_{23} \exp(i\phi/2) / [1 + r_{12} r_{23} \exp(i\phi)] \quad (1)$$

onde  $\phi$  é a defasagem entre dois feixes transmitidos consecutivos de comprimento de onda  $\lambda$  (no vácuo) e determinada por

$$\phi = 4 \pi n_2 h \cos\theta_2 / \lambda \quad (2)$$

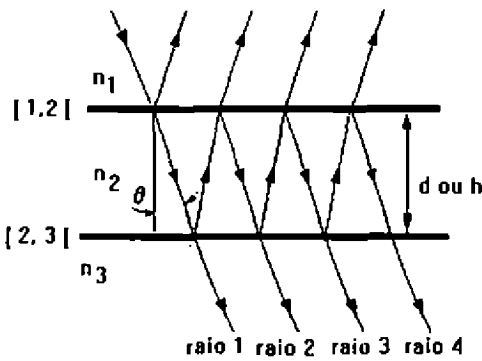


Fig. 1- Sistema de duas interfaces

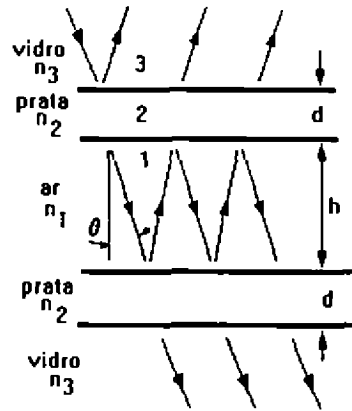


Fig. 2 Esquema de interfaces e materiais do Interferômetro

A partir de (1) e (2) calcula-se a transmitância do sistema [1] supondo que os meios 1 e 3 sejam iguais:

$$T = 1 / \{1 + [4 \rho_{12} / (1 - \rho_{12})^2] \text{sen}^2(\phi/2)\} \quad (3)$$

onde  $\rho_{12}$  é a refletividade da interface (1,2). As interfaces entre meios dielétricos analisadas até agora não são apropriadas para fabricar um IFP pelo fato que os valores de  $\rho_{12}$  são em geral pequenos, obtendo-se valores inexpressivos nas variações de T em função de  $\phi$ . Por exemplo, com uma camada de ar entre vidros, os valores máximos e mínimos de T são 1.0 e 0.852 respectivamente.

Na prática os IFP são fabricados usando superfícies de alta refletividade tais como espelhos metálicos. Nestes casos as superfícies refletoras não são interfaces ideais, como no exemplo anterior, senão estruturas mais complexas com um certo número de interfaces e logicamente com espessura não nula.

A fórmula (3), que tem sido usada sistematicamente para analisar o funcionamento destes interferômetros, deve ser considerada com restrições porque nos espelhos metálicos há absorção de energia e defasagens do feixe transmitido não considerados em (3).

### Dedução completa da fórmula de Airy para o interferômetro de Fabry-Perot.

Estudaremos o IFP de dois espelhos metálicos de prata iguais, como esquematizado na figura 2, onde a espessura dos espelhos e a distância entre eles são d e h, respectivamente. Os índices de refração  $n_1$ ,  $n_2$  e  $n_3$  correspondem a vidro, prata e ar respectivamente, os valores usados neste trabalho são  $n_1 = 1.5$ ,  $n_2 = 0.177 + i3.638$  e  $n_3 = 1$ . Para analisar as amplitudes e as intensidades da luz no interferômetro são necessários os coeficientes de transmissão dos espelhos nas direções vidro-prata-ar (321) no primeiro espelho, e ar-prata-vidro (123) no



segundo espelho, além do coeficiente de reflexão interna ar-prata-vidro (123) aplicável a todas as reflexões internas. Neste trabalho usamos como variável de referência o ângulo de inclinação do vetor de propagação da luz no ar que denominaremos  $\theta_1$ . Os outros ângulos  $\theta_3$  e  $\theta_2$  são calculados a partir da lei de Snell, observando que este último "ângulo de refração" na prata é uma grandeza complexa [4].

A amplitude da onda transmitida pelo espelho na direção (123) resulta da superposição da sequência de raios 1, 2, 3, ... A amplitude (relativa ao raio incidente) da onda transmitida [3] é a seguinte:

$$t_{123} = t_{12}t_{23} \exp(i\delta / 2) / [1 - r_{12}r_{23} \exp(i\delta)] \quad (4)$$

onde  $\delta = 4 \pi n_2 \cos\theta_2 d / \lambda$ . Mediante considerações similares obtemos  $t_{321}$  e  $r_{123}$ . Usando as expressões anteriores obtemos o coeficiente de transmissão para o IFP:

$$t_{1,p} = t_{123}t_{321} \exp(i\varphi / 2) / [1 - r_{123}^2 \exp(i\varphi)] \quad (5)$$

onde  $\varphi = 4\pi n_1 h \cos\theta_1 / \lambda$ . A transmitância do sistema (IFP) considerando que os meios inicial e final são iguais (vidro), resulta:

$$T_{1,p} = [\tau / (1 - \rho)]^2 / \{1 + [4\rho / (1 - \rho)^2] \text{sen}^2(\varphi / 2 + \varepsilon)\} \quad (6)$$

onde  $\varepsilon$  é a defasagem da luz transmitida pelo espelho, sendo  $\rho$  e  $\tau$  suas correspondentes refletividade e transmissividade calculadas a partir de  $t_{123}$  e  $r_{123}$ . Em relação às equações (3) e (6) deve ser observado que na primeira  $\rho_{12}$  e  $\tau_{12}$  correspondem a uma interface entre dielétricos, no entanto na segunda  $\rho$  e  $\tau$  são parâmetros do espelho metálico depositado no vidro.

As condições de máximo e mínimo de  $T_{1,p}$  são:

$$\text{Máximo } 2\pi n_1 h \cos\theta_1 / \lambda + \varepsilon = m\pi$$

$$T_{1,p \text{ max}} = \tau^2 / (1 + \rho)^2 \quad (7)$$

$$\text{Mínimo } 2\pi n_1 h \cos\theta_1 / \lambda + \varepsilon = (2m + 1)\pi / 2$$

$$T_{1,p \text{ min}} = \tau^2 / (1 - \rho)^2 \quad (8)$$

onde  $m = 0, 1, 2, 3, \dots$

No IFP um fator importante é o contraste entre as luminosidades do anel e da faixa escura:

$$T_{1,p \text{ max}} / T_{1,p \text{ min}} = [(1 + \rho) / (1 - \rho)]^2 \quad (9)$$

que aumenta rapidamente em função da refletividade dos espelhos.

#### Calculo de $T_{1,p}$ mediante a teoria de meios estratificados

A teoria matricial dos meios estratificados permite obter uma fórmula alternativa da intensidade transmitida pelo interferômetro de Fabry-Perot.

As condições de contorno das equações de Maxwell permitem relacionar as componentes tangenciais dos campos de uma onda

eletromagnética em duas interfaces sucessivas mediante uma matriz de 2x2 determinada pelas constantes ópticas e espessura da camada limitada pelas interfaces consideradas [1,5]. A extensão do cálculo a um sistema de n camadas é imediato. Neste caso o sistema vem caracterizado pela matriz produto das matrizes individuais de cada camada, que permite relacionar o campo incidente na primeira camada com o campo transmitido após a última. No caso de um sistema de n camadas, a equação que relaciona os campos da primeira e última interface é:

$$(\hat{N}_x \vec{E}_n) \begin{bmatrix} 1 \\ Y \end{bmatrix} = \prod_{j=1}^n \begin{bmatrix} \cos \delta_j & (i/\eta_j) \text{sen} \delta_j \\ i\eta_j \text{sen} \delta_j & \cos \delta_j \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ \eta_{n+1} \end{bmatrix} (\hat{N}_x \vec{E}_b) \quad (10)$$

onde Y e  $\eta_{n+1}$  são as admitâncias do sistema de camadas e do meio adjacente à camada n respectivamente, e  $\delta_j = 2 \pi h_j n_j \cos \theta_j / \lambda$ . O produto matricial de (10) define um vetor coluna de elementos B e C:

$$\begin{bmatrix} B \\ C \end{bmatrix} = \prod_1^n \begin{bmatrix} \cos \delta_j & (i/\eta_j) \text{sen} \delta_j \\ i\eta_j \text{sen} \delta_j & \cos \delta_j \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ \eta_{n+1} \end{bmatrix} \quad (11)$$

que permitem calcular a transmitância do IFP:

$$T_{IFP} = 4 \eta_0 \eta_{n+1} / (\eta_0 B + C) (\eta_0 B + C)^* \quad (12)$$

onde  $\eta_0$  é a admitância do meio adjacente à primeira interface.

Do ponto de vista da equação (10) o IFP, de acordo com a figura 3, é um sistema de três camadas, os dois espelhos de prata e a camada de ar, sendo que o material dos meios de ordem 0 e  $n + 1 = 4$  é vidro. As matrizes a serem usadas na fórmula (11) para o cálculo de B e C, serão  $M_{Ar}$ ,  $M_{Ar}$ ,  $M_{Ar}$ , nessa ordem.

Assim as equações (6) e (12) podem ser igualmente usadas para calcular  $T_{IFP}$ . A primeira é mais conveniente para calcular a intensidade transmitida no caso em que se conheçam os valores da transmitância e da refletância dos espelhos. Se estes valores forem de origem experimental eles deverão ser medidos na direção correta (ar-espelho-vidro) e corrigidos pela reflexão na segunda interface do vidro [6]. Quando os dados conhecidos são: os índices de refração dos materiais, as espessuras das camadas e o comprimento de onda da luz, a fórmula (12), deduzida à partir da teoria matricial, é mais conveniente de se aplicar, já que com este método não é necessário calcular a refletância e a transmitância dos espelhos separadamente. A fórmula (6) de Airy tem a grande vantagem de ser uma expressão compacta que permite uma análise qualitativa do andamento de  $T_{IFP}$  em função dos parâmetros de interesse, o que não acontece com a equação (12).

### 3 - Aplicações

No padrão de interferência do IFP, a intensidade luminosa é uma função da coordenada radial no sistema de anéis, que está relacionada diretamente com o ângulo de propagação no ar ( $\theta_{ar}$ ), por este motivo nas aplicações apresentadas a seguir preferimos usar este ângulo como variável independente nos gráficos de intensidade. Os resultados na forma de gráficos mostram em geral alguns dos anéis na região central do padrão de interferência.

3a) Foram estudadas as características do sistema de anéis do IFP com espelhos de prata em função da espessura da camada de prata, ou seja da refletividade dos espelhos. Para complementar esta informação apresentamos na tabela abaixo os valores dos parâmetros  $\tau$ ,  $\rho$ , e  $\epsilon$  de um espelho de prata sobre vidro calculados para  $\lambda = 500$  nm e alguns valores discretos da espessura:

A figura 3 mostra o perfil dos anéis do IFP com alguns valores de  $d$ , a distância entre espelhos é  $h=5$  mm. Observa-se claramente a variação qualitativa da forma dos anéis em função de  $d$ , à partir de  $d=0$  que corresponde a uma interface totalmente dielétrica. Quando a refletividade cresce, os anéis ficam mais finos, a intensidade diminui, mas o contraste da intensidade cresce rapidamente e finalmente o primeiro máximo se afasta de  $\theta_{ar} = 0$  devido à variação de  $\epsilon$  (veja a tab. 1)

3b) O efeito da mudança de material condutor dos espelhos pode ser analisado na figura 4, onde as curvas de intensidade foram calculadas para espelhos de ouro e prata com  $d=20$  nm. Os outros parâmetros foram mantidos constantes em relação à Fig.3. Devido às diferenças entre os índices de refração complexo dos dois metais há mudanças de posição, intensidade e largura dos anéis, sendo que os anéis mais finos correspondem ao IFP com espelhos de prata..

tabela 1

$d(\text{nm})$	$\rho$	$\tau$	$\epsilon(\text{rad})$
0	0.00400	0.9600	-3.1416
2	0.0645	0.9157	-2.6513
5	0.1616	0.7946	-2.4110
10	0.3832	0.5521	-2.4059
20	0.7088	0.2240	-2.5156
30	0.8520	0.0884	-2.5708
40	0.9107	0.0351	-2.5927

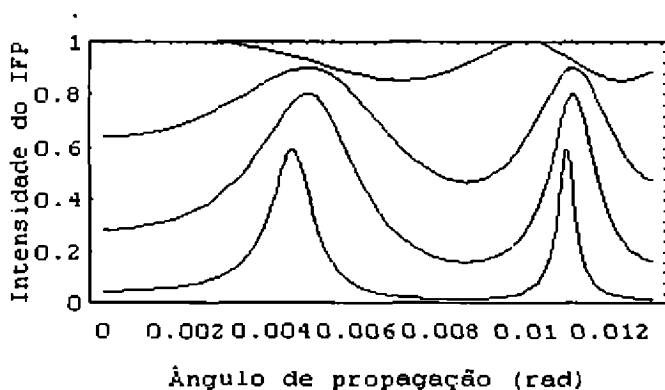


Fig. 3. Intensidade dos dois anéis centrais do IFP, espessuras dos espelhos de prata  $d = 0, 5, 10, 20$  nm.

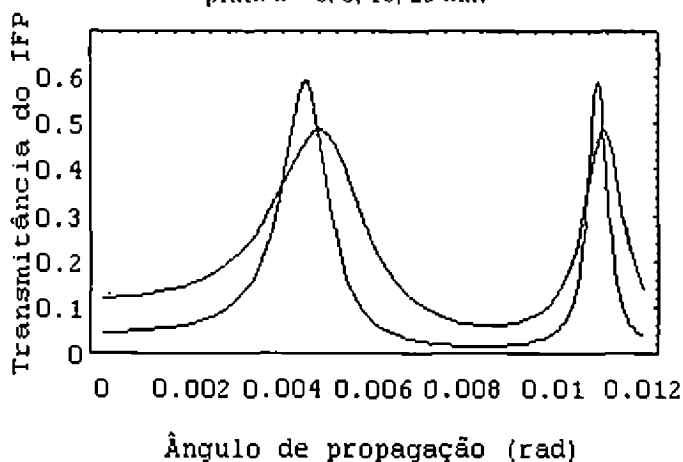


Fig. 4. Anéis centrais de dois IFPs com espelhos de Ag e Au,  $n_{Ag} = 0.177 + i 3.638$ ,  $n_{Au} = 0.37 + i 2.82$ .

3e) Um experimento didático interessante que pode ser realizado com resultados satisfatórios no laboratório, é a determinação da diferença de comprimento de onda das duas linhas amarelas do sódio [7]. Os dois sistemas de anéis, correspondentes aos comprimentos de onda 589.0 e 589.6 nm, resultam dos dois conjuntos de valores diferentes de  $\cos\theta_1$  obtidos da equação (7).

Para alguns valores particulares de  $h$ , anéis com ordens  $m$  e  $m'$  diferentes ficam superpostos. Neste caso o padrão de interferência tem o aspecto igual ao de uma luz monocromática. Aumentando a distância, os dois sistemas de anéis começam a ser observados de maneira separada, devido ao aumento desigual das ordens  $m$  e  $m'$ . A sequência de gráficos da figura (5) mostra este efeito desde a superposição completa em (5a), a separação gradativa dos anéis nos gráficos intermediários, e finalmente em (5d) os anéis separados e com os máximos de intensidade de um dos sistemas localizados no centro das faixas escuras do outro sistema. Esta situação acontece quando  $m$  cresce meia ordem a mais que  $m'$ .

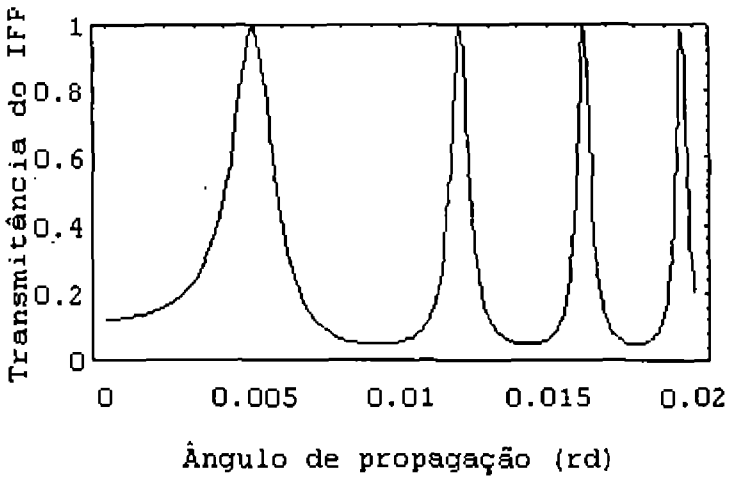


Figura 5a

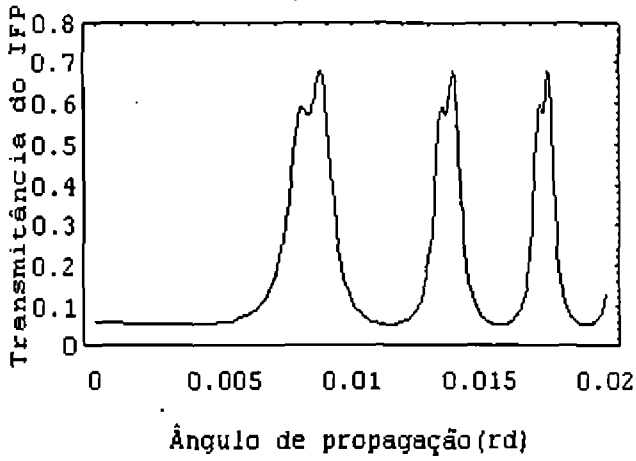


Figura 5b

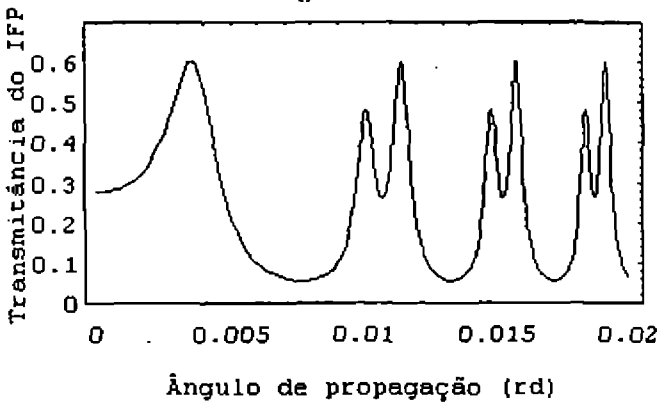


Figura 5c

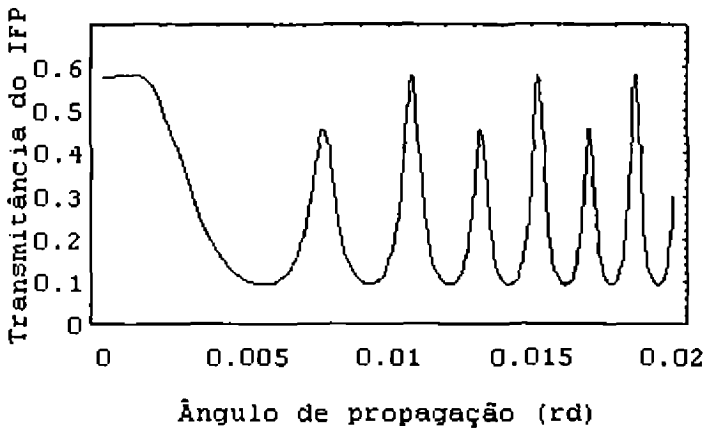


Figura 5d

Fig. 5 Anéis da linha dupla do sódio em função da distância entre espelhos.  
Variação de meia ordem.

#### 4 - Conclusão

Neste trabalho é realizada uma análise cuidadosa da teoria do interferômetro de Fabry-Perot em vista da falta de precisão na literatura especializada em relação à dedução da fórmula do padrão de interferência e aos parâmetros a serem usados nesta fórmula. Foram deduzidas as fórmulas de transmissividade do espelho e da transmitância do IFP usando o método de Airy, no qual foram considerados todas as interfaces, espessuras e parâmetros ópticos indicados na Fig. 2. O formalismo matricial foi também usado como uma forma alternativa de se calcular a intensidade luminosa do IFP.

A equivalência das duas fórmulas foi demonstrada mediante resultados numéricos. As fórmulas teóricas deduzidas neste trabalho foram usadas para mostrar numérica e graficamente algumas das propriedades do padrão de interferência do IFP. A simulação do experimento da linha dupla do sódio mostra muito claramente a evolução dos anéis do padrão de interferência em função da distância entre os espelhos. J.I.C. agradece apoio parcial do CNPq.

#### Referências

- [1] M. BORN AND E. WOLF, **Principles of Optics**, Pergamon Press, Sixth Edition, N.Y.
- [2] S. TOLANSKY, **Multiple-Beam Interferometry of Surfaces and Films and Films**, Dover, N.Y.
- [3] J.R. REITZ, F.J. MILFORD E R.W. CHRISTY, **Fundamentos da Teoria Eletromagnética**, Ed. Campus, R.J.
- [4] J.B. MARION AND M.A. HELD, **Classical Electromagnetic Radiation**, Academic Press, Orlando.

- [5] I.A. MACLEOD, **Thin Film Optical Filters**, Elsevier, N.Y.
- [6] Z. KNITTL, **Optics of Thin Films**, Wiley, London.
- [7] J.I. CISNEROS E A.C. DA COSTA, **Notas Experimentais de Laboratório**, IFGW, UNICAMP.

## UM APLICATIVO PARA O ENSINO INDIVIDUALIZADO DE CIRCUITOS ELÉTRICOS NO ENSINO MÉDIO E FUNDAMENTAL

Oto N. Borges (*oto@coltec.ufmg.br*)

André C. C. Mota (*andre@coltec.ufmg.br*)

Marcos E. Lopez de Prado (*marcos@coltec.ufmg.br*)

Centro de Ensino de Ciências e Matemática - CECIMIG/UFMG

Setor de Física - Colégio Técnico/UFMG.

Duas tarefas recorrentes e difíceis no ambiente real de sala de aula são, por um lado, mapear em nível individual o conhecimento, e portanto, a aprendizagem e, por outro lado, implementar estratégias de ensino personalizadas e individualizadas, que permitam a superação dos bloqueios cognitivos e estrangulamentos detectados na aprendizagem. O uso de aplicativos educacionais é uma das alternativas para contornar tais dificuldades. Para explorar estas potencialidades construímos um aplicativo destinado ao ensino-aprendizagem de circuitos elétricos elementares, no nível médio e nas últimas séries do ensino fundamental. As idéias básicas que guiaram o projeto e desenvolvimento deste aplicativo provêm de diversas fontes e se beneficiam da recente e intensiva tradição de pesquisa em ensino de eletricidade: o programa assenta-se em uma definição, em nível operacional, de "saber eletricidade" e faz uso de uma estratégia do tipo preveja-observe-explique como forma de mapear o conhecimento e a aprendizagem. Simultaneamente funciona como um conjunto de protocolos eletrônicos de acesso rápido e organizado ao conhecimento de grande número de estudantes. O aplicativo contém duas interfaces, uma para o aluno e outra para o professor. A interface para o aluno é extremamente intuitiva, de fácil uso e permite o acesso ao conhecimento em dois níveis. Um mais interativo e mais próximo da definição operacional de saber eletricidade: o aluno age e recebe um conjunto variado de respostas sobre suas ações. O segundo nível, em que o aluno exercita sua habilidade de escrita e argumentação, mas não recebe respostas ao seu esforço, funciona como uma janela de explicitação de concepções e estratégias de solução de problemas. A interface do professor é mais complexa e fornece um conjunto variado de ferramentas: acesso às respostas com vários tipos de filtros, estatísticas por questão, por tipo de erro, ferramentas para construção de novas questões e ferramentas para construção de roteiros personalizados de estudo.

### I - Introdução

O ensino de circuitos elétricos simples tem sido fartamente investigado nas últimas décadas, segundo uma gama variada de enfoques<sup>107</sup>. Grande parte dos trabalhos centra-se no levantamento das

---

<sup>107</sup> Pfundt e Duit[1] apresentam uma extensa bibliografia classificada em investigação sobre noções dos alunos e propostas de ensino que abordam as noções dos estudantes.



concepções dominantes entre grupos variados de alunos ou de professores do ensino básico e médio. Outra parte sugere estratégias de ensino, que potencialmente podem contribuir para superar, em maior ou menor grau, os principais obstáculos à aprendizagem.

Este artigo apresenta um aplicativo que também pretende contribuir para a solução de dois problemas básicos para quem lida em sala de aula: o acesso ao conhecimento e a aprendizagem de cada aluno individualmente e a implementação de estratégias de ensino personalizadas e individualizadas, que permitam a superação dos bloqueios cognitivos e estrangulamentos detectados na aprendizagem. Ainda que o aplicativo refira-se ao ensino de circuitos elétricos elementares, pretendíamos que ele pudesse ser facilmente estendido para abordar outros temas relevantes para o ensino médio.

## II - Apresentando o ELETROBASE

O ensino de circuitos elétricos elementares é usualmente considerado um tema difícil e árido tanto por professores quanto por alunos. Apesar disto, este tema está presente na maioria das propostas de currículo de Ciências e Física. Ele é importante por permitir que sejam feitas fortes conexões com a vida cotidiana dos alunos, tem um impacto motivador e é particularmente importante nos cursos técnicos da área de eletrônica. Desta forma a escolha do tema eletricidade para desenvolver o aplicativo não foi casual: ela decorre de nossa longa experiência com o tema, bem como seu uso potencial em nossos cursos no Colégio Técnico da UFMG.

Para projetar o software partimos da idéia de que ele é apenas mais um recurso para o ensino, a ser utilizado em um curso que enfatiza igualmente as atividades práticas e o estudo da teoria. Quando lidamos com turmas de quinze ou trinta alunos é difícil perceber o estágio de desenvolvimento em que está cada estudante ou suas dificuldades específicas, bem como fornecer um roteiro de estudo personalizado para cada aluno ou para um grupo de alunos. O aplicativo pretende contribuir para isto, pois ao ser utilizado ele gera um banco de dados armazenando as respostas de cada aluno e o módulo do professor permite a análise as respostas em termos de médias estatísticas, considerando os resultados globais da turma, ou de grupos de alunos organizados segundo vários filtros de respostas possíveis, bem como permite que o professor mapeie o conhecimento de cada um dos alunos individualmente. Este módulo também permite a elaboração de roteiros que podem ser atribuídos a um aluno individualmente, ou a um grupo de alunos.

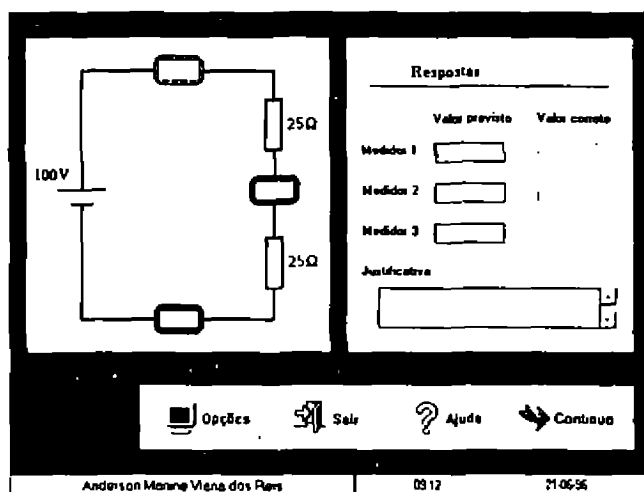


Figura 1: Tela típica apresentada ao aluno no aplicativo EletroBase.

O aplicativo apresenta ao aluno uma seqüência de problemas na forma de circuitos elétricos contendo resistores, fontes, chaves e medidores de corrente e tensão, e solicita ao aluno que faça previsões, e apresente as razões em que se baseia, sobre as medidas, valores e unidades, que os medidores devem exibir. O circuito elétrico está representado na forma simbólica e não há indicação do tipo de medidor ligado ao circuito. O aluno deve reconhecer, pela sua posição no circuito, o tipo de medidor. A figura 1 apresenta uma tela típica da interface do aluno. A seguir o programa apresenta os resultados corretos e algumas mensagens, enunciando o que está correto ou errado na sua resposta. O aluno é, então, solicitado a tentar explicar a origem de seus erros, contrastando os argumentos em que se baseou para realizar a previsão e a solução correta. A qualquer instante o aluno pode solicitar auxílio ao programa. Neste caso lhe é exibida uma mensagem curta com alguma diretriz ou informação relevante para a solução do problema. Há uma hierarquia de mensagens, sendo que as mensagens mais completas só serão exibidas para os alunos que sistematicamente cometem o mesmo tipo de erro em problemas da mesma natureza. O professor, ao utilizar sua interface para construir roteiros tem o controle total das mensagens que devem ser apresentadas para cada tipo de erro possível nos problemas. Uma seqüência destas mensagens poderia ser:

1. "Os amperímetros são ligados em série no ramo do circuito."
2. "A corrente é a mesma em todos os pontos de um circuito em série."
3. "Num circuito em série, se a resistência aumenta, a corrente diminui desde que a tensão da fonte não se altere."
4. "Num ramo de circuito a tensão é proporcional à corrente"
5. "Num ramo de circuito a tensão elétrica é igual ao produto da intensidade da corrente elétrica pela resistência."

Não há correção em tempo real dos argumentos utilizados pelo estudante. O professor tem acesso a eles a qualquer tempo e esperamos que os utilize para localizar as dificuldades específicas de cada estudante ou grupos de estudante e elaborar novos roteiros que promovam a superação destas dificuldades. O professor ainda tem o recurso de exibir uma mensagem específica em qualquer ponto do roteiro, instruindo os alunos sobre como proceder ou expondo uma situação em que os alunos podem se basear para realizar previsões.

### III - Bases racionais para o desenvolvimento do aplicativo

Este estilo de combinar solução de circuitos, que incluem instrumentos de medida, como problemas ou enigmas a serem resolvidos e a argumentação nos contextos da resposta e pós-correção é uma adaptação do método preveja-observe-explique, utilizado por Gunstone[2], que um dos autores (ONB) adaptou e vem utilizando, a alguns anos, em diversos cursos sobre Eletricidade. Esta estratégia permite tanto a explicitação da estrutura conceitual do aluno e de como ele a utiliza para resolver problemas, como permite a reorganização desta estrutura conceitual no momento em que o aluno busca reconciliar seus argumentos para a previsão e a solução correta. Ela permite que o estudante possa reconhecer seus erros sem desenvolver sentimentos de culpa, o que é importante para alguns estudantes mais tensos e angustiados com a escola. Por outro lado, ela sinaliza para os estudantes que na ciência não é apenas a solução do problema ou enigma que importa, mas que os argumentos utilizados para obtê-la são, no mínimo, tão importantes quanto a própria solução.

A decisão de implementar o aplicativo com a apresentação de problemas ou enigmas a serem resolvidos procura enfatizar procedimentos já utilizados nas atividades práticas: no curso que lecionamos, desde as primeiras atividades práticas os alunos montam um circuito simples e realizam medidas. A seguir numa seqüência de tarefas do tipo observe-preveja-explique o circuito é estendido para a associação em série, em paralelo e associações mistas, usando três ou quatro resistores. Procuramos incentivar os alunos a fazerem uso de raciocínio qualitativo e a empregar proporções direta e inversa ao longo destas atividades. Este conjunto de atividades práticas consome oito ou dez aulas e não há um paralelismo entre atividade prática e desenvolvimento da teoria. O estudo desta última segue um estilo "clássico" partindo das cargas e campos, passando pela discussão da visão microscópica do mecanismo de condução elétrica em metais, evoluindo para as leis de Kirchhoff. Este processo pretende reconhecer que a natureza do conhecimento construído e habilidades desenvolvidas através das atividades práticas é distinta daquela com que lidamos no estudo teórico, ainda que ambas se refiram ao mesmo conjunto de fenômenos. O aplicativo *ELETROBASE* pode desempenhar um papel integrador destes

dois planos de desenvolvimento conceitual e de habilidades, ainda que ele situe-se em um contexto próprio.

Por outro lado esta implementação do aplicativo reconhece duas contribuições relevantes da pesquisa recente em ensino de ciências. A primeira delas, feita por Millar e Lim Beh[3], questiona algumas interpretações sobre concepções de alunos relativas à eletricidade e argumenta que é necessária uma visão mais "instrumentalista" de termos como *voltagem*<sup>108</sup> e uma definição operacional de termos educacionais tais como "compreensão de *voltagem* dos estudantes". Millar e Lim Beh argumentam que não há muito sentido em "compreensão de *voltagem*" a não ser que isto seja entendido como a habilidade de fazer previsões corretas em situações em que está envolvido aquilo que os cientistas chamam *voltagem*[3]. Em parte adotamos esta visão, ainda que reconheçamos que a questão da compreensão de conceitos ou fatos da Ciência seja complexa. Assim, Millar e Lim Beh sustentam que a compreensão está na performance e não é simplesmente evidenciada por ela[3]. Entretanto acreditamos que, em geral, sabemos mais do que compreendemos é a realização de previsões depende não só da nossa compreensão mas pode ser bem sucedida se baseada em um conjunto de observações, a identificação de regularidades e um certo destemor em fazer generalizações a partir de poucos casos. Já a compreensão envolve a construção de uma cosmovisão estruturada, da qual o sujeito seja consciente e que, premeditadamente utiliza para entender o mundo. Neste caso, os argumentos contam. Para que possamos admitir que os alunos compreendem o conceito de *voltagem* ou *ddp*, é necessário identificarmos que eles têm alguma forma de modelo mental ou teia estruturada de conceitos sobre o comportamento de circuitos elétricos e sobre o que ocorre em alguns fenômenos elétricos.

A segunda contribuição foi feita por Friedler, Zohar e Tamir[4]. Sugerem a construção de testes interativos baseados em computador, projetados a partir da análise dos resultados de entrevistas clínicas com uma pequena amostra, como uma estratégia para aumentar o tamanho da amostra e conseqüentemente o poder de generalização das conclusões de pesquisas sobre concepções de estudantes. O aplicativo *ELETRBASE* permite levantar os argumentos e raciocínios de um grande número de estudantes. Uma análise posterior das respostas de um grande conjunto de alunos permitirá a geração de uma hierarquia de enunciados que expressam os argumentos utilizados pelos alunos ao fazerem previsões em cada problema incluído no aplicativo. Isto permitirá agilizar a análise dos resultados o talvez até mesmo incorporar no aplicativo alguns procedimentos para automatizar a atribuição de roteiros, telas de ajuda e

---

108 Um dos autores (O.N.B) utiliza nos materiais didáticos que desenvolve e em seus cursos os conceitos de *voltagem*, *tensão elétrica* e *diferença de potencial*, da forma tradicionalmente adotada na escola inglesa.

recomendações de estudo para os alunos, segundo as classes de erros que apresentem.

#### IV - O aplicativo EletroBase

O aplicativo *ELETROBASE* foi desenvolvido em Visual Basic 4.0 e divide-se em dois módulos executáveis: o módulo professor e o módulo aluno. O aplicativo suporta o uso tanto em computadores isolados quanto em ambiente de rede local, tendo sido testado em ambientes de rede baseadas no Windows NT bem como Netware Novell 3.12, exigindo pouco espaço de disco rígido, ou seja, cerca de 8 megabytes de espaço livre no disco. Como o módulo executável do aluno é pequeno, cerca de 250kb, ele pode ser executado a partir do servidor da rede, dispensando a instalação nas máquinas da rede. No ambiente de rede, o banco de dados com respostas é único e fica armazenado no servidor, facilitando sua utilização. O módulo professor também pode ser executado a partir da rede, o que é recomendável, bem como em uma máquina isolada. Ambos os módulos podem ser executados nos sistemas operacionais Windows 3.x, Windows NT e Windows 95. Para rodar o módulo professor é recomendável o uso de processador 486 ou superior, mas o módulo do aluno roda bem em estações 386.

Para utilizar o programa o professor usa o seu módulo para elaborar um conjunto de exemplos distintos de problemas contendo fontes, baterias, chaves, resistores e medidores de corrente e tensão elétricas. A seguir elabora um roteiro de apresentação aos alunos, que pode conter telas explicativas, mensagens de ajuda, etc. Na elaboração de roteiros o professor utiliza uma interface que lhe permite construir um fluxograma de apresentação, o que dá um grau de interatividade ao programa: os problemas a serem apresentados aos alunos podem depender de suas respostas anteriores. O professor pode determinar a apresentação de problemas de mesma classe até que o aluno consiga resolvê-los sem erros ou a apresentação de mensagens de ajuda cada vez mais detalhadas, segundo o tipo de erro cometido, ou ainda pode direcionar o aluno para outro roteiro. A figura 2 exhibe a interface de criação de roteiro, enquanto a figura 3 mostra a interface que permite ao professor determinar a exibição de mensagens segundo as classes de erros dos alunos.

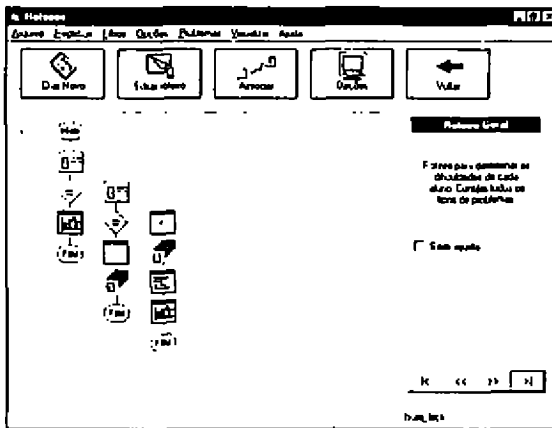


Figura 2: Interface para a elaboração de roteiros

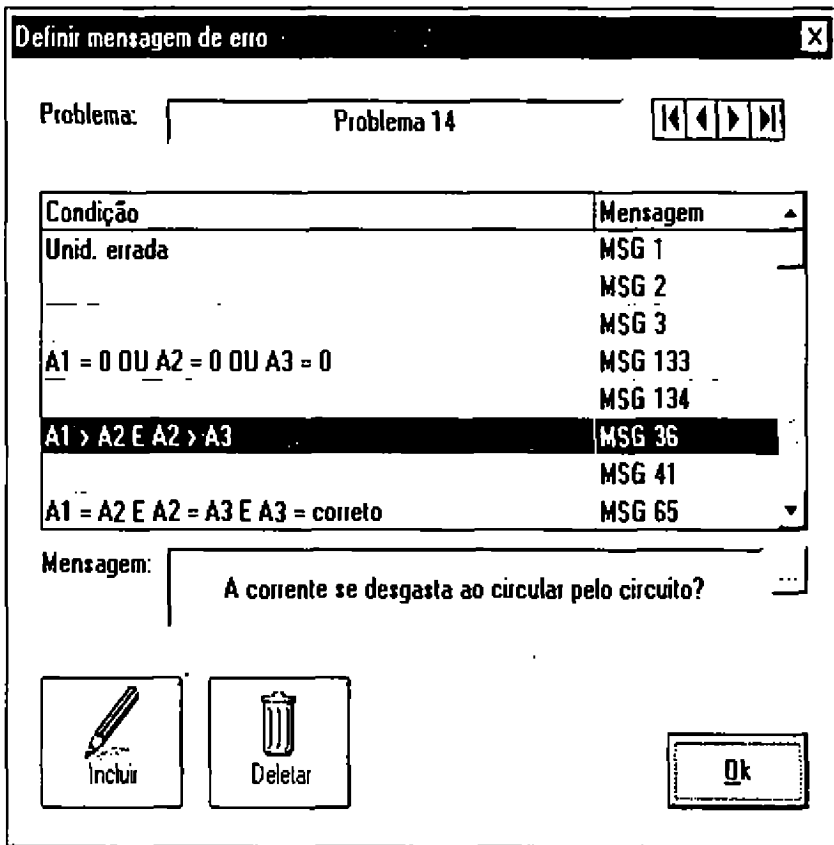


Figura 3: Interface para a organização de mensagens que serão exibidas se um tipo específico de erro for cometido pelo aluno.

Após elaborados, os roteiros são disponibilizados para um aluno individualmente ou para grupos de alunos. Ao iniciar a utilização do aplicativo o aluno é identificado e cadastra uma senha. O roteiro é então executado e pode ser suspenso a qualquer instante por opção do estudante. Suas respostas são arquivadas em um banco de dados.

Após a utilização o professor examina as respostas dos alunos utilizando o seu módulo. Ele pode acessar tanto as respostas individuais dos alunos, e a argumentação utilizada, como mostra a figura 4, como também pode analisar estatisticamente o desempenho global da turma ou de grupos de alunos, assim como seu desempenho em uma questão específica. Ao analisar o desempenho de grupos de alunos, o professor seleciona o grupo utilizando filtros, que ele pode construir usando lógica booleana simples. A figura 5 mostra um exemplo de análise estatística dos resultados globais de uma turma.

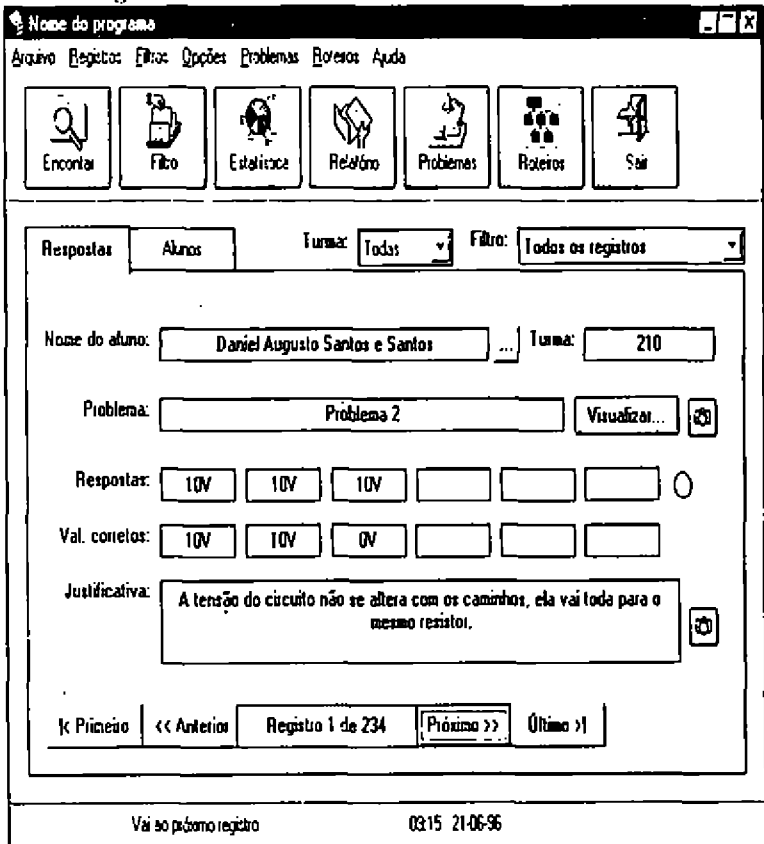


Figura 4: Interface para a análise do desempenho individual de um aluno.

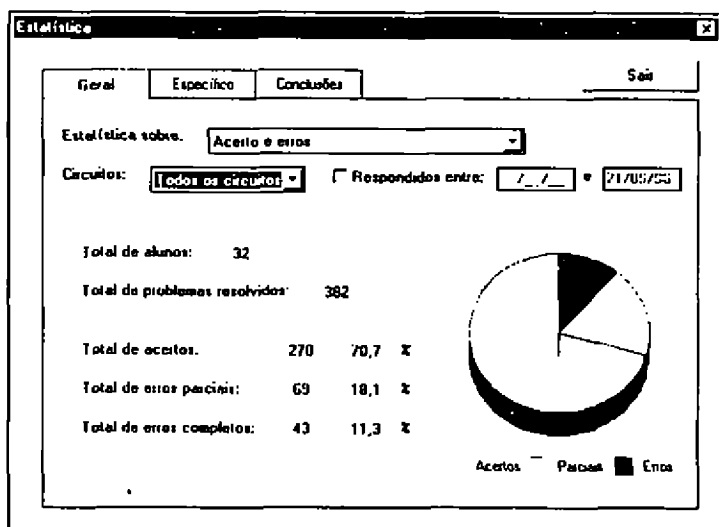


Figura 5: Interface para a análise estatística do desempenho global da turma ou de um grupo de alunos.

## V - Avaliação e desenvolvimentos futuros

O aplicativo EletroBase foi utilizado com uma turma da segunda série do Colégio Técnico, na forma de uma teste de sondagem de conhecimento. Os alunos acharam o programa muito amigável, fácil e agradável de usar. Foi uma experiência que gostaram, sendo que a maioria da turma solicitou que ele fosse disponibilizado para que eles continuassem a usá-lo. A mudança de tema na disciplina e fatores circunstanciais (uma greve de docentes) inviabilizaram que isto fosse feito. Um teste mais extenso deve ser conduzido ao final do quarto bimestre quando os alunos da primeira série têm uma introdução à Eletricidade.

Entretanto algumas conclusões já surgem: a interface para o aluno é amigável, exigindo pouco esforço na aprendizagem de seu uso. A experiência com a utilização do programa é, para a maioria dos alunos, um desafio agradável. Na turma institui-se um leve clima de competição e o programa desperta o interesse dos alunos. Apenas uma aluna, dentre 32 alunos na turma, manifestou ansiedade ao utilizar o programa.

A linguagem de programação escolhida para desenvolvimento revelou-se um impecilho ao aumento dos temas abordados: basicamente ela não permite a reutilização do código gerado. Esse fato era conhecido desde o início do desenvolvimento, porém manteve-se a linguagem porque permite um desenvolvimento mais rápido e por ser esta a linguagem que um dos autores, que realizou a tarefa de programação, melhor dominava. A construção de novas classes de problemas é possível mas exige muita programação.



No momento estamos iniciando a transposição deste aplicativo para que o ambiente distribuído de computação, característico da internet, e que acreditamos tornará mais fácil a sua extensão a outros temas e outras categorias de problemas. Neste ambiente ele utilizará uma interface de páginas em HTML, geradas dinamicamente, e os módulos de respostas às ações do aluno e professor serão programas de interface com bancos de dados, que rodam do lado do servidor de páginas HTML. Pretendemos utilizar esta nova implementação em um curso denominado "Aprendendo eletricidade através de experiências", a ser oferecido através do programa de capacitação de professores a distância[6], que está sendo implantado pelo CECIMIG. Neste caso, inicialmente trocaremos resistores por lâmpadas de lanterna. Deveremos também implementar exercícios daquilo que os ingleses chamam "switching", algo como circuitaria: trata-se de passar de representações figurativas de circuitos para representações simbólicas, bem como transitar pelas diversas representações simbólicas de uma mesma topologia de circuito elétrico. Outros desenvolvimentos programados são acrescentar geradores de tensão alternada, capacitores e indutores nos circuitos e tratar também estados transientes. Este último tópico é particularmente importante, pois os alunos quando expostos pela primeira vez ao estudo de circuitos elétricos normalmente fixam sua atenção nos estados transitórios e não no estado estacionário, com usualmente os professores fazem no ensino médio e fundamental[5]. Uma extensão desejável, mas que ainda não sabemos se implementável, é introduzir problemas qualitativos, na linha desenvolvida por White e Frederiksen[7].

**Agradecimentos:** Os autores agradecem o apoio recebido do SPEC/PADCT.

## VI -Bibliografia

- 1 - PFUNDT, HELGA; DUIT, REINDERS. **Students' Alternative Frameworks and Science Education**. Kiel: Inst. Sci. Educ., 1991. 319p.
- 2 - GUNSTONE, RICHARD F.K Reconstructing theory from practical experience. in WOOLNOUGH, BRIAN(ED.) **Practical Science**. Buckingham:Open University, 1991.203p.
- 3 - MILLAR, ROBIN; LIM BEH, KIAM. Students' understanding of voltage em simple parallel electric circuits. *International Journal os Science Education*, v. 15, n. 4, pp. 351-361, 1993.
- 4 - FRIEDLER, Y.; ZOHAR, A.; TAMIR, P. The effect of age and of learning on the ability to distinguish between anthropomorphic and teleological explanations. *International Journal of Science Education*, v. 15, n. 4, pp. 439-443, 1993.
- 5 - BORGES, OTO N.; FILOCRE, JOÃO; GOMES, ARTHUR E. Q. **Capacitação a distância de professores de ciências:**

**interlocução mediada pela tecnologia.** V Encontro de Pesquisadores de Ensino de Física. Águas de Lindóia, 3 a 5 de setembro de 1996.

- 6 - STEINBERG, MELVIM S. Transient electrical processes as resources for causal reasoning. in NOVAK, K. **Proceedings of II Internacional Seminar: Misconceptions and Educational Strategies in Science and mathematics.** Ithaca, NY. 1987.(vol. III)
- 7 - WHITE, BARBARA Y.; FREDERIKSEN, JOHN R. Qualitative models and intelligent learning environments. IN LAWLER, R.W.; YAZDANI, M. (EDS). **Artificial Intelligence and Education.** Norwood, NJ: Ablex, 1987.(vol. I)

## O PAPEL DA TEORIA DE ERROS NO LABORATÓRIO DIDÁTICO DE FÍSICA

Amauri Fragoso de Medeiros<sup>1</sup> (*afragoso@df.ufpb.br*)

Anailton Sales de Melo<sup>2</sup> (*anailton@df.ufpb.br*)

1- Departamento de Física - Universidade Federal da Paraíba

2- Departamento de Física - Universidade Estadual da Paraíba

### 1. Introdução

Na revisão bibliográfica realizada por Medeiros (1995)[1]<sup>109</sup>, foram analisados cerca de 30 artigos referentes ao tema laboratório. Estas publicações abordam de um modo geral questões relacionadas ou com o papel do laboratório no ensino de Física ou com o tipo de atividades experimentais que se considera relevante serem desenvolvidas num curso de laboratório.

Quanto às atividades propostas para laboratório de Física uma forma de sistematizar os vários tipos de atividades propostas para o laboratório é classificá-las a partir de seus níveis de estruturação, uma classificação tradicional, mas capaz de dar conta da diversidade encontrada nas publicações.

Desse modo, podemos identificar em relação à natureza das atividades propostas, aquelas denominadas estruturadas, onde é dito ao estudante o que fazer, os passos a serem seguidos e os resultados que deverá obter. Os experimentos têm um tempo fixo para sua realização e os estudantes não têm a oportunidade de tentar novas estratégias.

Na abordagem não estruturada as instruções fornecidas aos alunos assinalam basicamente as metas que se espera atingir com a atividade. Nesta abordagem o estudante tem tempo para propor diferentes estratégias e experimentá-las.

A caracterização efetuada acima não é absoluta, até porque podem existir, dentro de cada categoria, uma série de nuances. Moreira e Levandowsky (1983)<sup>110</sup>, por exemplo, discutem e analisam três tipos diferentes de abordagens para uma mesma atividade experimental: laboratório programado, laboratório com ênfase na estrutura do experimento e laboratório com enfoque epistemológico.

A primeira destas abordagens pode ser caracterizada como muito estruturada na medida em que o estudante é conduzido passo a passo,

---

109 MEDEIROS, A. F. Análise das Dificuldades dos Alunos num Curso Introdutório de Laboratório de Física para Engenheiros na Paraíba. Dissertação de mestrado - Instituto de Física - Faculdade de Educação da USP, São Paulo, 1995.

110 MOREIRA, M. A. e LEVANDOWSKI, C. E. Diferentes Abordagens no Ensino de Laboratório. Porto Alegre. Editora da Universidade, UFRGS, 1983. 117 p.

através do procedimento experimental. A segunda abordagem, laboratório com ênfase na estrutura do experimento, tem como objetivo geral a identificação das diversas partes de um experimento, bem como a descrição da função de cada parte e as relações entre elas. Este tipo de abordagem pode ser caracterizado como menos estruturado do que a programado, estando mais próximo da atividade não estruturada. O terceiro enfoque, laboratório sob o enfoque epistemológico, é semelhante ao anterior, com um aprofundamento da análise da estrutura do experimento. É qualificado como epistemológico porque pretende tratar a questão da natureza e produção do conhecimento.

Uma outra forma de compreender os diferentes tipos de atividades propostas para o laboratório é classificá-las de acordo com a ênfase que se dá aos elementos que são considerados característicos de um curso de laboratório. Esta inferência foi feita a partir de Gonzáles (1992)<sup>111</sup> que descreve 3 grupos de atividades de laboratório:

1) **atividades a-teóricas** - São atividades que privilegiam as habilidades práticas e conhecimentos técnicos, ou seja, as técnicas experimentais (Toothcher<sup>112</sup>1983, Sebastia<sup>113</sup>, 1985 e Braga<sup>114</sup>, 1987).

2) **atividades novas ou problemáticas** - neste caso as propostas privilegiam o conteúdo da física, isto é, o laboratório é utilizado como estratégia para ensinar Física (Raghubir<sup>115</sup>, 1979; Arena<sup>116</sup>, 1989 e Dumona<sup>117</sup>, 1992).

3) **pequenas investigações dirigidas** - estas atividades privilegiam o conteúdo e a metodologia de construção do conhecimento (Gil et al<sup>118</sup>, 1980, Gené<sup>119</sup>, 1986 e Gil e Payá<sup>120</sup>, 1988).

Quanto ao papel atribuído ao laboratório de Física um dos artigos (Sandoval e Cudmani<sup>121</sup>, 1992) que constitui nossa revisão bibliográfica

---

111 GONZÁLES, E. M. Que hay que renovar en los trabajos prácticos? Enseñanza de las Ciencias, v. 10, n 2, p.206-211, 1992.

112 TOOTHACHER, W. A Critical Look at Introductory Laboratory Instruction. American Journal of Physics, v. 51, n 6, 1983.

113 SEBASTIA, J. M. Las Clases de Laboratorio de Física: Una Propuesta para su mejora. Enseñanza de las Ciencias, v. 3, n 1, p. 42-45, 1985.

114 BRAGA, I. L. Ingresan los alumnos en la Universidad con adecuado desarrollo de los niveles de razonamiento? Enseñanza de la Ciencia, v. 5, n 1, p16-21, 1987.

115 RAGHUBIR, K. P. The laboratory-investigative approach to Science instruction. Journal of Research in Science Teaching, v. 16, n 1, p. 13-17, 1979.

116 ARENA, L. E., DELONGHI, A.L. e BRUNETTY, A. El laboratorio de física: un cambio metodológico. Revista de Ensino de Física, v. 6, p. 264-275, Bariloche, Argentina, 1989.

117 DUMON, A. Formar a los estudiantes en el método experimental: utopía o problema superado? Enseñanza de las Ciencias, v. 10, n 1, p. 25-31, 1992.

118 GIL, D., CALATAYÚD, L., GINER, F., ORTIS, E., SERO, E. e SEVILLA, C. Trabajos Prácticos de Física como pequeños investigaciones. Instituto de Ciencias de la Educación, Universidade de Valencia, 1980

119 GENÉ, A. Transformación dels práctics de biologia. una proposta teòricament fonamentada. Tese (doutorado), Universidade de Barcelona, 1986.

120 GIL, D. e PAYÁ, J. Los trabajos practicos de Física y Química y la metodología científica. Revista de Enseñanza de la Física, v. 2, n 2, p. 73-79, 1988.

tem como preocupação central descrever as principais concepções quanto ao papel atribuído ao laboratório, evidenciando modelos teóricos de aprendizagem e os fundamentos epistemológicos subjacentes a estas concepções. Neste artigo, as autoras caracterizam 5 concepções de laboratório a partir destes pressupostos.

Destas 5 concepções, três podem ser representadas de acordo com as seguintes características:

# experimentação como validação do conhecimento e garantia de sua confiabilidade e exatidão.

# experimentação como instrumento para testar hipótese, ou seja, como método hipotético-dedutivo.

# o laboratório como uma ferramenta para introduzir os estudantes aos métodos da ciência (desenvolvimento das habilidades básicas, tais como, observações, levantamento de hipóteses, planejamento de experimentos, controle de variáveis, inferências, etc).

# separação entre método e conteúdo no laboratório.

As outras duas visões de laboratório, tem como características principais:

# o processo de experimentação depende do conhecimento prévio dos estudantes.

# uma hipótese nunca pode ser conclusivamente falseada por um experimento.

# a ciência é um compromisso entre teoria e experimento, de modo que a separação total entre teoria e experimento não é nem desejável nem possível.

# a maneira como o experimento é realizado, os fatores selecionados para investigação e aqueles controlados, não são aspectos objetivos para investigação, mas derivam das representações mentais do experimentador na situação em questão.

# o conhecimento é considerado uma construção sobre a qual há acordo social, que ocorre mediante a aplicação de uma metodologia que não é espontânea nem de sentido comum.

As concepções de laboratório baseadas nos pressupostos acima, estão pautadas de um modo geral, numa visão construtivista de aprendizagem e numa maior compreensão sobre a natureza do processo e do produto da atividade científica.

Este nosso estudo leva a concluir que diferentes abordagens para o laboratório, se diferenciam basicamente a partir das visões de ciência e de aprendizagem, que raramente aparecem explicitadas.

Podemos inferir também, que houve uma mudança no decorrer do tempo quanto aos pressupostos que norteiam as metodologias de trabalho

---

121 SANDOVAL, J. S. y CUDMANI, L. C. Los Laboratorios de Física de Ciclos Básicos Universitarios Instrumentados como Procesos Colectivos de Investigación. Enseñanza de la Física. Asociación de Profesores de la Física de la Argentina. v. 5, n 2, 1992.

no laboratório. Esta mudança se revela como um nova compreensão tanto do processo de construção do conhecimento na ciência como das relações de ensino-aprendizagem e conseqüentemente nas possibilidades do laboratório enquanto instrumento de aquisição do conhecimento.

Os trabalhos na área de concepções espontâneas e mudança conceitual, bem como a incorporação dos resultados da área de História e Filosofia da Ciência (Kuhn, Lakatos, Bachelard e outros) fundamentais para que se pudesse compreender as relações de ensino a partir de novos elementos, e são justamente estes novos elementos que comparecem nas concepções de laboratório com as características do segundo bloco mencionado anteriormente.

## 2. O Contexto do Laboratório

Quando tomamos como referência a literatura especializada, ou mesmo o discurso dos professores, não só a nível de 3º grau, podemos facilmente inferir que a utilização do laboratório didático é considerada, já há bastante tempo, um paradigma no ensino de Física.

Também parece existir um consenso entre pesquisadores e educadores que o laboratório cumpre um papel diferenciado das aulas teóricas. Mas que papel é esse? Quanto a isso não há consenso. De acordo com o debate colocado pela literatura com relação a essa questão, podemos afirmar que o laboratório cumpre muitos papéis. É no laboratório que os estudantes têm oportunidade de interagir mais intensamente entre si e com o professor, discutir diferentes pontos de vista, propor estratégias de ação, manipular instrumentos, formular hipóteses, prever resultados, confrontar resultados experimentos com previsões, etc. Embora os pesquisadores privilegiem ora uns, ora outros, ninguém parece discordar de que estes são aspectos característicos de um curso de laboratório.

Contudo, contextualizar o laboratório didático a partir destes aspectos não deixa claro o que realmente pode estar em jogo nessa situação particular de ensino.

Sem dúvida, o laboratório didático não pode ser compreendido como um local onde se vai descobrir novas teorias e nem mesmo confirmar teorias já estabelecidas. Entendemos que a realização de um experimento gira basicamente em torno da verificação de quanto um modelo é ou não compatível com as medidas obtidas.

Podemos dizer que existem, no laboratório didático, dois referenciais distintos: um teórico, que descreve o fenômeno em estudo a nível da idealização e outro empírico representado pelas medidas efetuadas. O que nos cabe é então julgar a compatibilidade entre esses referenciais. Mas para fazer esse julgamento, isto é, avaliar a adequação entre referenciais, é necessário ter critérios.

Dentro da metodologia da Física experimental estes critérios estão fundamentados na teoria de erros, isto é, no tratamento estatísticos de

dados experimentais. Ou seja, a partir da análise dos dados com base nesta teoria, é que se torna possível a adequação das medidas a um determinado referencial teórico.

Porém, tratar os dados implica em primeiro lugar em obtê-los. E isso é feito a partir de uma metodologia de tomada de dados, característica da Física enquanto ciência.

Medir em Física está fundamentalmente associado a um processo de evidenciar flutuações estatísticas. Quando vamos ao laboratório medir o valor de uma determinada grandeza, é desejável sempre que possível, obter uma estimativa numérica deste valor, como por exemplo a média aritmética dos valores da grandeza, obtidos em algumas repetições do procedimento de medida.

Contudo este resultado é considerado totalmente insatisfatório do ponto de vista da Física.

Além da estimativa do valor da grandeza medida, é fundamental dizer quão boa é essa medida, ou seja fornecer uma estimativa do valor verdadeiro da grandeza medida. Mesmo isto ainda não está completo, pois é preciso conhecer também qual a probabilidade de que o valor verdadeiro da grandeza esteja naquele intervalo indicado. Só então o resultado da medida estará completo e desse modo terá alguma utilidade.<sup>122</sup>

Cabe aqui chamar a atenção para o fato de que procedendo dessa forma, é possível, em princípio, obter o valor de uma grandeza com precisão muito melhor do que a menor divisão da escala do instrumento de medida utilizado, desde que se realize um número suficientemente grande de medidas, independentes entre si.

Contudo para que isto seja possível, é necessário que os dados apresentem uma sensível dispersão, ou seja,

...é necessário que o sistema de coleta de dados possua uma sensibilidade tal que permita que se tornem aparentes as flutuações da grandeza que está sendo medida, flutuações estas sempre presentes no decorrer de qualquer processo de medição<sup>123</sup>.

É oportuno notar que, a partir do exposto acima, podemos afirmar que a repetição do procedimento de medida com todas suas implicações é algo desejável, até porque o tratamento de dados aceito na comunidade científica (dos físicos) é justamente o tratamento estatístico, o qual pressupõe a dispersão de valores. Isto é, se não obtivermos medidas com considerável flutuação estatística, a utilização deste tipo de tratamento é inviabilizada.

Assim, a escolha dos instrumentos de medida e do arranjo experimental bem como o reconhecimento das várias fontes de erros, que

---

<sup>122</sup> HELENE, O. et al. O que é uma Medida? Revista de Ensino de Física, v. 13, p. 12-29, 1991.

<sup>123</sup> DIONISIO, P. H. Sensibilidade do Equipamento X Precisão da Medida. Revista de Ensino de Física, v. 13, p. 30-33, 1991.

podem contribuir com a incerteza no valor de uma grandeza, também são aspectos de um mesmo todo representado tanto pela metodologia de tomada de dados como pelo tratamento e análise desses dados.

Desse modo, podemos dizer que para julgar a adequação dos dados experimentais a um modelo teórico precisamos percorrer um caminho longo e complexo em termos das relações que se estabelecem no processo de medição e de tratamento e interpretação dos dados.

Contudo acreditamos que este seja o contexto do laboratório didático, e que para isto ser trabalhado e enfrentado pelo estudante é necessário que as situações de laboratório sejam realmente problematizadoras.

### 3. A Metodologia da Pesquisa

#### Entrevistas

As entrevistas foram realizadas com professores da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB) e da Universidade Federal de Paraíba (UFPB), os quais ministram as disciplinas de Física Experimental I e II. As perguntas que nortearam as entrevistas foram as seguintes: Qual a importância do laboratório didático no ensino de física? Qual a relação existente entre os experimentos e a teoria que os explica? Qual importância é dada a teoria de erros nas experiências feitas no laboratório?

#### Análise das Transcrições

Após as gravações foram feitas as transcrições. O procedimento adotado foi ler e reler várias vezes estas mensagens, na tentativa de encontrar regularidades. Estas leituras sucessivas, suscitaram interpretação de vários tipos. Estas interpretações fizeram com que pudessemos identificar as expressões, atitudes, explicações, respostas etc., que podem ser consideradas como evidência do ponto de vista dos professores.

#### Dimensões de Análise

Após as sucessivas leituras foram definidas três dimensões de análise: I) **Importância do laboratório didático no ensino de Física**; nesta dimensão o laboratório é visto apenas como um verificador de leis, mas que de alguma forma pode ajudar no aprendizado de física do estudante; além disso o laboratório é visto como um ambiente para confirmar teoria, entendendo aqui confirmar, como provar, diferente de verificar pois a verificação pode ser positiva ou negativa. Por outro lado, o laboratório também é visto como um lugar onde apenas se repete experimentos já realizados por outras pessoas, tornando-se inadequado para o ensino de física; II) **Relação entre o experimento e a teoria**;



neste caso, o experimento é visto como um revisor do modelo teórico, no entanto, a grande maioria entende que o modelo é extraído dos experimentos, mas de forma contrastante toma este modelo como verdade absoluta acreditando que o mesmo descreve o fenômeno em toda sua plenitude; e III) **Importância da Teoria de Erros no laboratório**; para esta dimensão encontramos que a maioria acha que a teoria de erros é inadequada para o laboratório utilizado por eles, transformando-se apenas em um conteúdo teórico a mais, ou seja, como uma simples ferramenta matemática a qual não se deva dar ênfase, não sendo importante na realização experimento em si. Entretanto, alguns, vêem a teoria de erros como um “desconfiômetro” da teoria física.

#### Perspectivas para o Trabalho Futuro

A complexidade da relação existente entre a adequação do modelo teórico e a realidade se revela para nós como um processo importante no laboratório didático que, na maioria das vezes, passa despercebida e é pouco discutida como forma de propiciar aos alunos uma reflexão sobre os processos da ciência.

Nesta perspectiva, achamos que se faz necessário que entrevistemos mais professores e também estudantes, como também realizar gravações em vídeo de aulas de laboratório. Como alternativa poderemos também elaborar experimentos que problematizem à questão modelo X experimento.

#### 4. Conclusões Parciais

Chamar a atenção para o papel do controle e orientação objetiva que tem a avaliação dos erros experimentais, e ser capaz de traduzi-los numa prática docente que promova a análise crítica da construção conceitual da Física, podem sem dúvida ser ferramentas importantes para a compreensão, a valorização e o desenvolvimento de hábitos científicos autênticos nos estudantes (Cudmani e Sandoval, 1991).<sup>124</sup>

O jogo entre teoria e experiência produz avanços, tanto em técnicas experimentais como em construções teóricas, seja na verificação científica, seja no trabalho dos estudantes.

Um laboratório didático assim concebido mostrará em cada momento da tarefa do docente e do estudante que a estimativa de erros experimentais constitui um critério qualitativo fundamental para avaliar se é possível ou não “modelar” desta ou daquela forma uma dada situação concreta e prever comportamentos empíricos.

---

124 CUDMANI C. e SANDOVAL, J. S. Modelo Físico e Realidade. Importância Epistemológica de sua Adequação Quantitativa. Implicações para a Aprendizagem. Caderno Catarinense de Ensino de Física, v. 8, n 13, p. 193-204, 1991.

## Bibliografia

- AXT, R. E. GUIMARÃES, V. H. O Ensino Experimental de Física em Escolas de Nível Médio: Uma Tentativa de Viabilizá-lo. Ciência e Cultura. v. 37, n. 1. p. 39-45, 1985.
- AXT, R. et al. Experimentação Seletiva e Associada à teoria como Estratégia para facilitar a reformulação Conceitual em Física. Revista de Ensino de Física. v. 12, p.139-158, 1990.
- BLOSSER, P.E. O Papel do Laboratório no Ensino de Ciências. Caderno Catarinense de Ensino de Física. v. 5, n. 2, p 74-78, 1988.
- CARRASCO, H. D. J. Laboratório de Física Uma Análise do Currículo e da Aprendizagem. Porto Alegre: 1985, 208 p. Tese(Mestrado) - Instituto de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1985.
- CARRASCO, H. J. Experimentos de Laboratório: Un Enfoque Sistemico y Problemizador. Revista de Ensino de Física. v. 13, p 86-96, 1991.
- CUDMANI, L. C. e DANON M. P. El Histograma: Una Estrategia de Aprendizaje Constructivista. Revista de Ensino de Física. v. 12, p. 78-92, 1990.
- DIONISIO, P.H. Sensibilidade do Equipamento X Precisão da Medida. Revista de Ensino de Física. v. 13, p. 30-33, 1991.
- DUMON, A. Formar a los Estudiantes en el Método Experimental: Utopia o Problema Superado? Enseñanza de las Ciencias. v. 10 n. 1, p. 25-31, 1992.
- FERREIRA, N. C. Proposta de laboratório para a escola Brasileira: um Ensaio sobre Instrumentalização no Ensino médio de Física. São Paulo: 1978. 138 p. Tese(Mestrado) - Instituto de Física - Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, 1978.
- GOMES, P. R. S. e PENNA, T. J. P. Proposta de uma Disciplina com Enfoque na Metodologia da Física Experimental. Revista de Ensino de Física. v. 10, p.34-42, 1988.
- GONÇALVES, E. S. Laboratório Estruturado Versus Não Estruturado: Estudo Comparativo em um Curso de Física Geral. Porto Alegre: 1979. 133p. Tese(Mestrado) - Instituto de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1979.
- GONZÁLES EDUARDO, M. Qué Hay Que Renovar en los Trabajos Prácticos? Enseñanza de las Ciencias. v. 10, n. 2, p. 206-211, 1992.
- HELENE, O. A. M. e VANIN, V. R. Tratamento Estatístico de dados em Física Experimental. Edgard Blücher, São Paulo, 1981, segunda edição.
- HELENE, O. et al. O que é uma Medida? Revista de Ensino de Física. v. 13, p. 12-29, 1991.

- HERRERA, C. F. e CORULLON, P. A. Experiencia de Laboratorio no Estructurado en la Universidad. Enseñanza de las Ciencias. v. 5, n. 2, p. 145-148, 1987.
- JONES, D.G. C. Teaching modern physics - misconceptions of the photon that can damage understanding. Physics Education, 26, 93-98, 1991.
- LUCAS, A. M. e GARCIA-RODEJA, G. I. Contra las Interpretaciones Simplistas de los Resultados de los Experimentos Realizados en el aula. Enseñanza de las Ciencias. v. 8, n. 1, p. 11-16, 1989.
- MIGUENS, M. e GARRETT, R. M. Práticas en la Enseñanza de las Ciencias: Problemas y Posibilidades. Enseñanza de las Ciencias. v. 9, n. 3, p.229-236, 1991.
- MOREIRA, M. A. e LEVANDOWSKI, C. E. Diferentes Abordagens ao ensino de Laboratório. Porto Alegre: Editora da Universidade, UFRGS, 1983. 117 p.
- NEDELSKY, L. Introductory Physics Laborator. American Journal of Physics. v. 26, n. 2, p. 51-59, 1958.
- PASSOS, A. M. F. e MOREIRA M. A. Avaliação do Ensino de Laboratório: Uma Proposta alternativa. Revista Brasileira de Física. v. 12, n. 2, p. 375-387, 1982.
- PEÑA, A. F. V. e TEIXEIRA S. R. Curso de aperfeiçoamento em Física Experimental: Resultados e Avaliação. Caderno Catarinense de Ensino de Física. v. 8, n. 3, p 205-211, 1991.
- PESSOA DE CARVALHO, A. M. et al. Observação Sistemática do Professor em Aulas de Laboratório. Revista Brasileira de Física. v. 11, n. 3, p. 763-796, 1981.
- SAAD, F. D. O Laboratório Didático de Física no Ensino Experimental: Um Estudo Visando a Viabilidade de Novas Abordagens. São Paulo: 1983. 158 p. Tese(Doutorado) · Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, 1985.
- SÁNCHEZ , B. G. e VALCÁRCEL, P. M. V. Diseño de Unidades didácticas en el Área de Ciencias Experimentales. Enseñanza de las Ciencias. v. 11, n. 1, p. 33-34, 1993.
- SANTOS, A. C. K. et al. Influência do Instrumento na Avaliação da Aprendizagem Decorrente do Ensino de Laboratório em Física. Caderno Catarinense de Ensino de Física. v. 3, n. 3 p. 122-133, 1986.
- SEBASTIA, J. M. Las Clases de laboratorio de Física: Una Propuesta para su Mejora. Enseñanza de las Ciencias. p.42-45, 1985.
- SEBASTIA, J. M. Que se pretende en los Laboratorios de Física Universitaria? Enseñanza de las Ciencias. v. 5, n. 3, p. 196-204, 1987.
- SÉRÉ, M. G. et al. Learning the Statistical Analysis of Measurement Erros. International Journal Science Education. v. 15, n. 4, p. 427-438, 1993

- SERÉ, M. G. Une Analogie pour comprendre l'approche statistique des incertitudes em première année d'Université. Didaskalia, n. 3, p. 27-42, 1994.
- SOARES, V. L. L. Laboratório Didático de Física no Ciclo Básico da Universidade. São Paulo: 1977. 118 p. Tese(Mestrado) - Instituto de Física - Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, 1977.
- TAMIR, P. e GARCIA ROVIRA, M. P. Características de los Ejercicios de Prácticas de Laboratorio incluidos en los Libros de Texto de Ciencias utilizados en Cataluña. Enseñanza de las Ciencias, v. 10, n. 1, p. 3-12, 1992.
- TIBERGHEN, A. La Investigacion en un Laboratorio de Didactica de las Ciencias Fisicas. Enseñanza de Las Ciencias, p. 187-192, 1983.
- TOMASINI, N. G. El Rol del Laboratorio en la Enseñanza de la Física. Curso Internacional Sobre Enseñanza de la Física . Cali: Universidade del Valle - Division de Ciencias - Multitaller de Materiales Didacticos, Cali, 1982, 15 p.
- VAZ, A. M. Estrutura e Função do Laboratório. São Paulo, 1989. 182 p. Tese(Mestrado) - Instituto de Física - Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, 1989.
- VILLANI, A. e CARVALHO, L. O. Representações Mentais e Experimentos Qualitativos. Enviado para a revista Brasileira de Ensino de Física, janeiro de 1993.
- VILLANI, A. e CARVALHO, L. O. Representações Mentais e Experimentos Qualitativos. Revista de Ensino de Física, 1993.
- VILLANI, A. Mudança Conceitual no Ensino Física: Objetivo ou Utopia? Palestra de Abertura do III Encontro de Pesquisa em Ensino De Física - Porto Alegre, Julho de 1990.
- VUOLO, J. H. Fundamentos da teoria dos erros. São Paulo: Editora Edgar Blücher, 1992. 225 p.
- WATANABE, K. Proposta de um Modelo para o Desenvolvimento de Atividades Experimentais de Física nos Cursos de Formação Tecnológica. São Paulo: 1980. 140 p. Tese(Mestrado) - Instituto de Física - Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, 1980.

## CRÍTICA E VALIDAÇÃO DE UM TESTE PARA DETECTAR CONCEITOS ESPONTÂNEOS EM ÓTICA

Jésus de Oliveira e Sérgio L. Talim  
Setor de Física - Coltec / UFMG

### Introdução

De acordo com E. Guesne <sup>(1)</sup> e Souza B. Barros et al <sup>(2)</sup> a concepção dos meninos de 13 a 14 anos a respeito da luz e visão pode ser representada por três modelos.

O primeiro modelo utiliza o conceito de um banho de luz, o qual não atribui nenhum papel ao olho. Basta a presença da luz para que os objetos sejam vistos. O segundo modelo atribui à luz a função de iluminar os objetos permanecendo o olho sem função. Estes dois modelos são usados pela maioria dos meninos segundo os referidos pesquisadores. Uma parcela não muito grande de meninos acredita no modelo que atribui ao olho o papel de fonte de algo que participa da iluminação de objetos não luminosos.

Estes fatos indicam que os meninos nesta idade parecem não ter uma idéia clara a respeito da reflexão da luz pelo objeto não luminoso, e isso poderia explicar o fracasso de experiências tais como daquelas imaginadas para mostrar a propagação retilínea da luz, uma vez que para se interpretar estas experiências é necessário se conhecer o papel do olho como órgão de visão.

J. B. S. Harres <sup>(3)</sup> propôs um teste, que apresenta a vantagem de ser viável para uso de professores em sala de aula, como instrumento de verificação da existência ou não deste tipo de conhecimento espontâneo entre os estudantes. Trata-se de um teste de múltipla escolha de validação relativamente fácil.

Resolvemos então, revalidar este teste aplicando-o a alunos do segundo grau do Colégio Técnico da Universidade Federal de Minas Gerais (Coltec). O teste na sua forma original foi aplicado a 100 alunos do Coltec antes desses alunos seguirem qualquer espécie de curso de Ótica Geométrica. Introduzimos algumas modificações em alguns itens e trocamos dois itens por outros dois sobre a velocidade de propagação da luz. Esta versão alterada foi aplicada a 57 alunos também do Coltec, nas mesmas condições anteriores<sup>(4)</sup>.

Suspeitávamos que a alta percentagem de marcação de opções "erradas" nos itens 3 e 4 poderia não estar a revelar a presença de concepções espontâneas alternativas, mas sim a idéia correta relacionada a propagação retilínea da luz em todas as direções, e conseqüentemente a perda de intensidade. Por outro lado os itens que se referem a propagação retilínea da luz (5 a 9) nos pareceram levar a marcação alta em opções "erradas" por dar margem a confusão com o espalhamento da luz.

## Resultados

Apresentamos na tabela 1 estão os resultados obtidos na aplicação do teste original, preparado por Harres, ao grupo de 100 alunos, e na tabela 2 aqueles referentes ao teste modificado aplicados a 57 alunos.

Os resultados obtidos pela aplicação do teste original ao grupo de 100 alunos do Coltec, são, a nosso ver equivalentes aos obtidos por Harres. As médias dos grupos são 8,51 (nosso) e 8,06 (Harres), os desvios padrões são 2,64 (nosso) e 2,67 (Harres), e os coeficientes de fidedignidade, KR 20, são 0,64 (nosso) e 0,60 (Harres). Não existe uma diferença significativa entre as médias dos dois grupos, e os itens que tiveram percentagem de acerto muito baixa foram os mesmos, itens 13 e 15, nos dois trabalhos. Além disto constatamos uma alta correlação (0,94) entre as percentagens de acerto nos item dos dois testes.

O teste modificado, aplicado a 57 alunos, apresentou alguns resultados que nos parecem alterados. A média obtida neste teste foi 8,82 e o desvio padrão foi muito pequeno, e isto provocou um valor do coeficiente de fidedignidade baixo. As opções "a" dos itens 3 e 4 tiveram suas atratividades drasticamente reduzidas. A mesma redução de atratividade ocorreu com as opções que representam utilização de conceitos alternativos dos itens de 5 a 9.

## Conclusão

Os resultados parecem indicar que a suposição de que o desempenho dos estudantes neste teste poderia ser melhorado por ligeiras modificações de sua redação foi confirmada. Parece também ser razoável supor que os estudantes, nesta faixa etária, já possuem um cabedal considerável de concepções científicas sobre os tópicos introdutórios da ótica geométrica, e os nossos cursos introdutórios de ótica não alteram muito a situação inicial dos conhecimentos dos estudantes. Os que pensavam segundo modelos alternativos parecem continuar assim e os que utilizam modelos científicos aprenderam alhures.

Por isto ficamos bastante inclinados a considerar que nossos cursos introdutórios de ótica não alteram muito o conjunto inicial dos conhecimentos e modelos dos estudantes, por não ter intenção clara de atuar neste campo. Isto ficou bem claro comparando os resultados do teste original aplicado por Harres a pessoas que já tinham tido um curso de ótica geométrica, com os resultados deste teste aplicados em alunos do segundo grau antes de cursarem esta disciplina que tiveram notas equivalentes aos primeiros.

## Apêndice

As tabelas abaixo mostram o resultado da aplicação dos dois teste. É mostrada a percentagem de marcação de cada opção de cada item. a

correlação item-total ( Rit), o número de alunos, a média e desvio padrão , e o coeficiente de fidedignidade (KR20) de cada prova.

A tabela 1 esta relacionada com o teste original, e a tabela 2 com o teste modificado.

**Tabela 1**

Item	Escolhas					Rit
	a	b	c	d	e	
1	0,01	0,08	0,79*	0,12	0	0,47
2	0,76*	0,05	0,1	0,09	0	0,55
3	0,13	0,04	0,08	0,75*	0	0,65
4	0,31	0,05	0,03	0,6*	0	0,67
5	0,02	0,01	0,85*	0,12	0	0,34
6	0,03	0,81*	0,09	0,07	0	0,43
7	0,64*	0,05	0,04	0,1	0,17	0,48
8	0,42	0,02	0,01	0,55*	0	0,34
9	0,21	0,12	0,06	0,06	0,53*	0,43
10	0,09	0,36	0,55*	0	0	0,23
11	0,22*	0,16	0,62	0	0	0,19
12	0,14	0,52*	0,32	0,01	0	0,37
13	0,07	0,02	0,75*	0,05	0,1	0,44
14	0,13*	0,33	0,22	0,31	0	0,43
15	0,06*	0,86	0,07	0	0	-0,1

Número	Média	Desv. P.	Fidedig.
100	8,51	2,65	0,64

Tabela 2

Item	Escolhas					Rit
	a	b	c	d	e	
1	0,00	0,12	0,84*	0,02	0,02	0,10
2	0,81*	0,00	0,16	0,04	0	0,34
3	0,04	0,09	0,07	0,49*	0,32	0,59
4	0,28	0,11	0,09	0,32*	0,31	0,52
5	0,04	0,05	0,84*	0,02	0,05	0,43
6	0,00	0,82*	0,07	0,05	0,05	0,33
7	0,67*	0,02	0,04	0,04	0,25	0,30
8	0,18	0,00	0,02	0,81*	0	0,25
9	0,00	0,09	0,91*	0	0	0,22
10	0,00	0,60	0,40*	0	0	0,15
11	0,21	0,35	0,44*	0	0	0,35
12	0,30*	0,09	0,61	0	0	0,12
13	0,12	0,42*	0,42	0	0	0,46
14	0,09	0,14	0,70*	0,07	0	0,31
15	0,02*	0,91	0,07	0	0	0,04

Número	Média	Desv. P.	Fidedig.
57	8,82	1,98	0,34

## Referências

- DIVER R., GÜESNE E., TIBERGHEN., *Ideas Científicas em la Infancia y la Adolecencia - La Luz*. Ediciones Morata, S.A. (1989). Madrid
- BARROS, S.L.S., GOULART, S.M., DIAS, E.C.N., Conceitos espontâneos da criança sobre fenômenos relativos à luz : análise qualitativa. *Cad. Cat. Ens. Fis.*, 3 (3) : 138-159, 1989.
- HARRES, J.B.S., Um teste para detectar concepções alternativas sobre tópicos introdutórios de ótica geométrica. *Cad. Cat. Ens. Fis.*, 10 (3) : 220-234, 1993.



Os autores poderão enviar cópias do teste construído para os interessados. Para isto basta fazer um pedido para o endereço :  
Universidade Federal de Minas Gerais - Colégio Técnico - Setor de Física  
- Av. Antônio Carlos 6627 - Belo Horizonte, MG - CEP 31270.010, ou pelo  
endereço eletrônico : [talin@coltec.ufmg.br](mailto:talin@coltec.ufmg.br).

## VALIDAÇÃO DE UM TESTE DE INTERPRETAÇÃO DE GRÁFICOS EM CINEMÁTICA

Sérgio Luiz Talim, Jéus de Oliveira, Oto Neri Borges, Cezalpino C. Lima  
Setor de Física - Coltec / UFMG

### Introdução

Uma atividade importante no ensino de qualquer disciplina esta relacionada com a avaliação da aprendizagem ocorrida durante o processo do ensino. Esta avaliação no entanto, só pode ser efetivamente realizada se o professor tem perfeitamente claro para ele o que se deseja que os alunos saibam no final do curso, e se existe um instrumento de medida válido e confiável para medir a aprendizagem ocorrida.

O primeiro requisito é satisfeito quando o professor explicita os objetivos específicos de cada conteúdo em termos comportamentais<sup>1</sup>. O segundo requisito exige a construção de um teste que tenha validade e fidedignidade<sup>2</sup>.

A validade nos diz se os itens do teste se relacionam perfeitamente com os objetivos específicos relacionados com um dado conteúdo. Não existe nenhum teste estatístico que possa medi-lo com exatidão, sendo que a validade é no final obtida por consenso entre os especialistas da área sobre a adequação ou não de determinado teste aos objetivos propostos<sup>2</sup>. A fidedignidade nos diz a precisão com que o teste mede o conhecimento. Um teste fidedigno quando aplicado a duas turmas com o mesmo nível de conhecimento, ou aplicado duas vezes à mesma turma (supondo desprezível o efeito da memória), terá o mesmo resultado. A fidedignidade pode ser calculada para um dado teste através do coeficiente de fidedignidade KR<sub>20</sub><sup>3</sup>.

Este trabalho tem como objetivo validar um teste de interpretação de gráficos em cinemática, originalmente publicado por Robert J. Beichner<sup>4</sup> para a sua utilização em alunos do segundo grau. Este teste foi construído para verificar a aprendizagem dos alunos na interpretação de vários gráficos relacionados com a cinemática em uma dimensão. Para validar este teste nas condições encontradas em nossas escolas, teremos então de aplicar o teste em um número significativo de alunos, e calcular a fidedignidade e correlação item-total<sup>5</sup>.

### Validação do teste

O teste consiste de 21 questões de múltipla escolha sobre vários aspectos da interpretação de gráficos de distância por tempo, velocidade por tempo, e aceleração por tempo. Os objetivos específicos que se desejam medir estão relacionados na tabela 1, sendo que para cada objetivo foram construídos três questões.

O teste foi traduzido<sup>6</sup> e aplicado a alunos do segundo grau de Belo Horizonte e cidades próximas. O teste foi aplicado ao longo do primeiro semestre de 1995 a 290 estudantes que já tinham estudado o conteúdo do teste, nas escolas : Escola Estadual Romualdo J. Da Costa, em Ribeirão das Neves (MG), Escola Municipal José A. Resende, em Santa Luzia (MG) e Colégio Técnico da UFMG (Coltec) em Belo Horizonte. Os dados coletados permitirão estar mostrados nas tabelas 1 e 2.

A tabela 1 mostra a percentagem de acerto médio para as questões relacionadas com cada um dos objetivos. Em todos os casos a percentagem de acerto foi baixa, sinalizando que o teste se mostrou muito difícil para os alunos, que já haviam estudado este conteúdo.

Tabela 1

Dado	O estudante deverá	percent. acertos
1. Gráfico posição-tempo	Determinar a velocidade	26
2. Gráfico velocidade-tempo	Determinar a aceleração	19
3. Gráfico velocidade-tempo	Determinar o deslocamento	22
4. Gráfico aceleração-tempo	Determinar a variação da velocidade	24
5. Um gráfico cinemático	Selecionar um outro gráfico correspondente	15
6. Um gráfico cinemático	Selecionar uma descrição textual	20
7. Descrição textual de movimento	Identificar um gráfico correspondente	25

Tabela 2

Número de alunos testados = 290								
Média=4,4		DP = 3,4	Fidedignidade (KR20) = 0,73					
		Correlação	Opções					
Item	Objetivos	Item-total	A	B	C	D	E	Nulos
1	4	0,31	0,197	0,172*	0,128	0,279	0,224	0
2	2	0,39	0,059	0,231	0,428	0,048	0,234*	0
3	6	0,45	0,076	0,028	0,414	0,334*	0,148	0
4	3	0,41	0,066	0,214	0,428	0,148*	0,145	0
5	1	0,57	0,086	0,072	0,376*	0,362	0,103	0
6	2	0,33	0,245	0,152*	0,086	0,176	0,311	0
7	2	0,52	0,172*	0,145	0,097	0,355	0,231	0
8	6	0,55	0,228	0,086	0,410	0,159*	0,117	0
9	7	0,20	0,079	0,445	0,103	0,114	0,259*	0
10	4	0,18	0,110*	0,066	0,276	0,117	0,131	0
11	7	0,63	0,310	0,241*	0,310	0,052	0,086	0
12	1	0,42	0,145	0,252	0,269	0,266*	0,069	0
13	5	0,44	0,534	0,141	0,128	0,121*	0,076	0
14	5	0,45	0,472	0,193*	0,162	0,124	0,048	0
15	5	0,41	0,148*	0,369	0,190	0,086	0,207	0
16	4	0,16	0,066	0,310	0,390	0,152*	0,083	0
17	1	0,34	0,148*	0,276	0,097	0,228	0,252	0
18	3	0,35	0,86	0,231*	0,317	0,100	0,266	0
19	7	0,56	0,334	0,083	0,248*	0,097	0,238	0
20	3	0,58	0,152	0,255	0,221	0,086	0,286*	0
21	6	0,20	0,110*	0,655	0,090	0,103	0,041	0

A tabela 2 mostra um quadro geral com a percentagem de marcação de cada opção para cada uma das questões, e também o valor da média, desvio padrão, coeficiente de fidedignidade e correlação item-total. As alternativas com um asterisco são as corretas.

Os resultados obtidos mostram que o teste tem um coeficiente de fidedignidade suficiente para comparações entre grupos ( o valor aceito para este coeficiente deve ser acima de 0,7 )<sup>4</sup>, mas correlação item-total baixa para as questões 10, 16 e 21. A correlação item-total mede o grau de discriminação dos itens e deve ter um valor acima de 0,2. Como mostrado pela média obtida e a percentagem de acerto de cada questão, o teste é muito difícil para os alunos do segundo grau.

No geral o teste, embora tenha boa fidedignidade e validade, não se mostrou adequado para ser utilizado no segundo grau pelo alto grau de dificuldade em quase todos os itens.

## Referências

- VIANNA, Heraldo M., *Testes em Educação.*, 2ª ed. IBRASA, São Paulo, 1976.
- WLADAVER, Irwin., Vality of examinations., *Journal of Engineering Education*, pag. 197-204, novembro, 1953.
- CRONBACH, Lee J., Coefficient alpha and the internal structure of tests., *Pshychometrika*- vol.16, no.3, setembro, 1951.
- BEICHNER, Robert J., Testing student interpretation of kinematics graphs., *Am. J. Phys.* 62(8), agosto 1994.
- SILVEIRA, F. L., MOREIRA, M. A., AXT, R., Validação de um teste para verificar se o aluno possui concepções científicas sobre corrente elétrica em circuito simples., *Ciência e Cultura-SBPC*, 41(11): 1129-1133, novembro, 1989.

Os autores poderão enviar cópias do teste traduzido para os interessados. Para isto basta fazer um pedido para o endereço : Universidade Federal de Minas Gerais - Colégio Técnico - Setor de Física - Av. Antônio Carlos 6627 -Belo Horizonte, MG - CEP 31270.010, ou pelo endereço eletrônico : talim@coltec.ufmg.br.

## CONSTRUÇÃO E VALIDAÇÃO DE UM TESTE PARA VERIFICAR A COMPREENSÃO DAS 1ª E 3ª LEIS DE NEWTON

Sérgio Luiz Talim, Jésus de Oliveira, Henri A. Leboeuf  
Setor de Física - Coltec / UFMG

### Introdução

O objetivo deste trabalho será o desenvolvimento e a análise de um teste de identificação de conceitos intuitivos e verificação de aprendizagem sobre a 1ª e 3ª lei de Newton em alunos do 2º grau. Um teste deste tipo tem pelo menos duas utilidades : serve como um teste de diagnóstico da presença de alguns conceitos prévios dos alunos sobre as leis de Newton, e como um teste de verificação do sucesso das estratégias de ensino utilizadas na aprendizagem dos conceitos científicos destas leis.

A construção de testes que tenham validade e fidedignidade é por esta razão de grande importância para a prática do ensino de Física. Para este fim, o teste objetivo de múltipla escolha tem se mostrado conveniente por sua grande fidedignidade de correção, e pelo seu poder de verificação de qualquer objetivo educacional que precisemos de medir<sup>1, 2, 7</sup>.

A validação de um teste passa pela verificação de sua validade e fidedignidade<sup>3, 7, 5, 8</sup>. A validade tem a ver com a adequação do teste aos objetivos específicos que se queiram medir. Não existe nenhum teste estatístico que possa medi-lo com exatidão, sendo que a validade é no final obtida por consenso entre os especialistas da área sobre a adequação ou não de determinado teste aos objetivos propostos<sup>5</sup>. A fidedignidade tem a ver com a precisão com que o teste mede o conhecimento. Um teste fidedigno quando aplicado a dois alunos com o mesmo nível de conhecimento, ou aplicado duas vezes ao mesmo aluno ( supondo desprezível o efeito da memória ), terá o mesmo resultado. A fidedignidade pode ser calculada para um dado teste através do coeficiente de fidedignidade  $KR_{20}$ <sup>4, 8</sup>.

### Por que a 1ª e a 3ª lei de Newton

Nos últimos anos uma grande quantidade de trabalhos têm salientado o papel dos conhecimentos prévios nas dificuldades de aprendizagem dos alunos. Na área da mecânica a dificuldade dos alunos com os conceitos de força, velocidade e aceleração foram estudados, e a persistência de conceitos errôneos sobre a necessidade da presença de um força paralela a velocidade para que o movimento se mantenha, foram já identificados e estudados.

No entanto, poucos trabalhos têm tratado especificamente com os conceitos intuitivos sobre a 3ª lei de Newton, e alguns aspectos da 1ª lei de Newton também não tem sido explorados<sup>6</sup>. Isto nos levou a construir

um teste específicos para a 1ª e 3ª lei de Newton, que pudessem ser utilizados por professores e pesquisadores interessados.

### A construção do teste

O primeiro passo para o construção de um teste é estabelecer os objetivos específicos a serem medidos. Objetivos específicos para a Primeira Lei de Newton são :

1. O aluno deverá ser capaz de identificar o conceito de inércia como "*Tendência de um corpo de permanecer em repouso ou em movimento retilíneo e uniforme*", dentre outros conceitos errôneos;
2. O aluno deverá ser capaz de identificar inércia como característica da matéria (todos os corpos) e não como tendência de alguns corpos ou situações específicas;
3. Dado um corpo em repouso, o aluno deverá ser capaz de reconhecer que a resultante das forças que atuam neste corpo é nula;
4. Dado um corpo em movimento retilíneo e uniforme, o aluno deverá ser capaz de reconhecer que a resultante das forças que atuam neste corpo é nula;
5. Dado um corpo cuja resultante das forças que atuam sobre ele é nula, o aluno deverá ser capaz de reconhecer que este corpo estará, necessariamente, numa das duas situações : repouso ou movimento retilíneo e uniforme;
6. Dado um corpo em movimento retilíneo e uniforme e sujeito a uma força, o aluno deverá concluir que, necessariamente existe uma outra força, ou resultante de forças, atuando neste corpo em sentido contrário à primeira.

Dado um corpo em movimento circular uniforme, o aluno deverá:

- a) Concluir que existe apenas a força centrípeta (ou que a resultante de forças que atuam no corpo só pode ser uma força centrípeta);
- b) Prever a trajetória que o objeto seguirá após retirada a força centrípeta;
- c) Identificar o tipo de movimento seguido pelo corpo após retirada a força centrípeta (movimento retilíneo e uniforme);
- d) Reconhecer que, após ser retirada a força centrípeta, não atuam mais forças no corpo.

Objetivos específicos para a Terceira Lei de Newton:

8. O aluno deverá ser capaz de reconhecer as forças de ação e reação (direção, sentido e intensidade) devido a interação por contato nas seguintes situações:
  - a) Pequeno objeto que colide com objeto grande e imóvel;

- b) Objetos (ou pessoas) de tamanhos diferentes interagindo entre si e deslocando-se em sentido contrário um do outro devido a esta interação;
- c) Objetos de tamanhos diferentes e deslocando-se no mesmo sentido;
9. O aluno deverá ser capaz de reconhecer as forças de ação e reação (direção, sentido e intensidade) devido a interação gravitacional nas seguintes situações:
- a) Objeto caindo nas proximidades da superfície da Terra;
- b) Objeto (satélite) em órbita em torno da Terra.

A partir desses objetivos construímos o teste com 18 itens de múltipla escolha (veja no apêndice). Os objetivos relacionados acima estão relacionados às questões do teste como mostrado na tabela abaixo.

Tabela 1

Objetivo	1	2	3	4	5	6	7a	7b	7c	7d	8a	8b	8c	9a	9b
Questões	1	1	2	3,5, 6	4	7	8	9	10	11	12	15, 16, 17	18	13	14

### Validação do teste

Na tabela 2 mostramos o resultado da aplicação do teste a 91 alunos do segundo grau que já tinham estudado este conteúdo. Temos as proporções de acerto para cada escolha de cada um dos 18 itens, do total de alunos, bem como a correlação item-teste (Rit). Abaixo da tabela temos o desvio padrão, escore médio, número de avaliados e o coeficiente de fidedignidade (KR20) calculado.

Tabela 2

Item	Escolha					Rit
	a	b	c	d	e	
1	0,01	0	0	0,98*	0,01	0,14
2	0,82*	0,07	0	0	0,11	0,37
3	0,3	0	0,52*	0,12	0,07	0,63
4	0,38	0,01	0,59*	0	0,01	0,5
5	0,48	0,4*	0,09	0	0,03	0,34
6	0,47	0,04	0,4*	0,02	0,07	0,61
7	0,32	0	0,47*	0,13	0,08	0,63
8	0,56	0,02	0,29*	0,05	0,08	0,13
9	0,05	0,86*	0	0,09	0	0,25
10	0,03	0,66*	0,1	0,07	0,14	0,2
11	0,03	0,4	0,52*	0,04	0,01	0,66
12	0,62*	0,02	0,14	0,11	0,11	0,39
13	0,36	0,38*	0,09	0,15	0,01	0,58
14	0,16	0,1	0,01	0,49*	0,23	0,53
15	0,38	0,11	0,31*	0,02	0,16	0,66
16	0,11	0,46	0,3*	0,02	0,1	0,62
17	0,11	0,02	0,62*	0,35	0	0,47
18	0,23	0,24*	0,12	0,14	0,25	0,42

\* Escolha correta

Número de avaliados: 91    Escore médio: 9,45    Desvio padrão: 3,83    Fidedignidade: 0,79

## Conclusão

O teste teve um coeficiente de fidedignidade aceitável para comparações entre grupo ( $\geq 0,7$ ) e correlação item-total significativa ( $\geq 0,2$ ) para todos os itens, com exceção das questões 1 e 8 que poderiam ser eliminadas do teste.

De uma maneira geral o teste se mostrou válido para o objetivo proposto que é medir a compreensão das 1ª e 3ª leis de Newton. Ao mesmo tempo mostra a presença de conhecimentos intuitivos não científicos nos alunos examinados sobre relacionadas com o princípio de ação e reação em concordância com um trabalho publicado anteriormente<sup>6</sup>.

## Referências

- SANCHEZ, M. A., PERES, G., TORREGROSA, J. M., Concepciones espontaneas de los profesores sobre la evaluacion: obstaculos a superar y propuestas de replanteamiento., *Revista de Ensenanza de Fisica*, vol.5, n.2. Argentina, 1992.
- HUDSON, H. T., HUDSON, Carolyn K., Sugestions on the construction of multiple-choice tests., *Am. J. Phys.*, 49(9), pag. 838-841, sept, 1981.
- SILVEIRA, F. L., MOREIRA, M. A., AXT, R., Validação de um teste para verificar se o aluno possui concepções científicas sobre corrente elétrica em circuito simples., *Ciência e Cultura-SBPC*, 41(11): 1129-1133, novembro, 1989.
- CRONBACH, Lee J., Coefficient alpha and the internal structure of tests., *Pshychometrika*- vol.16, no.3, setembro, 1951.
- WLADAVER, Irwin., Vality of examinations., *Journal of Engineering Education*, pag. 197-204, novembro, 1953.
- URE.M. H., MÜLER, G., SEBASTIÁ, J. M., MARTÍNEZ, A. A., Concepciones intuitivas de los estudiantes (de educación media y la universidad) sobre el principio de acción y reacción., *Revista Brasileira de Ensino de Física*, vol.16, nº (1-4), 1994.
- BEICHNER, Robert J., Testing student interpretation of kinematics graphs., *Am. J. Phys.* 62(8), agosto 1994.
- VIANNA, Heraldo M., *Testes em Educação.*, 2ª ed. IBRASA, São Paulo, 1976.

## Apêndice

### Teste

1. Identifique entre os itens abaixo aquele que melhor corresponde ao conceito de INÉRCIA.

a) Inércia é uma força que atua num corpo para mantê-lo em movimento.



- b) Inércia é a tendência de um corpo de ficar parado.  
 c) Inércia é a situação no qual um corpo está em repouso.  
 d) Inércia é a tendência de todos os corpos de permanecer em repouso ou em movimento retilíneo e uniforme.

e) Inércia é a tendência de alguns corpos de permanecer em repouso ou em movimento retilíneo e uniforme.

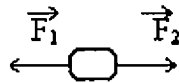
2. Um livro está em repouso em cima de uma mesa plana. Com relação a *resultante* de forças que atua sobre o livro, podemos afirmar que:

- a) Ela é nula  
 b) Ela é igual ao peso do livro.  
 c) Não existe forças atuando no livro.  
 d) Ela é diferente de zero, mas não sabemos o seu valor.  
 e) Ela é igual a força normal de reação da mesa sobre o livro.

3. Uma esfera desliza sobre uma superfície horizontal em linha reta e com velocidade constante. Podemos afirmar que a *resultante* das forças que atua sobre a esfera:

- a) É constante e no mesmo sentido do movimento  
 b) É vertical para cima.  
 c) É nula  
 d) Tem módulo igual a força de atrito  
 e) É vertical para baixo.

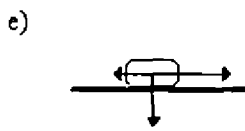
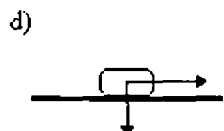
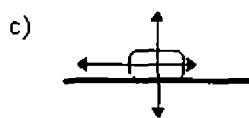
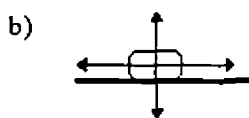
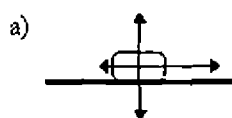
4. Um corpo está sobre a ação de apenas duas forças  $\vec{F}_1$  e  $\vec{F}_2$  (figura). Sendo os seus módulos iguais, podemos afirmar que:



- a) O corpo está em repouso  
 b) O corpo está em movimento  
 c) O corpo pode estar em repouso ou em movimento retilíneo e uniforme  
 d) O corpo pode estar tanto em repouso como em movimento acelerado  
 e) O corpo está se movendo com velocidade constante.

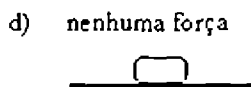
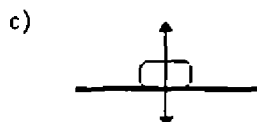
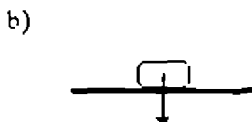
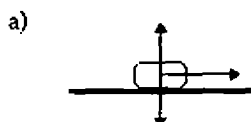
5. Um corpo se desloca com velocidade constante ao longo de uma superfície horizontal *com atrito*. Assinale a opção que melhor representa a(s) força(s) que atua(m) no corpo.

(direção e sentido do movimento  $\rightarrow$  )



6. Um corpo se desloca com velocidade constante ao longo de uma superfície horizontal *sem atrito*. Assinale a opção que melhor representa a(s) força(s) que atua(m) no corpo.

(direção e sentido do movimento  $\rightarrow$  )



7. Um corpo é arrastado por uma força  $\vec{F}$  horizontal (figura) e está com velocidade constante. Podemos afirmar que:



a) Existe, necessariamente, uma força no sentido contrário a  $F$  e menor que  $F$ .

b) Existe, necessariamente, uma força no sentido contrário a  $\vec{F}$  e maior que  $F$ .

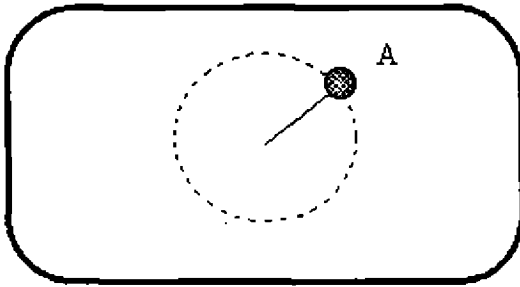
c) Existe, necessariamente, uma força no sentido contrário a  $\vec{F}$  e igual a  $F$ .

d) Não existe outras forças horizontais além de  $\vec{F}$ .

e) Não é possível afirmar nada sobre a existência de outras forças.

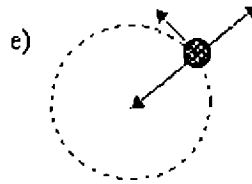
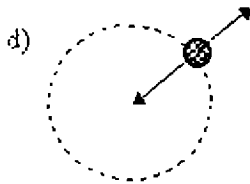
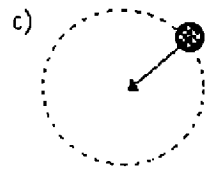
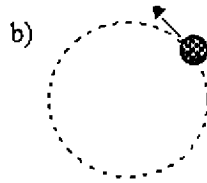
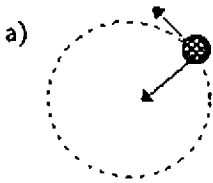
As questões de 8 a 11 referem-se ao enunciado abaixo:

Uma esfera presa a um fio descreve um movimento circular uniforme em sentido anti-horário numa mesa horizontal (o fio está preso no centro da mesa). Despreze qualquer tipo de atrito.

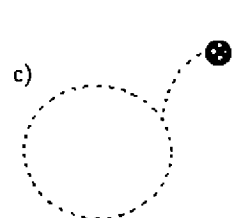
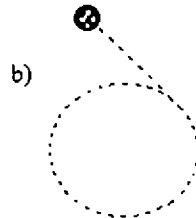
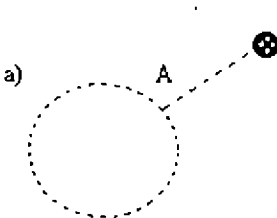


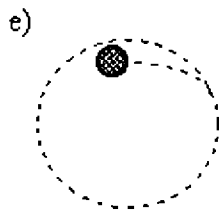
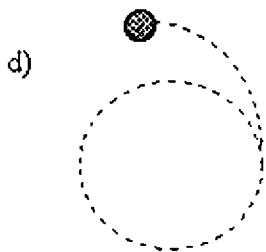
Mesa vista de cima

8. Qual das opções abaixo melhor representa a(s) força(s) horizontal(is) (plano da mesa) que atua(m) na esfera quando ela passa pelo ponto A.



9. Qual a trajetória que a esfera seguiria, em cima da mesa, se o fio se partisse quando a esfera passasse pelo ponto A ?

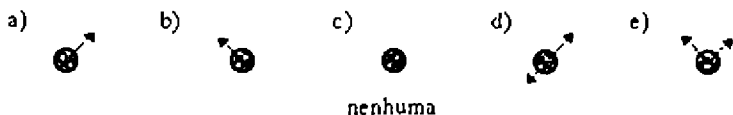




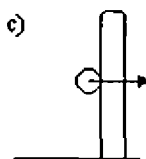
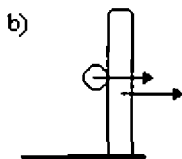
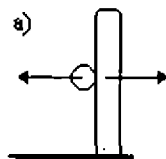
10. Qual o tipo de movimento que a esfera teria após o fio ter se partido?

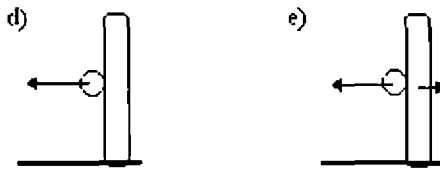
- a) Movimento com velocidade constante.
- b) Movimento com velocidade constante e em linha reta
- c) Movimento velocidade crescente.
- d) Movimento velocidade decrescente.
- e) Movimento velocidade decrescente e em linha reta.

11. Das alternativas abaixo, assinale aquela que melhor representa a(s) força(s) que atua(m) na esfera imediatamente após o fio se partir.

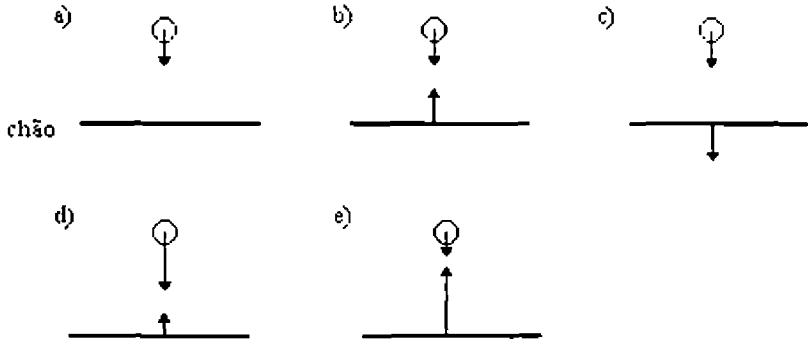


12. Uma bola de tênis é arremessada contra uma parede. Nas alternativas abaixo, escolha aquela que melhor representa a(s) força(s) que atua(m) no sistema, durante a colisão, devido apenas a interação entre a bola e a parede .

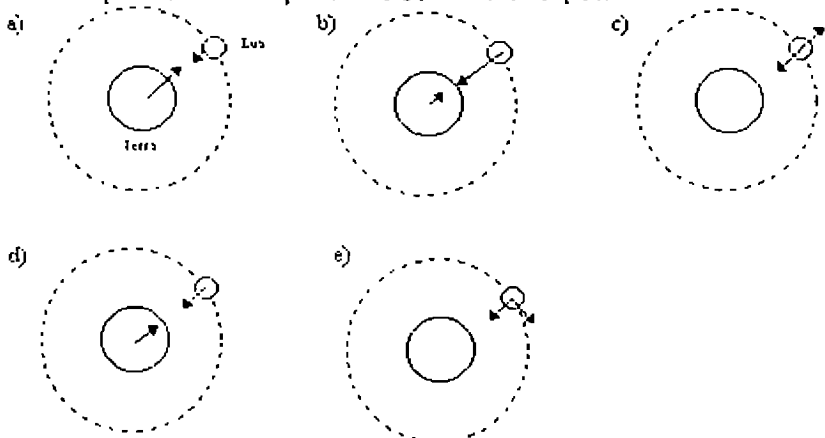




13. Considere uma pedra caindo próxima a superfície da Terra. Das opções abaixo, marque aquela que melhor representa a(s) força(s) que atua(m) no sistema pedra-Terra. Despreze o atrito com o ar.



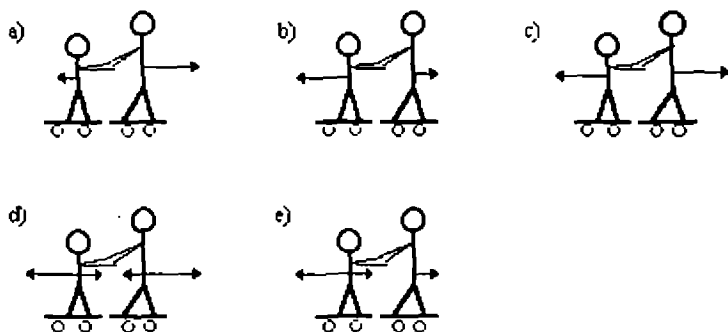
14. Considere a lua girando em torno da Terra em movimento circular e uniforme e em sentido horário. Das opções abaixo, assinale aquela que melhor representa a(s) força(s) que atua(m) na Terra e na Lua devido apenas a interação entre estes dois corpos.



As questões 15, 16 e 17 referem-se ao enunciado abaixo:

Dois garotos, um grande e um pequeno, estão um de frente para o outro, sobre skates. Coloque entre os parênteses a alternativa que melhor

representa a(s) força(s) que atua(m) nos garotos, devido apenas a interação entre eles no momento em que:



15. O pequeno empurra o grande ( ).

16. O grande empurra o pequeno ( ).

17. Os dois se empurram mutuamente ( ).

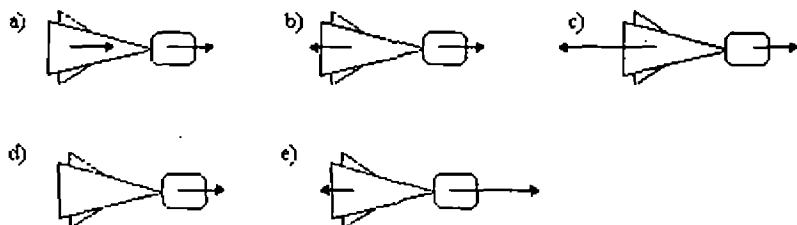
18. Um foguete está empurrando um satélite danificado que se perdeu no espaço. Marque a alternativa que melhor representa a(s) força(s) que atua(m) no foguete e no satélite devido apenas à interação entre os dois. (direção e sentido do movimento→)



foguete



satélite



Gabarito

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
a																		
b																		
c																		
d																		
e																		

Nome : \_\_\_\_\_ turma : \_\_\_\_\_

## NASCIMENTO E MORTE DAS ESTRELAS (NOSSOS REFERENCIAIS)

Alberto Villani<sup>125</sup>

Instituto de Física da Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil

### Introdução

O tema que me foi proposto para discussão na primeira mesa redonda do IV EPEF deixou-me inicialmente perplexo, uma vez que não estava claro se haveria algo interessante para dizer sobre o assunto. Somente após uma rápida conversa com uma das organizadoras do Encontro, comecei a pensar que talvez uma reflexão sobre minha experiência de pesquisa pudesse fornecer algum ponto interessante de discussão. Afinal, como bem se expressou minha interlocutora, "quem passou por Skinner, Piaget, Foucault, Kuhn, Lakatos, Laudan, Lacan, behaviorismo, análise institucional, concepções alternativas, história da ciência, filosofia da ciência, construtivismo, mudança conceitual e psicanálise", deve ter alguma coisa a dizer sobre o tema dos referenciais.

*Como meus referenciais foram escolhidos e, eventualmente, abandonados, ao longo de quase trinta anos de contato com a área?*

### O Contexto Institucional

#### A Pergunta Inicial e as Primeiras Respostas

Na década de 70 foram concluídos no Brasil vários projetos de Ensino nacionais, alguns deles dentro de grandes Universidades Brasileiras, que visavam resolver o problema da falta de eficiência e da má qualidade do ensino de ciências. Reconhecendo as dificuldades reais que se mostravam no ensino de física de modo geral, passaram a dedicar-se à *produção de material instrucional*, a partir de conhecimentos sobre o ensino da disciplina que eram baseados principalmente na competência científica, experiência no magistério e na sensibilidade para com as relações pedagógicas.

Os produtos tiveram qualidade reconhecida, primando pela correção do conteúdo, precisão de linguagem, rigor científico, apresentação de experimentos significativos além de contarem com especialistas respeitáveis entre a equipe de autores. Alguns Projetos, que se referiam ao ensino de segundo grau, incluíam até mesmo cursos de treinamento de professores. Quando os Projetos foram para a sala de aula, os resultados esperados não se concretizaram, apesar de que não faltaram situações nas quais o interesse, o entusiasmo e o progresso no conhecimento científico de professores e estudantes foi significativo.

Porque os Projetos não foram suficientes para resolver, de maneira substancial, os problemas de ensino? Esta pergunta permaneceu por muito tempo, implícita ou explicitamente, perturbando o horizonte intelectual e emocional dos que tinham dedicado muita energia na elaboração dos Projetos: conseguiam-se, ao máximo respostas locais, não totalmente satisfatórias e que não questionavam os Projetos, como forma de atacar as dificuldades amplas e variadas do ensino, limitando-se a aperfeiçoar o desenvolvimento do conteúdo da disciplina e utilizar formas de comunicação e metodologias modernas. A hipótese básica implícita neste enfoque era a do **aluno amoldável** proporcionalmente à qualidade do produto produzido.

Paralelamente ao trabalho de produção de materiais instrucionais, começou em 1973 no Instituto de Física da Universidade de São Paulo, em colaboração com a Faculdade de Educação, um curso de pós-graduação em Ensino de Física, que envolvia as mesmas pessoas.

A obrigação institucional de elaborar uma dissertação, foi inicialmente satisfeita mediante a escolha, como tema de investigação, dos projetos anteriormente elaborados, sobre os quais se tinha um conhecimento prático. Entretanto esse conhecimento parecia insuficiente para elaborar uma avaliação capaz de responder a pergunta inicial. Por isso os futuros membros do grupo entraram em contato com a teoria behaviorista, que na época era particularmente valorizada nos ambientes acadêmicos brasileiros e contava com pessoas ligadas à Universidade particularmente competentes. A participação em cursos e a assessoria de especialistas orientaram o trabalho de avaliação dos futuros membros de nosso grupo para restringir a análise a sequências concretas e limitadas focalizando as respostas dos estudantes e as correspondentes condições de reforço externo e interno. A partir de dados escritos fornecidos pelos alunos, elaboraram-se progressivamente instrumentos para investigar a qualidade dessas situações didáticas (material pedagógico e correspondentes procedimentos instrucionais). Os resultados da análise referem-se a categorização do que seriam os elementos fundamentais na sequência de atividades experimentais<sup>126</sup> ou na resolução de problemas teóricos<sup>127</sup>, propostos pelos Projetos; entretanto a maior parte do tempo e do esforço foi dedicado a elaboração dos correspondentes instrumentos de análise e a interpretação do significado implícito nas respostas dos alunos, aproveitando também do conhecimento empírico adquirido na prática didática.

Quatro tipos de conhecimento tiveram um papel significativo no processo de construção e modificação da perspectiva de trabalho dos futuros componentes de nosso grupo: o conhecimento prático referente ao desenvolvimento dos projetos, o teórico adquirido nos cursos, o

---

126) Acca, J.L.A. - 1976 - Dissertação de mestrado. Universidade de São Paulo.

127) Housoume, Y. - 1978 - Um instrumento e um método de análise de um curso básico de Física. Dissertação de mestrado. Universidade de São Paulo.



metodológico desenvolvido durante a elaboração e aplicação do instrumento de análise e o conhecimento específico produzido. Além disso ao longo do processo parece ter-se desenvolvido uma crescente percepção concreta da complexidade do processo de ensino e aprendizagem e da inadequação dos modelos teóricos e das intuições práticas para enfrentá-la, que levaram a modificar a pergunta inicial: o que fazia com que os alunos dessem respostas tão variadas e as vezes tão estereotipadas?

### O Nascimento do Grupo e suas Primeiras Pesquisas

Parece que o conhecimento metodológico, além da dúvida comum, foi o ponto de partida e o elemento aglutinador no estabelecimento de nosso grupo de trabalho e da sua perspectiva de pesquisa. A convergência dos interesses para um trabalho comum partiu da semelhança dos instrumentos de trabalho, fundamentados na Análise de Conteúdo que tinham se mostrados interessantes para pesquisar as concepções dos indivíduos, implícitas no seu discurso. De fato a segurança adquirida no trabalho minucioso de extrair o significado das palavras (escritas ou orais) dos estudantes e a esperança de encontrar perspectivas e vínculos comuns, que explicassem, pelo menos em parte, o comportamento dos estudantes, foi o elemento decisivo na escolha do tema de pesquisa que se seguiu: as relações institucionais que se estabelecem entre indivíduos dentro de um determinado sistema educacional. A partir de 79 o grupo, formado pelos autores e por seus orientados<sup>128</sup> no recém criado curso de pós-graduação em Ensino de Física, reuniu-se tendo como objetivo realizar a análise das perspectivas pedagógicas e das relações institucionais implícitas no discurso de professores e estudantes no primeiro ano da Universidade; os pesquisadores esperavam localizar nessas perspectivas indícios para explicar a insatisfação generalizada de estudantes e docentes em relação ao ensino. É interessante notar que neste mesmo período era iniciado, por parte de membros do grupo, também um trabalho de pesquisa, ainda de inspiração behaviorista, sobre a utilização do Método Cloze (a introdução sistemática e apropriada de brancos num texto para aumentar a interação do estudante com o significado da leitura) visando interferir na aprendizagem e na capacidade de resolver problemas de estudantes do primeiro ano da Escola Politécnica; simultaneamente era feito um esforço sistemático de análise da teoria de Piaget, para interpretar os resultados das respostas dos estudantes a um teste de Física, após ter experimentado as sensações de um parque de diversões. Finalmente era desenvolvido um estudo de caso na História da Ciência, a gênese da teoria da Relatividade sempre na tentativa de compreender melhor e, em parte, de encontrar subsídios que auxiliassem o processo de aprendizagem dos estudantes.

<sup>128</sup>Participaram do grupo: Y. Hosoume, R.I.Kishinami, e posteriormente L.O.de Carvalho, S. B. Scala e W. de Carvalho.

Nessa fase inicial de constituição do grupo de pesquisa o que restava da hipótese pedagógica inicial dos Projetos? A escolha dos temas de pesquisa mostra claramente que o grupo estava bem longe daquela perspectiva e procurava auxílio em várias áreas (sociologia, psicologia, epistemologia e didática da Física) para melhorar a fundamentação dos seus trabalhos e enfrentar a crescente percepção da complexidade do problema do ensino e da aprendizagem, sem se preocupar muito se realmente os caminhos trilhados fossem compatíveis entre eles.

O que tinha provocado a mudança?

Olhando retrospectivamente o processo de mudança podemos perceber que ele foi complexo e gradual. A idéia básica inicial (dos Projetos) tinha sido obrigada a compatibilizar-se, por razões institucionais (elaborar uma dissertação) com uma idéia teórica externa incluindo uma sua modificação aparentemente não substancial. De fato o contato com a teoria e com os assessores de inspiração behaviorista tinham obrigado a ampliar a hipótese inicial de um material "a prova de professor", incluindo as condições de contorno e a maneira de trabalhar como elementos essenciais para a aprendizagem dos estudantes. Em seguida a prática quase artesanal e sem pretensões teóricas de análise das provas dos estudantes, tinha acabado por tornar bem mais insatisfatória a posição inicial. O contato com as respostas dos estudantes, tão variadas e distantes das esperadas, e, sobretudo, o sucesso local nas tentativas de interpretar seu significado, tinham introduzido a idéia de que, em todo o processo de ensino e aprendizagem, era extremamente importante também o **conhecimento** (inclusive o implícito) e o **modo de conhecer do aluno**, merecendo um aprofundamento da investigação. Por isso a investida nas relações pedagógicas, na teoria piagetiana, e nas concepções espontâneas. De outro lado a competição com os outros grupos de pesquisa (em física), para obter seu reconhecimento, nos estimulava a produzir trabalhos, com uma inspiração definida e que pudessem produzir rapidamente dissertações e/ou publicações, do tipo da aplicação do método Cloze ou da análise da revolução Relativista. O envolvimento em vários trabalhos diferentes era sustentado pelo sentimento de que, na falta de uma linha absolutamente confiável, seus resultados ajudariam a privilegiar o que se mostrasse mais promissor!

É nossa opinião que nessa altura a mudança dos componente do grupo, iniciada com a tentativa de compreender porque os Projetos não tinham conseguidos seus objetivos, tinha completado seu processo. Os erros dos estudantes, vistos anteriormente como fortes indicadores de uma aprendizagem indesejável, eram agora vistos como sinais de alguma articulação intelectual e, mais do que isso, pareciam constituir para o sujeito formas, mais ou menos satisfatórias, de explicação da realidade.

Os resultados por nos obtidos, junto com muitos outros encontrados na literatura, foram interpretados como uma sugestão de que a articulação existente entre as idéias espontâneas seria uma fonte

significativa de resistência em relação as tentativas de introdução das noções científicas na escola e que tal resistência se manifestaria não somente como uma rejeição pura e simples, mas também como uma adaptação superficial do novo conteúdo às idéias espontâneas anteriores. Consequentemente para elaborar subsídios capazes de favorecer a aprendizagem dos estudantes seria insuficiente conhecer a Física e ter capacidade para torná-la mais clara e expo-la didaticamente; precisaria também conhecer a "teoria" dos estudantes com mais detalhes, para poder-se confrontar com seus argumentos, convencer os estudantes e provocar seu abandono.

A visita de Viennot no início de 1981 e a participação no famoso congresso de La Londe contribuíram para consolidar o tema das concepções espontâneas como linha de trabalho do grupo e para divulgá-lo mais efetivamente no Brasil; além de favorecer uma melhor compreensão do conteúdo e do método de trabalho desenvolvido pelo grupo de Paris VII, nos permitiu entrar em contato com a literatura mais recente a respeito de ensino de física e desenvolver nosso próprio caminho de pesquisa.

### Nosso percurso individual

Deu-se por volta de 1965 na ocasião da escolha do trabalho de dissertação para obter a Licença in Filosofia, na Itália. Trabalhei mais de um ano sobre um filósofo (epistemólogo) do conhecimento Lonergan que, no início da década de sessenta, publicou um livro: "Insight". Nesse livro sustenta a tese de que o momento fundamental do conhecimento é preconceitual, o momento do *insight*, fonte das dúvidas, das perguntas e das respostas que conseguimos elaborar. Nesse momento *conteúdo e experiência* ainda são unidos, assim como sujeito e objeto. Analisando o processo que leva da procura até a resposta passando pelo insight é possível obter informações sobre as potencialidades e limites do conhecimento humano. Realmente me convenci, dentro de minhas possibilidades, e com a ajuda do orientador que era discípulo direto do autor, das teses do mesmo, que de fato me ajudaram a entender o meu próprio processo de aprendizagem. Entretanto após a dissertação, teve que abandonar a área e voltar para a Física até o meu doutorado em final de 1972.

Em 1973 após entrar na USP ao procurar um contrato mais estável foi convidado a colaborar com o grupo de Ensino e a primeira sugestão foi de participar de um curso sobre Piaget, ministrado por Joan Bliss durante um mês. Foi o primeiro contato com a área no Brasil e confesso que achei o curso bem inteligível, sobretudo na parte mais "epistemológica", estranhando as dificuldades que colegas que participaram do curso encontraram. Somente cinco anos depois ao fuçar na biblioteca da Faculdade de Filosofia, por acaso encontrei um artigo de um autor que já tinha conhecido na época de minha dissertação, e que

fazia um confronto entre Lonergan e Piaget encontrando inúmeros pontos de contato tanto no método de análise quanto no conteúdo. Evidentemente eu tinha entendido Piaget a partir de Lonergan e das semelhanças entre os dois!

O grupo com o qual comecei a colaborar estava planejando um curso personalizado, usando o Método Keller, de enfoque behaviorista. Eu não conhecia a linha e, para não estar sempre por fora das discussões, foi estimulado a participar de um curso sobre condicionamento operante, ministrado por uma professora da Psicologia e adaptado aos alunos da pós de Ensino de Física. O curso era estilo Keller, com entrevistas a cada passo realizado. Houve dois momentos significativos. O primeiro foi aplicar a teoria ao meu comportamento, descobrindo porque eu procurava mais fazer as entrevistas com uma das monitoras ao invés da professora, apesar dessa última encorajar muito mais os alunos. A monitora raramente elogiava suas respostas, mas quando o fazia você percebia que, implicitamente, ela estava elogiando as respostas ou perguntas que você tinha formulado como brilhantes e até originais. Enfim eu não queria o reforço comum, queria o reforço especial e isso somente com a "Benê". Eu precisava do reforço especial para poder me considerar capaz de discutir com o grupo com o qual estava preparando e ministrando o curso personalizado.

O segundo momento importante que me ligou ao behaviorismo por um bom tempo foi um comentário da professora após o curso quando me encontrou por acaso na Psicologia: " Outro dia eu revi os seus gráficos sobre o comportamento dos ratinhos no laboratório e os comparei com os primeiros trabalhos de X. Eles têm uma semelhança muito grande. Trabalhou bem no laboratório! ". "Obrigado, ch. me esforcei bastante". Moral, podia-mos considerar capazes de trabalhar com esse referencial. Foi o que fizemos até 1981.

Entre 1975 e 1980, como pode ser deduzido pela história do grupo, entrei em contato com outros referenciais interessantes.

O primeiro foi Kuhn e a filosofia da Ciência pós-positivista. O contato foi via curso do professor Cini. O impacto foi grande, pois estava-se analisando o problema do surgimento da teoria da Relatividade. A visão era totalmente diferente da tradicional e dava conta de um monte de dúvidas que eu tinha reprimido na ocasião do meu estudo sobre a Teoria, era como se me sentisse enganado. A Relatividade não tinha nada a ver com o experimento de Michelson e a comunidade científica tinha resistido fortemente à nova proposta. As coisas pareciam bem mais inteligíveis! Minha reação foi divulgar as idéias comentando e sintetizando artigos de filósofos e historiadores da Ciência. E também entender melhor as dificuldades de aprendizagem.

Um segundo referencial com o qual entrei em contato, junto com o meu grupo, foi Foucault e a análise institucional. Na realidade o contato foi principalmente com o Prof. Guilhon, que guiou nossos passos de aproximação "experimental" à Sociologia Política. O problema era detetar

e articular as concepções de estudantes e professores de um curso introdutório de Física sobre sua relação institucional. O curso era especial, pois os alunos podiam escolher o enfoque (prevalentemente teórico ou preferencialmente fenomenológico) e a ressonância entre professores e estudantes era grande. Na época o trabalho dos professores foi considerado como veiculador de uma ideologia implícita de tipo cientificista. O trabalho sobre as relações pedagógicas num curso básico de Física, delineava um quadro interessante sobre as concepções e os valores científicos e pedagógicos de professores e estudantes implícitos em seus discursos<sup>129</sup>. A multiplicidade das idéias e das propostas de ambos parecia na realidade brotar de uma visão comum articulada e coerente, na qual o ensino era representado como um processo de **iniciação** a um saber **verdadeiro e superior**, que de alguma forma inibiva a atitude para a construção de uma visão crítica e pessoal do conhecimento. Atualmente a visão que temos sobre essa experiência é bem mais positiva, sobretudo porque o envolvimento de estudantes e professores foi grande e a aprendizagem correspondente significativa.

Finalmente, praticamente nessa mesma época entrei em contato, junto com meu grupo, também com a temática das concepções espontâneas através do trabalho de tese de Viennot<sup>130</sup> que foi adotado rapidamente como novo campo de pesquisa; neste caso, além da segurança metodológica na análise das respostas dos alunos tínhamos também a hipótese inicial mais precisa de que, através da elaboração de categorias e dimensões adequadas, fosse possível articular as características (gerais e específicas) da visão dos estudantes **brasileiros** sobre força e movimento, pois estávamos convencidos de que o **ambiente cultural** diferente dos estudantes brasileiros influenciaria diferentemente sua maneira de **estruturar** o conteúdo em jogo.

Este referencial está sendo utilizado até agora, apesar das modificações introduzidas pelas pesquisas sobre mudança conceitual e também sobre a relação entre aluno e professor.

### Interpretando o Nascimento e a Morte dos Referenciais

Resumindo então nossa entrada e primeiros passos na área, o primeiro referencial foi escolhido via orientador, muito competente. Houve uma identificação com o orientador e com seu referencial e também houve um trabalho de aplicação sistemático, sempre com a ajuda do orientador. De fato este referencial apesar de não ter sido desenvolvido posteriormente a minha dissertação, marcou minha visão sobre a inteligência e a aprendizagem, e ainda hoje serve como produtor de analogias ou imagens nos trabalhos sobre o tema.

---

129Kishinami, I.R. - 1983 - Análise das Relações Institucionais em um curso básico de Física. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo.

130Viennot, L. - 1977 - Le Raisonnement spontané en dynamique élémentaire - These, Université Paris 7

O contato com o segundo referencial, a teoria de Piaget, foi por acaso; ele foi assimilado pelas semelhanças e ressonância com o primeiro, a teoria do insight. O estudo de Piaget foi retomado no início da década de 80, incentivado seja por alguns cursos no Instituto de Psicologia, seja pela convivência com uma pesquisadora com a qual realizo trabalhos de colaboração há quase vinte anos, e que o adotou explicitamente como referencial prioritário, seja finalmente pelas novas perspectivas introduzidas por uma orientanda de mestrado, com a qual continuo mantendo contatos mais ou menos formais até hoje. Está claro que a sobrevivência deste referencial está ligada mais ao ambiente de trabalho e às colaborações desenvolvidas, que continuamente recolocam, com maior ou menor felicidades, sua oportunidade e plausibilidade para o trabalho na área, do que a uma escolha pessoal e a uma convicção profunda. De fato o estudo de Piaget foi intensificado, no início da década, sobretudo no que se refere a construção do conhecimento físico e a equilíbrio das estruturas cognitivas, e utilizado por uma colaboradora na análise das provas escritas de física dos candidatos ao Vestibular<sup>131</sup>, junto com as idéias básicas implícitas no Movimento das Concepções Alternativas. Digamos que minha relação com esse referencial é ambígua: passando por fases de envolvimento maior e fases de proximidade crítica, pelo menos na medida que nossas colaborações estão envolvidas.

O problema que parece difícil de entender é o de minha assimilação do behaviorismo, que é bem diferentes da reflexão interior sobre o insight ou sobre os conflitos cognitivos. Porque houve adesão a este referencial? Porque não foi percebido conflito com o referencial da epistemologia ou o piagetiano?

A resposta que consigo dar nesse momento é dupla. Uma primeira consideração é que o referencial anterior foi adquirido e desenvolvido num processo de identificação com o orientador: eu precisava deixar espaço, em minha cabeça, para o novo conhecimento e não reorganizar minhas concepções para torná-las compatíveis com o novo conhecimento e vice-versa. Enfim era apenas começado o processo de tornar interiormente plausível o novo conhecimento, faltando elementos de aprofundamento que evidenciassem os eventuais conflitos. A segunda consideração é que em minha visão os dois referenciais eram complementares. A teoria do insight servia para dar conta dos processos internos e a teoria comportamentalista para dar conta do comportamento externo. Eventuais descontinuidades eram consideradas como pontos a serem analisados melhor após adquirir maior competência no tema e na fundamentação dos referenciais. No início da década de 80, num congresso piagetiano no Rio de Janeiro, um pesquisador famoso foi vaiado por ter afirmado que foi discípulo de Skinner e estava trabalhando com

---

<sup>131</sup> Pacca, J.L.A. - 1983 - O Perfil dos candidatos ao Vestibular da FUVEST. Tese de doutoramento, Universidade de São Paulo.

alguém da equipe de Piaget, conseguindo articular os dois referenciais como complementares.

De fato este referencial foi abandonado aproximadamente neste mesmo período, por duas razões. De um lado esbarramos, dois orientandos e min, num trabalho que resultou exatamente o contrário do previsto. A utilização do Método Cloze (a introdução sistemática e apropriada de brancos num texto para aumentar a interação do estudante com o significado da leitura visando interferir na aprendizagem e na capacidade de resolver problemas de estudantes do primeiro ano da Escola Politécnica. Todas as pesquisas sobre o método apontavam para sua eficácia na aprendizagem de novos textos ou novas informações. Entretanto o trabalho deu como resultado que os brancos introduzidos inicialmente nos textos de física prejudicavam a capacidade de resolver problemas dos estudantes, mesmo após eles lerem os textos integrais. Somente dois anos depois de terminar a coleta de dados conseguimos interpretar o resultado<sup>132</sup>a partir da interferência negativa do método nas **tendências e nos modos de leitura** dos estudantes, que não visavam a memorização total do texto, mas sua utilização para a resolução de problemas. Uma segunda razão do abandono do referencial foi o crescente ostracismo em relação a visão comportamentalista, da comunidade educacional brasileira, que se orientava de um lado para referenciais mais politicamente comprometidos, como por exemplo Paulo Freire, ou mais cognitivamente comprometidos, como por exemplo o construtivismo piagetiano ou vigotskiano.

Em relação aos dois referenciais seguintes, filosofia da ciência e análise institucional, o destino foi bem diferentes. Apesar de não me dedicar diretamente à pesquisa sobre história e filosofia da ciência, em vários momentos este referencial foi retomado, tanto para elaborar uma visão pessoal da mudança conceitual, quanto para ajudar os orientandos que se envolveram nesta área. A visão de Laudan parece sempre disponível para ajudar na interpretação da história da ciência e da aprendizagem dos estudantes.

Ao contrário, o referencial socio-político foi utilizado somente para elaborar o trabalho sobre as relações institucionais entre professores e alunos num curso básico, não sendo retomado sucessivamente. Esse destino é intrigante para nós todos, pois na época ficamos muito empolgados com o trabalho sobre a análise institucional, que durou quatro anos e levou a resultados que consideramos altamente satisfatório, ao passo que a relação com as idéias dos filósofos pós-positivistas se limitava a um trabalho de divulgação, e conseqüentemente de segunda mão. A visão atual que tenho sobre o caso é a seguinte. O trabalho sobre análise institucional não continuou porque faltou tanto uma *pergunta intrigante implícita*, quanto um *suporte externo*. Em outras

---

132 Villani, A; Hosoume, Y. & Scala, S.B. - 1982 -A Técnica de Cloze na compreensão de relações de Física. Revista Brasileira de Física, 12(4), 803-825.

palavras acabando o trabalho específico que tinha exigido nosso envolvimento com o referencial, não houve nem tempo nem envolvimento para nos perguntarmos o que estava faltando à análise ou o que poderia ser aprofundado. A impressão geral é que nos tínhamos a intuição da necessidade de um novo esforço teórico a respeito do assunto, que exigiria investimentos que nenhum de nos se considerava em condições de realizar, sobretudo porque acabávamos de nos envolver num novo programa de pesquisa relacionado com as concepções espontâneas. Também não existia nenhum projeto na área, no Brasil ou no exterior, que exigisse uma competência semelhante. Para ser mais preciso, este trabalho teve uma influência extremamente importante sobre os trabalhos referentes às concepções alternativas: forçou o grupo a adquirir uma competência no relacionamento (típico dos trabalhos de sociologia) entre afirmações e idéias aparentemente distantes e muito diferentes e abriu a possibilidade de utilizar a mesma perspectiva e habilidade com as concepções alternativas dos estudantes, permitindo uma maior articulação entre elas.

Pelo contrário, o referencial ligado a filosofia da ciência, apesar de ter sido adquirido com menor envolvimento pessoal, foi enormemente reforçado pelo grande número de trabalhos no exterior, que o utilizavam para elaborar modelos de mudança conceitual, como no caso do Posner e colaboradores, ou modelos de concepções alternativas. Como consequência, a leitura desse tipo de bibliografia remetia sempre a questões que poderiam ser resolvidas aprofundando o referencial, evento que se realizou a partir da elaboração de um curso de pós-graduação a respeito e de minha tese de livre docência. Nesse caso nosso referencial específico foi o Laudan com sua teoria sobre a atividade científica como resolução de problemas, que eu considerava mais adequado para explorar as analogias sobre mudança conceitual. Este referencial me acompanhou até o presente momento.

Finalmente o contato com as pesquisas sobre concepções alternativas foi reforçado enormemente pela visita e pelas discussões com Viennot: mais uma vez o contato pessoal e a competência com a autora, além da participação no famoso congresso de La Londe, auxiliaram nosso grupo a convergirem rapidamente para uma única direção, de maneira que os trabalhos sobre concepções espontâneas começaram a adquirir uma certa originalidade. As concepções sobre força e movimento, foram articuladas num conjunto de relações entre força, velocidade e aceleração<sup>133</sup> numa espécie de triangulação que misturava duas relações espontâneas (a proporcionalidade entre força e velocidade e entre velocidade e aceleração) e uma relação newtoniana (entre força e

---

<sup>133</sup> Villani, A.; Kishinami, R.I.; Hosoume, Y. & Pacca, J.L.A. - 1982 -Analisando o ensino de Física: Contribuições de Pesquisas com enfoques diferentes. Revista de Ensino de Física, 4, 125-150.



aceleração). O modelo alternativo de Cinemática de Saltiel<sup>134</sup>, foi ampliado mediante a incorporação da noção de tempo e a caracterização inicial dos referenciais "privilegiados".

### **Uma Experiência mais Recente**

Talvez ao ler estas considerações, alguém possa pensar que diferente é o comportamento em relação a seus referenciais de um pesquisador recém entrado na área e de um pesquisador experiente e até com uma certa fama. Por isso permito-me relatar meu último envolvimento com o referencial psicanalítico.

Até aproximadamente um ano e meio atrás meus conhecimentos de psicanálise eram limitados a algumas leituras, na época da licenciatura em filosofia, sobre Jung e Freud e alguns artigos mais divulgativos a respeito. Também gostava de ouvir os psicólogos e de fazer perguntas. De repente apareceu uma orientanda que já tinha estudado o assunto durante o mestrado e tinha começado a utilizar a psicanálise para interpretar seus dados. No começo minha posição era de que minha competência se limitava à mudança conceitual, e que precisaria de assessoria para poder lidar com o tema. Entretanto ao prosseguir no trabalho percebi que precisava pelo menos entender um pouco da teoria de Lacan, que é bem complicada, para poder simplesmente acompanhar o que estava sendo produzido. Assim comecei a ler alguma coisa a respeito, depois foi organizado um grupo de estudo com outros estudantes interessados em entender Lacan e entender o que os outros escrevem ou falam a respeito. Alguma coisa nova começou a aparecer nas leituras, mas dois momentos foram decisivos: quando começaram a aparecer semelhanças entre o processo de análise e de aprendizagem, porque dessa forma o referencial lacaniano podia ser incorporado sem solução de continuidade nas considerações sobre mudança conceitual. Um segundo momento foi quando consegui interpretar de uma forma nova outros trabalhos de dissertação ou tese de outros orientandos. A partir dessas intuições resolvi dedicar maiores energia para aprofundar o referencial. Fiz exatamente o que não consegui no caso do referencial da análise institucional. Segui cursos, comecei a tentar entender a análise por dentro, etc. Até consegui convencer, outras pessoas a se interessar sobre o assunto e a discutir as conseqüências para o trabalho comum. Nesta altura o referencial começou a se apresentar como complementar à mudança conceitual, no sentido de enfrentar diretamente e de forma original a relação entre professor e aluno.

Parece-me que também nesse caso a relação com o referencial, apesar de ser mais trabalhada do ponto de vista cognitivo do que no início da carreira na área, foi resolvido pelas relações sociais. Eu podia investir energias e tempo no assunto, porque o resultado, de alguma forma, envolvia a grande maioria do trabalho com meus orientandos.

---

134 Saltiel, E. & Malgrange, J.L. - 1980 - Spontaneous ways of reasoning in Elementary Kinematics. *European Journal of Physics*, 2(1), 73-80.

## **Algumas Conclusões Parciais**

O processo de apropriação e abandono de um referencial parece sugerir alguns elementos de particular relevância.

- - A presença de uma pergunta de fundo estimuladora, não respondível de imediato, que se modificou ao longo do tempo e que de fato motivou o grupo a se constituir preferindo uma pesquisa em didática da física a uma pesquisa em física, a mais usual, aceita e prestigiada na Instituição.
- - A pressão institucional para a adoção de um conhecimento teórico, tem sido um elemento importante para mudar a perspectiva e também a qualidade do trabalho e iniciar o processo de mudança; de fato a utilização concreta do conhecimento teórico tem introduzidos os primeiros elementos diferentes dos conhecimentos práticos anteriores
- - A aceitação de um desafio a partir da segurança de poder contar com uma assessoria competente e a manutenção do esforço intelectual prolongado a partir de sucessos empíricos parciais e de seus reconhecimentos externos por parte dos assessores. Várias vezes a dúvida paralisante de estar trilhando um caminho inadequado ou, ao menos imprudente, tem sido rechaçada graças ao reforço dos assessores que nos ajudavam a compreender o progresso realizado, apesar da multiplicação das perguntas.
- - A eficácia corrosiva de um saber construído implicitamente a partir de uma prática de sucesso, que nos afastava progressivamente da perspectiva de resolver nosso problema inicial e implicitamente o modificava deslocando o foco para o aluno e sua maneira de ver e pensar.
- - A rapidez da aprendizagem significativa quando o terreno intelectual já estava preparado. A aprendizagem necessária para trabalhar com competência sobre as concepções alternativas foi realizada em tempo muito breve, devido ao novo conhecimento responder perfeitamente ao problema construído anteriormente.

Do ponto de vista da evolução do grupo esta primeira mudança conceitual nos parece revelar um caminho intelectual interessante. O processo começou com uma pergunta a qual não se sabia responder e que perturbava as convicções sobre ensino e aprendizagem; continuou com uma primeira reformulação parcial, graças a uma contribuição teórica externa, cuja aplicação na medida que resolvia problemas locais aumentava o desconforto global; a inversão neste processo deu-se ao modificar a pergunta inicial e deslocar o foco da atenção para os conhecimentos e as características dos estudantes. Neste ponto se deu uma ruptura, que não implicava no abandono do conhecimento até então adquirido, mas implicava de novos horizontes desconhecidos. Daí o

envolvimento em várias pesquisas aparentemente sem conexões: eram maneiras diferentes de enfrentar uma questão nova ainda pouco elaborada. O aparecimento de um novo saber teórico, que parecia ser adequado ao novo enfoque, o sucesso em sua aplicação e o volume de resultados externos que estavam sendo conseguidos, reorientaram o processo de procura até então divergente e reconstruíram a integridade da concepção do nosso grupo, conseguindo inclusive localizar a divergência fundamental em relação à antiga postura: a maneira de considerar os erros dos estudantes.

A descrição e interpretação da mudança conceitual acima referida nos parece particularmente sugestiva quanto a necessidade de olhar para os efeitos didáticos de longo prazo: conseqüentemente a mudança que esperamos com nosso ensino parece mais o fruto do complexo das atividades e de sua coordenação e complementação do que de uma atividade ou de uma estratégia específica.

Por exemplo, nos parece que a falta de uma correspondente pergunta de fundo capaz de envolver o estudante, pelo menos inicialmente, no processo e no esforço intelectual necessário para uma mudança significativa, possa ser uma explicação do fracasso de muitas estratégias de ensino. Temos a dúvida que muitas vezes os estudantes entrem em contato com o estudo das Ciências com uma vontade genérica de descobrir e utilizar um novo saber, e a prática quotidiana de ensino abafa esse êlan, em parte por ter que seguir caminhos burocráticos e em parte por desconhecer a importância dessa primeira motivação, procura e entrega.

Dificilmente um crescimento intelectual pode ser realizado sem a presença de **idéias externas**. Se for mantido o clima de procura (ao qual justamente algumas metodologias recente prestam muita atenção) não parece haver problemas com a introdução, para estudantes e professores, das novas idéias aceitas pela comunidade científica; o único problema será fazer que tais idéias sejam recebidas quando eles estão prontos para analisa-las e favorecer as aplicações em situações referentes ao problema de fundo dos estudantes e professores.

Nunca será demais encorajar os **resultados genuínos**, fruto dos esforços intelectuais dos estudantes, mesmo que não atinjam o produto final. A razão disso não é somente psicológica, no sentido de evitar as frustrações que dissipam as energias dos aprendizes, mas é sobretudo epistemológica, no sentido que tais resultados representam soluções parciais, que geralmente abrem espaço a sucessivas soluções. Esses resultados podem ser considerados erros somente do ponto de vista da meta pretendida, não do processo para adquiri-la, que é desconhecido pelo instrutor.

Parece essencial também o esforço dedicado a modificação do enfoque de análise ou das perguntas significativas: o estudante terá amadurecido os problemas referentes ao conteúdo em jogo chegando somente quando se colocar perguntas pessoais e as modificar

progressivamente, com a ajuda dos colegas e do docente, na direção do saber disciplinar. Isso constitui uma esperança para os docentes que temem estar sempre atrasados no desenvolvimento do programa, pois nessa altura a aprendizagem dos estudante provavelmente deverá ser rápida e eficiente.



**IMPrensa UNIVERSITÁRIA**  
CENTRO GRÁFICO DA UFMG