

# PESQUISAS SOBRE O ENSINO DE FÍSICA

Resumos das Dissertações de Mestrado em  
Ensino de Ciências, modalidade Física,  
apresentadas nos anos de 1976 a 1982.  
Instituto de Física e Faculdade de Educação  
Universidade de São Paulo

Heleny U. Gama (resumos)  
Ernst W. Hamburger (organizador)

Edição Preliminar  
IFUSP  
Maio 1990

# **PESQUISAS SOBRE O ENSINO DE FÍSICA**

**Resumos das Dissertações de Mestrado em  
Ensino de Ciências, modalidade Física,  
apresentadas nos anos de 1976 a 1982.  
Instituto de Física e Faculdade de Educação  
Universidade de São Paulo**

**Heleny U. Gama (resumos)  
Ernst W. Hamburger (organizador)**

**Edição Preliminar  
IFUSP  
Maio 1990**

## ÍNDICE

O Projeto de Ensino de Física (PEF) - Mecânica I em um Curso Programado Individualizado. Antonio Geraldo Violin.....	2
Análise do Desempenho de Alunos Frente a Objetivos do Projeto de Ensino de Física. Jesuina Lopes de Almeida Pacca.....	15
A Transferência de Aprendizagem como Objetivo Explícito de Currículos - Um Curso de Eletricidade Visando à Transferência de Aprendizagem. Plínio Ugo Meneghini dos Santos.....	27
Produção, Utilização e Avaliação de Filmes Didáticos de Física. Mikeya Muramatsu.....	40
Análise do Projeto FAI - Uma Proposta de um Curso de Física Auto-Instrutivo para o 2º Grau. Fuad Daher Saad.....	55
Limitações no Entendimento de Conceitos Básicos de Física. Paulo Alves de Lima.....	65
Uma análise do Projeto de Ensino de Física - Mecânica. Diomar da Rocha Santos Bittencourt.....	76
Laboratório Didático de Física no Ciclo Básico da Universidade. Vera Lucia Lemos Soares.....	92
Instrumento e Método de Análise para um Curso de Física Básica - Uma Proposta. Yassuko Hosoume.....	105
Análise e Interpretação da Correlação Entre Dois Concursos Vestibulares. Ruth de Oliveira Cesar.....	124
Proposta de Laboratório para a Escola Brasileira - Um Ensaio Sobre a Instrumentação no Ensino de Física. Norberto Ferreira Cardoso.....	143

<b>Contribuição de Problemas Complexos para a Formação de Habilidades de Pesquisa no Curso de Bacharelado em Física. Eraldo Costa Ferreira. ....</b>	<b>157</b>
<b>A Graduação em Física na USP. Fernando Dagnoni Prado.....</b>	<b>174</b>
<b>Proposta de um Modelo para o Desenvolvimento de Atividades Experimentais de Física nos Cursos de Formação de Tecnólogos. Kazuo Watanabe.....</b>	<b>187</b>
<b>Recuperação de Alunos num Curso Básico de Física - Proposta de um Modelo Instrucional Alternativo. Paulo Yamamura.....</b>	<b>206</b>
<b>Aprendizagem e Leitura: A Técnica de Cloze na Compreensão de Relações de Física. Sergio Brasil Nazário Scala. ....</b>	<b>215</b>
<b>A Proposta de Objetivos para um Curso de Física do Meio Ambiente no RN: Uma Questão de Análise Sistemática. Maria Cristina Dal Pian Nobre.....</b>	<b>227</b>
<b>Ensino de Ciências a Partir dos Problemas da Comunidade. Marta Maria Castanho Almeida Pernambuco.....</b>	<b>246</b>
<b>Concepção Problematizadora para o Ensino de Ciências na Educação Formal (Relato e Análise de uma Prática Educacional na Guiné-Bissau). Demétrio Delizoicov Neto.....</b>	<b>259</b>

## Prefácio

# PESQUISAS SOBRE O ENSINO DE FÍSICA

Edição Preliminar

Dissertações de Mestrado apresentadas na área de pós-graduação em Ensino de Ciências, modalidade Física, do Instituto de Física e Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, entre 1976 e 1982.

A área de pós-graduação em ensino de física, gerida conjuntamente pela Faculdade de Educação e pelo Instituto de Física da USP, e sediada neste, foi implantada formalmente em 1973. Desde então já foram apresentadas sessenta e duas dissertações de mestrado, todas envolvendo pesquisa original. É um programa pioneiro e os resultados são ainda pouco conhecidos.

Para divulgar mais amplamente esses trabalhos, e também para permitir uma visão geral de uma área de pesquisa que está sendo construída, preparamos este primeiro volume de resumos das 19 dissertações aprovadas entre 1976 e 1982.

As dissertações seguem linhas de trabalho variadas. Os problemas da educação no Brasil - e do ensino de física - são vastos, e admitem, exigem mesmo, muitas abordagens diferentes. Apresentamo-las aqui em ordem cronológica de aprovação. Aproveitamos para homenagear o primeiro mestre, Antonio Geraldo Violin, falecido em 1985.

Os resumos das dissertações foram preparados por Heleny Uccello Gama. Sugerimos aos leitores interessados em citar um dos trabalhos ou em conhecer detalhes, obter uma cópia completa da dissertação na Biblioteca do Instituto.

Agradecemos a Beatriz Borges Casaro pela datilografia inicial e principalmente a Sandraly A. Machado pelo trabalho de datilografia, revisão e diagramação.

Heleny U. Gama  
(autora dos resumos)

E.W. Hamburger  
(organizador)

Maio/1990

# O Projeto de Ensino de Física (PEF) - Mecânica I em um Curso Programado Individualizado

Antonio Geraldo Violin(\*)

## Capítulo 1- Introdução

No segundo semestre de 1970, constituiu-se um grupo de professores secundários e universitários com o objetivo de desenvolver, no Instituto de Física da Universidade de São Paulo (IFUSP), um novo projeto para o ensino de física, que deveria adaptar-se às condições das escolas, alunos e professores secundários do Brasil e seria denominado "Projeto de Ensino de Física" (PEF).

A partir de 1971, foram produzidos textos, em versão preliminar, e conjuntos experimentais em forma de protótipos. Esse material foi utilizado em cerca de vinte escolas de São Paulo e os resultados da experiência, baseados principalmente em observações efetuadas pelos professores envolvidos, permitiram uma completa revisão do sistema.

O texto foi então totalmente reescrito; acrescentaram-se exercícios, incluíram-se leituras suplementares, reelaboraram-se as experiências e o material experimental. Com essas reformulações, os textos e experimentos do primeiro volume, Mecânica 1, do PEF, foram editados pela Fundação Nacional do Material Escolar (FENAME) e colocados à venda, para uso nas escolas, no primeiro semestre de 1974.

Uma das preocupações básicas na elaboração do texto e experimentos foi, após estabelecidos os objetivos, formular as condições necessárias para seu alcance, de forma que o professor se tornasse, principalmente, um coordenador dos trabalhos dos alunos.

Partindo da hipótese de que para o desenvolvimento da parte de Mecânica I do PEF foram especificados operacionalmente os objetivos, estabelecidas as condições adequadas e respeitados os pré-requisitos da população-alvo, esses materiais poderiam ser utilizados em um curso individualizado. Assim, a dissertação relata uma experiência realizada para verificar a sua aplicabilidade a esse tipo de ensino, bem como avaliar o material instrucional produzido, através da análise das condições programadas.

---

(\*) Orientador: Ernst Wolfgang Hamburger . Dissertação aprovada em 20/03/1977.

Por parecer mais adequado às finalidades pretendidas, escolheu-se o Método Keller, também chamado Sistema de Instrução Personalizada, ou, ainda, Curso Programado Individualizado. Esse método baseia-se fundamentalmente na aplicação dos princípios da análise experimental do comportamento ao processo ensino-aprendizagem, onde a tônica é uma maximização do reforçamento positivo e uma minimização de punições, ansiedades e frustrações. A sua utilização teve início em 1962, quando dois psicólogos brasileiros, C.M. Bori e R. Azzi, juntamente com dois psicólogos norte-americanos, F.S. Keller e J.G. Sherman, realizaram uma tentativa de organizar o Departamento de Psicologia da Universidade de Brasília. Foi, entretanto, em 1964 que o novo sistema veio a ser aplicado pela primeira vez em um curso introdutório de psicologia, nessa mesma universidade. Posteriormente, inúmeros cursos foram ministrados, no Brasil e exterior, utilizando-se o Sistema Keller, em diversos níveis de instrução.

O Sistema de Instrução Personalizada apresenta as seguintes características, que o distinguem dos esquemas tradicionais de ensino:

- (a)- ritmo individualizado, permitindo a cada aluno prosseguir com velocidade adequada à sua habilidade e à sua disponibilidade;
- (b)- subdivisão do material do curso em pequenas unidades, seqüenciadas de forma a propiciar aproximações sucessivas ao comportamento desejado;
- (c)- requisito de perfeição em cada unidade, de maneira que o aluno só tem permissão para avançar ao demonstrar domínio completo da etapa precedente;
- (d)- ênfase dada à palavra escrita nas comunicações entre professores e alunos;
- (e)- avaliações imediatas e repetidas até que o critério de desempenho seja atingido;
- (f)- utilização de um sistema monitorial garantindo a presença das características do curso;
- (g)- uso de palestras e demonstrações somente como veículo de motivação, e não como fonte de informação crítica.

No primeiro semestre de 1974, realizou-se um ensaio preliminar de aplicação do PEF, junto a alunos do 1º ano do curso de Licenciatura em Ciências Físicas e Naturais da Faculdade de Ciências e Letras de Avaré, Estado de São Paulo, com o uso do Método Keller. A fim de possibilitar a individualização do curso, foram elaborados, relativamente a cada unidade, guias de estudo e exercícios de verificação dos objetivos. Além disso, para acompanhamento e avaliação, foram preparados os seguintes materiais: ficha de controle de andamento e ficha pessoal do aluno, teste de pré-requisitos, pré-teste e pós-teste.

O ensaio obteve sucesso: alunos e monitores, apreciaram o novo sistema e os índices de aproveitamento foram mais elevados relativamente aos anos anteriores, concluindo-se que os textos e experimentos correspondentes à parte de Mecânica 1 do PEF mostraram-se apropriados à utilização em um curso programado individualizado. Entretanto, alguns objetivos não foram atingidos e determinadas unidades exigiram tempo excessivo para seu cumprimento.

Assim, após a reformulação do material complementar, e no intuito de colher dados mais precisos sobre a aplicação do programa, o ensaio foi repetido no 1º semestre de 1975, conforme será descrito no capítulo seguinte.

## Capítulo 2 - Procedimento Experimental e Resultados

### 2.1) Sujeitos:

Essa fase do trabalho foi desenvolvida tendo como sujeitos: (A) 20 alunos do Colégio Estadual Professor Américo de Moura, do bairro de Vila Prudente, cidade de São Paulo; (B) 21 alunos do Colégio Sedes Sapientia, da Cidade de Avaré; (C) 45 alunos do curso de licenciatura em Ciências Físicas e Naturais da Faculdade de Ciências e Letras de Avaré.

Verificou-se que 100% dos alunos do Grupo A eram do sexo masculino, com idades variando entre 14 e 17 anos; 65% residiam no bairro onde o colégio estava localizado e os demais (35%), em bairros próximos. Trinta por cento trabalhavam diariamente em jornada de meio período e todos os alunos desse grupo faziam o curso secundário pela primeira vez.<sup>(1)</sup>

Dos alunos do Grupo B, 50% eram do sexo masculino e 50% do sexo feminino. Suas idades variavam entre 14 e 18 anos; todos moravam na cidade de Avaré, não trabalhavam e cursavam o grau secundário pela primeira vez.

Setenta por cento dos alunos do Grupo C eram do sexo feminino e 30% do sexo masculino. Suas idades variavam entre 17 e 42 anos. Apenas 38% residiam em Avaré; os demais (62%) moravam em cidades distantes entre 40 e 200 quilômetros. Quarenta e nove por cento não trabalhavam; 11 e 40% faziam-no em jornada diária de um e dois períodos, respectivamente. Sessenta por cento concluíram o Curso Colegial, 33% o Curso Normal e 7% o Curso Técnico de Contabilidade.

Apenas 9% dos alunos do grupo C haviam utilizado um livro de física durante o curso secundário, sendo que 6%, 13% e 26% já haviam estudado física

---

(1) Na dissertação, os dados são apresentados ao longo do texto e também na forma de tabelas e gráficos.

por um, dois e três anos respectivamente. Cinquenta e cinco por cento dos estudantes nunca tiveram contato com essa disciplina anteriormente.

Noventa por cento dos alunos do grupo C haviam concluído o 2º grau no ano imediatamente anterior e os demais, em um período de um a dez anos em relação àquele em que o ensaio foi realizado.

## **2.2) Condições:**

Eram as seguintes as condições disponíveis para o desenvolvimento do programa:

Grupo A - duas salas de aula com capacidade para aproximadamente quarenta alunos sendo uma para estudo e laboratório, com dez conjuntos experimentais à disposição dos estudantes, e outra para a realização de testes.

Grupo B - uma sala com capacidade para cerca de cinquenta estudantes, destinada à realização de testes, e um laboratório, com quinze mesas, para estudo e experimentos.

Grupo C - uma sala de aula com capacidade aproximada para cinquenta alunos, destinada à realização de testes, e dois laboratórios com capacidade para quarenta alunos, cada um equipado com dez conjuntos de material experimental.

Para as atividades relativas ao curso de física, os alunos do Grupo A dispunham de dois períodos semanais, à tarde: um de cinquenta minutos (uma aula) um de cem minutos (duas aulas). Os alunos do Grupo B dispunham, em uma tarde por semana, de três horas; os do Grupo C tinham à sua disposição dois períodos semanais, à noite, de três horas e meia cada um.

## **2.3) Programa e Materiais.**

O curso, baseado na parte de Mecânica 1 do PEF, dividiu-se em 16 passos, a saber:

- Passo nº 1 - A Órbita de um Satélite
- Passo nº 2 - Medidas de Comprimento
- Passo nº 3 - Cálculo da Média - Escalas
- Passo nº 4 - Potências de Dez
- Passo nº 5 - Medidas de Tempo
- Passo nº 6 - Algarismos Significativos (extraído do Guia do Professor do PEF)
- Passo nº 7 - Medida da Velocidade
- Passo nº 8 - Movimento Uniforme
- Passo nº 9 - Grandezas Diretamente Proporcionais

- Passo nº 10 - Velocidade Média  
Passo nº 11 - Velocidade Instantânea  
Passo nº 12 - Força, Inércia e Aceleração  
Passo nº 13 - Relação entre Força e Aceleração - Aplicações  
Passo nº 14 - Medida da Aceleração  
Passo nº 15 - Movimento com Aceleração Constante  
Passo nº 16 - Movimento com Aceleração Variável - Problema Complementar  
(elaborado especialmente para o curso).

Além do texto e do conjunto experimental do PEF, outros materiais foram utilizados: (a) impressos contendo informações sobre o curso; (b) materiais distribuídos ao início de cada passo; (c) material de avaliação dos passos; (d) ficha de controle.

As informações sobre o curso (Passo nº 0), explicavam detalhadamente ao estudante as atividades em que estaria envolvido, como proceder para executá-las, o critério de aprovação e a função dos membros da equipe responsável pelo experimento.

O material referente a cada passo constava de um guia de estudo compreendendo: introdução, objetivos propostos e atividades a serem realizadas. A introdução continha um breve resumo do assunto a ser desenvolvido na etapa em questão. Os objetivos indicavam os comportamentos a serem apresentados pelo aluno ao final do passo, bem como as condições necessárias. Finalmente, o estudante era orientado quanto ao desenvolvimento das atividades previstas, que geralmente correspondiam à leitura de um texto do PEF, resolução de um problema ou realização de uma experiência. Em alguns casos o guia de estudo apresentava textos e exercícios complementares, bem como informava sobre qualquer mudança na forma de avaliação.

O terceiro item referente aos materiais utilizados relacionava-se à verificação da aprendizagem em cada etapa do curso. As avaliações geralmente eram realizadas através de testes escritos. Para cada passo foram elaboradas quatro versões do teste, com questões que procuravam focalizar especificamente cada objetivo pré-estabelecido. As avaliações de alguns passos foram feitas total ou parcialmente em forma oral. Nesses casos, eram indicados aos monitores os itens a serem expostos pelos estudantes.

Na ficha de controle eram anotados: o dia em que o aluno recebia o material correspondente a um determinado passo, a data em que se apresentava para o teste

de verificação, o tempo gasto, a suficiência ou não na avaliação, o número do teste e, se fosse o caso, quais os objetivos não atingidos.

#### 2.4) Pessoal

O autor do trabalho, na coordenação geral do programa, foi responsável pelo planejamento e preparação de todo o material do curso, bem como pelo treinamento das pessoas envolvidas na aplicação do sistema<sup>(2)</sup>. O pessoal mobilizado para a execução das atividades foi assim distribuído:

Grupos A e B - um professor responsável e um monitor (estudante universitário em trabalho voluntário e não remunerado), para cada grupo.

Grupo C- na coordenação, o autor da dissertação; como monitor na sala de avaliação de testes, um professor de física; como monitores nas salas de leitura e laboratório, dois estudantes universitários (em trabalho voluntário e não remunerado).

#### 2.5) Procedimento

Esse ensaio compreendeu três etapas. A primeira, denominada fase introdutória, constou de uma entrevista individual, um teste de pré-requisitos e um pré-teste. A segunda etapa denominou-se execução do programa e à terceira, pós-teste.

##### 2.5.1) Fase Introdutória

Na data estabelecida para o início do curso, os alunos de cada grupo compareceram em horários pré-fixados, reunindo-se com o professor responsável em uma sala de aula comum. Os professores distribuíram as instruções gerais sobre o curso (Passo 0), com a recomendação oral para que as lessem atentamente. Foi dito que o curso seria ministrado de maneira com a qual não estavam acostumados, e que deveriam procurar esclarecer todas as dúvidas naquela reunião.

Após a leitura, foram respondidas perguntas e dados os esclarecimentos necessários sobre pontos importantes que poderiam não ter sido bem compreendidos. Combinaram-se os horários em que os alunos poderiam comparecer para as avaliações e apresentaram-se os monitores que participariam do curso. A seguir, foram indicadas aos estudantes as salas a serem utilizadas e respectivas finalidades. Foram mostrados também os quadros de aviso onde seriam

---

(2) Como essas pessoas estavam bastante familiarizadas com o PEF, esse treinamento não obedeceu a esquemas especiais.

colhidas quaisquer informações adicionais. Iniciou-se então a fase introdutória, com duração aproximada de duas semanas, compreendendo:

i) Entrevista individual, para obtenção de informações sobre algumas características dos alunos - idade, sexo, residência etc.

ii) Teste de pré-requisitos. Constando de vinte questões, foi elaborado com o objetivo de verificar se o aluno era capaz de desempenhar as seguintes tarefas:

- . ler um texto de jornal e responder a perguntas sobre seu conteúdo;
- . efetuar operações de adição, subtração, multiplicação e divisão de dois números decimais ou fracionários;
- . resolver equações de primeiro grau;
- . representar grandezas físicas através de símbolos;
- . calcular a área de um retângulo, triângulo ou trapézio;
- . efetuar transformações de unidades de comprimento, área e tempo;
- . resolver problemas utilizando regra de três simples.

Todos os alunos foram considerados aptos para a leitura. Uma pequena porcentagem apresentava dificuldades em efetuar operações de adição e subtração de dois números decimais, representar grandezas físicas através de símbolos, transformar quilômetros em metros e metros em centímetros, converter minutos em segundos e resolver problemas envolvendo regra de três simples. Entretanto, 37% e 53% dos alunos demonstravam dificuldades em realizar, respectivamente, as operações de multiplicação e divisão de dois números decimais. Cerca de 30% não efetuavam operações de adição, subtração, multiplicação e divisão de frações. Oitenta e oito por cento não transformavam quilômetros quadrados em metros quadrados ou metros quadrados em centímetros quadrados e 62% não eram capazes de converter segundos em minutos. Quanto ao cálculo de áreas, 49%, 69% e 82% não sabiam como calcular a área de um retângulo, triângulo ou trapézio, respectivamente. Essas insuficiências já haviam sido notadas em relação ao grupo participante do ensaio preliminar. Em algumas partes tentou-se solucionar o problema com a introdução de modificações no guia de estudo, ou seja, com a apresentação de exercícios ou informações complementares; em outras partes, os monitores deveriam estar atentos e preparados para o problema que iria surgir durante a execução do programa.

iii) Pré-Teste

Finalizando a fase introdutória, aplicou-se um pré-teste no intuito de verificar, antes do início do curso, se alguns comportamentos pretendidos para o final do programa já faziam parte do repertório dos alunos.

O teste, dividido em duas etapas, constou de 45 questões e apresentou índice de acerto máximo inferior a 40%. Verificou-se, além disso, que a maioria das questões não chegaram a atingir 20% de acerto.

### 2.5.2) Execução do Programa

Essa etapa teve início na terceira semana letiva e estendeu-se por um período que variou entre 17 e 24 semanas úteis para os Grupos A e B, e, para o Grupo C, entre 12 e 20 semanas úteis. Vinte e quatro semanas úteis correspondiam ao tempo previsto para os Grupos A e B executarem o programa. Para o Grupo C, a previsão era de 20 semanas.

Encerrada a parte final da etapa introdutória, os alunos receberam o material correspondente ao passo 1; o material relativo a cada passo subsequente só era entregue ao estudante depois de realizada a avaliação do passo anterior. Quando apresentava desempenho satisfatório na avaliação do último passo, o aluno estava aprovado.

A partir do Passo 1, o estudante deveria executar as atividades previstas para uma determinada unidade e, quando se julgasse preparado, comparecer para a realização do teste correspondente. Se o seu desempenho era considerado satisfatório, recebia o material referente ao passo seguinte: caso contrário, eram discutidos os erros cometidos, e o aluno deveria refazer as atividades e submeter-se a uma segunda avaliação do mesmo passo, em outro dia. Isso poderia repetir-se várias vezes, até ser atingido o nível de desempenho exigido.

Embora o critério de aprovação correspondesse a 100% de acerto das questões propostas, se na realização do teste ocorressem determinados erros para os quais, na discussão, o monitor percebesse ser possível correção imediata, o aluno efetuava as alterações necessárias, podendo ainda ser aprovado. Esses erros referiam-se à expressão incorreta ou incompleta de uma idéia ou pequenas incorreções de cálculo.

Não havia prazos estabelecidos para a realização dos passos, mas apenas uma data final de encerramento do curso. Nessa ocasião, os estudantes que não houvessem concluído as unidades programadas deveriam fazê-lo antes de iniciarem o curso seguinte. Entretanto, a fim de garantir aos alunos um ritmo adequado de estudo, alguns controles foram adotados: afixação de fluxograma de avisos, em cada sala de leitura e laboratório, com a publicação semanal da posição de cada aluno

em relação ao curso<sup>(3)</sup>; e informação de que realizando pelo menos um passo por semana, o estudante poderia terminar o curso um mês antes do prazo estabelecido (Grupo C), ou até dois meses antes desse prazo (Grupos A e B).

Embora fosse vantajosa para os alunos a preparação dos passos nas salas de leitura, onde havia monitores à disposição para a discussão de dúvidas, esta não era obrigatória, podendo o estudo ser realizado na biblioteca ou mesmo fora da escola.

A função do monitor compreendia, além do esclarecimento de dúvidas sobre o assunto tratado, a distribuição de materiais de laboratório e a avaliação dos objetivos referentes aos passos que envolviam experimentação.

Ao final do curso, era a seguinte a situação geral: 95% dos alunos do Grupo A haviam terminado os 16 Passos do curso, enquanto 5% estavam no Passo 15. Dos alunos do Grupo B, 90% tinham concluído as tarefas, 5% encontravam-se no Passo nº 12 e 5% no Passo 13. Dos alunos do Grupo C, 88% haviam terminado o curso, 8% estavam no Passo 13, 3% no Passo 12 e 1% no Passo 13.

Na 13ª semana, 2% dos alunos do Grupo C já haviam concluído o curso, enquanto os estudantes pertencentes ao Grupo B começaram a encerrar as atividades na 14ª semana, e os do Grupo A, na 17ª semana. Apenas 29% dos alunos dos Grupos B e C conseguiram realizar um passo semanalmente, terminando o curso na 16ª semana. Essa média não foi atingida por nenhum estudante pertencente ao grupo A.

Os resultados da experiência mostraram que o número de semanas previstas (24) foi suficiente para a execução do programa, correspondendo a seis meses de curso, ou três quartos do ano escolar.

Cabe notar que nos passos 1 e 14 todos os estudantes foram aprovados na primeira tentativa, o mesmo não ocorrendo quanto aos demais. A dissertação apresenta, na forma de gráficos e tabelas, as porcentagens de insuficiências respectivamente na primeira, segunda e terceira tentativas, e nas questões relativas aos diversos objetivos de cada passo, para os três grupos.

São apresentados, também, dados relativos ao tempo necessário à realização dos testes de verificação em cada um dos passos. O tempo médio variou de 15 minutos (Passo 1) a 38 minutos (Passo 15).

---

(3) A dissertação apresenta tabelas indicando a situação dos estudantes, ao final de cada semana do curso, relativamente aos passos cumpridos.

### 2.5.3) Pós-Teste

Ao final do prazo estabelecido para a execução do programa, os alunos foram submetidos a um pós-teste<sup>(4)</sup> que procurou verificar, através de questões específicas, se os objetivos referentes a cada passo do curso haviam ou não sido atingidos. O resultado desse teste não influiu na avaliação dos estudantes, o que lhes era informado previamente.

## Capítulo 3 - Análise das Condições Programadas

Na dissertação, a análise é realizada para cada passo. Será apresentada, a seguir, uma amostra.

Para o Passo 1 - "Órbita de um satélite"<sup>(5)</sup> correspondente ao primeiro capítulo do PEF, foram especificados os seguintes objetivos:

(a) dado um ponto em um sistema cartesiano ortogonal, escrever as suas coordenadas.

(b) dadas as coordenadas de um ponto, localizá-lo em um sistema cartesiano ortogonal.

(c) dado o conjunto de pontos, em um sistema de eixos ortogonais, relativos à órbita de um satélite, traçar a curva que representa essa órbita.

(d) explicar o que é trajetória de um corpo.

Para os objetivos (a), (b) e (c), os comportamentos desejados correspondem a tarefas a serem realizadas; já o objetivo (d) exige a verbalização de uma definição. Desenvolver esses comportamentos é uma função do próprio texto, não sendo requeridos pré-requisitos específicos, além da capacidade de ler um texto e seguir as instruções sugeridas.

De acordo com os resultados do teste de pré-requisitos, a população a quem o curso se destinava foi considerada apta para a leitura de um texto. Assim, sendo a seqüência de atividades adequada à obtenção dos comportamentos desejados, ao final do passo os alunos deveriam ter atingido esses objetivos.

Poderia ocorrer que antes da entrada no Passo 1, os estudantes já apresentassem os comportamentos desejados para o final dessa etapa. No entanto,

---

(4) A dissertação apresenta, em forma de tabelas, as porcentagens de alunos que responderam acertadamente a cada questão do pós-teste, assim como os índices de questões corretas por aluno. São apresentados, também, para cada passo, os resultados dos pré e pós-testes, para os Grupos A, B, C e total, especificando-se o objetivo e a questão correspondente.

(5) O guia de estudo para esse passo é apresentado na dissertação, em apêndice, assim como um modelo do teste de verificação.

os resultados do pré-teste mostraram que apenas 25% dos alunos dos Grupos A e B responderam às questões referentes aos objetivos (a) e (b) acima mencionados. No Grupo C, somente 36% e 44% responderam corretamente às questões referentes aos objetivos (a) e (b), respectivamente, evidenciando que esses comportamentos não pertenciam ao repertório da maior parte dos alunos. Os objetivos (c) e (d) não foram verificados no pré-teste.

O índice de insuficiência na primeira tentativa de avaliação do Passo 1 foi nulo, indicando que ao final dessa unidade todos os alunos atingiram os objetivos desejados.<sup>(6)</sup>

No pós-teste foram avaliados, através de questões específicas, os objetivos (a), (b) e (c), com os seguintes resultados, para o total de alunos: 94% de acerto para a questão referente ao objetivo (a), 99% para o objetivo (b) e 94% para o objetivo (c). Esses resultados eram esperados, já que os comportamentos exigidos ao final desse passo seriam utilizados em várias outras etapas da programação posterior.

Cabe observar que, no Passo 1, a seqüência de atividades proposta pelo texto apresenta uma falha ao omitir informações sobre possíveis tipos de trajetórias, sugerindo ao aluno que qualquer curva fechada possa representar uma órbita. Sugere, também, que um segmento de reta, por exemplo, jamais poderia corresponder a uma órbita, embora o texto afirme que a forma desta depende da posição do observador. Como esse fato havia gerado inúmeras dúvidas por parte dos estudantes na experiência preliminar, na segunda fase eliminou-se o objetivo relacionado à identificação de órbitas, transformando-se esse assunto em tema de uma das palestras do curso, sob o título: "Órbitas e Trajetórias".

#### Capítulo 4 - Conclusões

Dos resultados obtidos na primeira fase da experiência (1974), foi possível concluir que o texto e os experimentos correspondentes à parte de Mecânica 1 do PEF mostraram-se apropriados à utilização em um curso individualizado, mantendo as características do Método Keller. Os resultados alcançados nessa fase concordam com aqueles relatados a respeito de outros cursos em que o método foi utilizado, nos seguintes aspectos:

(a) tendência acentuada ao conceito máximo na distribuição dos resultados finais;

---

(6) O tempo médio para a realização desse teste foi de 15 minutos.

- (b) satisfação dos alunos com a atenção a eles dispensada pelos monitores, e também em regular o seu próprio ritmo de estudo;
- (c) maior esforço exigido para vencer as etapas do curso e preferência pelo novo método;
- (d) elevados índices de aproveitamento e motivação por parte dos monitores.

Entretanto, havia deficiências nas condições oferecidas aos estudantes em determinadas etapas do programa: falhas relativas à programação, ao texto básico e mesmo à especificação dos objetivos a serem alcançados. Os dados obtidos na experiência de 1974 não foram suficientes para uma análise mais profunda dessas dificuldades, mas permitiram concluir que os pré-requisitos da população-alvo não haviam sido respeitados e as condições oferecidas pelo texto básico não eram adequadas a certos objetivos.

Na segunda fase da experiência (1975), os resultados gerais da aplicação do programa mostraram-se satisfatórios, pois ao final do prazo estabelecido para o término do curso, acima de 80% dos estudantes o haviam concluído; além disso, no pós-teste, apenas 25% das questões apresentaram índices de acerto inferiores a 70%, e 80% dos alunos obtiveram êxito em acima de 70% das questões propostas.

Na análise de cada passo foram discutidas, na dissertação, as condições especificadas e sua adequação aos objetivos propostos. Foram analisadas as causas das deficiências encontradas que em alguns casos determinaram elevados índices de reprovação nos testes de avaliação. Às vezes os resultados insatisfatórios em um certo Passo eram devidos a pequena parcela dos objetivos, irrelevantes para a seqüência do programa. Um exemplo típico ocorreu em relação ao Passo I, em que a simples eliminação de um objetivo inadequado e não essencial ao desenvolvimento do curso possibilitou, na segunda fase, a obtenção de um índice de 100% de aprovação na primeira tentativa.

Constatou-se também que os esforços no sentido de melhorar as condições relativas a certos objetivos, como a introdução, no guia de estudo, de exercícios e textos complementares, nem sempre foram suficientes. Isso devia-se principalmente à falta de pré-requisitos por parte dos estudantes, particularmente em relação às operações com números decimais, cálculo de áreas, operações com frações, resolução de equações e transformações de unidades.

Coube ao monitor a tarefa de suprir essas deficiências, e também aquelas referentes ao texto básico. Em princípio, esse não seria seu papel no sistema utilizado.

Assim, concluiu-se que o texto correspondente à parte de Mecânica 1 do PEF, juntamente com as medidas corretivas introduzidas no guia de estudo, não foram suficientes para a realização de um curso programado nos moldes propostos por Keller. Porém, admitindo que seria minimizada a participação do monitor como transmissor de informações, caso se efetuassem as alterações apropriadas no programa e no texto básico, a dissertação apresenta diversas sugestões de modificações a serem realizadas em cada passo.

Finalizando, o autor acredita que os instrumentos de análise aqui propostos poderão ser úteis para a avaliação de outros textos de física.

# **Análise do Desempenho de Alunos Frente a Objetivos do Projeto de Ensino de Física.**

Jesuina Lopes de Almeida Pacca<sup>(\*)</sup>

## **Capítulo 1 - Introdução**

Este trabalho tem o propósito de analisar o desempenho de estudantes frente à seqüência de estímulos do Projeto de Ensino de Física (PEF), em sua parte de mecânica (volumes 1 e 2).

As seqüências mencionadas, correspondentes a atividades que levam aos objetivos pré-estabelecidos, são fornecidas pelas questões entremeadas no texto, que permitem a participação ativa dos alunos na aprendizagem e proporcionam o reforço necessário para que prossigam no programa.

Foram os seguintes os objetivos escolhidos para o trabalho: (a) realizar medidas com precisão; (b) calibrar e utilizar um instrumento de medida; (c) analisar movimentos representados em fotografias estroboscópicas.

Para estudar o desempenho dos alunos relativamente a cada um desses comportamentos, elaboraram-se testes discursivos, em dois níveis: o primeiro exigindo respostas extensas, associadas ao objetivo proposto, e o segundo, requerendo uma série de respostas curtas, correspondentes a uma determinada seqüência de objetivos intermediários, planejados para conduzírem o estudante ao comportamento final esperado.

Os resultados dos testes, cuja análise foi desenvolvida através de uma classificação das respostas, informaram se o aluno atingiu ou não o objetivo final, e se a apresentação da seqüência dos objetivos intermediários introduziu melhorias na aprendizagem. Essa classificação permitiu também identificar os pontos do programa em que os estudantes encontraram dificuldades.

## **Capítulo 2- O Projeto de Ensino de Física**

O ensino de física no curso secundário depara-se, em geral, com uma aversão dos alunos à referida disciplina. Duas possíveis causas dessa dificuldade parecem ser as deficiências apresentadas pelos estudantes em leitura e interpretação de texto e o fato de não relacionarem o que foi visto nas aulas de ciências com os conceitos

---

(\*) Orientador: Giorgio Moscati. Dissertação aprovada em 26/3/1977

físicos, confundindo-os com os conteúdos de matemática, quase sempre desconhecidos para eles.

Os textos tradicionais geralmente não levam em conta esses aspectos e partem de pré-requisitos inexistentes para a maioria dos alunos. Assim, autores e professores muitas vezes exigem dos estudantes a associação de fatos para a obtenção de conclusões ou a análise crítica de resultados colhidos, sem indagarem se houve treinamento para o desenvolvimento dessas atividades.

Além disso, o professor, utilizando as aulas expositivas como principal instrumento de trabalho em classe, e o livro-texto somente para a resolução de exercícios e problemas, atinge apenas pequena parte dos alunos, talvez os que nem precisassem da aula para aprenderem os conteúdos.

Cabe lembrar que as condições oferecidas ao professor secundário geralmente não lhe permitem preparar outros tipos de atividades didáticas, principalmente por falta de tempo.

*Partindo dessas constatações, um livro texto de física deveria desenvolver o conteúdo primeiramente através de uma análise qualitativa dos fenômenos físicos, antes do tratamento matemático, além de apresentar linguagem simples e fornecer indicações do que é relevante no texto. Deveria, ainda, promover uma maior atividade do aluno, sendo a atuação do professor transferida para a orientação dos estudos, preparação de materiais, apresentação de indicações bibliográficas e principalmente para a avaliação.*

Assim, um grupo de professores do Instituto de Física da Universidade de São Paulo (IFUSP), constituído em sua maior parte de pessoas com experiência no ensino secundário, elaborou um programa de física tendo em vista buscar soluções para alguns dos problemas acima mencionados: o Projeto de Ensino de Física (PEF), para o 2º grau.

Esse projeto compreende quatro volumes de textos e três conjuntos experimentais, abordando conteúdos de mecânica, eletricidade e eletromagnetismo, considerados básicos para um curso em nível secundário com duração de dois anos. A metodologia utilizada reduz a importância das aulas expositivas, enfatizando a atividade do aluno. Além disso, a forma de apresentação estimula o comportamento de leitura e interpretação de texto, minimizando a necessidade de conhecimentos matemáticos. Inclui também um guia para o professor. O material para experiências, bastante simples e de fácil manuseio, visa a desmistificar o trabalho experimental em ciências.

Embora o curso não seja personalizado, o esquema permite a cada aluno seguir o seu ritmo próprio de estudo. Procurou-se estabelecer uma seqüência adequada à maioria dos estudantes, oferecendo materiais complementares aos que se adiantassem no programa.

A característica mais importante do sistema refere-se às questões entremeadas no texto, para serem respondidas pelos alunos nos espaços a isso destinados. Assim, o estudante completa o texto, desenvolvendo a seqüência proposta para objetivos previamente estabelecidos. Se necessário, ele pode procurar as respostas corretas às questões nas páginas seguintes, auto-avaliando-se.

As seqüências elaboradas para levar os alunos a atingir os objetivos são, em geral, seqüências lógicas de conteúdo; as questões subdividem-nas, oferecendo aos estudantes a oportunidade de emitirem respostas observáveis. Além de orientar a leitura, essas questões fornecem ao aluno o reforço necessário para prosseguir no programa, pois o êxito em uma resposta significa um avanço em direção ao objetivo final.

A possibilidade de auto-avaliação, acima mencionada, não exclui uma avaliação mais ampla dos conteúdos tratados, a ser elaborada pelo professor, que deverá levar em consideração as questões presentes no texto como bons indicadores dos objetivos a serem verificados.

As atividades programadas para os estudantes correspondem a: (a) ler o texto; (b) montar experiências, preencher tabelas com cálculos e dados experimentais, construir gráficos, participar de discussões, resolver problemas e responder a questões.

O presente trabalho refere-se à parte de mecânica, compreendendo os seguintes tópicos: órbita de um satélite; medidas de espaço; medidas de tempo; movimento uniforme; velocidade média e instantânea; força, inércia e aceleração; segunda lei de Newton; grandezas vetoriais; quantidade de movimento; trabalho e energia; conservação de energia; gravitação.

### **Capítulo 3- Análise da Seqüência de Conteúdo e Identificação de Objetivos Finais.**

A elaboração do PEF visou a atingir os seguintes objetivos gerais, explicitados no guia do professor: (a) adaptar-se às condições das escolas e professores secundários no Brasil; (b) apresentar ao aluno alguns fenômenos e conceitos físicos, possibilitando a resolução de problemas e a realização de

experiências simples; (c) levar o aluno a travar contato com o método científico e com alguns aspectos da física contemporânea.

Além disso, é interessante, ao professor que utiliza o projeto, o conhecimento dos objetivos específicos, explicitados para cada capítulo, e que também constam do referido guia.

Através da análise do texto, verificou-se que nem sempre os objetivos estabelecidos eram atingidos pelos estudantes, por insuficiência das atividades planejadas ou devido à sua inadequação ao objetivo desejado. A análise foi desenvolvida segundo os critérios propostos por R. Mager ("Preparing Instructional Objectives", São Francisco, Califórnia, 1962), resumidos nas seguintes questões sobre o texto: (a) descreve a atividade que o aluno estará realizando ao demonstrar que atingiu o objetivo?; (b) especifica as condições sob as quais se espera que o estudante demonstre sua competência?; (c) indica como o aluno será avaliado, definindo, no mínimo, o limite inferior de desempenho aceitável?

O material produzido pelo PEF foi analisado tendo em vista identificar os objetivos a que o programa conduz, independentemente daqueles especificados por seus autores. Partiu-se da busca, no texto, dos aspectos determinantes das diversas atividades do aluno. Para cada uma destas construiu-se uma unidade de seqüência, identificando as condições oferecidas pelo programa e a resposta exigida do estudante.

Na construção do encadeamento de seqüências, levou-se em conta a forma do texto que, de modo geral, apresenta, em cada capítulo, uma introdução ao assunto, com propósito motivador e, tendo em vista os objetivos focalizados nessa etapa, propõe ao estudante uma série de atividades utilizando dados do próprio texto, material impresso e material experimental. Cada uma dessas tarefas inclui questões que o aluno responde à medida em que as executa.

Agrupando as unidades de seqüência de acordo com atividades específicas relativas a um determinado comportamento, construiu-se o encademaneto completo, associado a um objetivo comportamental terminal.

Em apêndice, a dissertação traz os encadeamentos das unidades de seqüência correspondentes aos objetivos escolhidos para o trabalho.

#### **Capítulo 4- Escolha dos Objetivos Comportamentais a serem Investigados.**

O trabalho do aluno com material experimental constitui a principal modificação introduzida pelo PEF em relação aos textos convencionais, uma vez

que o curso de física tradicionalmente desenvolvido no ciclo secundário não enfatiza o ensino de técnicas e habilidades, preocupando-se principalmente com o conteúdo formal a ser ministrado. Contrariamente, nesse novo sistema, ao mesmo tempo em que recebe informações relativas ao conteúdo, o aluno desenvolve uma série de tarefas, tais como: realizar medidas, preencher tabelas, construir gráficos, calibrar instrumentos, interpretar figuras, operar com vetores, analisar fotografias estroboscópicas, montar experimentos, que correspondem a atividades típicas de um laboratório científico.

Dentre os objetivos referentes ao domínio de técnicas e habilidades, foram analisados aqueles desenvolvidos mais sistematicamente na programação do PEF. Serão, a seguir, descritos esses comportamentos - em número de três, conforme já mencionado - e identificadas as principais idéias associadas a cada um<sup>(1)</sup>

**(a) Realizar medidas com precisão, levando em conta procedimentos para medir e para representar o resultado.**

A esse comportamento foi dedicado um capítulo completo do PEF (capítulo 2). Caracteriza-se pela medida de comprimentos, leva em conta a precisão do instrumento e envolve a utilização da média aritmética de várias medidas efetuadas como o valor mais provável da grandeza, bem como exige o reconhecimento, na expressão do valor numérico de uma medida, de informações sobre a precisão do instrumento utilizado.

**(b) Calibrar um instrumento e utilizá-lo para efetuar medidas.**

O comportamento em questão tem o seu encadeamento de objetivos intermediários no capítulo 6 do PEF, que inclui a calibração de um dinamômetro. Também o capítulo 3 refere-se a esse objetivo, indicando o procedimento para calibrar um "cronômetro de areia", tipo de ampulheta desenvolvida no projeto.<sup>(2)</sup>

Esse comportamento caracteriza-se pela identificação da variável associada à grandeza a ser medida, o estabelecimento de uma correspondência entre os valores de ambas e a realização de medições com o instrumento.

---

(1) Em apêndice, a dissertação apresenta as seqüências de conteúdo relativas a esses objetivos.

(2) Na programação do PEF, as seqüências sobre esse assunto continuam no capítulo 6, onde o aluno calibra um dinamômetro para comparar forças em situações experimentais.

**(c) Analisar movimentos representados em fotografias estroboscópicas.**

A seqüência de atividades relativas ao comportamento em questão encontra-se nos capítulos 4 e 5, porém os capítulos 6 a 9 também utilizam fotografias estroboscópicas em seu desenvolvimento.<sup>(3)</sup>

Essa técnica constitui importante recurso para a obtenção de resultados quantitativos precisos, especialmente no caso de movimentos rápidos ou mais complexos, permitindo registrar uma situação real para ser analisada em detalhe em sala de aula.

O comportamento de analisar movimentos assim representados caracteriza-se por extrair da fotografia informações sobre as distâncias reais e os instantes correspondentes às imagens representadas. Esses dados, associados a conteúdos específicos correspondentes à situação em estudo, permitem determinar parâmetros de caráter dinâmico referentes ao movimento.

**Capítulo 5- Análise da Seqüência do Desempenho dos Alunos.**

**5.1) Elaboração de uma seqüência de objetivos intermediários extraída do encadeamento que determina o objetivo final.**

Cada um dos comportamentos finais analisados foi subdividido em objetivos intermediários, considerando-se a cadeia principal das unidades de seqüência.<sup>(4)</sup>

O encadeamento relativo ao primeiro objetivo final que, como visto anteriormente, refere-se à realização de medidas com precisão, contém 32 unidades de seqüência. Desse encadeamento foram extraídos seis objetivos intermediários, dentre os quais um será transcrito a seguir, a título de exemplo: Comparar números que representam o resultado da medida de uma grandeza física e interpretar as eventuais diferenças como devidas às limitações na precisão; identificar o algarismo duvidoso nos resultados e a menor divisão na escala do instrumento (seqüência 8).

Para o segundo objetivo final, referente à calibração de um instrumento, foram desenvolvidas 18 seqüências e identificados cinco objetivos intermediários.

Quanto ao terceiro objetivo, correspondente à análise de fotografias estroboscópicas, relacionaram-se nove unidades de seqüência e extraíram-se cinco objetivos intermediários importantes.

<sup>(3)</sup> O encadeamento das seqüências para o comportamento final é transcrito, na dissertação, em apêndice.

<sup>(4)</sup> A dissertação apresenta, em apêndice, as unidades de seqüência referentes aos comportamentos considerados e, no capítulo 4, a totalidade dos objetivos intermediários identificados.

## 5.2) Construção dos testes.

Para cada um dos comportamentos terminais considerados, elaborou-se um teste, permitindo a seqüência do desempenho dos alunos relativamente ao objetivo em questão. Consta de duas partes, a primeira com questões abertas concernentes ao objetivo final e a segunda com questões de resposta curta sobre cada um dos objetivos intermediários.

Na classificação dos objetivos utilizou-se a taxionomia de objetivos educacionais de Bloom e colaboradores. O desempenho dos alunos frente a um objetivo final foi analisado em duas situações distintas, equivalentes a exigências em níveis diversos de aprendizagem: a primeira, o estudante deveria alcançar o objetivo final, organizando suas idéias independentemente da apresentação de seqüências intermediárias e, na segunda, deveria fazê-lo através de uma série de estímulos intermediários. Em ambas as situações o comportamento do aluno não foi observado de forma direta, mas através de respostas escritas; no primeiro caso, do tipo dissertação ampliada e, no segundo, do tipo dissertação restrita.

Serão descritas a seguir, sucintamente, algumas características dos testes elaborados para a análise do desempenho de alunos frente aos três objetivos considerados.<sup>(5)</sup>

### Primeiro Objetivo: medir com precisão

O teste compreende duas partes, **A** e **B**, correspondentes respectivamente, aos níveis de aplicação e conhecimento na classificação de Bloom. Os alunos recebiam uma parte de cada vez e não havia limitação de tempo para as respostas.

A parte **A** referia-se à medida das dimensões de um objeto, a folha de prova, com precisão de décimo de milímetro e à descrição de um procedimento para determinar a sua espessura, de valor inferior à menor divisão do instrumento, não podendo portanto ser obtida diretamente.

As respostas dos estudantes à parte **A** correspondem aos seguintes objetivos do PEF: (a) medir as dimensões de objeto (real ou na figura) com a precisão permitida pela régua; (b) comparar medidas de um mesmo objeto, associando as diferenças ao algarismo duvidoso; (c) medir certo número de eventos e dividir o resultado por esse número para melhorar a precisão, efetuando cálculos de médias.<sup>(6)</sup>

---

(5) A dissertação apresenta cópias desses testes, em apêndice.

(6) Esses objetivos relacionam-se a questões constantes dos capítulos 2 a 4 do projeto.

A parte **B** do teste foi organizada em seqüência relacionada aos objetivos intermediários, permitindo acompanhar o desempenho do aluno até a resposta final.

As questões finais exigem um entendimento do significado de incerteza nas medidas e precisão do instrumento, em nível mais profundo (categoria superior de conhecimento, segundo Bloom). O aluno deveria ser capaz de operar com o significado desses conceitos, independentemente de um objeto e um instrumento particulares, o que por sinal constitui um dos objetivos gerais do PEF.

### Segundo Objetivo: calibrar um instrumento e utilizá-lo para efetuar medidas.

A avaliação foi dividida em três partes, **A**, **B** e **C**, correspondentes a diferentes níveis na classificação de Bloom; partes **A** e **B** - nível de aplicação, parte **C** - nível de conhecimento.

A parte **A** referia-se à calibração de um instrumento, embora esse termo não tenha sido utilizado na apresentação das informações sobre o teste. Descreveu-se um dispositivo simples e o seu funcionamento, solicitando-se ao aluno que sugerisse um procedimento para determinar o valor da massa considerada.

São os seguintes os objetivos associados a essa parte: (a) estabelecer uma correspondência entre o tempo medido através de um relógio e a altura da areia escoada no "cronômetro de areia"; (b) representar graficamente essa relação; (c) utilizar o cronômetro e o gráfico para efetuar medidas de tempo; (d) calibrar um dinamômetro, construído com mola e régua; (e) utilizar essa calibração para comparar forças.<sup>(7)</sup>

Na parte **B**, o estudante recebia o material experimental, além de informações referentes ao conceito de calibração, devendo operar com o material para chegar à resposta, sem que lhe fosse indicado o procedimento.

A terceira parte, **C**, utilizava o mesmo material acima mencionado, porém o teste continha uma seqüência de procedimentos correspondente aos seguintes objetivos intermediários: (a) identificar a característica do dispositivo, que variava com o aumento da força aplicada; (b) indicar uma posição de referência na escala; (c) realizar medidas do deslocamento da extremidade da lâmina em função da

---

(7) Esses objetivos relacionam-se a questões constantes dos capítulos 3 e 6 do PEF.

massa suspensa; (d) calibrar o instrumento, construindo o gráfico correspondente; (e) utilizar a calibração para medir a massa de um objeto.<sup>(8)</sup>

### Terceiro Objetivo - analisar movimentos representados em fotografias estroboscópicas.

São as seguintes as condições oferecidas para a parte **A** do teste: a fotografia de um movimento, o intervalo de tempo entre os "flashes" e a escala de distância na foto. Inicialmente, solicitava-se ao aluno o cálculo das velocidades em cada intervalo entre as imagens, porém sem indicação das seqüências de procedimentos.

As respostas a essa parte correspondem aos seguintes objetivos do PEF: (a) calcular a velocidade de um movimento representado através de uma fotografia estroboscópica; (b) relacionar distâncias maiores ou menores com valores de velocidades mais ou menos elevadas, respectivamente.<sup>(9)</sup>

Na parte **B** apresentavam-se, além das informações fornecidas na etapa anterior, as seqüências de procedimentos determinantes dos resultados, bem como uma descrição do processo de obtenção de fotografias estroboscópicas.

Os itens do teste correspondem aos seguintes objetivos intermediários, sendo análogos às questões 16 e 20 do capítulo 4 do PEF: (a) determinar, em uma fotografia desse tipo, o intervalo de tempo entre duas imagens quaisquer; (b) dada a escala, calcular o valor da distância correspondente; (c) efetuar cálculos e analisar variações de velocidade para movimentos representados através dessa técnica.

### 5.3) Sujeitos

Os estudantes que realizaram os testes pertenciam a dois colégios da Capital de São Paulo, bastante distintos quanto ao nível sócio-econômico da clientela. Contou-se com um total de aproximadamente 150 alunos, divididos em seis turmas, freqüentando o 1º ou 2º ano do curso secundário e dispondo de três aulas de física semanais, no período diurno ou vespertino. Na época, esse alunos, que vinham seguindo o curso de mecânica do PEF, haviam completado praticamente todas as seqüências de objetivos comportamentais considerados na dissertação.

Os professores de física de ambas as escolas assemelhavam-se quanto à experiência no ensino de 2º grau, havendo participado da elaboração do Guia do Professor (PEF).

---

(8) Esses objetivos correspondem à questão 19 do capítulo 6 do PEF e texto relacionado.

(9) Objetivos referentes a questões e exercícios constantes do capítulo 5 do projeto.

#### 5.4) Análise das Respostas

A classificação das respostas foi realizada de acordo com padrões que permitiram concluir sobre o nível de conhecimento em que os objetivos intermediários foram atingidos. Os critérios utilizados para o estabelecimento desses padrões levaram em conta diversos fatores: (a) tipos de respostas mais freqüentemente apresentadas pelos alunos; (b) objetivos explicitados no Guia do Professor (PEF); (c) objetivos intermediários e finais identificados na análise do texto; (d) objetivos específicos e gerais justificando o tratamento das habilidades escolhidas, no curso secundário.<sup>(10)</sup>

A seguir, a título de exemplo, serão tecidos alguns comentários sobre os padrões de respostas considerados para os testes relativos à análise de uma fotografia estroboscópica.

As respostas sobre os cálculos de velocidades, referentes à parte inicial (A) do teste foram classificadas segundo a origem do erro, uma vez que no trabalho com fotografias estroboscópicas é necessário encontrar os valores do tempo e das distâncias reais. Na questão sobre variações de velocidade, consideraram-se justificativas baseadas na tabela de valores obtida, na fotografia e na força geradora do tipo de movimento representado.

A parte B desse teste compreende questões em número suficiente para uma análise detalhada das respostas, justificando a sua classificação em "certo" e "errado" somente.

#### 5.5) Resultados<sup>(11)</sup>

Serão a seguir apresentados, de maneira sucinta, os resultados alcançados pelos estudantes nos testes realizados. Com base nesses dados, extraíram-se conclusões a respeito do nível em que alguns objetivos intermediários ou finais foram atingidos pelos sujeitos da experiência. O trabalho limitou-se a conclusões de caráter geral, dispensando uma análise estatística detalhada.

##### (a) Medidas de uma grandeza física

As respostas mostraram que nenhum aluno efetuou várias medidas da largura da folha para apresentar o valor médio como resultado. O melhor desempenho nessa parte do teste foi apresentado pelos estudantes do colégio de

---

(10) Em apêndice, a dissertação relaciona esses padrões.

(11) Os resultados obtidos através da análise das respostas dos alunos de acordo com os padrões estabelecidos, são mostrados na dissertação, sob a forma de tabelas.

nível sócio-econômico mais elevado. Apesar disso, o índice máximo de acerto obtido em uma questão correspondeu a 67%.

Os resultados mostraram também que a informação introduzida na parte **B** teve maior importância para os alunos do estabelecimento acima mencionado, com índices em questões análogas passando de 44% (parte **A**) para 75% (parte **B**), enquanto no outro colégio a variação foi de 9% (parte **A**) para 37% (parte **B**). Entretanto, a questão relativa ao número de algarismos significativos da resposta apresentou reduzidos índices de acerto para os estudantes de ambos os colégios: 39% e 8% em ordem decrescente do nível sócio-econômico da escola.

Na mesma ordem anterior, as porcentagens de acerto em uma questão justificando a medida de dez folhas juntas como mais precisa para a determinação da espessura de uma folha, corresponderam a 94% e 59%, respectivamente.

Quanto ao conceito de precisão de uma medida, aproximadamente 50% dos alunos das duas escolas apresentaram entendimento em nível de aplicação, mostrando-se capazes de utilizar esse conhecimento em situações reais.

#### **(b) Calibração de um instrumento**

Na parte **A**, o teste relativo a esse objetivo resultou em porcentagens elevadas de respostas incorretas para os estudantes de ambos os colégios. Na segunda parte, **B**, houve um acréscimo nos índices de acerto - 10% para 67% e 11% para 44%, na ordem anteriormente mencionada - significando que a presença do material experimental representou importante estímulo aos alunos, nos dois estabelecimentos.

Na mesma ordem, as porcentagens de erro para a determinação da massa desconhecida foram 26% e 39%, e, para a calibração do instrumento, 6% e 27%, indicando ser questionável o entendimento deste conceito em nível de aplicação.

Quanto aos resultados da parte **C**, não diferem significativamente daqueles acima apresentados, sendo que, ainda, algumas reduzidas porcentagens de acerto correspondem a falhas do programa, pela ausência de atividades exigindo do aluno respostas específicas relativamente aos conteúdos envolvidos.

#### **(c) Análise de uma fotografia estroboscópica**

Aqui também os alunos da escola de nível sócio-econômico mais elevado apresentaram, em termos gerais, desempenho superior. Na mesma ordem anteriormente considerada, os índices de acerto foram 80% e 21% para os cálculos de velocidades e 44% e 45% para a análise das variações de velocidade, sendo que

este último resultado, no que se refere aos alunos de melhor desempenho em termos globais, levou à identificação de uma falha no enunciado da questão.

## Capítulo 6- Conclusões

A metodologia utilizada mostrou-se capaz de evidenciar falhas no sistema, através da análise das respostas dos alunos a uma seqüência de questões correspondentes aos objetivos intermediários extraídos do encadeamento do programa.

Além disso, o trabalho demonstrou que a descrição detalhada das características do comportamento que se pretende desenvolver é fundamental para a construção de uma seqüência desse tipo. Da mesma forma, o conhecimento profundo dos conceitos envolvidos em um objetivo final, assim como uma descrição minuciosa de suas características, mostraram-se essenciais à clareza na especificação dos objetivos intermediários e à escolha de atividades adequadas.

A diferença entre os resultados obtidos nos dois colégios indicou claramente que a aprendizagem não depende somente da qualidade do programa: o nível sócio-econômico dos alunos, a natureza da escola e o desempenho do professor são fatores importantes a serem considerados na utilização de um sistema instrucional.

Em consequência, foi possível perceber as grandes limitações de um projeto que pretenda ser independente da presença de um professor com profundo conhecimento do programa, sua metodologia e objetivos, e que acompanhe o trabalho dos alunos.

A análise de resultados dos testes mostrou que a resposta dada a uma questão pode levar a conclusões errôneas sobre os resultados da aprendizagem, dependendo do contexto em que estiver inserida, cabendo ao professor as decisões importantes relativas a resultados não previstos, dependentes das particularidades de cada grupo de alunos.

Os sistemas de instrução na forma de ensino programado permitem organizar o conteúdo a ser ministrado de modo a levar aos objetivos desejados; não devem ser vistos como solução para os problemas do ensino e nem como limitadores da criatividade e do desenvolvimento individual. Garantem um mínimo de conteúdo a ser aprendido e, contando com a orientação de bons professores, poderão apresentar melhores resultados.

# **A Transferência de Aprendizagem como Objetivo Explícito de Currículos**

## **Um Curso de Eletricidade Visando à Transferência de Aprendizagem.**

**Plínio Ugo Meneghini dos Santos<sup>(\*)</sup>**

### **Introdução:**

O objetivo do trabalho está centrado na verificação da ocorrência de transferência de aprendizagem, e das condições que a determinam. O termo transferência deverá ser aqui entendido como a utilização de conhecimentos já adquiridos, em contextos distintos daquele em que se deu o aprendizado.

A dissertação compreende quatro partes. A primeira propõe a discussão das idéias envolvidas no conceito de transferência, bem como dos mecanismos necessários para que esta ocorra. A segunda apresenta o "Projeto de Ciências para Adultos Recém-Alfabetizados", referente ao ensino de eletricidade e educação sanitária, nesse nível. A terceira parte trata da verificação da ocorrência de transferência relativamente à unidade de eletricidade do mencionado projeto, e a quarta discute as possibilidades de generalização dos resultados obtidos.

### **Capítulo 1- O objetivo "Transferência de Aprendizagem"<sup>(1)</sup>**

#### **1.1- Transferência de Aprendizagem**

O autor introduz o seu ponto de vista sobre transferência de aprendizagem através do tratamento de um problema de física, que será apresentado a seguir.

A um aluno que haja anteriormente aprendido elementos de geometria analítica, bem como realizado alguns experimentos de física, mostra-se a representação gráfica de pares ordenados  $(v,i)$ , obtidos através de resultados experimentais, onde  $i$  corresponde à intensidade de corrente elétrica que atravessa um condutor e  $v$  representa a tensão aplicada, sendo  $i$  e  $v$  medidas em ampéres (A) e volts (V), respectivamente. Propõe-se ao estudante determinar graficamente o

---

(\*) Orientador: Ernst Wolfgang Hamburger. Dissertação aprovada em 28/4/1977.

(1) Na dissertação, esse capítulo tem início com uma apresentação do conceito de transferência segundo diferentes correntes psicológicas - a teoria dos elementos idênticos de Thorndike e Woodworth, a teoria da generalização de C.H. Judd, a posição de Kohler e a teoria gestáltica, a teoria skinneriana e outras posições modernas.

valor de  $x$  para um dado valor de  $y$  que não corresponde a um dos pontos experimentais.

Assume-se a hipótese de que o aluno é capaz de entender o enunciado do problema, desenvolvendo para resolvê-lo os seguintes passos: (a) perceber que, estando os pontos alinhados, suas coordenadas relacionam-se entre si de acordo com a equação da reta que os une e portanto cada novo par ordenado obedece a essa equação; (b) supor que as coordenadas de pontos situados entre os pontos dados possuem idênticas propriedades, pertencendo à mesma reta; (c) traçar a reta, efetuando uma interpolação para obter o valor desejado.

Ocorre, nesse caso, transferência de aprendizagem, na medida em que o aluno utiliza conhecimentos de geometria para resolver o problema de física.

Na opinião do autor, múltiplos aspectos defendidos pelas diferentes teorias psicológicas estão presentes, devendo-se entender o fenômeno de transferência como um processo mental que permite a execução de tarefas novas através da utilização de conhecimentos anteriores e de diversas operações mentais como generalização, análise, síntese, identificação de relações, identidades, padrões e esquemas.

Fica excluído o caso em que a execução de uma tarefa B depende apenas da memorização de uma tarefa A, ocorrendo nessa situação uma simples aplicação. Assim, se o aluno memoriza uma fórmula e usa-a mecanicamente na solução de problemas, caracteriza-se uma aplicação<sup>(2)</sup>, mas se utiliza as leis básicas aprendidas, ao definir estratégias para a solução de problemas, estará havendo transferência de aprendizagem.

Embora a diferença entre os conceitos acima mencionados possa, em certos casos, tornar-se tão sutil a ponto de não ser possível uma distinção entre ambos, é importante notar que aqui se definem duas tendências no ensino, em particular na área de Ciências. Uma dessas correntes caracteriza-se pela formação de aplicadores, treinando os estudantes a realizarem determinadas tarefas, sem a preocupação de desenvolver o senso crítico necessário a uma formação mais completa. A outra, contrariamente, dedica-se a formar os alunos para que possam utilizar plenamente suas capacidades mentais, tornando-se capazes não só de resolverem problemas de física como também de transferirem conhecimentos para outras áreas, criando, realizando previsões, extrapolações, etc.

---

(2) Convém esclarecer que essa definição tem significado diferente daquele atribuído por Bloom à categoria "Aplicação", em sua Taxonomia de Objetivos Educacionais. Para esse autor, a categoria mencionada engloba o significado proposto no presente trabalho para o termo transferência de aprendizagem.

### 1.2- A Transferência como Objetivo Explícito de um Currículo

A expressão "objetivo explícito" não implica que este deva necessariamente ser especificado de maneira operacional. Embora esse procedimento seja conveniente e possível quando bem conhecidas as situações para as quais se deseja que o aluno realize transferência, esta deve constituir em si mesma um objetivo, pelas razões a seguir enumeradas: (a) torna necessária uma definição clara dos recursos e métodos requeridos para que o fenômeno ocorra e (b) permite a inclusão do conceito de transferência como um dos temas a serem pesquisados na avaliação do currículo.

Um currículo bem elaborado deve não apenas explicitar seus objetivos como também sugerir os recursos e metodologias convenientes para que eles sejam alcançados. Introduzindo-se a transferência de aprendizagem como um desses objetivos, deve-se necessariamente definir formas de obter a sua ocorrência, e não simplesmente esperar que se realize.

Seja, por exemplo, o caso dos chamados cursos básicos que, conforme o nome indica, deveriam servir como fonte de subsídios para situações de aplicação e transferência posteriores. A busca desse objetivo geralmente não se dá de maneira sistemática porque, na elaboração de currículos não há, em geral, preocupação especial em definir os caminhos que levem ao alvo; apenas espera-se que a transferência ocorra.

Para modificar essa situação tornam-se necessárias duas providências básicas: (a) que os responsáveis pela elaboração de currículos passem a introduzir a transferência como um objetivo explícito, incentivando os professores a pesquisarem os recursos que ofereçam as maiores possibilidades de alcançá-lo; e (b) que na avaliação de currículos seja dedicada especial atenção a esse aspecto, buscando-se indicações que permitam eventuais reformulações ou mesmo a criação de novos currículos, mais adaptados às exigências que dizem respeito à transferência de aprendizagem.

### 1.3. A Elaboração de um Currículo Visando à Transferência

A fim de que o fenômeno em estudo tenha lugar, é necessário inicialmente promover uma aprendizagem prévia, pois algum conhecimento deve ser adquirido para que possa realizar-se a sua transferência. Além disso, é preciso criar condições, através do uso de metodologia adequada, para a ocorrência de atividades mentais elaboradas.

O conteúdo para a aprendizagem prévia deve ser escolhido de forma a provocar uma atitude positiva por parte do estudante, a quem é necessário que o assunto apresente relevância, relacionando-se a seus interesses do dia-a-dia. Deverá também envolver temas que possibilitem a ocorrência de generalizações.

As estratégias instrucionais utilizadas devem promover a realização de análises, abstrações e generalizações, e a percepção de relações, semelhanças, padrões, esquemas, etc, através de atividades desenvolvidas pelo próprio educando. Essas atividades poderão corresponder a: (a) realização de leituras; (b) críticas de conclusões, soluções e resultados; (c) discussões e debates; (d) seminários; (e) realização de experimentos; (f) desenvolvimento de projetos; (g) utilização de recursos áudio-visuais; (h) descrição de fenômenos ou objetos, experimentos, conclusões, etc; (i) estudo em grupo.

## **Capítulo 2- Um Curso de Ciências para Adultos Recém-Alfabetizados Visando à Transferência de Aprendizagem.**

### **2.1. Escolha do Conteúdo**

O autor da dissertação participou da equipe do projeto de ciências elaborado pela Fundação Brasileira para o Desenvolvimento do Ensino de Ciências (FUNBEC), destinado a alunos recém-egressos do Curso de Educação Integrada<sup>(3)</sup> oferecido pelo Movimento Brasileiro de Alfabetização (MOBRAL).

Esse projeto deveria permitir a transferência de seu conteúdo para a vida fora da escola. Assim, os temas foram selecionados de acordo com os seguintes critérios: (a) relação com situações da vivência cotidiana do estudante; (b) interesse para a maioria da clientela, independentemente de suas condições sócio-econômicas; (c) caráter motivacional, no sentido de levar o educando a desenvolver esforços na aprendizagem; (d) facilidade de aplicação.

### **2.2. Escolha da Metodologia**

Adotou-se uma metodologia baseada em atividades centradas nos estudantes, utilizando técnicas de trabalho em grupo e discussões, através do uso de textos e material experimental. Esse esquema possuía a vantagem adicional de apresentar baixo nível de dependência em relação ao aplicador.

---

(3) Correspondendo a um curso primário compacto com cerca de dez meses de duração, havia atendido, em 1972, em torno de 820.000 alunos em aproximadamente 2.300 municípios. A clientela era essencialmente urbana, na faixa etária de 15 a 35 anos.

Também se procurou criar oportunidades para a realização de atividades concretas, através da utilização de materiais experimentais como fios, pilhas, lâmpadas, microscópio, etc. Objetivando-se a atingir o estágio de generalização, essas atividades foram graduadas na seqüência de conteúdos mais simples e conhecidos para os mais complexos e desconhecidos. Nesse estágio, o educando terá incorporado ao seu patrimônio cultural, algumas noções científicas e técnicas que lhe permitirão realizar transferências.

### 2.3. Objetivos

Serão, a seguir, enumerados os objetivos gerais do projeto: (a) apresentar a ciência como parte integrante da vida diária, ampliando as possibilidades de atuação efetiva do educando junto à sua comunidade; (b) promover a evolução da autoconfiança no aluno através de suas realizações no transcorrer do curso, bem como favorecer a revelação de aptidões ignoradas; (c) desenvolver hábitos de leitura, cooperação, discussão, organização, etc; (d) estabelecer condições que possibilitem a transferência de aprendizagem.

### 2.4. Características

Para um teste preliminar, o programa que inicialmente deveria abranger quatro áreas distintas - física, química, biologia e geociências - reduziu-se a duas unidades - "Eletricidade", sobre problemas concernentes à elaboração e consertos da instalação elétrica de uma casa simples, e "Você e a sua Saúde", relacionada ao problema de verminoses e à conscientização quanto às necessidades básicas de assistência e cuidados sanitários.

Os materiais relativos ao projeto preliminar compreenderam um texto para o aluno ("Caderno de Ciências"), um guia para o professor ("Livro do Professor") e uma caixa com material experimental<sup>(4)</sup>.

Em respeito às características da clientela, dedicaram-se cuidados especiais à linguagem, vocabulário e programação visual. As frases são curtas e, sempre que possível, construídas em ordem direta. Os "tipos" utilizados na impressão possuem tamanho e formato convenientes, levando em conta problemas de iluminação das classes, uma vez que os cursos foram ministrados no período noturno, e considerando o fato de muitos estudantes apresentarem deficiências visuais.

O livro-texto compõe-se de 22 Atividades, sendo 9 de eletricidade e 13 de educação sanitária, cada qual compreendendo: (a) motivação inicial; (b) indicações

(4) A dissertação apresenta, em fotografias e anexos, informações sobre esses materiais.

das tarefas a serem realizadas; (c) texto para leitura; (d) finalização; (e) exercícios adicionais.

O livro do professor caracteriza-se por apresentar linguagem simples e indicações sucintas e objetivas. Traz informações e justificativas sobre a metodologia utilizada, o conteúdo das atividades e apresenta os objetivos gerais da unidade de eletricidade. Indica também a relação de cada tópico com o texto gerador constante do guia do professor do curso de Educação Integrada, no intuito de: (a) motivar os alunos para o estudo do tema escolhido, promovendo o intercâmbio de experiências entre os mesmos; (b) permitir o enriquecimento de seu vocabulário e (c) efetuar uma preparação para a nova dinâmica de aprendizagem. Finalmente, para cada atividade do programa, apresenta a duração prevista, os objetivos específicos e as respostas às questões e exercícios, assim como sugestões para debates e informações gerais a respeito de possíveis problemas durante a realização da parte experimental, bem como indicações sobre a forma de solucioná-los.

O material para experiências tem como características básicas: auto-suficiência, fácil manuseio, caráter permanente, baixo custo e dimensões apropriadas ao uso em salas de aulas comuns.

Durante a elaboração do projeto foram realizados testes parciais que forneceram elementos para uma primeira revisão do material. Após a avaliação completa do sistema, seria feita uma revisão mais apurada, porém, embora tenha sido iniciada, esta não pode ser concluída.

A unidade de eletricidade compreende oito atividades<sup>(5)</sup> e uma estória em quadrinhos<sup>(6)</sup>, com os objetivos respectivos a seguir especificados: 1) "Vamos Acender uma lâmpada"- apresentar os conceitos de circuito elétrico aberto ou fechado. 2) "Vamos ver o que deixa passar corrente elétrica"- desenvolver os conceitos de condutores e isolantes elétricos; indicar alguns cuidados necessários no trato com materiais elétricos; 3) "Vamos apagar a lâmpada" - indicar a maneira mais prática e segura de apagar uma lâmpada; fornecer elementos para a ligação do circuito constituído por interruptor, lâmpada e pilha; 4) "Vamos fazer uma lâmpada brilhar mais" - associar o brilho da lâmpada à quantidade de energia elétrica recebida pela mesma; mostrar que a ligação de pilhas em série fornece mais energia; 5) "Vamos acender duas lâmpadas" - apresentar as ligações em série e paralelo; 6) "Vamos ver se duas lâmpadas brilham mais em série ou em paralelo" -

(5) Com duração estimada de meia hora a duas horas cada uma.

(6) A dissertação apresenta uma amostra desta estória.

estudar as vantagens e desvantagens desses dois tipos de ligação; 7) "Vamos começar uma instalação elétrica" - indicar a importância da chave geral e fornecer elementos para a instalação de uma casa simulada; 8) "Vamos terminar a instalação elétrica da casa" - oferecer condições para a instalação do interruptor na casa simulada, sugerindo a relação com partes da instalação de uma casa real; 9) "Os consertos do seu João" (estória em quadrinhos) - ressaltar os perigos de uma instalação mal feita e os cuidados a serem tomados ao se manipular uma instalação elétrica real.

**Capítulo 3- Avaliação da Unidade de Eletricidade do projeto MOBRAL/FUNBEC quanto a um Aspecto da Transferência de Aprendizagem.**

### **3.1. Descrição do Método e Apresentação de Resultados**

A avaliação, de caráter predominantemente formativo, partiu da seguinte hipótese: "Um curso para adultos recém-alfabetizados, utilizando os materiais constantes da unidade de Eletricidade do Projeto de Ciências MOBRAL/FUNBEC, cria condições para a ocorrência de transferência de aprendizagem para a vida fora da escola".

Foram efetuadas duas avaliações concomitantes, uma correspondente a um esquema de pré e pós-teste, cujo confronto de resultados indicou o nível de aproveitamento dos alunos em sala de aula e a outra, relacionada à medida de transferência em si, constando de duas entrevistas, uma realizada antes do curso e outra após o seu término<sup>(7)</sup>.

Na entrevista inicial, colheram-se informações quanto aos conhecimentos dos educandos sobre a parte elétrica de uma casa, e suas experiências anteriores relacionadas com a instalação e consertos.

Na segunda entrevista, os alunos foram solicitados a desenvolver tarefas necessárias à instalação de uma casa verdadeira, especialmente montada no pátio da escola, com a utilização de materiais próprios para instalações residenciais. Além disso, o estudante deveria também localizar e consertar defeitos previamente introduzidos pelo aplicador.

Foram sujeitos da experiência 53 alunos pertencentes a duas classes do Curso de Educação Integrada do Mobral, em escolas próximas à Cidade Universitária. A coleta de dados efetuou-se em julho e agosto de 1975, de segunda a sexta-feira, no período noturno. A idade média dos estudantes situava-se em torno

---

(7) Na pesquisa de campo, o autor contou com o auxílio de L.M. Mantovani.

de 22 anos, sendo 58% do sexo feminino, 80% solteiros e 95% provenientes do interior e de outros Estados; 88% estavam empregados e todos residiam em casas com eletricidade, mas alguns haviam chegado recentemente do interior, onde não dispunham de energia elétrica.

O projeto deveria ser auto-instrutivo, sem contudo dispensar o professor cuja presença era importante para organizar o trabalho da classe, promover e coordenar debates, receber e divulgar idéias e soluções. Assim, fez-se necessário oferecer um treinamento aos professores (monitores do Mobral), pois estes demonstravam alguma insegurança em relação ao uso do projeto, por tratar-se de metodologia, assunto e material experimental novos para eles.

Esse treinamento, com duração aproximada de três horas e desenvolvido quatro dias antes da aplicação do programa, consistiu na realização, pelos professores, de quatro atividades do "Caderno de Ciências" consideradas importantes - 1ª, 3ª, 5ª, 7ª. Também se discutiu a metodologia e a melhor forma de utilização do "Livro do Professor".

Serão, a seguir, descritas, em forma breve, as diversas etapas relativas à aplicação do programa.

### Entrevista Inicial

Para que o resultado da entrevista inicial tivesse fidedignidade, efetuou-se um trabalho preliminar de socialização, conversando-se informalmente com os alunos sobre assuntos gerais e também a respeito do material que iriam utilizar em seguida e esclarecendo-se que não tratava de um teste, sendo imprescindível a absoluta sinceridade em suas respostas.

As entrevistas, individuais, foram realizadas todas em um mesmo dia, durante o horário normal de aulas. Para padronização, utilizou-se um roteiro impresso compreendendo três partes: **A-** questões pessoais (idade, sexo, estado civil, procedência); **B-** sondagem em relação a possíveis experiências anteriores do aluno, em eletricidade, no seu trabalho; e **C-** questões específicas, relacionadas principalmente à identificação de peças elétricas, seu funcionamento e instalação. A pedido, cada aluno não comentava sobre os assuntos abordados com os demais colegas ainda não entrevistados.

Assim, a entrevista inicial forneceu indicações sobre a capacidade apresentada pelo aluno, antes de ingressar no programa, quanto à instalação elétrica de uma casa. Considerou-se também que a influência dessa etapa sobre os resultados finais, em termos de transferência, foram desprezíveis.

Os resultados colhidos, que na dissertação são apresentados sob a forma de tabelas, mostraram que: 98% dos estudantes não faziam anteriormente serviços afins, 97% nunca haviam trabalhado com eletricidade, 70% nunca tinham consertado ferro de passar, chuveiro, tomada ou interruptor, 85% nunca tentaram reparar outros aparelhos elétricos, 92% não haviam realizado consertos em quaisquer partes da instalação elétrica e 91% não saberiam instalar nenhuma das peças apresentadas.

Em conclusão, os resultados da entrevista sugeriram que, se antes de ingressarem no curso os estudantes fossem colocados frente ao problema de executar a instalação elétrica de uma casa, cerca de 90% não teriam condições de resolvê-lo.

### O Pré-Teste

No mesmo dia da entrevista inicial, aplicou-se o pré-teste, com duração de uma hora e meia, compreendendo 20 questões, 12 na forma de itens de múltipla escolha e 8 na forma de frases com espaços em branco para serem preenchidos. Antes de sua realização, esclareceu-se aos alunos que deveriam responder às questões somente quando julgassem saber a resposta correta, e os resultados que serão adiante indicados levaram a crer que eles assim procederam.

Os itens dos testes foram elaborados com a preocupação de impedir que as respostas fossem dificultadas por deficiências em leitura ou inexperiência na realização de testes. Abrangeram todos os pontos importantes do programa, tendo por base os objetivos especificados operacionalmente passo a passo.

As respostas foram analisadas de acordo com a seguinte classificação: **A**- certa; **E**- errada; **D**- correta, mas com utilização de vocabulário diferente; **N**- não respondeu.

Os resultados obtidos, apresentados na dissertação em forma de tabelas e histogramas, indicaram porcentagem média de acerto entre 40 e 45% do total de questões. Em parte, esse índice aparentemente elevado pode ser atribuído ao fato de que os estudantes eram pessoas adultas - a sua experiência de vida fez com que pudessem ter respondido corretamente a algumas questões do teste, o que possivelmente não ocorreria com alunos de menor vivência.

Houve também elevado número de respostas "N", sugerindo que os alunos não responderam às questões sem a necessária convicção quanto às respostas.

### Aplicação do Programa

Embora tenha havido uma redução no tempo inicialmente previsto para a aplicação do programa, com possíveis implicações no aproveitamento e particularmente na retenção, o andamento do curso foi normal, com os alunos demonstrando bastante entusiasmo, principalmente em relação ao uso do conjunto experimental.

Os estudantes trabalharam em grupos de dois ou três para cada caixa de material experimental, porém todos possuíam o "Caderno de Ciências". Segundo observações dos monitores, durante a realização da experiência notou-se sensível aumento na frequência dos alunos às aulas, assim como maior obediência aos horários de entrada e saída.

Inicialmente surgiram alguns problemas, causados principalmente pela total falta de experiência dos estudantes em realizar tarefas práticas apenas com base em instruções escritas. Observou-se que alguns não liam as instruções e tentavam, em geral sem sucesso, efetuar as montagens apenas baseando-se nas figuras. Porém, após receberem a orientação de recomeçar o processo, lendo o texto e seguindo as instruções, a falha era sanada e raramente o problema se repetiu com o mesmo grupo.

Em virtude da intensidade e frequência das interações entre as diversas equipes, não foram constatadas defasagens significativas nas velocidades de trabalho dos alunos. Muitos estudantes pronunciaram-se espontaneamente em relação ao material utilizado, sempre de forma bastante favorável, inclusive lamentando que o curso tenha se restringido à eletricidade, deixando de lado a parte de educação sanitária.

### O Pós-Teste

Aplicado logo após o término do programa, o pós-teste compreendeu o mesmo conjunto de itens utilizado no pré-teste, cabendo ressaltar que a maioria dos estudantes não pareceu capaz de reconhecer esse fato. O critério adotado para a correção também foi mantido, do pré para o pós-teste.

Os resultados, apresentados na dissertação sob a forma de tabelas e histogramas, indicaram um sensível decréscimo do número de respostas "N" e "E", acompanhado por um aumento de respostas "A". O índice médio de acerto nessa etapa foi cerca de 75% do total de questões.

## Entrevista Final

Com início logo após o término do programa de eletricidade, as entrevistas foram realizadas fora de sala de aula, de maneira a não interferirem no andamento normal do Curso de Educação Integrada. Tinham duração média de 15 minutos por aluno e solicitava-se a cada um não tecer comentários a respeito da entrevista com os demais colegas ainda não entrevistados.

Os instrumentos utilizados nessa etapa final consistiram em um modelo de casa de tamanho quase normal e um roteiro de observação.

As casas, facilmente desmontáveis, foram construídas com cantoneiras de ferro e paredes de compensado naval, presas à armação através de parafusos com porcas, dispensando qualquer elaboração de estrutura de assentamento. Possuíam dois cômodos com área da ordem de 2,5 m<sup>2</sup> cada um. Não havia telhado, mas parte de sua estrutura de madeira foi colocada para ser utilizada como suporte dos fios que constituíam as linhas de distribuição de energia elétrica. A altura máxima das casas era de aproximadamente 2 metros, permitindo a qualquer pessoa trabalhar nas vigas do telhado sem o uso de escada. O abastecimento de energia elétrica era feito pela rede normal da rua (110 Volts), através de uma tomada da própria escola<sup>(8)</sup>. Para prevenir qualquer acidente, foi instalada uma chave de segurança.

O roteiro de observação<sup>(9)</sup>, de uso exclusivo do entrevistador, constava de 7 itens. No primeiro, correspondente à identificação de peças, o entrevistador anotava se o aluno conhecia os seus nomes e dava indicações de sua utilização. Os itens de nº 2 a 6 correspondiam a conjuntos de tarefas a serem desempenhadas pelos estudantes ao efetuarem a ligação das respectivas partes da instalação elétrica. O item nº 7 procurava verificar se o aluno era capaz de perceber defeitos na instalação, previamente introduzidos pelo entrevistador: lâmpada queimada, fusível queimado ou mal ajustado, fios ligados de forma incorreta.

O procedimento dos alunos frente a essas tarefas foi analisado de acordo com a seguinte classificação: executou(S), não executou (N) e executou parcialmente (P).

Os resultados obtidos, apresentados na dissertação em forma de tabelas, mostraram que: (a) 85% dos estudantes desempenharam as tarefas satisfatoriamente, 45% dentre estes, com total perfeição; (b) 10% apresentaram desempenho parcial; (c) 5% dos alunos não executaram as tarefas solicitadas; (d) 10% mostraram-se muito nervosos, tímidos ou medrosos; (e) 15% dos alunos não

---

(8) A dissertação mostra uma planta dessa casa.

(9) Apresentado no trabalho, em anexo final.

lembraram o nome de alguma peça; (f) apenas 3% das peças apresentadas não foram identificadas, geralmente incluindo-se aqui o fusível.

Em síntese, verificou-se que após a realização do curso e frente ao problema de instalar eletricamente uma casa, 85% dos estudantes foram capazes de executar com sucesso os passos necessários.

### 3.2. Conclusões Gerais

Durante a realização dos testes percebeu-se que os estudantes encontraram algumas dificuldades, causadas por suas deficiências em leitura, bem como pela falta de experiência nesse tipo de atividade. Apesar disso, do pré para o pós-teste houve um aumento de 42% para 75% na frequência média de acertos, tudo levando a crer que o fato atribuiu-se ao curso ministrado.

Além disso, as observações pessoais do autor quanto aos diversos grupos de estudantes indicaram um nível de aprendizagem mais elevado que aquele sugerido pela simples análise dos testes, mostrando a conveniência de se elaborarem outros tipos de avaliação para esses alunos.

Assim, concluiu-se que a maior parte dos estudantes alcançaram os objetivos estabelecidos. Porém, o fato de que aproximadamente 28% não atingiram o aproveitamento mínimo indicou a existência de problemas relacionados principalmente à rapidez do curso, falhas encontradas nos materiais do projeto<sup>(10)</sup> e a falta de hábito dos estudantes, ao início do processo, com a metodologia ativa.

Quanto a transferência de aprendizagem, comparando-se os resultados das duas entrevistas observou-se um significativo aumento da capacidade dos alunos com respeito à instalação elétrica de uma casa. Se na fase inicial 90% não eram capazes de instalar uma tomada, ao final realizaram mais do que isso, trabalhando com chave geral, linha mestra, lâmpada com interruptor etc. Houve, nesse caso, transferência lateral, isto é, de uma situação para outra em que o nível de complexidade das tarefas envolvidas foi aproximadamente o mesmo, diferindo apenas quanto à escala e aspecto das materiais utilizados.

Relativamente à descoberta de defeitos na instalação elétrica, não houve um treino específico do assunto, exigindo-se um trabalho de análise de todo o circuito e ainda a percepção de relações entre causas e efeitos. Ocorreu aqui, portanto, transferência vertical, embora em um nível elementar, pois os alunos utilizaram conhecimentos adquiridos no curso, para a realização de tarefas de maior complexidade.

(10) Em apêndice, a dissertação discute algumas dessas falhas.

Assim, em síntese, concluiu-se que o material referente à unidade de Eletricidade do Projeto de Ciências MOBREAL/FUNBEC, aplicado nas condições descritas na experiência, possibilitou a ocorrência de transferência de aprendizagem, confirmando a hipótese inicial apresentada à página 10 deste resumo.

### 3.3. Considerações Finais

Quanto à generalização das hipóteses assumidas e resultados apresentados no trabalho, os seguintes aspectos deverão ser ressaltados:

Com vistas à verificação de transferência de aprendizagem relativamente a um curso de ciências para adultos recém-alfabetizados, consideraram-se duas hipóteses: (1) que o conteúdo escolhido fosse relevante para os estudantes, relacionando-se aos seus interesses diários, e (2) que os temas abordados favorecessem a ocorrência de processos de generalização. A dissertação sugere, como seu prolongamento, novos testes dessas hipóteses através de pesquisas com populações, níveis de ensino e conteúdos diversos daqueles ora considerados.

Embora o trabalho tenha ficado circunscrito a uma amostra reduzida da população atingida pelo Programa de Educação Integrada do MOBREAL, suas diretrizes e resultados podem estender-se a âmbitos muito maiores, para esse tipo de clientela, na medida em que estabelecem condições para a obtenção de aprendizagem, desde os critérios para a escolha dos conteúdos até as formas de apresentação dos mesmos.

## **"Produção, Utilização e Avaliação de Filmes Didáticos de Física"**

Mikiya Muramatsu(\*)

### **Capítulo 1 - Produção de filmes didáticos de Física na USP**

#### **1. Retrospecto Histórico**

A criação do curso básico de Física em 1970 acarretou ao Instituto de Física (IFUSP) a responsabilidade de ministrar cursos para um grande número de alunos de diferentes carreiras (física, engenharia etc.), sem que houvesse o correspondente aumento do número de professores qualificados. Além disso, os métodos de ensino utilizados não sofreram mudanças substanciais em face da nova situação. No mesmo ano, teve lugar o 1º Simpósio Nacional de Ensino de Física, ocasião em que se analisou o nível de qualidade do ensino universitário oferecido então.

Em 1969/1970 houve a criação, no IFUSP, de cursos de especialização em ensino de física. Nessa época, era evidente a necessidade de melhoria na qualidade de ensino, em todos os níveis. Formou-se, então, um dos primeiros grupos de pesquisa nessa área, constituído de professores secundários e universitários, envolvidos na realização de diversos projetos para o ensino de física e nos cursos de especialização acima mencionados.

Dentro desse contexto surgiu, em 1971, o grupo de desenvolvimento de filmes didáticos, tendo como metas iniciais a pesquisa em ensino de física e a elaboração de materiais instrucionais para o curso universitário básico. Cabe ressaltar, na formação desse grupo, a importância de dois fatores: (a) o interesse do Departamento de Cinema da Escola de Comunicações e Artes (ECA-USP) em colaborar com o IFUSP na produção de filmes didáticos e (b) a possibilidade de o Prof. A.V.Baez<sup>(1)</sup>, especialista na área, vir a São Paulo para orientar a equipe<sup>(2)</sup> no início das atividades.

---

(\*) Orientador: Ernst Wolfgang Hamburger. Dissertação aprovada em 24/05/1977.

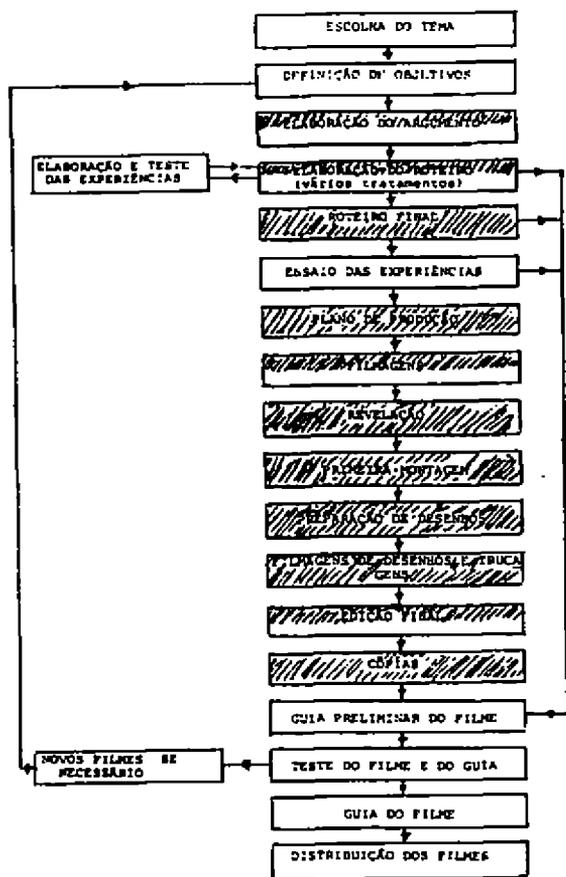
(1) Baez trabalhou na elaboração de filmes para o projeto americano "Physical Science Study Committee" (PSSC), a Enciclopédia Britânica e o "Projeto Piloto da Unesco para o Ensino de Física", desenvolvido no Brasil de 1963 a 1964, quando esteve no país como Diretor da Divisão de Ensino da Unesco.

(2) Participantes: (a) IFUSP - E.W.Hamburger (Coordenador), H.V.Capelato, M.R.Robilotta, J.Zanetic, O.Dietzsch, V.L.L.Souza, J.A.Guillaumon Filho, M.Muramatsu (bolsista da FAPESP); (b) ECA-USP - M.G.Tassara (Diretor do filme), E. Tassara, C.A.Cali, G.Lisboa, B.O.Oliveira.

Através de convênio firmado entre as duas instituições e com a utilização do equipamento cinematográfico da ECA-USP, foram realizadas três séries de filmes, entre 1971 e 1974.

## 1.2. Etapas da Produção de Filmes Didáticos na USP

A figura 1 apresenta, em diagrama de blocos, as diversas etapas relativas à produção de um filme didático, desde a escolha do tema até a distribuição. Alguns quadros estão hachurados, indicando funções do grupo de cinema enquanto outros, em branco, correspondem a funções do grupo de físicos. Finalmente, os quadros hachurados apenas em parte representam atividades desenvolvidas em conjunto pelos dois grupos.



A seguir, serão comentadas algumas etapas da produção de filmes pelo grupo:

#### **(a) Escolha do Tema**

A escolha do tema "Centro de Massa" baseou-se em sugestões de professores do curso básico, pois era opinião geral que os alunos do 1o. ano da universidade apresentavam dificuldade em aprender esse conceito abstrato. Por outro lado, o cinema constitui um meio eficiente para o seu estudo, pois através de imagens torna-se mais fácil "visualizar" as propriedades envolvidas.

Decidiu-se produzir inicialmente uma série de filmes abordando os aspectos mais importantes do conceito: definição e construção do vetor posição do centro de massa, movimento do centro de massa de sistemas rígidos e de sistemas não rígidos, com resultante de forças externas nula ou diferente de zero.

Não foram encontrados, na época, filmes já realizados sobre esse tema. Mais tarde, verificou-se a existência de um filme de D.Kutiroff (New Brunswick, EUA), distribuído por "The Ealing Corporation", denominado "Center of Mass".<sup>(3)</sup>

#### **(b) Definição de Objetivos**

Essa etapa constituiu um passo crítico no trabalho, pois a estrutura de um filme didático depende de seus objetivos e argumento. Os físicos realizaram um levantamento bibliográfico dos textos mais utilizados em cursos básicos de 1º ano universitário no Brasil, concluindo que, de modo geral, os textos apresentam abordagens semelhantes, diferindo quanto à maior ou menor ênfase no assunto e a ordem de apresentação. A sequência é normalmente a seguinte: (a) definição de centro de massa; (b) cálculo do vetor posição do centro de massa e (c) teorema de movimento do centro de massa.

Ficou então estabelecido que o objetivo geral do projeto seria "analisar o movimento do centro de massa de um sistema de pontos materiais sob a ação de forças externas nulas ou constantes".

#### **(c) O Argumento**

O primeiro filme apresenta, a título de revisão, aplicações das leis de Newton, principal pré-requisito para a série. O segundo mostra como se constrói graficamente o vetor posição do centro de massa de sistemas de dois ou três corpos. O terceiro traz os mesmos experimentos apresentados no primeiro, porém, na

---

<sup>(3)</sup> De quatro minutos, menos completo que os filmes da série da USP.

presença de uma força externa resultante não nula. O quarto filme analisa o movimento do centro de massa de sistemas não rígidos, com ou sem influência de força resultante externa. Finalmente, os filmes nos. 5 e 6 generalizam o filme no. 4 para sistemas não ligados de partículas sob a ação de forças internas impulsivas.

**(d) Elaboração do Roteiro**

O diretor de filmagens desenhava inicialmente uma série de esboços, representando um plano para o filme ou espécie de "rascunho".

**(e) Elaboração do Plano de Produção e Filmagens**

Realizado conjuntamente pelos diretores do filme e de produção, esse plano referia-se basicamente à preparação do local das filmagens e aquisição de equipamentos.

O diretor de produção coordenou a execução do plano, enquanto ao diretor do filme coube planejar e supervisionar as atividades, decidindo quanto à enquadração, duração das tomadas e ordem das filmagens.

**(f) Revelação e Primeira Montagem**

Terminada a filmagem, iniciava-se a última etapa da produção, denominada **acabamento**. O material filmado era então revelado e submetido a um teste de qualidade. A partir desse material ("copião"), era feita a primeira montagem do filme, de acordo com as seguintes operações, pela ordem: (a) escolha da melhor tomada de cada plano, (b) armação do copião, (c) ajuste de cortes e (d) montagem de negativo.

**(g) Acabamento e Edição Final**

Paralelamente à primeira montagem do filme foram elaborados os desenhos e em seguida foi feita a filmagem. Os professores de física também participaram da edição final para garantia da exatidão dos conceitos apresentados.

**(h) Guias do Filme**

Cada guia compreende: título, pré-requisitos, objetivos e resumo do filme, conceitos e questões. Sua finalidade é orientar o professor na seleção de filmes e preparação de aulas, bem como o estudante, para uso individual.

### 1.3. Pessoal

O grupo de físicos dividiu-se em três subgrupos, com responsabilidades distintas: (a) grupo teórico - escolha do tema, discussão dos conceitos envolvidos, definição de objetivos, verificação da exatidão dos conceitos físicos na montagem final, elaboração do guia do filme; (b) grupo de roteiro - elaboração do primeiro tratamento do roteiro e verificação do tratamento final; (c) grupo experimental - elaboração, teste e ensaio das experiências e sua execução durante as filmagens.

Na parte de cinema, o diretor geral era assistido por estudantes que já possuíam experiência profissional nessa área, desempenhando as funções de diretor de fotografia, "cameraman", diretor de produção, assistente de produção, assistente de direção, montador e assistente de montagem.

### 1.4. Descrição da Parte Experimental

Os seis filmes da série "Centro de Massa" focalizam, conforme anteriormente assinalado, o movimento de corpos livres ou sujeitos a forças externas constantes. Para minimizar o atrito, foram utilizados "pucks" - discos metálicos circulares de espessura 1cm e diâmetro 10cm, com pequeno orifício no centro. Um cilindro oco de aço inoxidável, de altura 13cm e diâmetro 8cm, era soldado coaxialmente sobre o disco. No interior desse cilindro era introduzido um recipiente de isopor, preenchido com nitrogênio líquido, vedando-se hermeticamente a extremidade superior através de uma tampa metálica forrada com borracha.

Colocado no copo de isopor, o nitrogênio líquido (cujo ponto de fusão é - 195,8°C) evaporava-se rapidamente. O vapor contornava o recipiente e saía pelo orifício inferior no disco, formando assim um pequeno "colchão de ar" entre as superfícies do disco e da placa de vidro onde o primeiro iria deslizar. Assim, o atrito era praticamente nulo. O sistema funcionava satisfatoriamente durante cinco minutos; aproximadamente, tempo suficiente para a realização dos experimentos durante as filmagens. Depois, com a evaporação do nitrogênio líquido, o disco parava.

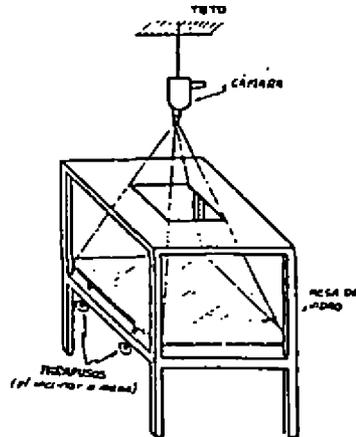
Os sistemas rígidos previstos nos roteiros dos dois primeiros filmes (CM1 e CM2) foram construídos ligando-se dois ou três discos através de barras rígidas. Já para a construção dos sistemas não rígidos, conectaram-se discos do mesmo tipo por meio de aros flexíveis (molas).

Esses sistemas deslizavam sobre uma placa de vidro de dimensões 1,5m x 2,5m x 10mm, apoiada em uma estrutura metálica horizontal. Sob a placa havia, a

cada 30cm, apoios ajustáveis para conservá-la em posição perfeitamente plana e horizontal, fator crítico na experiência.

Era possível também inclinar a placa como um todo, para as experiências onde atuava força externa resultante diferente de zero (filme CM3).

A maioria das tomadas foram realizadas de topo, sendo necessária a construção de uma ponte de madeira de altura 2,5m, suficientemente rígida para suportar o peso do operador, câmara, tripés etc. (v.fig.2)

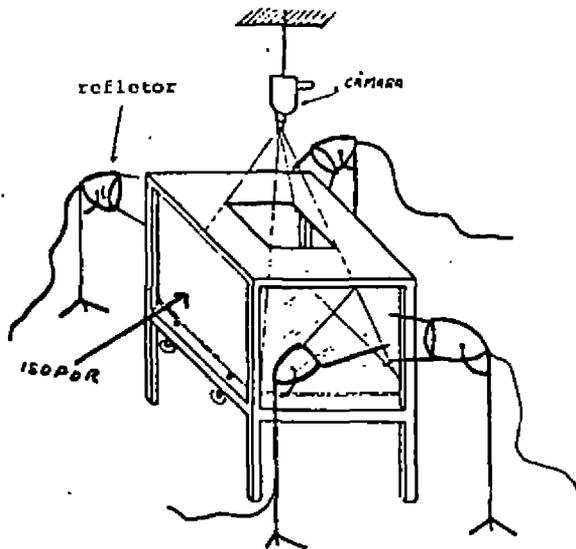


Esquema da filmagem

### 1.5. Equipamentos de Filmagem

Foram utilizados dois tipos de câmaras, com velocidade de 24 quadros por segundo, e quatro tipos de lentes, além dos equipamentos auxiliares.- fotômetro, tripés, baterias, refletores, filtros, objetiva.

A iluminação e a parte experimental, constituíram o ponto crítico das filmagens. Era necessário iluminar uniformemente uma área de 1,5 por 2,5m, e tanto os discos como a placa de vidro refletiam a luz. A solução encontrada foi introduzir lateralmente na estrutura de madeira rebatedores de luz (placas de isopor), controlando-se a luz difusa assim obtida pela posição dos refletores, em número de quatro, cada qual equipado com uma lâmpada de 1000 watts.



Escolheu-se o filme de 16mm devido ao seu menor custo. Todavia, nos planos em que se fazia necessária a trucagem, utilizou-se o formato 35mm, que oferecia maiores facilidades e recursos.

#### 1.6. Custos e Consequências

Considerando-se apenas os gastos explícitos, ou seja, relativos a "materiais de cena", processamento (revelação, cópia) e pessoal de cinema, o custo dos filmes produzidos pela USP, no período de 1971 a 1974, foi da ordem de Cz\$600,00 por minuto, na unidade monetária da época.<sup>(4)</sup> Esse cálculo inclui também o teste de filmes, treinamento de pessoal e a produção de um filme de 16mm, sonoro, denominado "Centro de Massa", com duração aproximada de 15 minutos, que foi arquivado por motivos técnicos. Naturalmente, esse valor aumentaria levando-se em

(4) Existem atualmente companhias de vídeo que barateiam e tornam mais rápida a preparação de um filme, já que diversos ensaios podem ser realizados e seus resultados são observados imediatamente, sem a espera da revelação ou o gasto com o filme.

ECAUSP, que possibilitou o empréstimo de equipamentos e a utilização de seus estúdios.

## Capítulo 2 - Utilização de Filmes Didáticos

Existe uma variedade de filmes de caráter educativo, de diversos tipos - ocupacional, industrial, técnico, científico, documentário etc., que podem ser utilizados para fins didáticos. Diferenciam-se, porém, do filme didático, diretamente relacionado ao currículo escolar, cujo uso envolve uma série de limitações e dificuldades:

- (a) Além de ser reduzido o número de filmes didáticos produzidos no Brasil, inexistem esquemas adequados para a sua divulgação e distribuição.
- (b) O uso de filmes nas escolas requer a existência de certas condições especiais: salas que possam ser escurecidas, telas e tomadas elétricas. Além disso, a manutenção dos equipamentos de projeção é difícil e dispendiosa.
- (c) A apresentação de filmes exige prática do professor em montagem e operação do equipamento de projeção. Aparentemente, existe uma certa barreira psicológica na maioria dos professores em operar equipamentos elétricos, mesmo os mais simples.
- (d) Como o tempo e a velocidade de projeção são fixos, muitos filmes apresentam ao aluno um excesso de informações novas em intervalo de tempo relativamente pequeno. Nem sempre é possível a parada de quadro para explicações adicionais do professor e, quando o filme é sonoro, o estudante não tem oportunidade de manifestar suas dúvidas durante a apresentação.
- (e) Essa atividade, exigindo preparação prévia do professor, requer uma disponibilidade de tempo extra-classe que geralmente não existe.

Na tentativa de solucionar algumas dessas dificuldades foi criado, por volta de 1960, o "filme-loop", embalado em cartucho, que permite projeção contínua. Esse fato, aliado aos avanços na tecnologia de filmes 8mm e super 8mm, geraram a produção de um grande número de filmes didáticos, especialmente na área de ciências. Os filmes em cartucho, também conhecidos como "single-concept" (filmes de um só conceito), são curtos e, em geral, mudos. O projetor é de fácil manuseio e,

pela sua versatilidade, esse tipo de filme torna-se comparável ao livro em termos de utilização, pois em uma filmoteca o estudante pode requisitar e projetar um filme no momento em que o desejar<sup>(6)</sup>.

Nem sempre é possível, em sala de aula, realizar-se uma demonstração experimental ao vivo, por limitações de tempo, custo e outras, enquanto que uma demonstração filmada apresenta maior disponibilidade. Porém, como esta envolve também inconvenientes pois, entre outras razões, os alunos não têm oportunidade de manuseio pessoal dos equipamentos, o filme deverá ser utilizado em situações específicas, como: (a) experimento demasiado pequeno, ou grande, lento ou rápido, incerto ou perigoso para demonstração em classe. (b) equipamentos dispendiosos, não disponíveis ou de ajuste excessivamente demorado. (c) apresentação requerendo superposição de gráficos, tabelas, etc.<sup>(7)</sup>

No ensino de física o filme didático pode apresentar diferentes enfoques, dentre os quais alguns serão, a seguir, relacionados:

- (a) Definições - Para facilitar a compreensão de um conceito, um filme pode apresentar a definição sob um ponto de vista dinâmico.
- (b) Elaboração de modelos - Através de um filme podem ser mostrados modelos úteis como aproximações de situações reais.
- (c) "Filme-Problema" - Propõe questões e problemas através de legendas ou guia.
- (d) Informações gerais - fonte de informações para enriquecimento da aula.
- (e) Filme-laboratório - Pode ser utilizado como recurso auxiliar no laboratório, ou individualmente pelo aluno, como atividade extra-classe.

Quanto à preparação do professor para a utilização de filmes em aula, a maneira mais indicada é assistir a estes antes da apresentação para os estudantes. Informações podem ser também obtidas através da leitura dos guias fornecidos pelos produtores ou distribuidores. Durante essa etapa, alguns aspectos deverão ser observados pelo professor:

- (a) Anotar os pontos de especial interesse e as cenas em que ocorrem.
- (b) Decidir sobre o oferecimento ou não de informações suplementares.
- (c) Determinar maneiras de relacionar o filme ao curso e à experiência prévia dos estudantes.
- (d) Estabelecer o objetivo da apresentação - apreciação, informação, observação ou entretenimento - e o período durante o qual o filme será exibido.

---

(6) O IFUSP possui, à disposição dos alunos para uso individual, uma filmoteca com cerca de 300 filmes em cartucho e aproximadamente 100 filmes sonoros de 16 mm.

(7) Critérios estabelecidos por F. Miller Jr., em "A long look at the short film", *Am. J. Phys.*, 39:4, 1971.

- (e) Escolher os procedimentos a serem seguidos - utilização de trilha sonora, leitura dos títulos em voz alta etc.
- (f) Determinar o momento da projeção do filme - antes ou depois da explicação ou demonstração.
- (g) Formular questões e planejar tarefas a serem desenvolvidas logo após a apresentação.

É importante ressaltar que, por melhor que seja a qualidade do filme, a sua simples exibição não garante a aprendizagem. Assim como o professor deve ser treinado para o uso desse meio instrucional, o aluno também necessita de uma preparação inicial a fim de atingir o rendimento desejável.

Um dos meios adequados para criar um clima de expectativa e tornar os estudantes receptivos consiste em levantar questões relacionadas ao tema e solicitar que façam comentários, previsões etc. Convém imprimir algumas perguntas e informar que serão respondidas total ou parcialmente através do filme. Assim, haverá um esforço para a identificação das respostas durante a projeção.

O professor deverá, ainda, indicar o tipo de filme a ser apresentado e o modo como o seu conteúdo relaciona-se aos conhecimentos anteriores dos estudantes e ao curso. É conveniente explicar, também, as palavras-chave ou conceitos não familiares que aparecem durante o filme, assim como aparelhos ou operações complicadas que os alunos vêem pela primeira vez. Além disso, se for o caso, é interessante explicar os efeitos especiais de cinema utilizados. Finalmente, é importante que o aluno saiba por que assistirá ao filme e o que se espera com essa atividade, em termos de aprendizagem.

Dependendo da natureza e conteúdo do filme, o professor fará intervenções durante a projeção para apresentar comentários ou explicações adicionais, enfatizar aspectos interessantes, analisar algumas cenas ou tirar medidas experimentais.

Um dos problemas relacionados à utilização de filmes didáticos é, como anteriormente assinalado, a grande quantidade de informações novas oferecidas ao aluno em tempo reduzido. Assim, convém apresentar o filme duas ou três vezes, promovendo em seguida a discussão de questões pertinentes.

Outras atividades poderão ser planejadas com o objetivo de generalizar os conceitos apresentados através do filme e reforçar aspectos importantes: (a) estudo em grupos; (b) aplicação de teste (escrito ou oral), abrangendo os principais pontos abordados; (c) exercícios de aplicação imediata de conceitos e habilidades envolvidos no filme; (d) generalização dos conceitos focalizados, através da análise de outro filme ou com o uso de um conceito ou princípio mais geral.

### Capítulo 3 - Avaliação de Filmes Didáticos de Física

Será descrita a seguir, em forma breve, uma experiência educacional realizada em 1972 e novamente, com algumas modificações, em 1975, junto a alunos de ciências exatas e engenharia, com a finalidade de avaliar filmes didáticos de física produzidos pela USP.

Os resultados da experiência de 1972 acusaram um ponto falho no filme nº 4 da série "Centro de Massa". Em 1974 foram produzidos dois filmes abordando esse aspecto e a avaliação da série foi repetida em 1975, incluindo-se os filmes adicionais.

As experiências foram realizadas em duas etapas: na primeira o filme foi testado fora da situação de ensino e, na segunda, em condições típicas de sala de aula.

#### 3.1. Procedimento Utilizado em 1972 na Primeira Etapa

O esquema da experiência de 1972 e o da sua repetição em 1975 foram muito semelhantes. Será feita, a seguir, uma descrição geral do primeiro ensaio mencionando-se as mudanças ocorridas no segundo.

Dos 1200 alunos do curso básico de física da USP em 1972, englobando cinco diferentes carreiras - engenharia (50%), física (22%), matemática (9%), química (11%) e geologia (8%), foram sorteados 120, divididos em 3 grupos de 40, cuja composição percentual era idêntica à do número total de estudantes. Esses grupos realizaram as seguintes atividades:

GRUPO	ATIVIDADE E DATA	
	27/5/72	10/6/72
I	Pré-teste	Filme e Pós-teste
II		Filme e Pós-teste
III	Pré-teste	Pós-teste

Tabela 1 - Primeira experiência (maio/junho de 72)

O Grupo I assistiu ao filme e foi submetido ao pré-teste e ao pós-teste. Com o objetivo de controlar a influência do pré-teste, o Grupo II não foi submetido a

este. Já o Grupo III realizou o pré-teste e o pós-teste sem assistir ao filme. Da comparação entre as médias obtidas no pós-teste pelos Grupos I e III, pôde-se concluir sobre a aprendizagem devida ao filme. Por outro lado, o Grupo III permitiu também controlar-se a influência do intervalo de duas semanas decorridas entre o pré-teste e o pós-teste, necessário para evitar que o cansaço dos alunos influísse no resultado e também devido a problemas de horário. Na segunda experiência, em 1975, o intervalo de tempo entre o pré-teste e o pós-teste foi de apenas três dias.

Verificou-se a equivalência dos diferentes grupos relativamente ao conhecimento prévio sobre o tema abordado no filme, por comparação das médias obtidas no pré-teste.

As questões constantes do pré-teste e do pós-teste foram iguais e do tipo múltipla escolha, com cinco alternativas, em geral restringindo-se ao conteúdo do filme, isto é, situando-se ao nível de conhecimento<sup>(8)</sup>

Os filmes foram exibidos para os Grupos I e II por duas vezes consecutivas. Nessa etapa, para verificar o cumprimento dos objetivos fora da situação de ensino, evitou-se a intervenção do professor, que não teceu comentários nem promoveu discussões com os alunos. Como algumas cenas envolviam detalhes técnicos requerendo explicações prévias, foram elaboradas e mostradas aos estudantes, antes da projeção, algumas transparências para retroprojetor contendo esclarecimentos. Além disso, foram apresentadas também as especificações dos objetivos de cada filme.

### 3.2. Resultados de 1972 para a Primeira Etapa

Foram tabeladas as médias obtidas pelos três grupos no pré-teste e no pós-teste. Aplicado o teste da diferença de duas médias ao nível de significância = 0,05, aos dados obtidos verificou-se que:

(a) Não foi significativa a influência do pré-teste e do intervalo de tempo de duas semanas entre a realização deste e a apresentação do filme.

(b) Os Grupos I e II eram equivalentes, resultado corroborado pela aplicação do teste "t de Student".

(c) A diferença entre as médias dos Grupos I, II e III no pós-teste, que mede a aprendizagem devida ao filme, é significativa ao nível de 0,05. As médias e

---

(8) Na taxionomia de objetivos educacionais de Bloom e colaboradores, essa categoria "inclui comportamento e situações de verificação nos quais se salienta a evocação, por reconhecimento ou memória, de idéias, materiais ou fenômenos" (Globo, Porto Alegre, 1973).

respectivos desvios-padrão são: Grupo I - 8,01 e 1,05; Grupo II - 7,63 e 1,26; Grupo III - 6,44 e 1,43.

A análise dos resultados mostrou que, de modo geral, os filmes atingiram os objetivos pré-estabelecidos. Todavia, em relação ao filme nº 4 da série, a diferença no desempenho entre os grupos de controle e experimental não foi significativa ao nível de significância de 0,05, evidenciando a existência de uma falha de roteiro, pois esse filme mostra apenas uma situação particular, levando o aluno a uma generalização errônea.

### 3.3. Procedimentos Utilizados e Resultados Obtidos em 1975 na Primeira Etapa

Obedecendo aos mesmos moldes da experiência anterior, esta teve por objetivo testar se, com os dois filmes adicionais, CM-4A e CM-4B, a série "Centro de Massa" não mais apresentaria falhas.

Havia apenas dois grupos nessa ocasião - experimental e de controle - e o teste t de Student indicou a equivalência de ambos, podendo-se admitir, assim, que os alunos possuíam, em média, o mesmo nível de conhecimento prévio relativamente ao assunto discutido nos dois filmes acima mencionados.

Cabe lembrar que ambos os grupos assistiram aos filmes CM1 a 4, não lhes sendo apresentados o CM5 e o CM6. Exibiram-se os filmes CM4A e CM4B para o grupo experimental e, nesse grupo, o ganho nas médias, do pré-teste para o pós-teste, foi sistematicamente maior.

Com relação às médias dos dois grupos no pós-teste, obteve-se evidência ao nível de 0,01 a favor do grupo experimental, assim como um desvio-padrão significativamente menor, indicando uma homogeneização das notas, devida à apresentação dos filmes em questão<sup>(9)</sup>. Os resultados obtidos pareceram mostrar, também, que esses filmes permitiram aos alunos uma melhor compreensão dos anteriores.

### 3.4. Procedimento e Resultados para a Segunda Etapa da Experiência

Dentre os estudantes da disciplina Física 1 do ciclo básico (1º ano, 1º semestre de 1975), foram escolhidas 13 classes, 7 experimentais e 6 de controle com, em média, 35 alunos cada uma. Em 1972, houve 6 classes experimentais e 5 de controle, porém a estrutura do curso manteve-se praticamente inalterada.

---

(9) Grupo	Média	Desvio-Padrão
controle	6,91	1,60
experimental	8,53	1,38

No ensaio de 1972, haviam sido destinados cem minutos à discussão do tema "centro de massa", tempo considerado insuficiente por professores e estudantes. Assim sendo, na experiência de 1975 foram dedicadas aproximadamente três horas, em duas aulas distintas, para o tratamento desse tópico.

Os professores participantes receberam o roteiro de aula, com indicações dos objetivos a serem atingidos, pontos importantes a ressaltar e exercícios para discussão. Para as classes experimentais, o roteiro apresentava a ordem de projeção dos filmes, cenas a serem discutidas em detalhes e outras sugestões. O assunto foi tratado através de aulas expositivas. Ao final da segunda aula, todas as classes foram submetidas ao mesmo teste, constando de dez questões de múltipla escolha. Na tabela abaixo é indicado o resultado global do teste na segunda etapa, para cada ensaio:

Grupo	1a. Experiência		no. alunos
	média	desvio padrão	
controle	5,85	1,99	134
experimental	6,35	1,71	170

Grupo	2a. Experiência		no. alunos
	média	desvio padrão	
controle	6,48	2,02	103
experimental	7,88	1,82	139

Tabela 2 - Resultados gerais - 2ª etapa

Pode-se notar que nas duas ocasiões a média do grupo experimental foi maior que a do grupo de controle, ao nível de significância considerado<sup>(10)</sup>. Todavia, esses resultados deverão ser aceitos com certa cautela, pois outros fatores, que não somente os filmes, poderiam ter contribuído, como por exemplo: (a) particularidades individuais dos professores, ainda que o roteiro procurasse

(10) Cabe ressaltar que os dois grupos eram equivalentes, pois a seleção dos estudantes foi feita através de suas notas nas cinco provas regulares dos cursos de Física 1 e 2, em 1975. Posteriormente essa equivalência foi confirmada, comparando-se as médias de ambos os grupos na prova semestral do curso, realizada após a experiência.

padronizar o seu comportamento em sala de aula; (b) diferentes condições psicológicas em que a experiência foi realizada nas diferentes turmas; (c) desenvolvimento de atividades não programadas, por sugestão do professor; etc...

Conclui-se assim que em uma estrutura de ensino, o filme quando bem utilizado pode desempenhar importante papel na aprendizagem de Física, embora a medida dessa contribuição não seja muito fácil, ao envolver os diversos fatores anteriormente discutidos.

### Conclusões

Na aprendizagem em nível de conhecimento, o filme cumpre a sua função de forma mais satisfatória que o professor em seu papel tradicional. Livre da tarefa de simples transmissor de informações, este pode dedicar-se a aspectos mais fundamentais do ensino.

O intervalo de tempo utilizado na experiência de 1975 foi praticamente o dobro em relação à de 1972 e, na segunda ocasião, o acréscimo na média do grupo experimental resultou quase três vezes maior que na primeira, indicando ser o tempo um fator preponderante no processo.

O filme parece constituir um recurso válido não só como fonte de informações mas também como um meio de uniformizar o conhecimento dos estudantes em relação a um determinado assunto. Porém, o sucesso na sua aplicação está diretamente relacionado à utilização adequada e isso é evidenciado pelo fato de que os melhores resultados foram obtidos pela classe junto à qual o autor da dissertação atuou diretamente. Havendo trabalhado na elaboração dos filmes e testes, possuía maior conhecimento e entusiasmo em relação a outros professores, podendo assim, explorar exaustivamente cada cena e utilizar convenientemente todos os seus recursos.

## **Análise do Projeto FAI - Uma Proposta de um Curso de Física Auto-Instrutivo para o 2º grau.**

**Fuad Daher Saad(\*)**

### **Introdução**

É relatada, na dissertação, uma experiência com início em 1970, na área de ensino de física em nível secundário, referente à elaboração do projeto FAI- Física Auto-Instrutiva, desenvolvido por um grupo de professores reunidos sob a sigla GETEF- Grupo de Estudos em Tecnologia de Ensino de Física e a coordenação de F.D. Saad.

### **Capítulo 1 - Projeto FAI - Antecedentes**

De acordo com análises apresentadas no trabalho (Anexo 1), no que diz respeito às obras didáticas de física em nível secundário, desenvolvidas no Brasil a partir de 1945, algumas características comuns podem ser destacadas: (a) a ordem de tratamento dos assuntos é basicamente a mesma; (b) o desenvolvimento do conteúdo pressupõe uma apresentação prévia pelo professor; (c) a elaboração do texto não se fundamenta em métodos ou modelos instrucionais, mas os autores baseiam-se em sua intuição e em outras obras similares; (d) não é enfatizada a parte experimental; (e) um considerável número de obras foram elaboradas com o objetivo único de preparar o aluno para o ingresso às universidades.

Assim, até a década de 70, poucos livros didáticos obtiveram significativa aceitação junto aos professores, e essas obras coexistiam com as apostilas para cursos preparatórios aos exames vestibulares. Em qualquer caso, não se notava uma preocupação com os aspectos metodológicos relativos ao ensino de física. Além disso, considerável parcela de professores dispensavam a utilização de textos em seus cursos.

Nas últimas décadas, a educação vem atravessando uma crise, atingindo todos os setores do ensino, o que tem levado diversos educadores a pesquisarem formas alternativas, apoiadas em fundamentos científicos e tecnológicos, para a elaboração de novos textos e outros materiais instrucionais. No Brasil, a primeira tentativa nesse sentido correspondeu ao desenvolvimento do Projeto Piloto da

---

(\*) Orientador: Ivan Cunha Nascimento. Dissertação aprovada em 17/10/1977.

UNESCO para Ensino de Física, em 1963 - 1964, com a colaboração de diversas entidades, entre as quais o Instituto de Física da Universidade de São Paulo (IFUSP). Esse projeto introduziu a Tecnologia Educativa e a utilização da instrução programada no país, constituindo ponto de partida para a realização de novas experiências educacionais, entre as quais se inclui o projeto FAI.

Cabe ressaltar que essas iniciativas sofreram marcante influência do projeto "Physical Science Study Committee" (PSSC), curso de introdução à física em nível secundário, desenvolvido nos Estados Unidos entre 1956 e 1960, e bastante utilizado no Brasil, de 1964 a 1971, aproximadamente.

Elaborado com o objetivo de aumentar o interesse do estudante norte-americano pelo estudo da ciência, o PSSC apresenta a física não como um conjunto de fatos, mas um processo em evolução, por meio do qual os homens buscam compreender a natureza.

Contudo, apesar do elevado nível de aceitação inicial, a sua utilização defrontou-se com inúmeros obstáculos, em virtude das diferenças existentes entre as condições sócio-econômico-culturais americana e brasileira, determinando a sua inadequação à nossa realidade educacional.

Assim, passou-se a considerar a necessidade de que físicos e professores de física passassem a dedicar-se ao estudo das bases teóricas dos processos de aprendizagem, bem como dos princípios da tecnologia da educação, o que lhes possibilitaria propor modelos instrucionais mais ajustados às condições educacionais existentes.

Dentro desse contexto foi desenvolvido o projeto FAI, escolhendo-se o método auto-instrutivo por favorecer a participação ativa do estudante no processo educacional. Com esse enfoque, o professor tornar-se-ia um orientador de atividades e programador de melhores condições de aprendizagem, tendo seu papel ampliado em relação ao sistema tradicional de ensino.

Assim, em 1968, diversos professores ligados ao ensino secundário de física no estado de São Paulo, preocupados com o baixo nível de aprendizagem dos estudantes nessa disciplina, organizaram-se em uma equipe que mais tarde viria a constituir o Grupo de Estudos em Tecnologia de Ensino de Física (GETEF), passando a realizar estudos sistemáticos, especialmente no campo da tecnologia da Educação, na busca de alternativas instrucionais válidas e viáveis dentro da realidade educacional brasileira.

Iniciou-se então o desenvolvimento do projeto FAI, tendo como finalidades básicas propor um curso de física auto-instrutivo para o 2º grau, através da

utilização de uma metodologia fundamentada em princípios científicos e tecnológicos, e verificar a sua validade dentro do contexto educacional existente.

## Capítulo 2 - Projeto FAI - Características<sup>(1)</sup>

O FAI foi elaborado tendo em vista os seguintes objetivos: (a) oferecer ao professor uma nova metodologia de trabalho em sala de aula; (b) propiciar ao aluno a oportunidade de realizar uma aprendizagem efetiva através do trabalho realizado (auto-instrução); (c) situar o professor como orientador, motivador e avaliador do processo de aprendizagem; (d) colocar à disposição do aluno materiais de laboratório adequados à realidade educacional local, bem como recursos audiovisuais; (e) permitir ao estudante, através da inclusão de textos redigidos com uma abordagem histórica, uma visão da forma pela qual a ciência se desenvolve no decorrer do tempo.

A partir da especificação desses objetivos e da análise das condições educacionais existentes, elaborou-se o seguinte esquema relativamente às etapas que deveriam ser cumpridas para o desenvolvimento do projeto:

A fim de se obterem informações gerais a respeito das condições encontradas em escolas secundárias, especialmente em relação ao nível de conhecimento apresentado pelos estudantes ao iniciarem a 1ª série do 2º grau, foram entrevistados 1.346 alunos de diversos estabelecimentos de ensino em São Paulo, e os dados colhidos revelaram dois aspectos importantes: (a) a existência de grande interesse por parte dos alunos em ingressarem em cursos superiores e (b) o fato de que a maioria dos estudantes que freqüentavam cursos no período noturno trabalhavam durante o dia.

Aplicou-se um teste<sup>(2)</sup> para verificar o nível de conhecimentos matemáticos básicos apresentados pelos estudantes ao iniciarem o 2º grau, sendo constatadas deficiências em aspectos fundamentais para o estudo da física: operações com potências de dez, transformações de unidades, etc. Assim, visando a sanar essa dificuldade, elaboraram-se os capítulos 1 e 2 do FAI 1, no intuito de fornecer ao aluno os elementos matemáticos necessários ao desenvolvimento do programa.

---

(1) À guisa de introdução, a dissertação apresenta, nesse capítulo, um levantamento do número de projetos desenvolvidos para o ensino de física nos diversos afeix, nas décadas de 60 e 70, em vários países da Europa e América.

(2) Teste diagnóstico (Anexo 4 da dissertação)

### 2.1- Conteúdo Programático

Apresentados em unidades básicas, permitindo aos estudantes irem estabelecendo, ao longo das etapas do programa, os pré-requisitos para tópicos mais complexos, foram abordados os seguintes conteúdos: (a) unidade básica - medidas e gráficos, estudo de movimentos retilíneos, leis de Newton, energia mecânica, (b) unidades derivadas - movimentos complexos, gravitação, hidrostática, calor, eletricidade, ondulatória, física moderna; (c) unidades de física aplicada - máquinas, mecânica dos fluidos, eletrotécnica; (d) textos de apoio - utilização de paquímetro e micrômetro, unidades de reforço para vetores, fichas de reforço.<sup>(3)</sup>

### 2.2- Metodologia

Utilizam-se as técnicas de desenvolvimento de programas lineares, que se caracterizam pela divisão do conteúdo em pequenos passos, apresentados em ordem de dificuldade crescente, assim como pelo emprego da repetição para minimizar a ocorrência de erros.

### 2.3- Etapas para a Elaboração de um Programa

O programa pode ser definido como uma seqüência de recursos verbais ou simbólicos que devem ser capazes de indicar ao estudante quais as atividades previstas e como desenvolvê-las, e também os resultados obtidos. As principais etapas para a sua elaboração serão, a seguir, especificadas: (a) escolha do conteúdo a ser programado, (b) especificação da população-alvo; (c) estabelecimento dos objetivos a serem atingidos, (d) análise de conteúdo e preparação do teste de pré-requisitos; (e) elaboração dos itens do programa; (f) teste e avaliação dos resultados obtidos; (g) revisão do material; (h) novo teste, análise e revisão; (i) impressão do programa.

A elaboração de um programa tem duas fases distintas: o planejamento, ou preparação da seqüência interna e o desenvolvimento do texto para o aluno (seqüência pedagógica). O planejamento fornece os elementos necessários à elaboração do texto. Será, a seguir, apresentado um exemplo da seqüência interna e, no anexo final, uma pequena amostra do texto programado.

---

(3) Posteriormente, foram preparadas outras unidades: eletromagnetismo, ondulatória e tópicos de física aplicada.

### Exemplo de Planejamento

**Tema:** Resistência Elétrica, Lei de Ohm, Condutores Ôhmicos e Não-Ôhmicos, Resistores.

**População-alvo:** alunos de 3º ano de 2º grau.

**Objetivos<sup>(4)</sup>:** (a) conceituar resistência elétrica; (b) enunciar a lei de Ohm; (c) caracterizar os condutores de acordo com a referida lei; (d) definir a unidade de medida de resistência elétrica; (e) definir condutor Ôhmico; (f) distinguir elementos Ôhmicos; (g) descrever um resistor; (h) utilizar código de cores para a leitura do valor da resistência de um resistor; (i) construir a curva característica de um elemento; (j) a partir dessa curva, dizer se a resistência do elemento varia ou não; (l) resolver problemas; (m) realizar experimentos.

**Análise de conteúdo do texto.** Cada objetivo foi analisado procurando-se isolar os conceitos e encadeamentos presentes. Assim, identificaram-se os seguintes conceitos envolvidos: (a) resistência elétrica e (b) condutores Ôhmicos e não-ôhmicos; bem como os encadeamentos abaixo relacionados: (a) utilização de amperímetro e voltímetro, (b) montagem de um circuito elétrico simples, visando à obtenção experimental de curvas características de resistores e (c) resolução de problemas.

**Pré-Requisitos:** (a) conceitos de corrente elétrica e diferença de potencial, e unidades correspondentes, (b) construção e interpretação de gráficos.

**Escolha de exercícios e questões:** foi realizada de maneira a permitir ao estudante verificar o seu nível de aprendizagem.

**Questões de estudo.** Introduzidas nos volumes 4 e 5 do FAI, tinham por objetivo auxiliar os estudantes a sintetizar o conteúdo estudado.

**Problemas e questões finais.** A escolha de uma série de exercícios e questões tinha por finalidade oferecer ao estudante uma oportunidade de aplicar os conhecimentos adquiridos, favorecendo a sua retenção.

---

(4) Os objetivos instrucionais foram especificados operacionalmente, descrevendo os resultados esperados em termos de desempenhos observáveis.

Com base nos elementos obtidos no planejamento, construiu-se uma série de quadros ou itens que constituíram o programa. No projeto FAI, a opção por um modelo de programação linear deveu-se, basicamente, à maior facilidade relativamente à sua elaboração, assim como ao fato de representar um modelo mais adequado à produção de textos.

#### 2.4- Contribuições do Projeto FAI para a Realização de Atividades Experimentais

Tem-se verificado que embora a física seja uma ciência experimental, a maioria dos professores programa suas atividades sem dar muita atenção à parte de laboratório. Esse fato deve-se a diversas razões, dentre as quais algumas serão, a seguir, destacadas: (a) falta de local e/ou instalações apropriadas; (b) carência de equipamentos; (c) número excessivo de alunos por classe; (d) poucas aulas semanais e sua reduzida duração, (e) falta de apoio por parte de diretores de escola ao uso sistemático do laboratório; (f) despreparo ou desinteresse dos professores quanto ao desenvolvimento de atividades experimentais; (g) falta de tempo para o preparo de aulas práticas, (h) preocupação com o cumprimento dos programas, que enfatizam a transmissão de fatos informativos; (i) problemas relativos à manutenção da disciplina entre os estudantes durante o desenrolar das atividades de laboratório.

Assim, no intuito de incentivar a realização de atividades experimentais, apesar das dificuldades acima mencionadas, o projeto FAI desenvolveu, sob a coordenação de N.C. Ferreira, com a utilização de materiais de "sucata", conjuntos experimentais de baixo custo e manuseio simples, procurando envolver os estudantes em tarefas de observação e elaboração de experimentos.

Entre outras contribuições, podem ser mencionadas a construção de um marcador de tempo e a elaboração de materiais experimentais para o estudo de fenômenos eletrostáticos, eletromagnéticos, ópticos, hidrostáticos e térmicos<sup>(5)</sup>.

Sendo uma das características dos métodos de ensino individualizado a autorritmagem, dificilmente um grande número de alunos atinge uma mesma etapa do programa simultaneamente. Assim, alguns conjuntos experimentais de cada tipo são suficientes e, na própria sala de aula, poderá haver, constantemente, dois ou três grupos de alunos realizando experimentos, enquanto os demais dedicam-se ao estudo do texto programado.

---

(5) A dissertação apresenta, em seu Anexo 5, ilustrações desses materiais, bem como um modelo de guia para a utilização do conjunto de eletrostática.

## 2.5- Desenvolvimento de Recursos Audiovisuais e Textos Históricos

Sob a coordenação de E. Tassara e M. Tassara, foram produzidos, com a finalidade de motivar o estudante para o desenvolvimento do programa, os filmes (16 mm): "O Pêndulo" (1974) e "Laboratório sem Fronteiras, sem Paredes" (1977). Realizou-se também uma sistematização de materiais já existentes nesse setor, que poderiam adequar-se aos objetivos estabelecidos no projeto.

Além disso, foram redigidos, sob a responsabilidade de S. Motoyama, breves históricos para complementarem os capítulos ou tópicos do texto, procurando ilustrar a evolução dos processos históricos em que se inseriam as descobertas dos fenômenos físicos abordados.

## 2.6- Utilização do Projeto FAI

Embora não existam esquemas rígidos quanto à forma de se conduzir um curso individualizado, os resultados de experiências realizadas pelos autores do projeto permitiram recomendar ao professor alguns procedimentos, apresentados a seguir:

(a) O desenvolvimento das atividades segundo o ritmo natural de estudo de cada estudante, com a leitura do texto e resolução de questões individualmente, e esclarecimentos dados pelo professor quando solicitado.

(b) A utilização de duas aulas consecutivas, permitindo a alternância de estudos individuais com outras atividades - experimentos, testes, leituras complementares, projeções de filmes e diapositivos, exposições orais etc., com a dedicação integral ao texto programado não ultrapassando o período de uma aula (40 a 50 minutos).

(c) A preparação de fichas de registro individuais, de dois tipos: a ficha de atividades em classe, contendo dados pessoais do aluno (nome, série, turma etc.) e indicação da atividade, assunto e página relativamente a cada dia de aula<sup>(6)</sup>, e a ficha de controle de testes, especificando a data de cada avaliação realizada, o resultado obtido e outras observações pertinentes<sup>(7)</sup>.

(d) Elaboração de um esquema indicando datas-limites para o término de cada unidade, evitando assim aos alunos uma sobrecarga de estudos em vésperas de provas.

---

(6) Preenchida pelo próprio estudante, essa ficha permite-lhe um controle sobre o desenvolvimento de suas atividades, substituindo ainda o anacrônico diário de classe do professor.

(7) Sob a forma de anexos, a dissertação apresenta modelos de ambas as fichas mencionadas.

(e) Realização de avaliações gerais, para verificar a retenção dos conceitos abordados e o desempenho acadêmico dos estudantes, uma vez que estarão sujeitos a esse tipo de avaliação em exames vestibulares e outros concursos, porém representando apenas 25% da nota bimestral, os restantes 75% corresponderão aos resultados dos testes relativos às unidades estudadas, experimentos realizados e outras atividades desenvolvidas.

(f) Planejamento das avaliações e sua correção de forma que os alunos tenham imediata ciência do resultado obtido.

### Capítulo 3: Resultados e Conclusões

Na forma de apostilas, o projeto FAI, em suas primeiras versões, foi testado por seus idealizadores e outros professores interessados, em classes-piloto de alguns colégios da região de São Paulo, sendo atingidos, entre 1970 e 1972, os seguintes números de estudantes: 450(1970), 2500(1971) e 6000(1972). Esse procedimento permitiu a realização de sucessivas revisões do sistema e, em 1973, quatro volumes da obra foram impressos pela Editora Saraiva: FAI 1 (Sistema Internacional de Unidades, Funções e Gráficos, Movimento Retilíneo); FAI 2 (Vetores, Força e Movimento); FAI 3 (Impulso e Quantidade de Movimento Linear, Energia Mecânica); FAI 5 (Cargas Elétricas em Repouso, Cargas Elétricas em Movimento). Em 1974 foi editado o FAI 4 (Movimento Angular e Rotação, Lei da Gravitação Universal, Equilíbrio Estático de Líquidos e Termologia).

No período compreendido entre janeiro de 1973 e junho de 1976, 490 878 estudantes, em todo o país, utilizaram o FAI, número que indica um elevado grau de aceitação desse sistema, superando os índices de utilização no Brasil do projeto PSSC, obra que, conforme anteriormente assinalado, introduziu grandes alterações no ensino de física, não somente aqui, mas também em muitos outros países.

Em outubro e novembro de 1973, cerca de 5000 estudantes de escolas da Capital do Estado de São Paulo foram entrevistados, obtendo-se os seguintes índices de apreciações do projeto FAI: 65%- gostaram, 23%- não gostaram, 12%- não tinham opinião ou eram indiferentes<sup>(8)</sup>.

Em 1974 foram ouvidos cerca de 128 professores de física de São Paulo e outras regiões do país, sobre a utilização dessa metodologia, obtendo-se os seguintes índices relativamente à qualidade do sistema: 53%- bom; 9%- satisfatório; 12%-

(8) Antes da apresentação desses dados o autor realiza, na dissertação, uma discussão sobre a introdução de inovações educacionais e a avaliação de projetos de ensino.

ruim; 16% nada declararam. Quanto à assimilação pelos estudantes do conteúdo apresentado através desse método, os professores entrevistados emitiram as seguintes opiniões: 61% satisfatória; 27% insatisfatória; 12% nada afirmaram.

Assim, as informações colhidas indicaram um bom nível de aceitação do método por parcela significativa de alunos e professores, demonstrando a viabilidade de utilização do ensino programado na área de física<sup>(9)</sup>.

Convém salientar a importância do papel do professor nessa forma de ensino, não lhe bastando dominar o assunto ou ser um bom expositor. Sua função é ampliada, cabendo-lhe orientar todo o processo instrucional. E, para que essa tarefa seja realizada com êxito, é necessário que se conjuguem esforços na formação profissional desse novo tipo de professor.

Várias críticas têm sido levantadas em relação à utilização de instrução programada: (a) freqüentemente o aluno lê as respostas ao invés de refletir sobre o assunto; (b) esse esquema adapta-se melhor aos alunos menos talentosos; (c) o método é bastante monótono e os estudantes logo perdem o interesse pelo assunto programado; (d) o sistema não favorece o desenvolvimento da criatividade em relação à matéria; (e) a instrução programada propicia o aparecimento de professores irresponsáveis.

Embora o uso dessa metodologia favoreça a ocorrência de alguns comportamentos indesejáveis, particularmente em relação aos itens (a), (c) e (e), acima mencionados, esse método sem dúvida constitui importante recurso de que o professor pode se utilizar sistematicamente, tendo em vista alcançar objetivos previamente determinados<sup>(10)</sup>.

Convém salientar que o início do desenvolvimento do projeto FAI é anterior à lei 5692/71, destinando-se a estudantes cujos currículos previam, em média, 4 aulas semanais de física, durante os 3 anos de duração do curso secundário. Assim, existe uma inadequação aos atuais currículos, podendo a metodologia, contudo, ser utilizada na elaboração de outros cursos, melhor adequados à realidade educacional presente.

Finalizando, é interessante notar que a instrução individualizada talvez seja capaz de oferecer, dentro de certos limites, um ensino de massa com níveis de

(9) Houve grande repercussão desse sistema em outras áreas - matemática, biologia, ciências etc. - determinando o desenvolvimento de diversos projetos (MAI, BAI, PAI, MEP, MDP) para o ensino de diversas disciplinas, em níveis de 1º e 2º graus.

(10) Relativamente ao item "a", verificou-se não introduzir grandes prejuízos na aprendizagem. Se o aluno lê as respostas impressas antes de anotar as suas próprias, o programa torna-se um texto convencional onde a ocorrência de múltiplas repetições favorece a retenção do assunto.

eficiência compatíveis com padrões desejados, abrindo novos e promissores caminhos, em todos os setores do ensino.

O quadro I reproduz em fac-símile uma página do FAI.

## QUADRO I

### SEÇÃO 4 – LEI DA CONSERVAÇÃO DA QUANTIDADE DE MOVIMENTO LINEAR

Nas seções anteriores, definimos a quantidade de movimento e impulso de uma força constante e não-constante. Vimos também como o impulso de uma força está relacionado com a variação da quantidade de movimento.

Discutimos também a 3ª Lei de Newton e analisamos as forças de ação e reação que aparecem numa interação.

Nesta seção, iremos estabelecer a Lei da Conservação da Quantidade de Movimento Linear. Uma grandeza como a quantidade movimento, que é conservada e que não pode ser criada nem destruída, é de particular interesse na Física. Veremos então sob quais condições tal grandeza é conservada.

#### A – SISTEMA ISOLADO

- 1 ■ Ao conjunto de um ou mais objetos damos o nome de \_\_\_\_\_.  
\*\*\*\*\*  
sistema
- 2 ■ Podemos considerar uma bola como sendo um sistema. Neste caso, ele é constituído de um só \_\_\_\_\_.  
\*\*\*\*\*  
elemento
- 3 ■ Duas bolas que se colidem constituem um sistema. No caso, o sistema é constituído de \_\_\_\_\_.  
\*\*\*\*\*  
dois elementos
- 4 ■ A caracterização de um sistema depende de nossa escolha. Podemos considerar a Terra e a Lua como sendo um sistema. O resto do universo será um outro \_\_\_\_\_.  
\*\*\*\*\*  
sistema
- 5 ■ Considere o sistema formado pelos objetos existentes dentro da sala de aula. As paredes que a delimitam constituem o que denominamos fronteira do sistema. A fronteira de um sistema o separa do resto do universo. A água contida em uma garrafa fechada é um sistema e sua fronteira é \_\_\_\_\_.  
\*\*\*\*\*  
a própria garrafa

## Limitações no Entendimento de Conceitos Básicos de Física

Paulo Alves de Lima<sup>(\*)</sup>

### Capítulo 1 - Introdução

O trabalho de dissertação inspirou-se na experiência de vinte anos do autor como professor de física em escolas secundárias e também em cursos universitários básicos, durante a qual ele verificou que apenas uma pequena minoria dos alunos acompanhava com bom aproveitamento os cursos dessa disciplina. Diversas hipóteses foram aventadas para explicar o fato, e uma delas situava o problema na área da comunicação, por deficiências dos estudantes em seu vocabulário, chegando a propor a realização de um levantamento do número de palavras utilizadas por alunos de 2º grau em seu dia-a-dia.

Em 1964/1965, uma equipe de professores do Centro Integrado do Ensino Médio da Universidade de Brasília, da qual o autor era participante, realizou durante um mês a "operação leitura", consistindo no seguinte: no decorrer da aula, o aluno lia o texto, construindo um glossário das palavras para ele desconhecidas e identificando a seguir os seus significados, através do uso de um dicionário ou com o auxílio do professor. Essa experiência, porém, não surtiu os resultados esperados pois embora permitindo aos estudantes uma melhoria no campo da linguagem, as suas dificuldades no entendimento de conceitos físicos persistiram.

Nessa época realizava-se, na referida instituição de ensino, uma tentativa de aplicação do projeto norte-americano PSSC; porém, a despeito de existirem condições favoráveis, tanto pela qualidade do material como em virtude das características da escola (escola experimental), também não foram alcançados os resultados desejados, já que os alunos apresentavam imensas dificuldades na compreensão do texto bem como no desenvolvimento da parte experimental, evidenciando a necessidade de reexame do problema de seu insucesso em física.

Surgiu então a idéia de elaborar-se um projeto brasileiro, denominado "Projeto de Ensino de Física" (PEF), reunindo-se com esse propósito um grupo de professores sob a coordenação de E.W. Hamburger, sendo o autor da dissertação um de seus integrantes. Preocupado com a fundamentação teórica para o projeto, este propôs-se a estudar as diversas teorias do conhecimento, das quais decorrem as leis determinantes da aprendizagem. Assim, analisando a obra de J. Piaget, passou a

---

(\*) Orientador: Ernst W. Hamburger. Dissertação aprovada em 16/11/1977.

analisar algumas leis do desenvolvimento da inteligência, concluindo que ao nível da formação de conceitos básicos, as informações apresentam menor relevância que o processo de sua aquisição. Não se pode desvincular do problema da aprendizagem a questão relativa ao desenvolvimento mental do indivíduo, e a física, dado o seu caráter eminentemente experimental, é capaz de contribuir significativamente para esse desenvolvimento.

Considerando a idéia de que a inteligência evolui através de estágios em uma seqüência bem definida, o autor propôs inicialmente a determinação do nível de pensamento abstrato de alunos de 1º ano do 2º grau das escolas de São Paulo. Supondo que, dada a sua faixa etária (14-16 anos), esses indivíduos deveriam encontrar-se no estágio das operações formais, a pesquisa iniciar-se-ia com a realização da atividade proposta por J. Piaget e B. Inhelder<sup>(1)</sup>, onde o sujeito da experiência efetua o levantamento das variáveis que podem modificar o período de oscilação de um pêndulo simples. Por recomendação de J. Bliss<sup>(2)</sup>, em visita ao IFUSP em 1975, decidiu-se eliminar da amostra os estudantes enquadrados no estágio das operações concretas, utilizando-se para isso a sugestão piagetiana de que "as noções de conservação podem servir de indício psicológico do remate de uma estrutura operatória"<sup>(3)</sup>. Assim, esses estudantes foram identificados aos que não possuíam a noção de conservação de volume. A partir daí, verificar-se-ia, junto àqueles alunos já no estágio das operações formais, a sua distribuição nos diversos sub-estágios, assim como a influência do PEF em seu desenvolvimento mental.

Nesse mesmo ano, o autor realizou cerca de cem entrevistas com estudantes secundários pertencentes a três escolas distintas, abrangendo diversos níveis sociais, assim como entrevistou dez alunos recém-admitidos em um curso universitário, revelando-se então um fato surpreendente: a grande maioria desses alunos, secundários ou universitários, ainda não havia ultrapassado a fase de operações concretas, resultado que, embora não considerado como definitivo, dadas as limitações da experiência, determinou uma alteração nos objetivos iniciais, sugerindo que a pesquisa se restringisse ao âmbito de uma determinada escola estadual, típica de São Paulo.

---

(1) In: "A Psicologia da Criança", Coleção "Saber Atual" - SP, pág. 125.

(2) Universidade de Londres

(3) Idem pág. 89.

## Capítulo 2- O Experimento

Cada entrevista compreendeu duas partes: na primeira, verificou-se se o estudante diferenciava entre peso e volume de um objeto sólido e na segunda, testou-se o domínio do conceito de conservação de volume, com o uso de corpos deformáveis (massa de modelagem).

Para a realização da primeira parte, foram construídos três conjuntos de prismas, de alumínio, cobre e latão, respectivamente, cada um constando de: três objetos iguais, um de volume duas vezes maior que os primeiros e outro de volume três vezes maior, todos com a mesma seção reta. Os prismas menores de alumínio foram pintados um de preto (P), outro de amarelo (A) e o terceiro de vermelho (V). Os correspondentes de chumbo, mantidos com a cor natural, foram identificados nas transcrições das entrevistas com o símbolo (Pb) e os de latão por (L), indicando-se os prismas duplos e triplos por (D) e (T), respectivamente. Foram utilizadas também duas provetas graduadas iguais, contendo água até dois terços de seu volume, além de uma balança.

Obteve-se uma amostragem junto a alunos de 1º ano do 2º grau de uma escola estadual típica de bairro classe média da cidade de São Paulo - dez estudantes de cada um dos três períodos (matutino, vespertino e noturno), escolhidos ao acaso. Conduzidos à biblioteca, onde aguardavam as entrevistas, esses sujeitos não tiveram contato com outras pessoas fora do grupo, antes de se dirigirem, cada um por sua vez, à sala onde eram entrevistados, sendo depois dispensados das demais aulas, para evitar a divulgação das questões discutidas. Esses estudantes não haviam ainda iniciado o curso de física.

Realizados na sala do laboratório de física, apenas com a presença do entrevistado e do entrevistador, os diálogos, gravados em fita e transcritos posteriormente, tiveram duração de vinte a trinta minutos cada, procurando-se incluir nessa transcrição o registro de atitudes como hesitação, surpresa etc, por parte dos estudantes.

Para que o aluno estivesse à vontade, promovia-se inicialmente uma conversa sobre o curso de ciências na escola de 1º grau e as expectativas em relação ao curso secundário, esclarecendo-se também os objetivos da entrevista, no intuito de dissipar ansiedades. A seguir, solicitava-se que o estudante manuseasse os blocos de cada conjunto, certificando-se de suas diferenças e semelhanças. Então, após verificar se ele conhecia ou não os materiais de que eram constituídos os prismas<sup>(4)</sup>,

---

(4) Em sua maioria, os alunos não eram capazes de identificar esses materiais.

testava-se se êle possuía a noção de equivalência entre volume do objeto e volume da água deslocada por este quando mergulhado na proveta. Finalmente, verificava-se a existência ou não de diferenciação entre peso e volume de um objeto.

Na segunda parte da entrevista, os três conjuntos de prismas rígidos foram substituídos por duas bolas de massa de modelagem de mesmo volume mas cores diferentes, uma amarela (A) e outra branca (B). Para certificar-se da igualdade entre os seus volumes, o sujeito podia utilizar tanto a balança como o deslocamento da água, introduzindo as bolas nas provetas. Havia também à disposição uma esfera de aço de mesmo volume que as anteriores. Fazendo com que uma das bolas de massa de modelagem assumisse outras formas - de cilindro, biscoito, vários fragmentos - e utilizando o deslocamento de água na proveta foi possível verificar a existência ou não, para o aluno, da noção de conservação de volume com a variação da forma do objeto.

A dissertação apresenta trechos extraídos das transcrições, com comentários, além de uma extensa tabela contendo o resumo de todas as entrevistas. Foram reproduzidos, também, para fins de compatibilização dos resultados alcançados, trechos de entrevistas realizadas por Piaget, relativamente a cada uma das quatro etapas compreendidas no nível das operações concretas, cabendo ressaltar a grande semelhança existente entre as respostas obtidas pelo autor em seu trabalho de dissertação e aquelas registradas por Piaget na obra anteriormente mencionada.

### **Capítulo 3 - Análise dos Resultados**

De acordo com os critérios estabelecidos por Piaget, o estágio das operações concretas, estendendo-se geralmente dos sete aos onze anos de idade, subdivide-se em quatro etapas:

(1ª) Ausência de Composição e Ausência de Legalidade. Nessa etapa, em que os indivíduos fracassam em todas as provas de composição, não se enquadrou nenhum dos alunos entrevistados, uma vez que estes, diferentemente das crianças analisadas por Piaget, possuíam a maturação biológica. No entanto, é interessante observar que vários estudantes falharam na composição de paralelepípedos coloridos.

(2ª) Primórdios Transdutivos da Composição e da Legalidade Experimental. Também nessa fase nenhum entrevistado foi classificado. Segundo o autor do presente trabalho, o problema de nossos jovens é simplesmente uma questão de

oportunidade, bastando que lhes sejam dadas condições objetivas para que o desenvolvimento se processe.

(3<sup>a</sup>) Desenvolvimento da Dedução e Descoberta Indutiva da Lei<sup>(5)</sup>. Constituinto a maioria absoluta, os indivíduos classificados nessa etapa foram subdivididos em dois grupos, III e IIIA, que serão a seguir analisados separadamente:

(a) No grupo III incluíram-se os estudantes que não dissociavam espontaneamente o peso e o volume de um corpo, conseqüentemente não chegando, sem a realização do experimento, à lei do deslocamento da água. Para esses alunos, a segunda parte da experiência ficou, na maioria das vezes, prejudicada. Pelo tipo de respostas a que essa não-dissociação entre peso e volume conduzia quanto às questões sobre a conservação de volume com a variação da forma do objeto, foi possível saber, para o indivíduo, qual dessas duas grandezas era conservada. Será transcrito abaixo um exemplo considerado típico desse grupo, que englobou 17 dos 30 estudantes entrevistados.

D.C.C.R. - 16 anos, 5 meses

"1- Colocando A dentro da proveta o que acontece ?

- Ele bóia (flutua).

Será verdade ?!... (fez a experiência e se convenceu do contrário)

2- O que acontece com a água ?

- Sobe o nível.

2a- Por que ?

- O "peso" de A modifica o volume. Diminui o espaço.

3- Coloco V de um lado e P do outro. De que lado a água sobe mais ?

- Sobe igual.

3a- Por que ?

- O volume é o mesmo

4- Se colocasse T de um lado e P + V + A do outro, de que lado a água subiria mais ?

- Sobe igual.

4a- Por que ?

- O volume é o mesmo.

5- Se tirar A desse lado e substituí-lo por Pb ?

- Do lado do Pb sobe mais.

5a- Por que ?

---

(5) Lei do deslocamento da água.

- Porque o Pb é mais pesado

(Utilizando as massas de modelagem:)

6- Se tomar a bola de massa amarela, transformando-a numa salsicha ?

- Sobe igual, porque modificou a forma, mas o peso é o mesmo.

7- Se coloco essa bola de aço deste lado e a bola de massa do outro, de que lado a água sobe mais ?

- Do lado da bola de aço."

Verifica-se através dessas respostas que o indivíduo já operava com o conceito de volume o qual, no entanto, na sua opinião, podia ser modificado pelo peso, não estando ainda dissociadas as duas noções.

O grupo IIIA compreendeu os oito indivíduos que diferenciavam o peso do volume, falhando porém na conservação deste com a variação da forma do objeto. Além disso, houve falhas na composição do volume para objetos deformáveis. Será a seguir apresentado um caso típico.

Ub. - 14 anos

\*1- Colocando-se A dentro da proveta, o que aconteceu ?

- Ele desce.

2- E a água ?

- A água sobe; porque ele ocupa espaço e a água vai subir.

3- Se coloca V deste lado e P do outro, de que lado a água sobe mais ?

- Sobe mais desse (P): esse é mais denso.

4- E o volume da água que sobe ? De que lado é maior ?

- O volume da água é o mesmo. São iguais.

5- Se se coloca P deste lado e Pb do outro, de que lado a água sobe mais ?

- O que sobe mais volume da água é esse (Pb). Ele é mais pesado.

6- Se se colocar P + V + A deste lado e 3 x Pb do outro?

- Vai subir igual. É igual. É igual. Eu acho que o peso aqui não vai influir nada, porque é a forma deles...

7- Se se colocar T deste lado e P + Pb + L do outro ? de que lado a água sobe mais ?

- ...Triplo... de que lado a água sobe mais ?... Ih! e agora... minha cuca já está esquentando... Estou pensando em outras cousas. O peso parece influir também...

Não. Fica a mesma coisa. Acho que fica a mesma coisa. Por exemplo, uma bola de isopor e uma bola de Pb colocadas dentro da água ocupam sempre o mesmo espaço.

8- Se transformo a bola amarela numa salsicha e a coloco deste lado e a bola branca do outro, de que lado a água sobe mais ?

- O que sobe mais é esse aqui (a bola).

9- Por que você acha que deste lado a água sobe mais ?

- Porque pela forma, não é ? A forma que dá... não é ? A bola vai ocupar uma coisa de um círculo e esse vai ocupar mais assim. De modo que medindo... suponhamos que ela fosse fininha assim por dentro, a massa ia ser maior. Porque ela vai subir mais.

10- Se transformarmos a salsicha numa bolacha e colocarmos a bolacha desse lado e a bola do outro, de que lado a água subirá mais ?

- ...Tem o mesmo volume, ... acho que ficaram iguais, ... viu, ... Estou pensando. Bom, assim ela cabendo aqui ela ia tomar todo o espaço... Não, não, essa aqui pesa mais.

10a- Pesa mais ?

- Pesa mais, não, a água vai subir mais.

11- Por que você não acha isso ?

- Porque tocando ela (a bola) assim ela tira o espaço todo daqui. Digamos até aqui nessa. E nessa vai sobrar ainda pouco. Vai sobrar dos lados".

Através das respostas acima é possível observar que o indivíduo não possuía anteriormente a noção de diferenciação entre peso e volume, ocorrendo durante a entrevista essa diferenciação, isto é, a passagem da 3ª para a 4ª etapa de Piaget. Porém, nas questões utilizando a massa de modelagem, ficou evidenciada a fragilidade desse esquema recém-adquirido. E, finalmente, nas respostas às últimas perguntas o próprio discurso deixou de ter lógica.

(4ª) Descoberta e Dedução da Lei e Composição Somente pelo Volume. Nessa etapa foram classificados os cinco indivíduos capazes de chegar à lei do deslocamento da água a partir da idéia de volume, não sendo necessária para isso a realização da experiência. Dentre esses estudantes, dois encontravam-se ainda em transição do grupo III A para a 4ª etapa. Será a seguir apresentado um caso típico, em que o aluno inicialmente apresentava falhas tanto na composição de volumes quanto na dissociação entre peso e volume, efetuando-se a organização desses conceitos durante a entrevista.

P.A. - 16 anos

\*1- Se se coloca A dentro da proveta o que acontece ?

- O bloco de alumínio afunda.

2- E a água ?

- A água sobe.

2a- Por que ?

- Dois corpos não podem ocupar o mesmo lugar no espaço.

3- Se se coloca P de um lado e V do outro ?

- Sobe igual.

3a- Por que ?

- São do mesmo tamanho e mesmo peso.

4- Se se coloca D de um lado e P + V do outro ?

- Sobe igual... Acho que do lado do D a água sobe mais.

4a- Por que ?

- Não sei, mas esse aqui está dividido em dois. Esse é um bloco só, e a água sobe mais.

5- Se se coloca T de um lado e P + V + A do outro ?

- Se o volume é o mesmo ( $V + P + A = T$ ) a água sobe igual.

5a- Por que ?

- Reformulo o que disse antes, a água sobe igual dos dois lados."

O sujeito já possuía os elementos necessários à passagem de uma etapa para outra. Assim, bastou uma solicitação para que se desse a composição. É interessante notar que primeiro houve a verbalização, para depois processar-se a transição, após a qual o estudante não apresentou nenhuma resposta incorreta, mesmo aquelas referentes às massas de modelagem.

Sintetizando, dos 30 indivíduos que constituíram a amostra, 14 ainda não diferenciavam peso de volume. Dos restantes, 11 não apresentavam a noção de conservação de volume com a variação da forma do objeto. Em outros termos, aproximadamente metade da amostra encontrava-se no estágio das operações concretas e somente 5 estudantes podiam ser considerados como havendo seguramente ingressado na fase das operações formais<sup>(6)</sup>.

---

(6) Diversos pesquisadores apresentam dúvidas quanto à validade da utilização do volume na determinação do nível de pensamento; o autor, porém, sem entrar no mérito dessas controvérsias, ateu-se aos padrões de entrevistas elaboradas por B. Inhelder e J. Piaget, analisando de acordo com esses critérios os resultados obtidos.

Esse resultado, previsto através de informações coletadas no "experimento preliminar", levou o autor a abandonar os propósitos iniciais da pesquisa, conforme anteriormente assinalado. Cabe lembrar que tudo indicava não se tratar de um problema particular da cidade de São Paulo, ou mesmo do Brasil, pois pesquisas desse tipo realizadas em outros países já haviam obtido resultados semelhantes.

Para exemplificar:

Utilizando os critérios estabelecidos por Piaget e Inhelder junto a uma amostra de 133 estudantes secundários em Oklahoma (EUA), Renner e Lawson, distribuindo esses indivíduos em grupos de acordo com o seu nível de pensamento, através da aplicação de uma prova compreendendo questões de física, química e biologia, com 50% das questões do tipo "concreto" e as restantes do tipo "formal", concluíram que os estudantes classificados no estágio das operações concretas não acertaram nenhuma questão do segundo tipo, respondendo corretamente a menos de 40% das questões do primeiro tipo e os alunos enquadrados no estágio das operações formais acertaram quase a totalidade das questões concretas e menos de 50% das questões formais<sup>(7)</sup>. É interessante ressaltar, ainda, um importante fato para o qual os autores chamam a atenção: um professor, ensinando o aluno a memorizar certos tipos de problemas, pode levá-lo a apresentar desempenho satisfatório em questões consideradas formais; essa capacidade, todavia, não altera o estágio de pensamento em que o estudante se encontra.

## **Capítulo 5- Ausência do Pré-requisito Fundamental**

Os resultados da experiência mostraram que, na amostra considerada, apenas 15% dos indivíduos haviam ultrapassado o estágio das operações concretas, segundo o modelo desenvolvido por J. Piaget e B. Inhelder. Uma vez que a escola escolhida foi considerada típica, as conclusões puderam ser estendidas aos demais estabelecimentos estaduais de ensino da cidade de São Paulo, significando que, no primeiro ano do curso de 2º grau a população estudantil, em sua quase totalidade, não apresentava o pré-requisito fundamental para acompanhar o curso de física como tradicionalmente ministrado.

Assim, as crianças brasileiras ingressam no primeiro ano escolar encontrando-se no estágio das operações concretas e chegam ao final da 8ª série ainda no mesmo nível de pensamento. No entender do autor, diversas são as causas

---

(7) Em apêndice, são reproduzidas nesta sinopse duas questões apresentadas na dissertação, uma considerada do tipo "concreto" e outra do tipo "formal".

desse fato: (a) a escola geralmente não leva em conta o desenvolvimento intelectual dos estudantes; (b) nem sempre os professores recebem formação profissional adequada, particularmente nos cursos de reduzida duração denominados "licenciatura curta"; (c) em virtude dos baixos salários, os docentes muitas vezes assumem um número excessivo de aulas semanais, impossibilitando o acompanhamento do desenvolvimento de seus alunos; (d) Existe uma preocupação de âmbito internacional em baratear a educação, em detrimento de sua qualidade; (e) no caso específico da física, o curso secundário inicia-se geralmente com o tratamento da mecânica, que envolve conceitos bastante abstratos, além de não serem oferecidas ao estudante oportunidades em número suficiente de realizar experimentos em situações concretas, condição indispensável para atingir o nível das operações formais.

Relativamente ao item (e), acima especificado, o autor sugere o desenvolvimento de uma pesquisa, utilizando a técnica de entrevistas, para determinação do nível em que as noções de velocidade, aceleração, massa e força são apresentadas pelos estudantes ao término do 1º grau. Assim, a partir dos resultados obtidos, poder-se-ia planejar a maneira e a época de tratamento desses conceitos, no intuito de não se continuar ministrando, por exemplo, cursos abstratos de mecânica a alunos que ainda não distingam noções como peso e volume de um corpo.

Finalizando, conforme assinala Piaget<sup>(8)</sup>, "... é indispensável que se chegue à abstração, e isso é mesmo natural em todos os terrenos no decorrer do desenvolvimento da inteligência, mas a abstração se reduzirá a uma espécie de embuste e de desvio do espírito se não constituir o coroamento de uma série ininterrupta de ações concretas anteriores". Na opinião do autor do presente trabalho, o ensino de física e das ciências em geral deverá seguir rigorosamente essa recomendação, para atingir os objetivos a que se propõe<sup>(9)</sup>.

---

(8) Para onde vai a educação? José Olímpio, R.J., 1973, pág. 67.

(9) É interessante observar, quanto ao PEF, que, embora seus criadores não conhecessem na ocasião as idéias de Piaget, o projeto aproximou-se muito dessa linha, com os conceitos a desenvolver ao nível das operações formais sendo elaborados pelo aluno durante o seu trabalho experimental.

## Apêndice

### Exemplos de Questões dos Tipos "Concreto" e Formal

#### Questão Concreta:

Sua folha de questões está em repouso sobre a carteira. Qual das seguintes afirmações melhor descreve essa situação?

- (a) Não há forças agindo sobre o papel.
- (b) Muitas forças estão agindo sobre o papel, mas estão balanceadas.
- (c) O papel não exerce força sobre a carteira.
- (d) O seu papel está em repouso em qualquer sistema de referência.

#### Questão Formal

A aceleração de um objeto é diretamente proporcional à resultante das forças que agem sobre ele e tem a mesma direção e sentido. Essa aceleração é inversamente proporcional à massa do objeto. Uma força de 2N comunica a um objeto de 10 Kg uma aceleração de  $0,2 \text{ m/s}^2$ . Se a força for triplicada e a massa do objeto duplicada, a aceleração será:

- (a)  $0,6 \text{ m/s}^2$
- (b)  $0,4 \text{ m/s}^2$
- (c)  $0,3 \text{ m/s}^2$
- (d)  $0,1 \text{ m/s}^2$ .

## **Uma Análise do Projeto de Ensino de Física - Mecânica**

Diomar da Rocha Santos Bittencourt<sup>(\*)</sup>

### **Introdução**

Um livro didático representa, em geral, o fruto da experiência e de muitos anos de trabalho por parte de um professor ou às vezes, de um pequeno grupo de professores. Na área de ciências, esses livros geralmente compreendem um texto acompanhado de exercícios e, eventualmente, sugestões para a realização de experimentos.

Diferentemente, um projeto de desenvolvimento de currículo ou "projeto de ensino" resulta do trabalho de uma equipe constituída de professores e especialistas na disciplina específica para a qual se destina, assim como de pedagogos, psicólogos, historiadores, sociólogos etc., além de pessoal técnico e administrativo. Inclui, em geral, textos e exercícios para o aluno, materiais para a realização de experimentos e recursos auxiliares - filmes, diapositivos, fitas gravadas etc. - bem como guias para a aplicação do sistema pelo professor, e o seu processo de elaboração compreende diversas etapas: (a) planejamento, quando se discutem os objetivos, conteúdos, métodos didáticos do novo currículo e forma de trabalho da equipe; (b) elaboração dos materiais didáticos e sua utilização experimental e (c) avaliação e revisão da versão preliminar do projeto.

### **Capítulo 1 - Os Antecedentes do Projeto de Ensino de Física**

Desde o surgimento dos primeiros projetos de ensino, em meados da década de 50, nos Estados Unidos, o seu número tem crescido rapidamente, em particular na área de ciências.

No Brasil, a partir de 1960, foram realizadas traduções e tentativas de adaptação de diversos projetos norte-americanos, dentre os quais destaca-se o

---

(\*) Orientador: Ernst W. Hamburger. Dissertação aprovada em 06/12/1977.

"Physical Science Study Committee" (PSSC)<sup>(1)</sup>.

Serão a seguir examinadas, de forma sucinta, as razões que determinaram o desenvolvimento do PSSC nos Estados Unidos e a sua posterior introdução no Brasil.

O surgimento desse projeto é justificado por seus autores como uma resposta ao crescimento acelerado do conhecimento científico e à atitude de indiferença por parte dos cientistas à educação em níveis primário e secundário. Trata-se de uma tentativa de levar ao aluno a visão de que a Física é uma ciência aberta, onde existe muito por fazer, especialmente no que se refere ao estudo do átomo.

Essas justificativas, no entanto, devem ser entendidas no contexto da sociedade americana da década de 50, situando-se assim o aparecimento de PSSC como uma reação ao crescente poderio nuclear soviético, uma vez que o lançamento do "Sputnik" pela URSS, em 1957, determinou, nos Estados Unidos, a criação de uma agência nacional para atividades espaciais (NASA) e a dotação de verbas vultuosas para a renovação do ensino de ciências.

No Brasil, o PSSC foi introduzido pelo IBEEC em virtude do seu elevado nível de qualidade, e graças ao relacionamento cultural, científico e educacional entre os dois países, na medida em que a tradução e a primeira edição brasileira desse projeto contaram com a colaboração financeira de diversas instituições norte-americanas.

Porém, sendo produto de diferente realidade social, econômica e cultural, a sua utilização no país enfrentou uma série de dificuldades que geraram, a partir de 1970, uma tendência à busca de alternativas locais para o ensino de física, culminando com o desenvolvimento, em São Paulo, de três projetos de instrução em nível de 2º grau: o FAI ("Física Auto-Instrutivo"), o PBEF ("Projeto Brasileiro para o Ensino de Física") e o PEF ("Projeto de Ensino de Física"), patrocinados respectivamente pelo Grupo de Estudos em Tecnologia de Ensino de Física (GETEF), Fundação Brasileira para o Desenvolvimento do Ensino de Ciências (FUNBEC) e Instituto de Física da Universidade de São Paulo (IFUSP).

---

(1) É interessante notar que, em 1968, o Instituto Brasileiro de Educação, Ciência e Cultura (IBEEC) propôs ao Departamento de Física da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo (FFCL -USP), a tradução para o português do projeto inglês "Nuffield Physics Course"; porém, por ser considerado um sistema muito prolixo e inadequado à realidade brasileira, essa idéia não foi levada adiante.

Também convém lembrar que no início dos anos 60 foi elaborado em São Paulo, por um grupo de professores oriundos de diversos países, sob o patrocínio da UNESCO, o "Projeto Piloto para o Ensino de Física", em duas versões - espanhol e português.

## Capítulo 2 - O Projeto de Ensino de Física - Mecânica

### 2.1. Primeira Fase: O "Projeto Inicial". Constituição da Equipe.

O "Projeto Inicial" do PEF surgiu em 1969, durante o desenvolvimento do curso "Tópicos de Física Geral", ministrado por E.W. Hamburger, em nível de pós-graduação, para licenciados e professores secundários de física, no Departamento de Física da antiga FFCL-USP. Dentre esses professores formou-se um grupo que passou, então, a planejar a elaboração de textos e materiais instrucionais na área de física, para o 2º grau.

Submetido à apreciação da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) e do Conselho Nacional de Pesquisas e Desenvolvimento Científico (CNPq), o pedido de auxílio para o desenvolvimento do "Projeto Inicial" foi indeferido por ambas as instituições.

Finalmente, através da utilização de verbas federais especiais do IFUSP que, com a reforma universitária, em 1970, englobara os departamentos de física da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, Escola Politécnica e outras unidades, esse projeto pôde ser realizado entre agosto de 1970 e janeiro de 1971.

Assim, um físico nuclear e professor universitário (coordenador) e alguns professores de física em níveis médio e superior passaram a reunir-se no IFUSP para desenvolverem o "Currículo Nacional", nome dado inicialmente ao Projeto de Ensino de Física. Mais tarde, outros físicos, professores e um estudante de física vieram a integrar a equipe do projeto, além de pessoal de secretaria, técnicos em oficina, gráficos e programadores visuais. Na preparação do texto considerou-se de fundamental importância a presença de professores secundários, que tiveram a palavra final no tratamento de cada tópico.

Destinando-se a alunos do curso médio, que, em geral, não mais estudarão física após esse nível, o PEF procura levar o estudante ao conhecimento do método científico através da abordagem de alguns fenômenos e conceitos específicos da Física Clássica e Contemporânea. O aluno deverá, no decorrer do programa, ser capaz de trabalhar com esses conceitos, resolver problemas e realizar experiências simples.

### 2.2 Segunda Fase: O Planejamento do Trabalho

O Projeto foi desenvolvido de acordo com os seguintes aspectos fundamentais quanto à organização e metodologia: (a) o estudante teria participação ativa no processo de aprendizagem;

(b) os materiais instrucionais deveriam ser completos, de simples utilização e baixo custo, e respeitar os pré-requisitos, habilidades e conhecimentos anteriores dos alunos;

(c) relativamente à parte de mecânica<sup>(2)</sup>, o objetivo final seria levar o aluno à compreensão das leis de conservação de energia e quantidade de movimento, aplicando-as em problemas e experimentos simples.

Através das considerações acima, chegou-se à conclusão de que o texto do projeto deveria ser redigido em linguagem clara, coloquial, dirigida ao estudante adolescente e não ao professor, e o seu conteúdo não apresentaria necessariamente a mesma seqüência e tópicos de um currículo tradicional, e enfatizaria a discussão de conceitos e princípios físicos, ao invés de apenas fornecer fatos e informações.

Além disso, o aluno deveria trabalhar com as leituras e experimentos, independentemente do professor. Assim, o texto seria entremeado de questões, exigindo não só a leitura, mas também respostas às perguntas e realização de cálculos e atividades práticas.

Planejado para aplicação em quatro semestres letivos, com três aulas semanais de quarenta minutos cada, o PEF apresentaria a seguinte distribuição de conteúdos: 1º semestre - mecânica, 2º semestre - calor e eletricidade (início), 3º semestre - eletricidade (continuação) e 4º semestre - ondas e estrutura da matéria, desenvolvidos em fascículos, cada um correspondendo a uma unidade ou assunto.

O curso de mecânica seria dividido em três partes: (1) trajetória, velocidade, aceleração e vetores; (2) força e campo gravitacional; (3) quantidade de movimento e energia. Para o tratamento desses tópicos deveriam ser utilizados equipamentos experimentais simples: pêndulos, molas, planos inclinados, balanças, carrinhos do tipo PSSC, cronômetros de areia<sup>(3)</sup>. As experiências mais complexas seriam substituídas pela análise de fotografias estroboscópicas.

À época de planejamento do PEF, os membros da equipe estavam ainda bastante influenciados pelo curso de tecnologia educacional ministrado em 1969 por C.Z. Dib, quando havia sido discutido o papel da especificação de objetivos educacionais em um sistema de instrução. Esse fato foi preponderante na tomada da decisão de que os objetivos do projeto deveriam ser especificados em termos dos comportamentos esperados dos alunos, e do conteúdo de física.

---

(2) Logo no início do planejamento, o grupo do PEF dividiu-se em uma equipe de mecânica e outra de eletricidade que mais tarde se subdividiria em eletricidade e eletromagnetismo.

(3) Desenvolvidos por P.M.U. Santos, integrante da equipe do PEF.

Finalmente, depois de discutidos e especificados os objetivos operacionais, a forma e o conteúdo do curso, e antes de se iniciar a redação dos textos, foram estabelecidos os pré-requisitos mínimos que os alunos deveriam possuir para acompanharem o programa. Relacionavam-se ao domínio das quatro operações aritméticas e ao entendimento de um texto escrito em linguagem coloquial, e acreditava-se que a maioria dos estudantes apresentassem esses pré-requisitos ao ingressarem no 2º grau; porém, uma pesquisa realizada pelo autor da dissertação em 1975, mostrou que esse fato não era verdadeiro para uma fração considerável da amostra analisada.

### 2.3. Terceira Fase: A Versão Preliminar

A versão preliminar da parte de mecânica do PEF, produzida no período de setembro de 1970 a dezembro de 1972, foi sendo testada à medida em que os textos ficavam prontos, por alunos regulares, em aulas ministradas por seus próprios professores de física. Consta de onze capítulos, denominados: 1- Órbita de um satélite; 2- Medidas de espaço; 3- Medidas de tempo; 4- Movimento; 5- Movimento e forças; 6- Grandezas vetoriais; 7- Força e aceleração; 8- Quantidade de movimento; 9- Energia e trabalho; 10- Conservação de energia; 11- Gravitação.

### 2.4. Quarta fase: O Ensaio nas Escolas

Inicialmente foi realizado um pequeno ensaio, por L.M. Mantovani, professor que mais tarde viria a participar da equipe do PEF, junto a seus alunos da antiga 4ª série (atualmente 8ª série do 1º grau), no então chamado Ginásio Estadual de Vila Barcelona, em São Caetano do Sul, SP, em 08 e 12 de novembro de 1970.

Os resultados dessa experiência preliminar foram considerados bastante satisfatórios pelos membros da equipe, fornecendo indicações de serem basicamente corretas as premissas que vinham norteando a elaboração do material.

Para o ano letivo de 1971, planejou-se um teste em maior escala, que foi realizado em 12 escolas, junto a estudantes de cursos regulares de física. Para isso, alguns capítulos do PEF foram revistos e reimpressos, e construíram-se aproximadamente duas centenas de protótipos do conjunto experimental de mecânica.

Em 1972, os ensaios continuaram sendo realizados em seis escolas, e o projeto foi sofrendo reformulações, determinadas pelos resultados que iam sendo observados, até chegar-se à sua primeira edição comercial, como será visto a seguir.

## 2.5. Quinta Fase: A Avaliação da Versão Preliminar do PEF

A avaliação do sistema consistiu em um processo de análise do material educacional, com base em dados qualitativos e quantitativos, com as seguintes finalidades: (a) obter elementos para a revisão do texto e do material experimental; (b) determinar as condições necessárias à aplicação do PEF; (c) levantar as opiniões de professores e estudantes sobre o sistema; (d) determinar as dificuldades encontradas pelos docentes em relação ao seu emprego.

Esses dados seriam coletados através dos seguintes procedimentos: (a) leitura das respostas dos alunos às questões do texto; (b) análise dos desempenhos dos estudantes em provas preparadas pela equipe do PEF; (c) discussões em reuniões mensais dos professores aplicadores do sistema com os membros da equipe; (d) observações realizadas por professores pertencentes ao grupo, que aplicariam o projeto nas escolas em que lecionavam; (e) análise de diários de classe preenchidos pelos professores aplicadores, relativamente às aulas ministradas através da utilização do PEF; (f) análise de coletas de opiniões de estudantes e professores sobre o projeto<sup>(4)</sup>.

Foram as seguintes as conclusões obtidas relativamente à avaliação dos ensaios realizados entre 1970 e 1972: (a) Apesar de não serem ideais, as condições apresentadas pelas escolas permitiam a aplicação do PEF. (b) Em geral, foi grande a receptividade por parte de alunos e professores ao novo esquema. (c) Era necessária a elaboração de um guia para o professor, assim como a realização de cursos de treinamento, exigências essas indicadas pelas dificuldades apresentadas por estes na aplicação do projeto. (d) Os textos deveriam ser revistos em pontos que causaram dúvidas e dificuldades aos alunos.

## 2.6. Sexta Fase: A Versão Comercial

A produção e distribuição comercial do projeto foi realizada através de convênio firmado entre o IFUSP e a Fundação Nacional de Material Escolar (FENAME hoje FAE), do Ministério de Educação e Cultura (MEC), entidade sem finalidades lucrativas, com postos de distribuição em diversos pontos do país.

Para o cumprimento dos prazos estabelecidos no convênio a equipe de

---

(4) Alguns dados sobre a organização do processo de avaliação do sistema não foram registrados por escrito e se perderam. Contudo, o autor coletou os elementos ainda existentes, elaborando um relatório sobre a avaliação da versão preliminar, reproduzido na dissertação, em apêndice.

mecânica reorganizou-se no início de 1972: uma parte passou a dedicar-se à elaboração da versão comercial, outra continuou a produzir a versão preliminar dos tópicos finais, e uma terceira ocupou-se da revisão de ambas as versões.

A versão comercial consta de duas coleções, de seis fascículos, cada uma, denominadas "Mecânica 1" e "Mecânica 2", além do conjunto experimental<sup>(5)</sup>.

As modificações mais importantes em relação à versão preliminar foram a inclusão de leituras suplementares ilustrativas em quase todos os capítulos, o aumento do número de exercícios e a reformulação do tratamento de algumas seções. Houve também um aperfeiçoamento dos materiais experimentais, para adequação à fabricação em grande escala.

Em relação aos prazos estabelecidos no convênio, ocorreram atrasos, tanto por parte da equipe do PEF, na entrega dos materiais, como da FENAME, na sua distribuição. Isso se deu porque, por um lado, esses prazos não haviam sido fixados de forma realista e, por outro, a referida entidade não possuía grande experiência na produção de material experimental especial.

## 2.7. Sétima Fase: O Treinamento para Professores

Embora um dos coordenadores do projeto acreditasse não fossem necessários cursos de treinamento para professores na utilização do PEF, após muitas discussões a equipe decidiu ministrar cursos com esse objetivo, em janeiro de 1973 e nos períodos seguintes de férias, em diversas cidades brasileiras.

Os cursos foram organizados em número de quatro, cada um com duração de quarenta horas e dedicado a uma das partes do PEF - Mecânica 1, Mecânica 2, Eletricidade e Eletromagnetismo. Patrocinados por PREMEN e IFUSP, contaram com o apoio de diversos centros de treinamento de professores de ciências e faculdades de filosofia, que cederam as suas instalações.

De 1973 a 1976 realizaram-se 45 cursos de treinamento em todo o Brasil, envolvendo um total de 1085 professores. A maioria dos participantes mostrou-se entusiasmada com o projeto e o aplicaria se dispusesse de condições favoráveis, porém muitos consideraram o preço dos conjuntos experimentais excessivo para suas escolas.

Em alguns cursos, 10 a 50% dos professores participantes apresentaram deficiências em conhecimentos de física, que se tornaram evidentes durante as

---

(5) Contratou-se um arquiteto e desenhista industrial para efetuar um novo desenho do material experimental, a fim de torná-lo compatível com a produção industrial.

discussões dos textos, problemas e experimentos, e através dos resultados obtidos em provas escritas<sup>(6)</sup>. Assim, os cursos de treinamento foram reconhecidos como uma forma de preencher, em parte, as lacunas na formação dos docentes em relação ao conhecimento de física e de métodos pedagógicos.

### 2.8. Oitava Fase: O Guia do Professor

Esse guia tem por objetivo auxiliar o professor tanto de maneira geral, com sugestões sobre o desenvolvimento do curso e a organização do trabalho, como específica, em relação ao tratamento de determinadas partes do texto, realização de experimentos e exercícios propostos etc.

Para a sua elaboração formou-se uma nova equipe, constituída por alguns dos membros das equipes de mecânica, eletricidade e eletromagnetismo, e por novos elementos. A forma de trabalho foi semelhante àquela utilizada na produção dos textos para o estudante.

### 2.9. Nona Fase: A Difusão do PEF

A divulgação do projeto foi realizada principalmente através do ensaio da versão preliminar durante os anos de 1970 a 1972 e dos cursos de treinamento para professores, iniciados em 1973, já que a FENAME, sendo uma instituição estatal, não promove a distribuição gratuita de livros.

É importante ressaltar que o convênio IFUSP/FENAME, uma tentativa de baratear os custos, acabou por tornar-se um impecilho à aquisição do material pelos estudantes, não pelo preço, realmente bastante baixo em relação a outros livros didáticos, mas porque foi editado um número limitado de exemplares e ainda a sua distribuição mostrou-se insatisfatória.

### 2.10. Conclusões

À exceção da fase de planejamento, que levou em consideração princípios da tecnologia educacional, o desenvolvimento do PEF deu-se de maneira predominantemente empírica, em decorrência da formação e experiência profissional bastante diversificadas dos membros da equipe, abrangendo o ensino em diversos níveis de instrução, a pesquisa universitária e a formação e treinamento

---

(6) Convém notar que essas provas tinham principalmente o objetivo de fornecer um modelo de avaliação escrita para o PEF, e não o de avaliar o nível de conhecimento dos professores.

de professores licenciados, além da produção de materiais instrucionais. Assim, a equipe dispunha de numerosos dados sobre a realidade educacional, principalmente em São Paulo.

A proposta original incluía criar um material didático que permitisse ao aluno trabalhar de maneira praticamente independente do professor, mas isso mostrou-se, na prática, inviável. Pelo contrário, verificou-se que a presença do professor é imprescindível no processo, mesmo que seu papel como expositor seja diminuído, pois cresce a sua atuação como organizador e orientador da aprendizagem, sendo necessário, inclusive, que apresente um bom nível de conhecimento de física.

### **Capítulo 3- Os Textos e Materiais Didáticos do Projeto de Ensino de Física - Mecânica**

Neste capítulo são analisados os textos e materiais experimentais do PEF, com base em pesquisa de campo realizada junto a alunos e professores que utilizavam a parte de Mecânica do projeto.

A análise restringiu-se ao capítulo 6 - "Força, inércia e aceleração"- e teve por objetivo levantar dados para uma futura revisão desse capítulo.

#### **3.1. Análise da Parte de Mecânica do PEF**

O projeto foi elaborado através de uma seqüência ordenada de conteúdos, com ênfase na discussão de conceitos físicos. São os seguintes os itens dessa seqüência, na parte considerada: (a) localização de pontos em um sistema cartesiano ortogonal e traçado das curvas correspondentes; (b) medição de grandezas físicas (espaço e tempo); (c) definição e determinação experimental de velocidades média e instantânea; (d) definição e medidas de aceleração; (e) princípio da inércia; (f) massa e peso de um corpo; (g) Segunda lei de Newton; (h) operações com grandezas vetoriais; (i) quantidade de movimento e sua conservação; (j) trabalho e energia cinética; (l) conservação da energia; (m) gravitação;

Os assuntos discutidos podem ser separados em dois tipos: um de caráter predominantemente operacional e outro que envolve também generalizações ou ligações com outros conceitos através de princípios ou leis físicas.

São exemplos, no PEF, de assuntos do primeiro tipo: construção de um

gráfico a partir das coordenadas de alguns pontos (cap. 1), calibração do cronômetro de areia (cap. 3), determinação experimental da velocidade de um corpo em movimento uniforme (cap. 4), determinação experimental da velocidade média (cap. 5), operações com grandezas vetoriais (cap. 8). Como exemplos mais complexos, do segundo tipo, citamos: medidas de uma grandeza física (cap. 20), velocidade instantânea (cap. 5), princípio de inércia, relação entre força e aceleração (cap. 6), 2ª lei de Newton (cap. 7 e final cap. 8), lei de conservação da quantidade de movimento (cap. 9), lei de conservação de energia (cap. 11) e gravitação (cap. 12).

Dentro dessa classificação, a parte de Mecânica 1 do PEF é predominantemente operacional e prescritiva, enquanto que Mecânica 2 é a mais conceitual e abstrata. O último capítulo de Mecânica 1, (cap. 6, "Força, inércia e aceleração"), representa uma transição entre ambas.

A.G. Violin, ao analisar a parte de Mecânica do PEF através de um curso programado individualizado<sup>(7)</sup>, concluiu que as maiores dificuldades dos alunos, com respeito ao texto, encontram-se, nessa ordem, na relação entre força, inércia e aceleração (cap. 6), no cálculo da velocidade instantânea (cap. 5), e na representação de medidas através de potências de dez (cap. 2).

O primeiro dos tópicos acima mencionados, correspondente na versão preliminar aos capítulos 5 ("Movimento e forças"), 6 ("Grandezas vetoriais") e 7 ("Força e aceleração") foi integralmente revisto, levando à elaboração do capítulo 6 ("Força, inércia e aceleração") da versão comercial, em uma ordem inteiramente nova de partes dos antigos capítulos 5 e 7.

A segunda versão teve como propósito introduzir conceitos dinâmicos o mais cedo possível, através da discussão do conceito de aceleração simultaneamente com o de força, numa tentativa de evitar o fato muito comum de se prolongar demasiadamente o tratamento da cinemática e prejudicar, por falta de tempo, o estudo da dinâmica, que realmente corresponde ao início da física. Esse objetivo havia sido frustrado na versão preliminar, pois o capítulo 5 ("Movimento e forças"), embora apresentando em seu início uma discussão sobre o princípio da inércia, trata principalmente de cinemática.

O enfoque proposto não é comum em textos introdutórios de física. Na maioria dos livros didáticos, os conceitos cinemáticos são integralmente introduzidos antes do estudo da dinâmica, o que aparenta ser uma necessidade

---

(7) O resumo do referido trabalho corresponde ao capítulo 1 desta coletânea.

lógica decorrente da 2ª Lei de Newton, variando apenas a ocasião em que se discutem as grandezas vetoriais: antes da cinemática, ou intercalada entre a cinemática escalar e a vetorial.

Além disso, para a equipe, o conceito de aceleração é de difícil entendimento pelos alunos pois corresponde a uma taxa de variação de uma grandeza (a velocidade) que também já é uma taxa de variação; nesse sentido, a discussão do conceito de aceleração juntamente com o de força, que de certa maneira é um conceito intuitivo, poderia auxiliar o aluno. Ainda mais, a importância da aceleração reside principalmente no fato de ser um elemento da 2ª Lei de Newton e portanto, da existência da relação entre a aceleração adquirida por um corpo e as forças que agem sobre ele; se tal não fosse, possivelmente não seria uma grandeza física relevante, como não o é, por exemplo, a derivada terceira da posição em relação ao tempo.

Uma outra tentativa frustrada na versão preliminar, foi a de introduzir os conceitos de velocidade e aceleração já como grandezas vetoriais. Pensava-se assim poder dedicar um tempo mais curto ao estudo da cinemática. Essa idéia foi abandonada durante a própria elaboração da versão preliminar, principalmente pelos seguintes motivos: (a) dificuldades relativas ao entendimento dos conceitos de velocidade instantânea (mesmo em forma escalar) e aceleração; (b) desacordo entre os membros da equipe quanto à melhor maneira de introduzir grandezas vetoriais.

### 3.2. Dificuldades dos Alunos no Capítulo "Força, Inércia e Aceleração"

Para o levantamento das dificuldades encontradas pelos alunos no estudo desse capítulo, o autor da dissertação efetuou uma pesquisa de campo em duas escolas de 2º grau, na cidade de São Paulo, escolhidas em virtude do fato de os professores de física desses colégios haverem participado da equipe do PEF e anteriormente utilizado a versão preliminar do projeto, permitindo considerar que essas dificuldades fossem decorrentes do próprio texto, e não de deficiências apresentadas pelos professores.

Os alunos de uma das escolas, pertencente à rede oficial de ensino, tinham 3 aulas semanais de física, com duração de 45 minutos cada. Na outra escola, particular, os estudantes dispunham semanalmente de 2 aulas de 50 minutos cada, e uma de 70 minutos.

A coleta de dados desenvolveu-se através de uma prova escrita aplicada a 193 alunos, considerada como avaliação do curso regular de física, e entrevistas<sup>(8)</sup> realizadas com 23 dentre esses estudantes, duas a quatro semanas após a aplicação da prova.

Cada entrevista teve duração aproximada de 50 minutos e constou das mesmas perguntas da prova e discussão das respostas dadas, a fim de verificar, por amostragem, se os estudantes haviam tido problemas de interpretação na leitura das questões ou dificuldade em se expressarem por escrito. A seleção dos entrevistados foi feita de modo a cobrir toda a gama das notas obtidas na prova escrita.

Chegou-se à conclusão de que, à exceção da questão 1, na qual muitos estudantes desconheciam o significado da palavra "manter", as questões de prova não apresentaram problemas de interpretação do enunciado. Verificou-se, além disso que os alunos não só encontraram dificuldades na expressão escrita, mas também ao se expressarem verbalmente.

### 3.3. As Questões Entremeadas no Texto do PEF e a Prova Escrita

Uma característica importante do PEF é o grande número de questões entremeadas no próprio texto que devem ser respondidas pelos alunos à medida em que efetuam a leitura. Considerando que a utilização do sistema deveria levar à aprendizagem, eram esperados índices elevados de respostas corretas, da ordem de 80% a 100%, o que realmente ocorreu durante o ensaio da versão preliminar de Mecânica.

Falhas no enunciado de uma questão tinham solução trivial: no caso de serem devidas ao texto, a revisão era facilitada pela subdivisão em pequenos passos, permitindo localizar precisamente o problema.

Os estudantes foram submetidos a uma prova com questões do mesmo tipo daquelas encontradas nos textos do PEF, pretendendo-se examinar o seu entendimento em relação ao conteúdo do capítulo 6 e não à capacidade de resolver problemas de física envolvendo a aplicação do conteúdo.

A prova constou de dez questões discursivas versando sobre força, aceleração e princípio de inércia, não sendo necessários cálculos numéricos. Foram elaborados dois tipos de provas, distintos apenas pela seqüência das questões.

---

(8) A dissertação apresenta, em apêndices, a reprodução de trechos das entrevistas realizadas, assim como a transcrição das respostas dadas à prova escrita pelos alunos entrevistados.

### 3.4. Discussões sobre os Resultados da Prova Escrita

O principal objetivo de haver dois tipos de provas foi evitar que as últimas questões tivessem suas respostas prejudicadas por falta de tempo ou pelo cansaço do aluno. Porém, efetuado o cálculo de médias e desvios-padrão relativamente às notas obtidas nessas provas, verificou-se a sua equivalência, tornando-se desnecessário distingui-las.

A partir dos resultados colhidos foram construídos histogramas para as notas dos alunos da escola estadual, do colégio particular e de todo o grupo.

Para a análise do desempenho dos estudantes em relação ao conteúdo da prova escrita, dividiu-se o total de provas em quatro grupos, de acordo com a nota alcançada.

Foram levantados, tabulados e classificados os padrões de respostas obtidas pelo grupo total de alunos e pelos quatro subgrupos, para cada questão. Em apêndice, a dissertação apresenta essas tabelas.

Através dos padrões de respostas relativas a cada questão, foram construídos diversos quadros e gráficos, que também constam da dissertação, onde são mostrados, para cada questão, os índices de respostas corretas, incompletas, erradas, em branco ou incompreensíveis, os percentuais de respostas certas para os quatro subgrupos e o grupo total, e os de respostas com conteúdos semelhantes, dadas pelo grupo total de alunos, para cada questão.

Os resultados obtidos mostraram que a prova como um todo foi difícil para a maioria dos estudantes e, particularmente, para os do colégio estadual. Essa diferença indica a existência de outros fatores, além daqueles decorrentes apenas do material utilizado, que alteram os resultados da aprendizagem, como as condições da escola, o nível sócio-econômico da clientela etc.

Em relação ao conteúdo da prova, aproximadamente a metade dos alunos pesquisados associavam o movimento à ação de força e cerca de 70% consideravam como consequência da aplicação de força a alteração da velocidade. Esses resultados devem ser atribuídos ao fato de o enunciado dessa questão ter apresentado falhas acarretando problemas na interpretação, além de ser comum a resposta memorizada, o que provavelmente era também a causa de pequenas discrepâncias observadas em outras questões.

As respostas mostram que 30% a 40% dos alunos relacionavam o movimento retilíneo uniforme a forças equilibradas e, por outro lado, forças não equilibradas aos movimentos nos quais variam a velocidade, e/ou a direção do movimento. Aproximadamente 20% reconheciam forças equilibradas como aquelas que se

anulam e forças não equilibradas como as que não se anulam; esses índices, entretanto, estão subestimados, pois essas respostas foram dadas a uma questão onde também se poderia responder sobre forças equilibradas em relação ao movimento do corpo, o que realmente aconteceu em aproximadamente 25% dos casos.

Nessas questões já começa a aparecer um padrão de resposta em que o movimento constante é associado ora ao movimento com velocidade constante, ora ao movimento com aceleração constante, ora ao movimento de um corpo sujeito à ação de uma força constante; assim, aproximadamente 20% dos alunos afirmavam que um corpo em movimento retilíneo uniforme está sujeito a forças constantes, que é constante o movimento de um corpo sob a ação de forças equilibradas ou de forças constantes e que o movimento é constante se a aceleração o é.

Sete por cento dos alunos explicavam o princípio de inércia como decorrente da tendência de um corpo permanecer com velocidade constante (que corresponde à primeira parte do enunciado do referido princípio, apresentado à página 6-5 do capítulo 6 de Mecânica 1) e aproximadamente 30% associavam alterações no estado do movimento de um corpo à ação de forças não equilibradas (segunda parte do princípio acima mencionado).

As respostas evidenciaram também que cerca de 45% dos alunos relacionavam a aceleração à variação de velocidade, dos quais quase a metade considerava-a como taxa de variação dessa grandeza. Esses índices encontram-se subestimados, como pôde ser percebido através das entrevistas, nas quais a maioria dos alunos foi capaz de calcular a aceleração de um corpo em um problema concreto, apesar de terem dificuldade em explicar o significado desse conceito.

Aproximadamente 20% dos alunos consideravam que a força é constante se aceleração o é e vice-versa e cerca de 10% acreditavam ser o movimento de um corpo é retilíneo e uniforme quando a força aplicada é constante.

### 3.5. Contribuição para a Revisão do Capítulo 6 de Mecânica do PEF

Em decorrência dos resultados obtidos na prova escrita e das entrevistas realizadas com os alunos, sugeriu-se que os seguintes pontos do capítulo 6 sejam revistos:

a) A discussão sobre o princípio de inércia. Deverá ser refeita, com ênfase na condição necessária para que um corpo permaneça em movimento retilíneo uniforme.

b) O conceito de forças equilibradas. Necessita ser aprofundado, por corresponder a um dos aspectos fundamentais do princípio da inércia.

c) O conceito de movimento constante. Entendido por uma fração considerável de alunos como movimento com velocidade constante ou sob ação de uma força constante, deverá ser melhor discutido, enfatizando-se o significado de movimento retilíneo uniforme e, em particular, de movimento uniforme e movimento com aceleração constante.

A análise do texto correspondente às páginas 6-1 a 6-5, referentes ao princípio da inércia, mostra que o conceito de força é discutido de forma ambígua, o que também ocorre no restante do capítulo, e ainda que diversos conceitos (grifados adiante) são introduzidos sem explicação ou definição. Inicialmente fala-se em relacionar o movimento a suas causas, em seguida em ação sobre um corpo, depois em empurrão (que é associado a ação) e finalmente em ação de uma força. Na discussão do princípio de inércia (seção 1) afirma-se que a velocidade de um corpo será mantida enquanto não existirem causas de aceleração ou retardamento. Após concluir-se que um corpo poderá manter um movimento retilíneo e uniforme sem a ação de força, aponta-se o caso de um disco movendo-se sobre uma mesa (figura 2 do texto), onde a atração da Terra, que o faria cair, é anulada pela reação da superfície de apoio, o que indica a inexistência de força não equilibrada agindo sobre o disco, e também que, uma vez nesse estado de movimento, o objeto só sofrerá alterações na velocidade ou na direção do movimento se alguma força não equilibrada agir sobre ele.

A fim de diminuir essas dificuldades, o conceito de força deverá ser introduzido como esforço muscular e depois ampliado de modo a incluir todos os tipos de forças da natureza. As causas da maioria dos movimentos observados são forças; não é necessário contradizer essa observação mas sim mostrar que é possível um corpo permanecer em movimento sem a aplicação de força. A conclusão de Galileu de que a velocidade de um corpo será mantida enquanto não existirem causas de aceleração ou retardamento deverá ser apresentada de maneira diferente, pois aqui o conceito de aceleração ainda não foi introduzido, e o texto será mudado para "... qualquer velocidade, uma vez adquirida por um corpo, será mantida enquanto não existirem causas para seu aumento ou diminuição ...". No caso do movimento do disco sobre a mesa, é dispensável falar em atração da Terra e reação da superfície de apoio, dizendo-se simplesmente peso do corpo e força exercida pela mesa sobre ele; para facilitar o entendimento de que essas forças se anulam, deve-se

fazer um esquema vetorial simples. O conceito de estado de movimento deverá ser definido claramente como direção e velocidade do movimento do objeto.

Finalmente, como já foi salientado, a discussão de forças equilibradas deverá ser reformulada, dividindo-se o conceito em seus aspectos estático, que pela maior simplicidade será tratado em primeiro lugar, e dinâmico, que é mais complexo e confunde-se com o próprio tratamento do princípio da inércia.

## Laboratório Didático de Física no Ciclo Básico da Universidade

Vera Lúcia Lemos Soares(\*)

### Capítulo 1 - O Ensino de Física no Ciclo Básico da Universidade

Implantado no país pela reforma universitária de 1968 (Lei 5.540), o ciclo básico, com duração de um a dois anos, compreende disciplinas de formação geral e antecede o ciclo profissional, sendo ministrado no início dos cursos universitários, e estando os seus objetivos assim descritos no artigo 5º do Decreto-lei nº 464/69: "Nas Instituições de Ensino Superior que mantenham diversas modalidades de habilitação, os estudos profissionais de graduação serão precedidos de um primeiro ciclo, comum a todos os cursos ou grupos afins, com as seguintes funções: (a) recuperação das insuficiências evidenciadas pelo concurso vestibular na formação dos estudantes; (b) orientação para a escolha da carreira; (c) realização de estudos básicos para ciclos ulteriores".

Assim, conforme se observa no item (a) acima, a reforma universitária pretendia servir o vestibular como diagnóstico de deficiências na formação dos alunos e fossem essas falhas sanadas através do ciclo básico. No entanto, esse exame não parece ser um instrumento adequado ao objetivo em questão, por diversas razões, a seguir mencionadas: (a) ter o real objetivo de selecionar candidatos ao ingresso nas universidades, não sendo claramente definidos os seus pré-requisitos; (b) ser geralmente realizado por fundações não vinculadas à universidade, não contribuindo para a programação dos cursos básicos; (c) não permitir serem evidenciadas eventuais falhas existentes no segundo grau, pois as provas, enfatizando somente o conhecimento, raramente exigem raciocínios superiores. Finalmente, mesmo que fossem bem conhecidas as deficiências apresentadas pelos estudantes ao ingressarem nas universidades, existiria ainda a dúvida quanto à possibilidade de serem sanadas através do ciclo básico.

No tocante ao ensino de física no curso secundário, os problemas encontrados vêm sendo apontados por diversos autores, devendo-se principalmente a: (a) falta de condições materiais apropriadas nas escolas; (b) baixos níveis de remuneração e formação inadequada dos professores; (c) insuficiência do tempo destinado ao ensino dessa disciplina; (d) excessiva ênfase em conteúdos teóricos em detrimento da parte experimental. Cabe ressaltar que, conforme têm indicado as

(\*) Orientador: Ernst Wolfgang Hamburger. Dissertação aprovada em 12/12/1977.

análises dos resultados de concursos vestibulares, até mesmo os conceitos mais simples e essenciais apresentam dificuldades à maioria dos estudantes universitários, mostrando que para sanar essas deficiências seria necessária uma ampla reorganização do curso de 2º grau.

As horas-aulas semanais destinadas ao ensino de física experimental são, em média, em número muito reduzido, como ilustram as tabelas abaixo, extraídas do "Levantamento de Dados sobre o Ensino de Laboratório nos Cursos Básicos da Universidade".<sup>(1)</sup>

Tabela 1

Carga horária semanal - Laboratório para Física 1 e 2		
Região	Média(h/semana)	Variação
Norte	1,5	0 a 4
Leste	2,3	1 a 4
Sul	1,8	0 a 4

Tabela 2

Carga horária semanal - Laboratório de Física 3 e 4		
Região	Média(h/semana)	Variação
Norte	1,2	0 a 4
Leste	2,3	1 a 4
Sul	1,6	0 a 4

Convém salientar que os números acima foram possivelmente superestimados. Além disso, a coluna de variações indica inexistirem, em algumas escolas, aulas de laboratório.

Quanto ao objeto (b) proposto pela reforma universitária para os cursos básicos, "orientação para a escolha de carreira", não tem sido alcançado na maioria das universidades, onde o estudante geralmente ingressa já em um curso bem definido.

Em algumas escolas, a escolha da carreira é determinada pelas notas obtidas no ciclo básico, sendo a função dessa nova classificação de alunos o aproveitamento da capacidade de alguns cursos menos procurados, gerando competição entre os

(1) Terrazan, E.A.; Zanetic, J.; Barros, S.S.; Soares, V.L.L.; *Rev. Bras. de Fis.*, vol. esp., 1976, pág. 473.

estudantes e criando um clima não muito propício à aprendizagem, além de introduzir problemas na avaliação e organização do ciclo básico.

Assim, anos após a reforma universitária, os cursos básicos, em particular na área de física, continuam a apresentar inúmeras dificuldades, constituindo os seus objetivos, ainda mal definidos, um tema de constantes discussões em reuniões e simpósios. Pode-se talvez sintetizar da seguinte forma as diversas propostas que vêm sendo levantadas: o curso básico de física deve não apenas oferecer uma sólida formação nessa disciplina, incluindo a física moderna, como também orientar os estudantes, estimulando um processo mais amplo de aquisição de conhecimento, através da identificação com o método científico e integração crítica com a realidade.

A partir de 1969, como já discutido, com a implantação do ciclo básico houve a necessidade de as unidades responsáveis adaptarem-se à nova situação de ministrar cursos para muitos alunos, sem no entanto o correspondente aumento das condições materiais. Assim, os cursos de física básica passaram a ser organizados sob uma coordenação rígida: provas comuns a todos os alunos, com dados pré-fixados e conteúdo previamente determinado. Isso deveu-se principalmente à falta de professores em número suficiente, e ao critério de classificação dos estudantes para diferentes carreiras, em função das notas obtidas nessa etapa.

Na área de física as disciplinas são geralmente oferecidas, nos cursos básicos, a alunos de ciências exatas, engenharia e ciências biomédicas, algumas vezes destinando-se também a estudantes de arquitetura. Informações obtidas no já citado levantamento de dados sobre o ensino de laboratório de física no ciclo básico, realizado durante o segundo semestre de 1975, junto a 38 universidades brasileiras (federais, estaduais ou particulares) mostraram que: (a) o conteúdo de física básica, nos cursos de engenharia e física, distribua-se geralmente em quatro semestres; (b) o livro "Física" de D. Halliday e R. Resnick predominava em todas as regiões analisadas; (c) na região leste do país, as disciplinas Física 1 e 2 e Física 3 e 4 apresentavam o mesmo número de aulas teóricas semanais, enquanto nas regiões norte e sul notou-se uma sensível diminuição na carga horária das disciplinas de Física 3 e 4 em relação a Física 1 e 2; (d) à exceção da região sul, era muito grande o número de alunos por turma em aulas de teoria; quanto às aulas práticas, esse número mantinha-se abaixo de 35 alunos na grande maioria das escolas; (e) uma porcentagem considerável de professores que ministravam aulas de laboratório eram alunos não graduados: região norte - 41%, região leste- 12% e região sul - 34%.

A título de exemplo, mencionaremos o curso básico de física do Instituto de Física da Universidade de São Paulo (IFUSP), oferecido a um grande número de estudantes das carreiras de física, química, geologia, matemática e engenharia<sup>(2)</sup>, em turmas de aproximadamente 40 estudantes, com 6 horas semanais de aulas teóricas e 4 horas de aulas práticas por quinzena, adotando-se comumente o livro de Halliday e Resnick, acompanhado de guias de estudo indicando, para cada capítulo, os objetivos, exercícios a serem resolvidos e, algumas vezes, discutindo dificuldades no entendimento do texto.

Os objetivos do curso de física básica do 1º ano foram discutidos por Hamburger<sup>(3)</sup>, incluindo-se entre outros itens, "apresentar ao aluno a visão do mundo que têm os cientistas, mostrar que os fenômenos naturais podem ser compreendidos e até certo ponto controlados, ...combater atitudes supersticiosas". Todavia, cada vez menos importância foi sendo dada a esse objetivo, pouco influenciando portanto na programação dos cursos, cuja tônica tem sido o conhecimento das principais leis e fenômenos da física e sua aplicação à análise de outros fenômenos.

Conforme anteriormente assinalado, com a implantação dos cursos básicos os problemas relativos ao ensino introdutório de física tornaram-se mais evidentes, tanto em decorrência do grande número de alunos a serem atendidos, como em virtude da heterogeneidade de sua formação e interesses. Esse fato, aliado às críticas ao ensino convencional baseado em aulas expositivas, contribuiu para o aparecimento de diversas inovações nos métodos de ensino utilizados<sup>(4)</sup>. Além disso, muitas pesquisas têm sido realizadas, também, no sentido de obter dados acerca do perfil e desempenho dos estudantes nas aulas.

As observações sobre as experiências educacionais com novos métodos de ensino evidenciaram, em geral, resultados não superiores quanto à eficiência da aprendizagem, relativamente ao ensino convencional. Algumas dentre as razões que determinam esse fato, serão, a seguir, mencionadas: (a) o desempenho dos estudantes é influenciado por outros fatores como limitações em suas possibilidades de estudo devidas ao trabalho, e nível de escolaridade dos pais; (b) os resultados de

---

(2) Os alunos de ciências biológicas e biomédicas, assim como os de geologia, têm cursos separados, destinados a essas carreiras.

(3) Hamburger, E.W. - "Organização de um Curso Básico de Física para 1500 alunos" *Rev. Bras. de Fis.*, 2, 141, 1972.

(4) Na dissertação, a autora apresenta sucintas descrições de alguns desses métodos: Sistema Keller, Método Áudio-Tutorial (semelhante ao primeiro, com a substituição do monitor por fitas gravadas) e Método de Estudo Dirigido em Grupos. Cabe salientar que os resultados obtidos em relação à aprendizagem, através do uso desses métodos, não foram significativamente diferentes entre si.

comparações entre métodos de ensino não são conclusivos devido à dificuldade fundamental existente nesse campo de pesquisa, associada às rápidas e constantes mudanças envolvidas, tanto no corpo de conhecimentos como em aspectos sociais; (c) não foram definidos esquemas adequados para a avaliação de métodos de ensino; (d) o comportamento do professor em sala de aula apresenta efeitos relevantes na aprendizagem; (e) observam-se situações incoerentes como, por exemplo, a utilização de sistemas de ensino individualizado com vistas à solução de problemas decorrentes da grande heterogeneidade na formação dos estudantes, sem no entanto respeitarem-se características básicas desse sistema, como o chamado "ritmo próprio" de estudo, dada a obrigatoriedade de todo o conteúdo programado ser apresentado dentro dos prazos estabelecidos, permitem-se apenas pequenos arranjos por parte do aluno.

## **Capítulo 2 - O Ensino de Laboratório no Ciclo Básico da Universidade**

Um grande número de modificações têm sido propostas para o ensino do laboratório de física em nível secundário, principalmente a partir de 1960, com o surgimento e as tentativas de implantação no país de diversos projetos educacionais, entre os quais destacaremos: o projeto americano "Physical Science Study Committee" (PSSC), o sistema inglês "Nuffield Science Teaching Project" e o "Projeto de Ensino de Física" (PEF), desenvolvido no Brasil, pelo IFUSP. Em nível universitário, o projeto educacional mais conhecido entre nós é o "Berkeley Physics Course"<sup>(5)</sup>.

Os cursos de laboratório, destinados a um grande número de alunos de diferentes carreiras são, em grande parte, ministrados por monitores (alunos com reduzida experiência, necessitando de constante orientação), inexistindo acordo entre os professores quanto aos objetivos desse ensino. No 2º grau tem geralmente como propósito principal a ilustração de tópicos teóricos, oferecendo ao aluno a oportunidade de utilizar alguns aparelhos de medida e métodos simples de análise. Já nos anos finais da universidade enfatizam-se experiências longas e complexas, possibilitando a prática de habilidades experimentais adquiridas em séries anteriores.

Diversos trabalhos, no país e no exterior, têm sido dedicados à especificação de objetivos de laboratório, cuja necessidade a autora da dissertação justifica com as seguintes razões: (a) facilitam a realização de pesquisas educacionais e a

---

(5) Ed. E. Blücher, 1972.

comunicação entre professores, administradores e estudantes, ao fornecerem um vocabulário preciso; (b) permitem distinguir o que pode melhor ser ensinado no laboratório ou nas aulas teóricas; (c) propiciam a eliminação de atividades envolvendo atitudes conflitantes como, por exemplo, o "laboratório para ilustrar a teoria" e o "laboratório para ensinar a arte da experimentação"; (d) facilitam a tomada de decisões no planejamento e organização das aulas práticas.

É tradicional, no ensino de laboratório, a distinção entre objetivos gerais e objetivos instrucionais, constituindo os primeiros afirmações de intenções por parte do professor quanto ao que se pretende alcançar ao final do curso, enquanto os segundos referem-se à aprendizagem imediata, ou seja, o que se espera como resultado de uma atividade ou aula.

A autora apresenta uma crítica ao ponto de vista extremo adotado por alguns pesquisadores quanto à especificação muito precisa dos objetivos instrucionais, envolvendo a identificação do comportamento terminal em termos observáveis e a indicação das condições sob as quais este deverá ocorrer e do critério de comportamento aceitável. A seu ver, embora sedutor por um lado, ao prometer ser possível testar se o objetivo foi ou não atingido, esse ponto de vista mostra-se profundamente restritivo àquilo que pode ser ensinado no laboratório.

Serão a seguir discutidos os objetivos do laboratório de física, classificados em quatro áreas: (1) conteúdo; (2) habilidades técnicas ou manipulativas; (3) conduta experimental (atitude frente à experiência); (4) atitude independente e criativa do aluno.

**(a) O laboratório com ênfase no conteúdo: Área (1).** Organizado como um meio de oferecer melhor entendimento e apreciação do conteúdo da disciplina, complementa as aulas teóricas, tendo como função ilustrar e confirmar fatos, fenômenos, conceitos ou teorias. Os objetivos dessa área podem ser assim expressos: ilustrar e ampliar os assuntos abordados nas aulas teóricas; apresentar um novo tópico teórico; verificar experimentalmente as leis teóricas. Diversos autores criticam esse tipo de laboratório, por ser muito pobre, não se assemelhando ao trabalho de um físico experimental, que não verifica leis e princípios, mas toma-os como axiomáticos. Contudo, na opinião da autora, experiências desse tipo servem, quando bem escolhidas e planejadas, para ilustrar conceitos abstratos, oferecendo aos alunos uma oportunidade de trabalhar com o "mundo real". Não é conveniente, todavia, enfatizar em demasiado a verificação de leis, em prejuízo do entendimento dos conceitos envolvidos. A escolha da experiência a ser realizada é

relevante, devendo ser representativa dos fenômenos estudados nas aulas teóricas. Pode-se ainda ter como objetivo principal que o aluno "descubra" a lei teórica. Nesse caso, a escolha do equipamento também constitui fator crítico, devendo os resultados ser bem precisos, exatos e de fácil interpretação. A experiência é realizada anteriormente às aulas teóricas, havendo tanto maior proveito quanto mais desconhecido for o assunto para os estudantes.

(b) Aquisição de habilidades técnicas ou manipulativas: Área (2). Visando ao desenvolvimento de habilidades técnicas consideradas essenciais à competência em física, nesse tipo de laboratório o conteúdo não é tão importante, podendo os objetivos ser assim descritos: desenvolver habilidades técnicas e instrumentais; desenvolver habilidades de observação; familiarizar o estudante com instrumentos e técnicas experimentais. Segundo a autora, nos cursos básicos de física não convém enfatizar esse tipo de laboratório, sendo preferível a utilização de materiais simples que permitam observações mais diretas acerca do fenômeno estudado.

(c) Conduta experimental (atitude frente ao experimento): Área (3). O laboratório é aqui considerado como uma disciplina, com o objetivo de levar o aluno a desenvolver a arte da experimentação (método experimental). A ênfase não está no conteúdo, podendo o laboratório ser independente das aulas teóricas, mas na maneira como o estudante realiza a experiência, analisa os resultados e extrai conclusões. Apresenta grande proveito para estudantes dos cursos básicos, contribuindo para o entendimento da física como um processo de investigação, e a compreensão do modo pelo qual é obtido o conhecimento através da realidade.

(d) Atitude independente e criativa do aluno: Área (4). Os objetivos dessa área, também denominada "laboratório de projeto ou divergente" são mais difíceis de delinear, existindo sob esse título grande volume de diferentes inovações. Tem o propósito de promover tanto a criatividade experimental como os objetivos mais gerais da educação, como, por exemplo, levar o aluno a pensar independentemente no laboratório. De acordo com Eades<sup>(6)</sup>, apresenta as seguintes divisões: laboratório instrumentado - com os objetivos previamente definidos, procura deixar ao aluno as decisões referentes aos métodos de medida; laboratório divergente - no início da experiência há objetivos e procedimentos bem definidos, sendo ao final

---

(6) Eades, J.A. - "The teaching laboratory: In *New trends in Physics Teaching*, vol. III, UNESCO, Paris, 1977, pág. 52 (resumo).

propostos diferentes caminhos possíveis, e nesse estágio pouca orientação é dada; laboratório de projeto - envolvendo uma parte de pesquisa e experiências mais longas, raramente é ministrado nos cursos básicos, pelo seu elevado custo e também por exigir professores muito experientes e em grande número.

### Capítulo 3 - Inovações no Ensino de Laboratório

Serão, a seguir, apresentadas, em forma sucinta, algumas inovações introduzidas no ensino de laboratório, a partir de 1960, identificadas pela autora através de uma pesquisa bibliográfica. Cabe ressaltar que essa pesquisa apresenta limitações, em particular por referir-se principalmente às publicações americanas e inglesas, de mais fácil acesso.

(a) Seminários Experimentais.<sup>(7)</sup> Versão aperfeiçoada das aulas de demonstração, nesse método as aulas práticas deveriam idealmente alcançar três resultados: ilustrar as aulas teóricas, apresentar algumas técnicas experimentais e levar os alunos a criticarem e questionarem o resultado de uma medida experimental. Nesses seminários, utiliza-se um circuito fechado de televisão para que todos os estudantes possam acompanhar a experiência e ler as escalas de medida. Ao iniciar a aula, o professor descreve os objetivos da experiência e o equipamento a ser usado, estimulando a contribuição da classe na discussão do procedimento e de parâmetros a serem observados.

(b) Laboratório Divergente.<sup>(8)</sup> Menos dirigido do que o laboratório convencional, esse tipo de atividade é denominada "divergente", no sentido de que o estudante tem oportunidade de trabalhar com sistemas reais, resolvendo problemas cujas respostas lhe são desconhecidas e decidindo sobre o procedimento experimental. Criticando a ênfase no objetivo de "ilustrar a teoria", o laboratório divergente é entendido como um compromisso real entre o laboratório de projeto, que será apresentado mais adiante, e o laboratório convencional, podendo-se estabelecer aqui partes de um experimento a serem seguidas por todos os alunos, mas devendo existir diversos caminhos possíveis após o estágio inicial. Assim, a

---

(7) Mendonza, E.B. e Read, F.H. - "Techniques of teaching experimental physics to university students". In *The education of physicist*, Ed. Brown, S.C. et al, Oliver e Boyd, 1976, pág. 84.

(8) Ivany, J.W.; Parlett, M.R. - "The divergent laboratory". In *Am. J. of Phys.*, 38, 1970, pág. 450.

natureza do conteúdo a ser aprendido, bem como as características e interesses dos estudantes, desempenham papel de fundamental importância<sup>(9)</sup>.

(c) **Laboratório Programado.** A partir de 1960, uma série de inovações foram introduzidas no ensino de laboratório, em diversas universidades, com a utilização de instrução programada e técnicas de ensino individualizado. No Brasil, a autora participou de uma experiência realizada com o Método Keller, junto a alunos de 1º ano do IFUSP<sup>(10)</sup>. Baseando-se no livro de Halliday e Resnick, a programação<sup>(11)</sup> do curso, ministrado durante dois anos consecutivos, seguiu os moldes convencionais. As atividades de laboratório, constituindo parte integrante do processo, eram avaliadas através de relatórios escritos e entrevistas com o professor ou monitor, tendo em vista os seguintes objetivos: permitir aos alunos a utilização de dados experimentais na resolução de problemas específicos; possibilitar o treino no preparo de relatórios escritos e no projeto de experiências; proporcionar melhor contato entre professores e alunos; estimular a confiança no método científico e o interesse no estudo da física. Nesse tipo de curso, dois aspectos passíveis de crítica referem-se a: o não se enfatizarem as discussões em grupos de alunos, e as atividades de laboratório apenas como auxílio ao entendimento de conceitos físicos<sup>(12)</sup>.

(d) **Laboratório-Biblioteca**<sup>(13)</sup>. Nesse tipo de laboratório, funcionando 40 horas por semana, o equipamento bem como as instruções para a realização de uma experiência são acessíveis como livros na estante, em uma biblioteca. De realização rápida, os experimentos são executados em número de dois ou três por aula de duas horas, com as experiências permanentemente montadas, sendo necessárias, assim, poucas cópias de cada uma, possibilitando-se dessa forma uma grande flexibilidade na incorporação de novas sugestões, bem como a realização de uma variedade de experiências, encaradas como exercícios de demonstração do conteúdo desenvolvido no curso. Deverá estar sempre presente no laboratório um monitor

---

(9) Na dissertação, a autora apresenta sucintamente as idéias básicas de outros autores que realizaram propostas de atividades com características de laboratório divergente.

(10) Villani, A. et al - "Uma experiência de ensino: resolução de problemas em física". *Suplemento Ciência e Cultura*, 27, 1975, pág. 43.

(11) Apresentada na dissertação, em apêndice.

(12) A autora apresenta, também, em seu trabalho, algumas características de cursos de laboratório programado desenvolvidos nas Universidades de Surrey e Londres (Inglaterra) e Nova Iorque (EUA).

(13) Oppenheimer, F.; Cornell, M. - "A Library of Experiments". In *Am. J. of Phys.*, 32, 1964, pág. 220.

para responder às dúvidas, podendo os estudantes realizar os experimentos de acordo com seu próprio ritmo, em horários de sua conveniência<sup>(14)</sup>.

(e) Laboratório-Projeto. Procurando desenvolver no aluno uma atitude independente na resolução de problemas experimentais, a ênfase situa-se aqui não no aprendizado de técnicas específicas ou no auxílio ao entendimento de princípios físicos, mas na oportunidade de desenvolver um trabalho experimental, manuseando aparelhos utilizados por físicos em suas pesquisas. Cabe ao estudante, assim, efetuar medidas, analisar os dados obtidos, realizar pesquisas bibliográficas, relacionar seus resultados com aqueles obtidos em outras experiências semelhantes ou com a teoria sobre o assunto e, finalmente, apresentar seu trabalho em forma de relatório. Algumas restrições a esse tipo de laboratório são: necessidade de muitos conjuntos experimentais, dificuldade em organizar listas de sugestões originais em grande número, exigência constante de um monitor para orientar os estudantes em suas atividades e maior disponibilidade de tempo requerida dos alunos.

#### Capítulo 4- Avaliação do Ensino de Laboratório.

A avaliação do ensino de laboratório pode ser discutida sob dois aspectos: o desempenho dos alunos e o curso em si. Relativamente ao primeiro ponto uma das dificuldades encontradas refere-se ao fato de que, na maior parte das vezes, não se esperam resultados imediatos desse aprendizado (como, por exemplo, no que concerne aos objetivos da Área 4, anteriormente descrita). Isso se deve, em parte, ao fato de geralmente existir uma análise clara da experimentação como seqüência de atividades a serem desenvolvidas<sup>(15)</sup>. Na avaliação do desempenho do aluno são geralmente utilizados os seguintes métodos: observação contínua de um trabalho, exames práticos e exames ou relatórios escritos, sendo estes dois últimos os mais comuns, dadas as dificuldades associadas ao uso dos demais, particularmente em classes muito numerosas. O projeto experimental, embora algumas vezes utilizado como meio de avaliação do aluno, é mais comumente proposto com vistas a objetivos da Área 4, devendo ser definidos, nesse caso, critérios para a avaliação

---

(14) Existe no IFUSP um centro de demonstrações desse tipo, denominado "Laboratório de Demonstrações".

(15) A dissertação apresenta, em apêndice, uma seqüência de atividades relativas aos objetivos para o laboratório, especificados pelo grupo que desenvolveu, no IFUSP, o "Curso Personalizado" de Física 1 e 2, em 1974/1975.

do projeto. Serão, a seguir, discutidas algumas formas de avaliação do desempenho do estudante em aulas de laboratório:

(a) Relatórios Escritos. Durante o desenvolvimento do "Curso Personalizado" de física básica junto a estudantes de 1º ano do IFUSP, notou-se que estes apresentavam grande dificuldade ao elaborarem os relatórios das experiências. Propos-se, então, para sanar esse problema, a utilização de uma técnica denominada "fading" (esmaecimento), consistindo no seguinte: para o primeiro relatório, o aluno recebia algumas folhas de papel onde havia um espaço destinado aos objetivos da experiência, um local apropriado para a descrição do arranjo experimental, e tabelas já preparadas a serem preenchidas com os dados experimentais<sup>(16)</sup>. Para o segundo relatório, forneciam-se indicações menos detalhadas, e assim sucessivamente, sendo que os dois últimos trabalhos do semestre eram totalmente escritos pelos estudantes, somente com o auxílio de instruções apresentadas no guia da experiência. Apesar de não haver sido realizada uma avaliação sistemática sobre o uso dessa técnica, foi possível perceber que os alunos passaram a apresentar seus relatórios de um modo mais organizado, embora ainda com repetições ou cópias do guia de instrução. Também ficou claro, nessa experiência, ser a exigência de relatórios completos mais adequada quando os estudantes desenvolvem atividades práticas do tipo laboratório divergente.

(b) Provas Escritas. Quando o objetivo da parte experimental é complementar as aulas teóricas, esse método de avaliação mostra-se mais apropriado, servindo também para tornar as notas de laboratório menos homogêneas (não todas altas ou baixas) e permitindo avaliar os conhecimentos adquiridos quanto ao conteúdo enfatizado pela experiência e à correta utilização de algumas técnicas de medida.

(c) Provas Práticas. Utilizadas para verificação da aprendizagem relativamente ao uso de aparelhos ou técnicas de medida, esse tipo de avaliação pretende ainda motivar o aluno à realização de medições cuidadosas e à análise detalhada do sistema proposto.

(d) Projetos. Como já assinalado, correspondem às atividades práticas de mais difícil avaliação, devido aos tipos de objetivos propostos e também pelo fato de o relatório não expressar todo o trabalho do estudante, sendo necessário levar em

---

(16) Em apêndice, a dissertação apresenta as folhas impressas para o primeiro desses relatórios.

conta a sua atitude ao longo do desenvolvimento do projeto. Alguns aspectos podem ser observados na avaliação desse tipo de laboratório: atitudes gerais de independência, aplicação, persistência; uso de fontes de informação; planejamento e construção de aparelhos; seleção de instrumentos do equipamento comum do laboratório; estimativas de incertezas, reprodutibilidade das medidas; interpretação e apresentação dos resultados; estrutura e clareza do relatório.

## Capítulo 5- O Laboratório de Física do 1º Ano do Ciclo Básico da USP

Como anteriormente salientado, o ensino tanto teórico como experimental vem-se mostrando insatisfatório nos cursos de física básica, principalmente pelo desacordo existente entre os objetivos propostos pelos professores e o que realmente ocorre em termos de aprendizagem. Essa insatisfação deve-se, em grande parte, à falta de clareza dos propósitos das aulas, ministradas mais como uma exigência curricular a ser cumprida do que pelo seu valor educacional. Outras dificuldades podem ser também mencionadas, particularmente em relação às atividades de laboratório: (a) com a reforma universitária e a unificação das disciplinas de física básica, as aulas práticas, anteriormente em número de quatro por semana para os alunos do curso de Física, passaram a quatro horas quinzenais, não tendo havido ajustes quanto aos objetivos do laboratório, experiências propostas ou procedimento experimental, mas apenas uma redução no número de experimentos a serem realizados (embora essa disciplina tenha passado a ser oferecida para um grande número de alunos, com muita heterogeneidade em formação e interesses); (b) ilustrando os conceitos mais gerais de mecânica, as experiências muitas vezes não esclarecem os aspectos que, para os estudantes, oferecem maiores dificuldades; (c) os guias de instrução, excessivamente detalhados, geralmente não facilitam a reflexão sobre vários aspectos da experiência, como as hipóteses de trabalho e a escolha de instrumentos de medida; (d) o ensino da análise de erros tem sido insatisfatório para alunos e professores, pois sendo obrigados a efetuar muitos cálculos, cuja necessidade não compreendem, para a determinação das incertezas de algumas medidas indiretas, os estudantes cometem erros elementares e, muitas vezes, nas conclusões, não levam em conta o resultado obtido<sup>(17)</sup>.

(17) Para minimizar essa dificuldade procurou-se, no curso personalizado de 1º ano, introduzir o conceito de incerteza das medidas de um modo mais intuitivo, mesmo perdendo em rigor matemático, apresentando-se aos poucos as definições corretas. A título de ilustração, a dissertação reproduz as instruções para algumas experiências realizadas nesse curso.

Utilizando modelo de J. Boud<sup>(18)</sup> sobre objetivos reais<sup>(19)</sup> e ideais<sup>(20)</sup> para o laboratório, a autora repetiu, junto a alunos de 1º ano do IFUSP, no 2º semestre de 1976, questionários anteriormente utilizados por J. Zanetic<sup>(21)</sup>, para obter a opinião de professores e alunos quanto aos propósitos da parte experimental, através da atribuição de graus de importância de 0 a 5. Aos objetivos apresentados em uma lista. Para cada um destes (reais e ideais), calculou-se a média aritmética, segundo a escala de importância escolhida.

Foram os seguintes os seis primeiros objetivos reais escolhidos pelos educandos: (a) proporcionar melhor contato entre professores e alunos; (b) familiarizar os estudantes com instrumental e técnicas de medidas; (c) treiná-los no preparo de relatórios escritos; (d) treiná-los na interpretação de resultados experimentais; (e) ensinar princípios e atitudes no trabalho experimental; (f) ensinar habilidades práticas básicas. Quanto aos seis primeiros objetivos ideais apontados, foram: (a) familiarizar os estudantes com instrumental e técnicas de medida; (b) treiná-los na interpretação de resultados experimentais; (c) treiná-los na observação de fenômenos; (d) ensinar habilidades práticas básicas; (e) auxiliar a transpor a barreira entre teoria e prática; (f) treinar os alunos no projeto de experiências.

Os resultados alcançados pela autora foram semelhantes àqueles obtidos por J. Zanetic (em questionário aplicado em 1974, no IFUSP, junto a professores e alunos do 1º ano de física básica). Verificou-se que o coeficiente de correlação entre as respostas de alunos e professores é bastante elevado para os objetivos reais, sendo menor em relação aos objetivos ideais, devendo este desacordo servir como ponto de partida para o planejamento de novos cursos.

---

(18) Boud, D.J. - "The laboratory aims questionnaire, a new method for course improvement?" *Higher Education*, 2, 1973, pág. 81

(19) Aqueles que professores e alunos pensam estar sendo atingidos.

(20) Aqueles que professores e alunos pensam deveriam orientar as atividades de laboratório.

(21) Zanetic, J. - "Practical Work in Physic Teaching/Learning at the University Level" (dissertação de mestrado). Centre for Science Education, Chelsea College, Univ. Londres, 1974.

## Instrumento e Método de Análise para um Curso de Física Básica - Uma Proposta

Yassuko Hosoume(\*)

### Introdução:

A programação de um curso, quando envolve a explicitação de uma idéia nova, é normalmente interpretada como uma atividade "criativa", sendo a sua avaliação, ao contrário, freqüentemente considerada "rotina". No entanto, o entendimento daquilo que ocorre ao longo de um curso constitui tarefa bastante complexa, envolvendo quase sempre a "criação" de instrumentos adequados.

Constituindo uma tentativa de compreender o que sucedeu em um curso de física básica realizado através da utilização do método individualizado (Sistema Keller), o presente trabalho baseou-se na análise de conteúdo<sup>(1)</sup> das respostas dos estudantes, tendo como modelo teórico o esquema de resolução de problemas, e exigiu um levantamento prévio de categorias que permitissem classificar o desempenho de cada aluno.

Como unidade de análise tomou-se qualquer sentença matemática, relação algébrica entre grandezas, representação gráfica ou simbólica, com um sentido próprio, considerado em dois níveis: um referente ao desenvolvimento apresentado pelo estudante, e outro associado às etapas de resolução de problemas conforme proposto por Polya<sup>(2)</sup>. Dentro do primeiro nível, foram destacadas três dimensões: "conteúdo"(análise da unidade em si mesma), "ligação" (análise da unidade em relação a outras unidades próximas) e "comparação" (análise da unidade enquanto relacionada com unidades distintas). No segundo nível, considerou-se a dimensão "fase", através da análise da unidade relativamente ao processo de resolução de problemas.

Em cada uma das dimensões foram definidas várias categorias, no intuito de abranger todos os aspectos da aprendizagem de resolução de problemas de física, estabelecendo-se ainda, para cada categoria, um critério de coerência.

---

(\*) Orientador: Alberto Villani. Dissertação aprovada em 30/05/1978.

(1) Holsti, O.R. - "Content Analysis. The Second Handbook of Social Psychology", vol. II, 1969, 596-663.

(2) Polya, G.- "Como plantear e resolver problemas". Editorial Trillas, México, 1974.

## Capítulo 1 - Curso Personalizado de Física 1 e 2

O curso foi elaborado tendo como objetivo fundamental desenvolver no aluno o comportamento de resolver problemas de física em nível básico. Para caracterizar esse objetivo, utilizou-se uma cadeia de comportamentos antecedentes (cadeia CA) - referentes aos pré-requisitos necessários para resolver problemas, tais como definições de leis e relações, manipulações algébricas e gráficas, e uma outra, de comportamentos intermediários (cadeia CI), relacionada fundamentalmente às fases envolvidas na solução completa de um problema, desde a descrição da situação até a verificação da consistência dos resultados.

Subdividiu-se a cadeia CI em duas subcadeias: uma associada a comportamentos intermediários da solução teórica (CIT), e outra relativa à resolução experimental de um problema (CIE)..

As cadeias CA e CI foram definidas por um grupo de professores do Instituto de Física da Universidade de São Paulo (IFUSP), instituição onde o curso em análise foi realizado, em 1975, visando a atingir objetivos gerais definidos da seguinte maneira: (a) conceituar grandezas e enunciar leis; (b) descrever fenômenos; (c) deduzir leis umas das outras; (d) definir grandezas físicas e relacioná-las; (e) representar grandezas físicas em unidades adequadas; (f) representar grandezas físicas em esquemas apropriados e relacioná-las em gráficos.

Serão, a seguir, enumerados os comportamentos intermediários das resoluções teórica e experimental de um problema. CIT: (a) identificar o fenômeno; (b) isolar os aspectos e informações a serem analisados; (c) identificar as variáveis; (d) formular hipóteses acerca de sua relevância; (e) identificar modelos simples que melhor representem o fenômeno; (f) prever as condições nas quais este ocorre e/ou estimar a ordem de grandeza de algumas variáveis relevantes a partir de dados iniciais e leis físicas conhecidas; (g) obter resultados qualitativos com base em gráficos ou esquemas; (h) representar por meio de relações e equações algébricas as relações entre as variáveis relevantes; (i) analisar as equações obtidas a fim de restringir o problema de modo a obter soluções; (j) resolver as equações ou sistemas de maneira exata ou aproximada; (l) analisar a consistência entre resultado, hipóteses, aproximações e previsões. CIE: (a) identificar o evento; (b) isolar os aspectos e informações a serem analisados; (c) identificar as variáveis, classificando-as em relevantes e irrelevantes, (d) identificar as leis físicas importantes envolvidas, (e) formular hipóteses acerca da relação entre as variáveis; (f) estimar as ordens de grandeza das variáveis a serem mensuradas; (g) descrever o procedimento

experimental; (h) escolher os aparelhos adequados para as medições necessárias; (i) verificar o seu funcionamento; (j) manusear os instrumentos de acordo com o procedimento adotado e ler as escalas; (l) registrar os dados obtidos de acordo com técnicas apropriadas às medidas; (m) efetuar o tratamento dos dados, apresentando os resultados em tabelas, gráficos e equações, e determinando a precisão das medidas; (n) comparar os resultados obtidos com a hipótese formulada, concluindo pela sua aprovação ou não; (o) inserir o resultado obtido nos contextos teórico e experimental.

As características do Método Keller resumem-se fundamentalmente na subdivisão do material do curso em pequenas unidades, uso de material escrito na comunicação entre alunos e professor, realização de avaliações imediatas e repetidas até ser atingindo o critério de desempenho de 100%, utilização de um sistema monitorial e possibilidade de o estudante progredir no seu ritmo próprio de estudo.

No curso em análise, introduziram-se algumas alterações em relação às funções do monitor e ao critério de desempenho do aluno. Os monitores participaram das discussões dos objetivos e da programação do curso, da elaboração de avaliações e textos e, ainda, da pesquisa educacional efetuada paralelamente ao desenvolvimento do programa. Quanto à avaliação, o critério mínimo incluía a possibilidade de algumas falhas em determinados pontos e sua correção durante a avaliação, ou obtenção de uma menção incompleta (I), com a qual o aluno, em uma próxima ocasião, poderia refazer apenas a parte que contivesse erros. Deve-se ressaltar que ao professor coube também o papel de avaliador.

O conteúdo foi programado para dois semestres, basicamente na mesma seqüência de apresentação comumente utilizada em cursos introdutórios de física. A primeira parte foi indicada pela sigla FEP 101 - Personalizado e a segunda denominou-se FEP 102 - Personalizado.

Dividiu-se o curso em unidades, por sua vez subdivididas em passos. Uma unidade de estudo correspondia a um agrupamento de informações segundo critério de relações de conteúdo, enquanto um passo constituía um conjunto de atividades através das quais o aluno deveria atingir os objetivos previamente definidos. Um passo era considerado completo após a obtenção de êxito no exercício de avaliação, sendo este tido como suficiente quando satisfeito o critério de desempenho.

O curso FEP 101- Personalizado compreendeu 6 unidades, 15 passos obrigatórios e um optativo: Unidade 1 - Radioatividade- Passo 1, Passo 2 (laboratório); Unidade 2 - Cinemática- Passo 3, Passo 4 (laboratório); Unidade 3 -

**Dinâmica**- Passos 5 a 9; Unidade 4 - **Trabalho e Energia** - Passos 10 e 11, Passo 12 (laboratório), Passo 13, Passo 14 (laboratório); Unidade 5 - **Mudanças de Referencial** - Passo 15, Passo 16 (optativo). FEP 102 - Personalizado subdividiu-se em 4 unidades, 10 passos obrigatórios e um optativo: Unidade 1 - **Erros e Medidas** - Passo 1 (laboratório); Unidade 2 - **Dinâmica do Corpo Rígido** - Passos 2 a 5, Passo 6 (laboratório), Passo 7, Unidade 3 - **Oscilações** - Passos 8 e 9, Passo 10 (laboratório); Unidade 4 - **Teoria Cinética dos Gases** - Passo 11 (optativo).

Para cada etapa foram definidos os objetivos<sup>(3)</sup> correspondentes aos comportamentos das cadeias CA ou CI, associando-se os primeiros àqueles passos nos quais se pretendeu instalar o conhecimento de novas informações. Dos 15 passos do 1º semestre, 5 apresentam como objetivos, basicamente comportamentos da cadeia CA e os restantes referem-se a elementos da cadeia CI. Dentre os últimos, 4 referem-se à resolução de problemas experimentais (CIE) e 6 a problemas teóricos (CIT). Do segundo semestre, 3 passos são relativos à cadeia CA, 3 à cadeia CIE e 4 à cadeia CIT.

As atividades programadas para os passos teóricos compreendiam a leitura de guias de estudo, textos e problemas resolvidos, e a solução de questões e problemas<sup>(4)</sup>. No 2º semestre, dois passos incluíam como uma das atividades a redação de uma síntese de um livro-texto, e um passo propôs ao aluno enunciar um problema, apresentando uma solução. Assistir a "loops" (filmes não sonoros de aproximadamente cinco minutos) e realizar exercícios de demonstração (observação qualitativa de alguns fenômenos) foram tarefas associadas aos passos experimentais, além do exercício de laboratório e do relatório da experiência. Planejaram-se ainda algumas atividades suplementares no intuito de auxiliar os estudantes que apresentavam falhas de pré-requisitos<sup>(5)</sup>.

O material destinado aos alunos compreendia, em cada passo, guia de estudo, textos, problemas resolvidos, problemas e questões propostos ou para avaliação. Em geral, o guia apresentava uma introdução destacando a relação existente entre o passo em questão e o anterior, a importância de seu estudo, objetivos específicos a serem alcançados, instruções quanto ao procedimento e forma de avaliação.

Utilizaram-se os seguintes livros-textos: (a) Resnick, R.; Halliday, D. - "Física", vols. 1-1 e 1-2, 1974; (b) Ingard, K.V.; Kraushaar, W.L. - "Introducción a la Mecánica, materia y ondas", 1966 e (c) Feynman, R.P.; Leighton, R.B.; Sands, M.

(3) Encontrados na dissertação, em apêndice.

(5) Encontradas na dissertação, em apêndice.

"Física, volume I- Mecânica, radiación y calor", 1971, além de textos elaborados pelo grupo, contendo a estrutura do processo de resolução de problemas de física<sup>(6)</sup>.

Para cada passo teórico foram elaborados no mínimo quatro tipos de avaliações diferentes; aquelas correspondentes a passos relativos à cadeia CA, constavam basicamente de questões semelhantes às propostas no guia, nos passos da cadeia CIT as avaliações compreendiam dois problemas.

Destinado aos monitores, um outro guia destacava aspectos relevantes do desempenho no passo, soluções para cada tipo de avaliação e critério de aprovação, contendo fichas de avaliação onde, após a realização do exercício, o desempenho de cada aluno era descrito, em forma sucinta.

A análise da programação permitiu salientar os seguintes pontos, característicos do curso: (a) o conteúdo físico exigido apresentou profundidade consideravelmente maior em relação aos cursos tradicionais, pelo fato de as situações tratadas pelos alunos serem bastante complexas; (b) os pré-requisitos matemáticos requeridos para o entendimento dos textos elaborados e problemas resolvidos foram também de nível superior ao comumente exigido; (c) o número de objetivos a serem atingidos em cada passo era elevado, tendo como consequência a realização de diversas atividades, além de avaliações extensas; (d) o ritmo próprio do estudante não foi integralmente respeitado, uma vez que o curso apresentava duração definida; (e) houve um número reduzido de passos experimentais, resultando um programa com ênfase na solução de problemas teóricos; (f) não existiu uma estruturação no sentido dos comportamentos intermediários mais simples para os mais complexos, na cadeia de resolução de problemas; (g) não foram claramente explicitadas por escrito, para o aluno, a importância da cadeia e a utilidade dos comportamentos intermediários.

As informações obtidas através da interação entre alunos e monitores indicaram algumas dificuldades associadas à existência de diferenças individuais em termos de pré-requisitos, hábitos de estudo e habilidade no processo de resolução de problemas. Em relação às atividades de avaliação observou-se que um número significativo de alunos, ao se submeterem pela segunda ou terceira vez à avaliação de um passo, apresentavam falhas idênticas às cometidas na tentativa anterior.

Participaram da primeira etapa da experiência (FEP 101- Personalizado) estudantes matriculados no Curso de Física do IFUSP em 1975, num total de 65 (duas turmas do período diurno), escolhidos aleatoriamente e que, à exceção de um,

---

(6) Rev. Bras. de Fís. (vol. esp.), 3, 1976, 770-778.

frequentavam o curso básico dessa disciplina pela primeira vez. Da segunda etapa (2º semestre) participaram apenas 27 alunos, por opção própria, dentre os quais 9 precisavam primeiramente terminar o curso FEP-101- Personalizado e 7 não haviam participado desse curso no 1º semestre.

Dentre os 65 estudantes que frequentaram a 1ª etapa do curso, 15 completaram-no dentro do prazo, com direito à realização do curso personalizado no 2º semestre, e 38 tiveram oportunidade de prosseguir através do "curso sem aula"<sup>(7)</sup>. Três alunos foram reprovados sem direito à continuação do curso personalizado ou matrícula no curso sem aula, sendo 9 estudantes reprovados sem direito ao prosseguimento no curso personalizado, mas podendo submeter-se às provas do curso sem aula<sup>(8)</sup>.

No segundo semestre foram atendidos, além dos 27 matriculados, 24 alunos que prosseguiram no curso Física 1 - Personalizado, estando paralelamente matriculados no curso sem aula. Dentre esses, apenas 11 foram aprovados, sendo 9 os reprovados, porém com direito à realização do curso sem aula. Dos 24 acima mencionados, apenas 3 terminaram o curso, e os restantes desistiram ao serem aprovados no curso sem aula.

Na dissertação são mostrados, também, histogramas referentes ao número médio de avaliações e ao tempo médio de avaliação, em relação a cada passo teórico dos cursos de Física 1 e 2. Os passos experimentais foram excluídos por falta de informações quanto ao número de vezes que o estudante fez cada relatório, tempo gasto na sua elaboração e resultados das avaliações orais. Verificou-se que os passos 8, 11 e 13 do 1º semestre e 2 e 5 do 2º semestre apresentaram maior dificuldade, particularmente o passo 13.

Os elevados índices de reprovação e desistência evidenciaram a não adequação do programa à maioria dos alunos, resultado de certa forma surpreendente, em vista de o curso haver sido planejado por professores com experiência no curso de física básica e interessados na área de resolução de problemas, e de ter utilizado um método de ensino considerado nos últimos anos como um dos mais eficientes em termos de aprendizagem, além de mostrar-se bastante motivador para estudantes e professores.

Certamente a adaptação de um curso desse tipo a objetivos mais complexos não é imediata, dada a existência de inúmeros fatores novos e problemáticos, como

(7) Aos alunos reprovados nas disciplinas de um semestre, o IFUSP oferece, no período seguinte, um conjunto de provas denominado "curso sem aula", podendo haver ou não aprovação nessa fase.

(8) A dissertação apresenta esses dados através de histogramas da distribuição de alunos em função do último passo com aprovação.

a exigência de profundidade no tratamento dos conteúdos físicos e de habilidades não comuns relativamente à solução de problemas. Constatou-se que a utilização de formalismo matemático, mesmo em nível elementar, tornava-se uma barreira para os estudantes, gerando ansiedade e dificultando o desenvolvimento do raciocínio físico.

Cabe lembrar que fatores como o oferecimento de um curso sem aula, a limitação do tempo para o término do programa e a existência do curso tradicional de física básica, que não adotava o critério de 100% no desempenho dos alunos, podem ter levado à perda de motivação, conseqüentemente resultando um grande número de desistências. Também é possível que a atuação dos monitores na atividade de entrevista, por ocasião das avaliações, não tenha sido apropriada, dados os elevados números de tentativas e falhas idênticas observadas nas realizações de um mesmo passo. Poder-se-ia ainda indagar sobre a adequação das atividades propostas, tanto em termos de natureza como de quantidade, e ainda quanto à qualidade do material impresso. Finalmente, muitas outras hipóteses poderiam ser levantadas, porém a sua verificação afigurar-se-ia complexa, pela inexistência de padrões com os quais compará-las para avaliar sua plausibilidade. Assim, a autora ateve-se à criação de um instrumento capaz de fornecer dados objetivos para a obtenção de algumas respostas ou, pelo menos, para a elaboração de hipóteses com maior segurança.

## **Capítulo 2 - Elaboração de um Instrumento de Análise da Programação a Partir do Desempenho do Aluno.**

Foram inicialmente definidas as unidades de análise, conforme salientado à página 1 desta sinopse, mediante as quais seria possível: (a) reconstituir em detalhes as características significativas do desempenho do aluno; (b) analisar os erros e acertos estabelecendo relações entre eles e as contingências programadas; (c) a partir dos resultados dessa análise, extrair conclusões sobre a programação em relação à aprendizagem e, especificamente, quanto à resolução de problemas de física.

As dimensões e categorias estabelecidas para análise de conteúdo das avaliações escritas foram obtidas a partir de sucessivas modificações, conforme os dados eram coletados e interpretados, até serem considerados satisfatórios e adequados aos limites de exigência da pesquisa.

Analizou-se cada unidade em três planos: níveis, dimensões e categorias. Um nível distinguia se a unidade era caracterizada em relação ao próprio desenvolvimento apresentado pelo aluno (nível "interno") ou a um padrão extrínseco (nível "externo"). No nível interno, a análise foi efetuada através das dimensões conteúdo, ligação e comparação, anteriormente mencionadas, e, no nível externo, mediante a dimensão fase, também já citada<sup>(9)</sup>. Relativamente a cada dimensão, identificaram-se diversas características para a análise da unidade; estas constituem as categorias, podendo desdobrar-se em novas subcategorias.

### 2.1. Categorias da Dimensão "Conteúdo"

Essa dimensão, fornecendo as características relacionadas aos conteúdos envolvidos, inclui inicialmente três categorias, associadas respectivamente ao conteúdo físico, procedimento e conteúdos de outras áreas. A primeira abrange todas as relações, afirmações e representações de conteúdo associadas à caracterização de uma grandeza ou relação entre grandezas, a segunda contém a explicitação de um procedimento, e a terceira compreende as unidades não pertencentes às anteriores, normalmente associadas a afirmações de conteúdo histórico ou sentimento pessoal.

#### Categoria: Conteúdo Físico (CF)

Um conteúdo físico pode ser caracterizado através de três elementos: grandezas físicas envolvidas, tipo de relações físicas e caracteres utilizados na sua descrição. Admitindo embora a importância de coletar dados sobre as grandezas envolvidas para a análise do desenvolvimento de um problema pelo aluno, a autora preferiu não categorizar essas informações, em vista de serem relevantes somente na fase de avaliação dos pré-requisitos. Quanto ao tipo de relações físicas, foram definidas apenas duas categorias: relação geral (RG), associada às leis gerais da física e definições de grandezas físicas, e relação restrita (RR) referente às consequências da utilização implícita ou explícita de leis gerais ou definições. Relativamente aos caracteres utilizados na apresentação de um conteúdo físico, estabeleceram-se as categorias em função de seus tipos: representação matemática, gráfica ou discursiva.

Na categoria representação matemática ou (A) foram definidas quatro subcategorias, distinguindo as seguintes relações algébricas: (A1a)- relações

---

(9) A autora apresenta, na dissertação, uma justificativa da escolha dessas dimensões.

escalares algébricas; (A1b)- relações vetoriais algébricas; (A2a)- relações escalares numéricas; (A2b)- relações vetoriais numéricas<sup>(10)</sup>.

No que toca ao conteúdo representado graficamente, em virtude de diversas diferenças existentes estabeleceu-se um número maior de categorias, distinguindo-se entre representações gráficas de: grandezas escalares - (G1a); grandezas vetoriais - (G1b); valor qualitativo da função num ponto - (G2a); valor qualitativo da descontinuidade da função num ponto - (G2b); valor quantitativo da função num ponto - (G2c); valor quantitativo da descontinuidade da função num ponto - (G2d); comportamento de uma função constante, num intervalo - (G3a); comportamento de uma função linear, num intervalo - (G3b) - comportamento de uma função parabólica, num intervalo - (G3c); comportamento de uma função não linear constante ou parabólica, num intervalo - (G3d).

A categoria representação discursiva ou (D) compreende duas subcategorias: (D1)- caracterização de uma grandeza, elemento, movimento ou situação e (D2)- implicações de uma grandeza em outra.

#### Categoria: Conteúdo Procedimento (CP)

A essa categoria pertencem as unidades cujos conteúdos constituem uma explicitação direta do procedimento adotado, não contendo informações classificáveis na categoria (CF). Aqui não houve subdivisão, pois as informações relevantes sobre as etapas da resolução foram obtidas através das categorias (F) da dimensão fase que, como será visto adiante, analisa as fases envolvidas na solução de problemas, sem levar em conta o conteúdo de cada unidade.

#### Categoria: Outro Conteúdo (OC)

Contém todas as unidades cujo conteúdo não se situa na área de física e nem corresponde à explicitação de um procedimento, geralmente associando-se a frases exprimindo um mando, sentimento pessoal ou conhecimento histórico.

---

(10) A dissertação apresenta, em apêndice, exemplos de cada subcategoria.

## 2.2. Categorias da Dimensão "Ligação"

No processo de resolução de um problema, várias grandezas, leis e relações se interligam, formando uma cadeia de comportamentos, e o modo como ocorrem essas associações fornece dados acerca do raciocínio utilizado pelo aluno.

Uma ligação entre os conteúdos pode ser analisada em relação a dois aspectos: conteúdo logicamente posterior e conteúdo logicamente anterior. Quanto às relações com o conteúdo posterior, apenas as unidades que não apresentam ligações podem fornecer dados relevantes. Assim, definiram-se apenas duas categorias: ligadas ou não ligadas com as afirmações posteriores. A não ligada, indicando o último elo da cadeia, foi denominada pura ou (LP). Todas as outras categorias dentro da dimensão ligação, foram estabelecidas em relação ao conteúdo logicamente anterior. As unidades sem nenhum conteúdo logicamente anterior situaram-se na categoria denominada independente ou (I).

A ligação entre unidades é apresentada pelo aluno em forma explícita ou implícita, sendo que esta última exige uma inferência. Uma ligação explícita ou implícita pode ser analisada segundo diferentes pontos de vista: (a) localização espaço-temporal; (b) limitação espaço-temporal; (c) relação com o procedimento; (d) junção espaço-temporal; (e) processo de obtenção, fornecendo informações respectivamente sobre: (a) um processo de resolução - divisão do problema em vários intervalos relevantes de espaço ou tempo - categoria sucessão ou (S); (b) formulação de condições de contorno do tipo espaço-temporal - categoria (L); (c) ligação do procedimento com o conteúdo a ser utilizado - categoria (P); (d) conjunto das unidades que caracterizam um certo instante, intervalo ou elemento - categoria (J); (e) tipo de raciocínio utilizado na resolução do problema, através da análise das operações envolvidas; em função dos diferentes tipos de operações, definiram-se aqui três categorias: reapresentação ou (R), relativa às unidades reapresentadas da mesma forma, tradução ou (T), referente à reapresentação de uma unidade em forma diferente e manipulação ou (M), associada às diferentes técnicas envolvidas.

Efetou-se ainda a seguinte subdivisão de categorias: (T<sub>1</sub>)- traduções diretas, não envolvendo outras operações matemáticas e (T<sub>2</sub>)- traduções envolvendo operações do tipo substituição de valores ou determinação de parâmetros; (M<sub>A</sub>)- relações matemáticas obtidas através de manipulações de outras relações matemáticas, (M<sub>G</sub>)- relações representadas graficamente e obtidas através de manipulações de outros gráficos, (M<sub>L</sub>)-ligações lógicas do tipo razão-conclusão ou condição-afirmação.

Cada uma das subcategorias da categoria manipulação (M) foi novamente dividida em duas, referentes às operações envolvendo ou não, implicitamente, leis gerais. Utilizaram-se para isso os índices 2 e 1 respectivamente, obtendo-se assim as subcategorias: (M<sub>A</sub>1), (M<sub>A</sub>2), (M<sub>G</sub>1), (M<sub>G</sub>2), (M<sub>L</sub>1) e (M<sub>L</sub>2)<sup>(11)</sup>.

### 2.3. Categorias da Dimensão "Comparação"

Fornecendo dados sobre a coerência interna dos resultados de um problema, a dimensão "comparação" salienta a presença de unidades distantes, cuja existência acarreta restrições à unidade em questão. Foi subdividida em função do tipo de comparação entre resultados: (a) idênticos; (b) de uma mesma grandeza, em situações físicas iguais; (c) de grandezas diferentes, na mesma situação física; (d) de uma mesma grandeza, em situações físicas distintas.

Essas subdimensões contêm as seguintes categorias, respectivamente: (a) (C1), relativa a resultados obtidos pela segunda vez para um dado problema, através de procedimentos diferentes. (b) (C2a)- resultados de uma mesma grandeza, em uma determinada situação física, para pontos diferentes. (C2b)-resultados associados a valores de uma grandeza, na mesma situação física, para intervalos diferentes. (c) (C3)- resultados de uma grandeza, na mesma situação física, que poderiam apresentar ligações implícitas com resultados de outra grandeza, porém obtidos independentemente através de procedimentos diferentes. (d) (C4), contendo todas as unidades associadas a resultados de uma mesma grandeza, encontrados pela segunda vez, mas em situação física diferente da inicial, em virtude de uma mudança de variável ou parâmetro<sup>(12)</sup>.

### 2.4. Categorias da Dimensão "Fase"

As categorias foram aqui definidas através da seqüência de resolução de problemas proposta por Polya: entendimento do problema, planejamento, execução e análise das respostas. Assim, levantaram-se quatro categorias fundamentais: entendimento ou (F1), planejamento ou (F2), execução ou (F3) e revisão ou (F4).

Subdividiu-se (F1) em três subcategorias: (F1a), indicando um entendimento da situação física através da apresentação de um dado do enunciado ou de itens anteriores do problema; (F1b), identificando a incógnita do problema; (F1c), evidenciando o reconhecimento das variáveis relevantes através da sua explicitação. Para (F2), estabeleceram-se as seguintes subdivisões: (F2a), identificando outras

(11) A dissertação apresenta, em apêndice, exemplos de cada uma dessas subcategorias.

(12) Em apêndice, a dissertação apresenta exemplos de cada categoria.

unidades como hipótese de trabalho ou modelo; (F2b), contendo a indicação de outra unidade como condição alternativa, dentro da qual se desenvolve a solução; (F2c), indicando outras unidades como hipótese a verificar ou previsão do resultado; (F2d), identificando um procedimento para solucionar o problema; (F2e), apresentando um conteúdo físico como constituindo relações relevantes através das quais serão efetivadas as manipulações para obter a solução do problema; (F2f), indicando a utilização de um código para identificar uma grandeza. A categoria execução ou (F3) não foi subdividida. A categoria revisão ou (F4) subdividiu-se em: (F4a), indicando comparações entre os resultados ou sua revisão e (F4b), contendo generalizações do resultado para situações análogas<sup>(13)</sup>.

## 2.5. Qualificação das Unidades

Para classificar o desempenho do aluno foram utilizados níveis de coerência interna e externa de suas afirmações com a situação física. A coerência interna significa que, em o aluno assumindo como verdadeira uma afirmação, todas as outras também devem sê-lo, dentro da restrição formulada, e a coerência externa existe quando todas as afirmações do estudante são verdadeiras dentro da situação física apresentada.

Analisando as características de cada categoria, a autora chegou à conclusão de que podem apresentar incoerências: (a) quanto à dimensão "conteúdo", unidades das categorias conteúdo físico, procedimento e outro conteúdo; (b) quanto à dimensão "relação", somente as unidades das categorias limitação, reapresentação, tradução e manipulação gráfica, algébrica ou lógica; (c) quanto à dimensão "comparação", todas as unidades de qualquer categoria.

As unidades que não apresentaram incoerência em qualquer das dimensões analisadas foram consideradas corretas; já aquelas onde houve incoerência em pelo menos uma das dimensões foram consideradas erradas. Serão a seguir definidos os diversos tipos de erros:

(a) Erro na categoria conteúdo físico ou E<sub>F</sub>. Pode ocorrer por três razões distintas: o conteúdo está errado em si mesmo, é impossível dentro da situação física ou não está completamente caracterizado. Esses tipos de erros foram indicados respectivamente por E<sub>F1</sub>, E<sub>F2</sub> e E<sub>F3</sub><sup>(14)</sup>.

---

(13) Na dissertação podem ser encontradas, em apêndice, exemplos de todas essas categorias e subcategorias.

(14) Em apêndice, a dissertação apresenta vários exemplos para cada um dos erros definidos.

(b) Erro na categoria conteúdo procedimento ou  $E_P$ . Há incoerência aqui quando explicitado um procedimento que não ocorre.

(c) Erro na categoria outro conteúdo ou  $E_{OC}$ . Refere-se geralmente a inconsistência de caráter histórico.

(d) Erro na categoria limitação ou  $E_L$ . Ocorre quando a limitação espaço-temporal não é coerente com a situação física.

(e) Erro na categoria reapresentação ou  $E_R$ . Associa-se a unidades reapresentadas em forma diferente.

(f) Erro na categoria tradução ou  $E_T$ . Pode ser de dois tipos:  $E_{T1}$ , se a tradução não envolve implicitamente uma operação matemática e o conteúdo traduzido é diferente do inicial, e  $E_{T2}$ , quando, envolvendo a tradução de uma operação implícita de substituição de valores ou determinação de parâmetros, o valor reapresentado difere da afirmação original.

(g) Erro na categoria manipulação algébrica ou  $E_A$ . Ocorre quando o conteúdo físico está incorreto em virtude de falhas na manipulação. Pode ser de dois tipos,  $E_{A1}$  e  $E_{A2}$ , associados respectivamente a manipulações  $M_{A1}$  e  $M_{A2}$ .

(h) Erro na categoria manipulação gráfica ou  $E_G$ . Ocorre devido a falhas na manipulação. Pode ser do tipo  $E_{G1}$  ou  $E_{G2}$ , associando-se respectivamente a inconsistências em manipulações dos tipos  $M_{G1}$  ou  $M_{G2}$ .

(i) Erro na categoria manipulação lógica ou  $E_C$ . Uma unidade em relação às outras, logicamente anteriores, pode estar incorreta quanto à ligação, por dois motivos: as condições ou razões apresentadas não são necessárias nem suficientes, ou são necessárias, porém não suficientes. O primeiro leva a dois tipos de erros:  $E_{C1}$ , quando existe uma dependência incorreta entre os conteúdos das afirmações interligadas e  $E_{C2}$ , se não há qualquer dependência entre os conteúdos das afirmações. O segundo caso determina o erro do tipo  $E_{C3}$ .

(j) Erros nas categorias da dimensão comparação ou  $E_S$ . Podem ser de quatro tipos distintos:  $E_{S1}$ , quando são diferentes dois resultados sobre uma mesma grandeza;  $E_{S2}$ , se dois resultados relativos a uma mesma grandeza são incompatíveis;  $E_{S3}$ , quando resultados referentes a grandezas físicas diferentes são incompatíveis;  $E_{S4}$ , se dois resultados de uma mesma grandeza, em situações diferentes, apresentam inconsistência<sup>(15)</sup>.

(15) São encontradas na dissertação, em apêndice, vários exemplos de erros dos tipos acima definidos.

## 2.6. Exemplos de Encadeamentos

As várias categorias estabelecidas e os diversos tipos de erros definidos fornecem todas as informações relevantes sobre uma afirmação. Porém, situando-se em um nível microscópico, esses dados não permitem uma visão completa do desempenho do aluno. Assim, para reconstruir o raciocínio do estudante, é necessário efetuar um reagrupamento da unidade, sendo a cadeia determinada pelas características das unidades componentes. Como os números de unidades de cada cadeia e características de uma unidade são geralmente bastante elevados, alguns desses dados podem ser abandonados em função do conteúdo da análise por não fornecerem informações relevantes. Serão, a seguir apresentados, como exemplos de reagrupamentos, três tipos de padrões de respostas:

(a) Encadeamento S-A. Conjunto de unidades algébricas ligadas apenas espaço-temporalmente. Exemplo: tabelas. Caracteriza-se por conter unidades pertencentes à categoria (A), dentro da dimensão conteúdo, relacionadas entre si pela ligação (S).

(b) Encadeamento (S-G). Representações gráficas de uma função, ligadas apenas espaço-temporalmente. Exemplo: gráficos de funções. Define-se através de unidades pertencentes à categoria (G), dentro da dimensão conteúdo, inter-relacionadas através da ligação (S).

(c) Encadeamento (J-G). Representações gráficas de grandezas ou funções associadas por se referirem a um mesmo elemento, ponto ou intervalo. Exemplos: esquemas de forças e conjuntos de representações gráficas de grandezas relacionadas. Caracteriza-se por conter unidades pertencentes à categoria (G), dentro da dimensão conteúdo, relacionadas entre si através da ligação (J)<sup>(16)</sup>.

## 2.7. Fidedignidade do Instrumento

Realizou-se uma estimativa da precisão do instrumento, determinando-se sua fidedignidade através do coeficiente  $f$ , dado por:  $f = c_i / (p_i + j_i) - c_i$  onde  $p$ ,  $j$  e  $c$  correspondem aos números de unidades por questão, selecionados respectivamente pelo pesquisador, pelo juiz e por ambos<sup>(17)</sup>.

Para a obtenção da amostra foram escolhidos dois passos (11 do 1º semestre e 7 do 2º semestre) entre os mais extensos e complexos, que poderiam abranger um maior número de categorias, sorteando-se uma avaliação de cada passo para ser

---

(16) Nassif, L.A.L. - "Conceito de ciência veiculada por materiais didáticos - Uma análise do curso de Física do PSSC". Dissertação de Mestrado, PUC, São Paulo, 1976.

classificada em forma completa. A autora procurou determinar o coeficiente de fidedignidade de todas as categorias e julgou suficiente o número de 50 unidades. Foram efetuados três testes intermediários da determinação do coeficiente de fidedignidade<sup>(18)</sup>.

Atuaram como juizes um professor e duas alunas do curso de graduação do IFUSP, e os resultados obtidos indicaram um grau bastante elevado de precisão, atingindo, na maioria dos casos, um coeficiente de fidedignidade igual a 1.0. Não foi possível encontrar algumas categorias e outras ocorriam raramente, o que pode ser explicado pelo fato de haverem sido definidas a partir de comportamentos relevantes para a resolução de problemas, nem todos presentes no trabalho escrito realizado pelos alunos quando da avaliação<sup>(19)</sup>.

### Capítulo 3- Método de Análise

Para simplificar o processo de análise, utilizou-se um método progressivo e seletivo, partindo de um problema geral e tornando os resultados gradativamente mais concretos. Além disso, apenas as características relevantes de cada etapa foram analisadas.

A análise estatística do número médio de avaliações realizadas em cada passo e do tempo médio necessário para completar a avaliação revelou um ponto de estrangulamento no passo 13 do 1º semestre, cujo teste compreendeu dois problemas, o primeiro requerendo do aluno a representação gráfica das soluções e o segundo, a determinação das condições de contorno de uma situação física. Assim, escolheu-se para análise o desempenho de alunos frente a um problema que exigia representações gráficas de várias grandezas.

Inicialmente foram classificadas todas as avaliações relativas ao teste do tipo A<sup>(20)</sup>, uma vez que um maior número de alunos realizaram-no pela primeira vez. Um perfil das dificuldades associadas a esse teste pode ser observado na dissertação através do mapa de erros, com a distribuição da frequência de cada tipo de erro em função da unidade analisada. Posteriormente, foram sorteadas avaliações de outros

---

(17) A dissertação apresenta, em apêndice, um exemplo de cada tipo de encadeamento.

(18) Os valores encontrados para esses coeficientes, relativamente a cada categoria, são apresentados na dissertação, em apêndice.

(19) A dissertação exibe fluxogramas representando o sistema de categorias em relação às dimensões conteúdo, ligação, comparação e fase.

(20) Esse teste e sua solução são apresentados na dissertação, em apêndice.

tipos em número significativo, observando-se que os resultados basicamente não diferiam dos anteriores.

As características dos desempenhos podem ser resumidas em: apresentação de encadeamentos dos tipos S-G e J-G, significando um conjunto de respostas diretas, sem nenhuma explicitação das operações realizadas e constituído de representações gráficas de várias funções, para os mesmos pontos e intervalos: funções constante, linear, parabólica, seno, raiz quadrada, e do valor da função em um ponto com ou sem descontinuidade. As unidades componentes desses encadeamentos são dos tipos: G3a, G3b, G3c, G3d, G2a, G2b e G2c.

Os erros apresentados, em sua maioria dos tipos  $E_{F2}$ ,  $E_{S2}$  e  $E_{S3}$ , constituem falhas de conteúdo onde a representação gráfica é incoerente com a situação física, ou erros de comparação entre dois valores distantes de uma mesma grandeza, ou entre valores de grandezas diferentes, ligadas por uma operação simples.

São os seguintes os conceitos físicos envolvidos na solução do problema: energia mecânica ( $E_M$ ), energia potencial ( $E_P$ ), energia cinética ( $E_C$ ), quantidade de movimento do centro de massa ( $P_{CM}$ ), aceleração do centro de massa ( $a_{CM}$ ) e quantidade de movimento de uma partícula ( $P$ ), grandezas cujas variações são analisadas em função do tempo.

Utilizando os critérios de familiaridade dos alunos com os conceitos e complexidade das funções, a autora obteve as seguintes conclusões: (a) sendo o conceito não familiar ao estudante e associando-se às representações de funções mais complexas, o número de erros era elevado, não diminuindo sensivelmente da primeira tentativa para as sucessivas; (b) sendo familiar o conceito e simples as representações associadas, o número de erros era menor, diminuindo consideravelmente da primeira para as posteriores tentativas de avaliação.

O grande número de erros encontrados na categoria "comparação" sugeria a interpretação de que o comportamento de revisão dos resultados não havia sido efetivamente instalado e, ainda, apesar do conteúdo físico familiar e das representações gráficas simples, a quantidade não desprezível de erros referentes à descrição dos comportamentos de  $E_M$ ,  $E_P$  e  $E_C$  mostrou a exigência de uma análise mais profunda, no sentido de obter informações sobre o desempenho nos passos anteriores e, a partir daí, com maior segurança levantar hipóteses sobre as razões dos erros.

Assim, foram classificadas todas as respostas às questões relativas aos conceitos  $E_M$ ,  $E_P$  e  $E_C$  nos diversos testes do passo em questão. Após o que,

dividiram-se os alunos em três grupos, em função do número de unidades contendo incorreções do tipo  $E_{F2}$ , referentes a inconsistência com a situação física.

Sorteou-se uma amostra de oito alunos que tiveram, na primeira tentativa, as seguintes percentagens de unidades erradas: dois deles, mais de 25%; dois, menos de 5%; dois, aproximadamente 12% e, finalmente, dois não apresentaram o gráfico solicitado.

Procurou-se verificar se, nas avaliações, os estudantes haviam ou não efetuado análises gráficas da variação temporal das grandezas  $E_M$ ,  $E_C$  e  $E_P$ , constatando-se tratar de uma situação para eles, totalmente nova. Passou-se, então, à análise dos pré-requisitos envolvidos, referentes às operações gráficas, de um lado e, de outro, às relações e grandezas físicas envolvidas no problema<sup>(21)</sup>.

Foram utilizados os seguintes códigos:  $R_1$ - a unidade é resposta a uma pergunta, especificando totalmente o tipo de resultado esperado;  $R_2$ - a unidade é resposta a uma pergunta, especificando em parte o tipo de resultado esperado;  $R_3$ - a unidade é resposta a uma pergunta, não especificando o resultado esperado;  $R_4$ - a unidade não é resposta a uma pergunta;  $X_1$ - o encadeamento é resposta a uma pergunta, formulada de maneira que a solução esperada deve ser um encadeamento de tipo e número de unidades bem determinados;  $X_2$ - o encadeamento é resposta a uma pergunta, não especificando totalmente a solução esperada;  $X_3$ - o encadeamento é resposta a uma pergunta, formulada de modo que a solução possa ser ou não um encadeamento e, em caso afirmativo, este não é definido;  $X_4$ - o encademaneto não é resposta a qualquer pergunta formulada.

Foram os seguintes os resultados da classificação: (a) Encontrou-se um número limitado de encadeamentos do tipo S-G; (b) todos os tipos de representação gráfica de uma função em um intervalo foram observados; (c) foi desprezível o número de representações gráficas de descontinuidade de uma função; (d) as representações gráficas do valor quantitativo de uma função em um ponto apresentaram a maior freqüência; (e) foi considerável o número de ligações dos tipos tradução de uma relação algébrica e manipulação gráfica; (f) os números de manipulações lógicas e traduções de uma afirmação discursiva foram desprezíveis; (g) o mesmo ocorreu quanto ao número de unidades independentes, não obtidas através de manipulações; (h) nenhuma unidade apresentou comparação entre dois valores de um mesmo gráfico e as comparações entre valores de grandezas diferentes ligadas por uma operação simples apareceram em número elevado, porém referindo-se a um único gráfico. Esses resultados permitiram extrair

---

(21) Esses pré-requisitos encontram-se relacionados, na dissertação, em apêndice.

a conclusão de que tanto a situação apresentada, como o tipo de operação gráfica constituíam novidade para o aluno.

A partir do levantamento de pré-requisitos<sup>(22)</sup> referentes a grandezas e relações envolvidas, obtiveram-se as seguintes conclusões: (a) estavam presentes e, em geral, corretas, as definições das grandezas  $E_M$ ,  $E_C$  e  $E_P$  e suas interrelações; (b) as definições de  $E_M$ ,  $E_P$  e  $E_C$  para um sistema de dois corpos não apareceram nos passos anteriores; (c) o comportamento da grandeza  $E_P$  em um sistema massa-mola ou num campo gravitacional esteve presente nas avaliações; (d) a descrição da variação da elongação de uma mola em função do tempo não teve lugar nos passos anteriores; (e) estiveram presentes as definições de choque elástico e inelástico e também de explosão.

Em relação aos pré-requisitos não encontrados, a pesquisa prosseguiu, com a análise do material escrito oferecido aos alunos. No passo 13, apresentava-se um problema resolvido, semelhante àqueles da avaliação, onde apareceram todos os pré-requisitos ausentes nos passos anteriores, exceto a variação da elongação de uma mola, sendo ainda propostos dois outros problemas parecidos com o primeiro. Este, porém, apresentava uma explicação do resultado em forma sucinta, cuja seqüência de informações não induzia à identificação de um método para detectar os pontos mais significativos de uma representação gráfica. Observações análogas podem ser efetuadas quanto ao procedimento de revisão de unidades de um gráfico.

Com base nesses resultados extraiu-se como conclusão geral a dificuldade do aluno em obter por dedução um resultado elaborado das leis gerais, sem a indicação desse caminho, ou de assimilar novos conceitos e operações quando a sua apresentação havia sido pouco metódica e esclarecedora.

Assim, em resumo, a partir do problema inicial de compreender o que se passou em um curso considerado problemático por várias razões, teve lugar uma análise no decorrer da qual foram tomadas várias decisões, que condicionaram todo o processo e seus resultados: (a) a escolha das avaliações dos estudantes como material de exame, sendo que a contínua manipulação desses dados teve como resultado uma percepção global das capacidades dos alunos e a familiarização com suas respostas; (b) a tomada de uma afirmação como unidade de análise, que, por um lado, tornou extremamente elaborada essa tarefa mas, por outro, permitiu definir alguns padrões de respostas dos estudantes; (c) a escolha das dimensões de

---

(22) Podem ser encontrados na dissertação, em apêndice, dados relativos à classificação de pré-requisitos de um aluno.

forma a armazenar tudo o que parecesse importante, desenvolvendo um quadro de referência para uma programação equilibrada e cuidadosa.

Quanto à detalhada avaliação final, cabe salientar que o método utilizado teve como resultado uma série de hipóteses para a explicação de desempenhos não adequados, que na realidade constituem um instrumento de análise, indicando uma maneira sistemática de fornecer dados em relação ao que deve ser considerado relevante em uma programação.

# **Análise e Interpretação da Correlação entre Dois Concursos Vestibulares**

Ruth de Oliveira Cesar<sup>(\*)</sup>

## **Introdução**

A dissertação tem o propósito de analisar a adequação das provas de um concurso vestibular a um de seus objetivos - classificar níveis de capacitação ou habilidades dos candidatos.

Para isso, considerou-se um caso relativamente raro, em que, praticamente na mesma ocasião, um grupo de 34 alunos prestou dois concursos, organizados pela mesma entidade, com finalidades análogas (I e II Concursos FUVEST<sup>(1)</sup>, São Paulo, 1977)

Através do estudo da correlação entre as notas obtidas nas duas ocasiões por esses candidatos, realizaram-se diversos tipos de investigação, relativas ao grau de reprodutividade da seriação dos candidatos, obtido através de provas homônimas dos dois concursos, assim como ao nível de adequação de ambos para a classificação de níveis de habilidade, a precisão com que as bancas examinadoras atribuíram as notas, e, no caso da física, a interpretação dos resultados obtidos.

## **Capítulo 1 - Caracterização e Validade do Instrumento para a Comparação de Provas**

### **1.1. Introdução**

O primeiro concurso vestibular da FUVEST teve lugar pouco antes da instalação do curso de meteorologia na USP, no início de 1977. Em março do mesmo ano, foi organizado um segundo concurso, pela mesma entidade, ao qual concorreram candidatos ao referido concurso e à nova universidade do Estado, UNESP.

Nessa ocasião, constatou-se que a maioria dos 60 candidatos à carreira de meteorologia, já selecionados para a segunda fase do concurso, havia prestado, dois meses antes, o primeiro vestibular da FUVEST. Tratava-se de alunos com nível de conhecimento superior à média pois, no segundo concurso, a proporção de

---

(\*) Orientador: Giorgio Moscati. Dissertação aprovada em 04/12/1978.

(1) Fundação Universitária para o Vestibular

candidatos por vaga, para a mencionada carreira, era de 10 para 1. Daqui em diante, a amostra constituída por esses 60 estudantes será denominada Amostra A.

Dentre esses alunos, os que participaram da primeira fase do primeiro concurso corresponderam a uma nova amostra - Amostra A' (50 estudantes), dentre os quais, por sua vez, 34 classificados para a segunda fase constituíram a Amostra A".

A Amostra A foi utilizada como instrumento de comparação das provas de primeira fase (15 a 20 testes com 5 alternativas por matéria) e a Amostra A" permitiu a comparação das provas de segunda fase (discursivas, com 10 a 20 itens por disciplina)<sup>(2)</sup>.

### 1.2. Caracterização das Amostras

A Tabela 1 abaixo, referente à Amostra A', indica, para cada carreira, o número de candidatos, a área correspondente, o mínimo de pontos necessários à classificação e o número de classificados para a segunda fase.

Carreiras	Candidatos	Área	Mínimo de pontos p/ classificação p/ 2ª fase	Classificados
108 Engenharia	23	E	57	15
116 Física	3	E	37	3
140 Geologia	4	E	53	3
205 Farmácia	2	B	49	2
302 Agronomia	3	B	46	3
337 C. Biológicas	1	B	43	1
353 Fisioterapia	2	B	47	2
418 Odontologia	1	B	48	1
434 Medicina	7	B	69	2
507 Administração	1	H	45	1
647 Arquitetura	2	H	55	0
671 Comunicações	1	H	44	1

Tabela 1 - Resultados do I Concurso FUVES/77 - Amostra A'

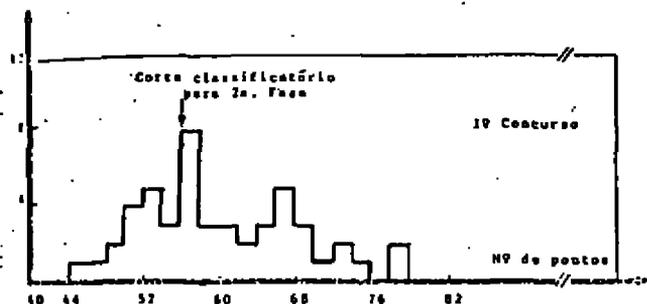
(2) Os dados foram fornecidos pela FUVES e, em sua maioria, processados à mão pela autora do trabalho, a partir das folhas originais de respostas.

Na tabela 2, relativa à Amostra A<sup>a</sup>, são apresentados o número de candidatos a cada carreira, o respectivo número de vagas, a classificação "média" obtida pelo grupo e o número de aprovados.

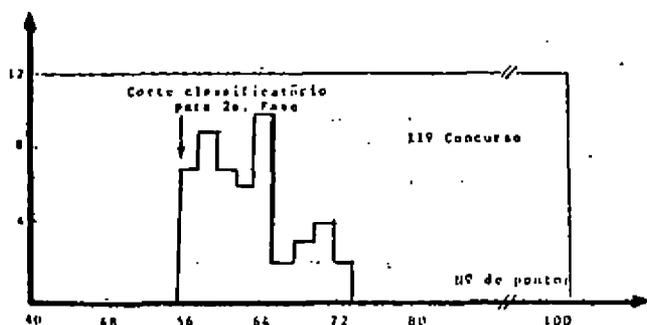
Carreiras	nº de Candidatos	nº de vagas	Classificação "média"	nº de aprovados
108 Engenharia	15	1250	2363 <sup>a</sup>	2
116 Física	3	350	434 <sup>a</sup>	0
140 Geologia	3	50	57 <sup>a</sup>	0
205 Farmácia	1	185	203 <sup>a</sup>	0
302 Agronomia	3	200	267 <sup>a</sup>	1
337 C.Biológicas	1	220	91 <sup>a</sup>	1
353 Fisioterapia	2	25	37 <sup>a</sup>	0
418 Odontologia	1	343	286 <sup>a</sup>	1
434 Medicina	2	346	780 <sup>a</sup>	0
507 Administração	1	180	363 <sup>a</sup>	0
671 Comunicação	1	200	285 <sup>a</sup>	0

Tabela 2 - Resultados do I Concurso FUVEST/77 - Amostra A<sup>a</sup>.

A dissertação mostra um histograma dos pontos obtidos pelos alunos da Amostra A<sup>a</sup> na primeira fase do concurso, em comparação com a curva referente a todos os participantes<sup>(3)</sup>. São apresentados, também, histogramas relativos às diversas disciplinas componentes dos testes dessa fase, para a referida amostra, assim como esquemas semelhantes para os totais de pontos atingidos em ambos os concursos, sendo estes últimos reproduzidos abaixo:



(3) 92.461



Histogramas das primeiras fases - Amostra A' - Total de Pontos

As médias da Amostra A' no primeiro e segundo concursos foram chamadas de  $m_x$  e  $m_{xx}$ , respectivamente. Como o número de testes por matéria variou de uma para outra ocasião, calculou-se, para cada disciplina, a média percentual M que seria, do total de pontos, a porcentagem média obtida pela amostra. As médias ( $m$ ), valores máximos ( $\max$ ), médias percentuais (M) e desvios-padrão ( $\sigma$ ) foram os seguintes, para a Amostra A':

	Iº Concurso					IIº Concurso				
	$m_I$	I	$\max_I$	$M_I$	p	$m_{II}$	II	$\max_{II}$	$M_{II}$	p
Com. e Expr.	10,4	2,5	20	52%	13%	9,1	2,0	15	60%	13%
Mat.	6,4	2,5	17	38%	14%	9,7	1,9	15	65%	13%
E. Soc.	10,6	2,7	20	53%	14%	8,3	1,9	15	60%	13%
Quí.	8,5	2,5	18	47%	14%	10,0	2,2	15	67%	15%
Bio.	8,5	2,5	18	47%	14%	8,9	2,1	15	56%	14%
Fís.	8,3	2,7	17	49%	16%	9,8	2,3	15	65%	15%
Ingl.	4,9	2,5	10	49%	25%	5,6	1,9	10	56%	19%
Total	58,5	8,2	120	49%	7%	61,5	4,8	100	62%	5%

Tabela 3 - Resultados obtidos pela Amostra A' nas primeiras fases.

Pode-se notar, na tabela acima, que a Amostra A' teve desempenho de mediano para mais em todas as matérias, nas duas ocasiões.

Para os 34 alunos que prestaram os dois concursos em ambas as fases (Amostra A"), a dissertação apresenta, relativamente a cada disciplina, o histograma da referida amostra superposto ao do total de candidatos, cabendo ressaltar que, no segundo concurso, o desempenho desse grupo relativamente aos demais participantes mostrou-se consideravelmente melhor do que no primeiro.

Os dois grupos acima mencionados (Amostras A' e A") foram considerados instrumentos válidos para a comparação de características classificatórias dos dois primeiros concursos vestibulares oficiais de São Paulo em 1977, por apresentarem os requisitos fundamentais para uma amostra-padrão: (a) ausência de alteração nas condições de preparo e níveis de motivação dos estudantes no intervalo entre as provas e (b) total cobertura da gama de notas pelos alunos de amostra. Deve-se lembrar, todavia, que os resultados obtidos não poderão ser estendidos a regiões de desempenhos muito baixos ou muito elevados, devendo-se manter próximos à média da população vestibulanda.

## Capítulo 2 - Aplicação de Métodos para o Estudo da Correlação entre os dois Concursos

Será feita, a seguir, uma comparação da capacidade de sequência de níveis de habilidade de cada uma das provas dos dois concursos, através da aplicação dos seguintes métodos, pela ordem: (a) comparação das médias; (b) gráficos de dispersão; (c) estatísticas não paramétricas - análise de tabelas de contingências e teste de ordenação de Kendall; (d) análise de correlação; (e) análise de regressão.

### 2.1. Comparação das Médias

A tabela abaixo fornece indicações quanto à dificuldade relativa entre as provas dos dois concursos, apresentando os valores das médias percentuais e a razão  $F = M_{II}/M_I$  entre elas. Pode-se perceber uma diminuição no nível de dificuldade em quase todas as provas do segundo concurso.

Aplicando-se o teste t de Student para determinar se eram significativas essas conclusões:

(a) em relação à primeira fase, os testes de inglês e estudos sociais apresentaram o mesmo grau de dificuldade em ambos os concursos; já aqueles referentes às demais disciplinas foram significativamente mais fáceis no segundo concurso.

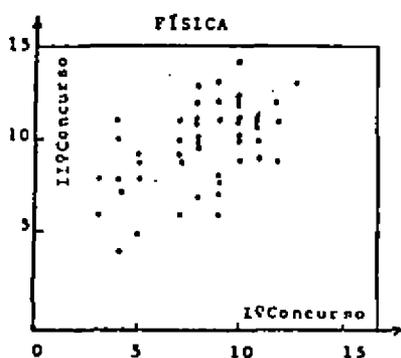
(b) na segunda fase, o nível de dificuldades foi o mesmo para as disciplinas química, português, redação e inglês; quanto às demais, na segunda ocasião as provas mostraram-se significativamente mais fáceis.

1ª Fase				2ª Fase			
Matéria	$M_{pI}$	$M_{pII}$	$F_{2,1}$	Matéria	$M_{pI}$	$M_{pII}$	$F_{2,1}$
Comunicação Expressão	52,0	61,0	1,17	Matemática	12,1	32,7	2,71
Matemática	38,0	65,0	1,70	Física	39,4	48,4	1,23
Estudos Sociais	53,5	55,3	1,03	Química	11,8	13,4	1,13
Química	47,2	67,0	1,41	Biologia	22,1	34,7	1,57
Biologia	47,2	59,3	1,26	Português	38,0	45,0	1,19
Física	48,8	65,3	1,34	Literatura	33,1	51,0	1,54
Inglês	49,0	56,0	1,14	Redação	26,1	24,4	0,93
Total	49,2	61,5	1,25	Estudos Sociais	32,3	43,8	1,36
				Inglês	36,6	44,1	1,22
				Total	30,0	39,0	1,30

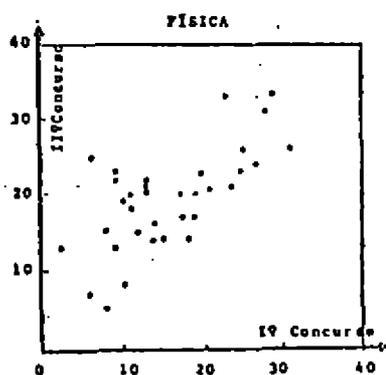
Tabela 4 - Dificuldade relativa das provas homônimas.

## 2.2. Gráficos de Dispersão

Representando em um plano cartesiano os pontos correspondentes às notas de duas provas que se desejava comparar, obtinha-se uma representação geométrica do grau de correlação entre elas, avaliado através da maior ou menor dispersão desses pontos em torno de uma curva média.



1ª fase



2ª fase

Gráficos de Dispersão - FUVEST - 77.

A dissertação apresenta esses diagramas para todas as disciplinas, em ambas as fases. Serão exibidos a seguir, como exemplo, os gráficos obtidos relativamente às provas de física.

No caso da física observou-se, como mostram as figuras acima, uma tendência bem definida de correlação positiva. O mesmo ocorreu, na primeira fase, em relação às disciplinas estudos sociais, química, biologia e inglês, não sendo verdadeiro quanto à matemática e comunicação e expressão. Em termos globais, os resultados sugeriram uma correlação mediana e positiva.

Na segunda fase verificou-se uma tendência mais acentuada de aglutinação dos pontos representativos de cada aluno em torno de uma curva média, a não ser em relação à parte de redação, cujos resultados apresentaram total dispersão.

Também foram construídos diagramas desse tipo para a soma das notas relativas às provas de segunda fase realizadas no mesmo dia, que daqui por diante serão denominadas provas associadas, não se verificando alterações consideráveis de dispersão em relação às disciplinas componentes.

### 2.3. Estatísticas Não Paramétricas

#### 2.3.1. Análise de Tabelas de Contingências

Um dos métodos mais simples para medir o grau de associação existente entre duas características de uma população consiste em subdividir os atributos A e B respectivamente em r e s modalidades, construindo-se uma tabela de contingências  $r \times s$ . Quando  $r=s=2$ , a tabela denomina-se associação ou  $2 \times 2$ <sup>(4)</sup>.

No presente caso, a população corresponde à Amostra A' (ou A'') e os atributos A e B referem-se às notas obtidas em uma dada disciplina, na mesma fase, nos primeiro e segundo concursos, respectivamente.

Em uma tabela de associação aparecem os seguintes números:

A t r i b u t o B		Atributo A	
		abaixo da média	acima da média
	abaixo da média	a	b
	acima da média	c	d

(4) A noção de contingência deve-se a K. Pearson, havendo surgido em 1904; a teoria da associação dos atributos, de G. U. Yule, desenvolveu-se a partir de 1900.

Assim, por exemplo, b indica quantos elementos da população possuíam atributo A acima da média e atributo B abaixo da média.

Para analisar o grau de associação das variáveis consideradas, escolheu-se o coeficiente Q de Yule, definido por:

$$Q = \frac{axd - cxb}{axd + cxb}$$

cujo valor é -1 no caso de associação perfeita negativa entre os atributos A e B, +1 para associação perfeita positiva, e zero quando os atributos são independentes.

Foram construídas as tabelas de contingências e, a partir destas, calculados os coeficientes de associação, cujos valores serão transcritos abaixo:

	Comun. Expr.	Mat.	E.Soc.	Qui.	Bio.	Fís.	Ing.	Total
a	19	17	19	17	16	14	18	17
b	9	13	6	6	11	11	6	9
c	11	9	6	9	5	7	8	10
d	11	11	19	18	18	18	18	14

#### Primeiras fases - I e II Concursos FUVES/77 - Amostra A\*

	Mat.	Fís.	Qui.	Bio.	Por.	Lit.	Red.	E.Soc.	Ing.	Total
a	16	12	16	16	13	14	12	13	14	10
b	4	7	5	7	3	5	5	4	4	7
c	5	3	2	2	8	6	11	5	2	3
d	9	12	11	9	10	9	6	12	14	14

#### Segundas fases - I e II Concursos FUVES/77 - Amostra A\*

	MAT + FÍS	QUI + BIO	PORT+LIT+RED	E.SOC+ING
a	15	12	11	13
b	4	7	6	5
c	4	4	9	5
d	11	11	8	3

#### Segundas fases - I e II Concursos FUVES/77 - Amostra A\*

### 2.3.2. Teste de Ordenação de Kendall

O coeficiente de correlação por postos ou classificações,  $\tau$  de Kendall, é utilizado como uma medida do grau com que se mantém a ordem de sequenciamento de pequenas amostras, ao se passar de um atributo a outro.

Suponha-se um exemplo em que sejam ordenados quatro candidatos segundo os resultados de uma prova; estes terão, em geral, classificações diferentes de acordo com outra prova:

candidatos	a	b	c	d
posto na prova $X_1$	1	2	3	4
posto na prova $X_2$	2	4	3	1

Para calcular  $\tau$ , contam-se as inversões de posto de  $X_2$  em relação a  $X_1$ , na forma seguinte: o candidato a está ordenado sem inversão em relação ao candidato b (+1) e ao candidato c (+1), e invertidamente em relação ao candidato d (-1). Atribui-se então, a esse candidato, um escore  $S(a) = +1 + 1 - 1 = +1$ . A soma de todos os escores para o total de candidatos fornece um número S, chamado escore efetivo. Se as ordenações fossem idênticas obter-se-ia um valor máximo para S:  $S_{máx} = 6$ . A ordenação inversa forneceria o valor mínimo:  $S_{mín} = -6$ .

Define-se o coeficiente de correlação por postos de Kendall através da razão:  $\tau = S/S_{máx}$ , cujos valores extremos são +1 e -1.  $\tau$  próximo de 1 indica ordenações semelhantes por ambas as provas. Um valor em torno de -1 corresponde a ordenações aproximadamente inversas. Quando  $\tau$  é nulo, não há correlação entre os postos, ocorrendo completo desordenamento das seriações (hipóteses  $H : \tau = 0$ , provas  $X_1$  e  $X_2$  não relacionadas).

Foram calculados os coeficientes de correlação para todas as matérias constantes das provas de primeira e segunda fases, utilizando-se as Amostras A' e A'', respectivamente. Em geral, considerou-se o nível de significância = 0,05, obtendo-se as seguintes conclusões:

- os coeficientes Q de Yule e  $\tau$  de Kendall indicaram valores próximos mas não exatamente correlacionados;
- na primeira fase, as disciplinas matemática e comunicação e expressão não produziram ordenamentos coerentes;
- na segunda fase, todas as provas discursivas geraram ordenações coerentes, à exceção da redação que produziu sequenciamentos aparentemente independentes.

(d) as disciplinas associadas apresentam valores de  $r$  e  $Q$  bastantes semelhantes.

## 2.4. Estatísticas Paramétricas

### 2.4.1. O Coeficiente de Correlação de Pearson

Esse coeficiente é uma medida do grau de linearidade entre as grandezas  $X$  e  $Y$ . Sejam  $X_i$  e  $Y_i$  as notas do  $i$ -ésimo aluno no primeiro e segundo concursos, respectivamente. O coeficiente  $r$  de correlação entre essas variáveis é dado por:

$$r = \frac{\sum_i (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{(\sum_i (X_i - \bar{X})^2) (\sum_i (Y_i - \bar{Y})^2)^{1/2}}$$

Valores de  $r$  próximos a  $+1$  ou  $-1$  indicam elevado grau de linearidade na correlação e valores próximos a zero correspondem à falta de linearidade, não eliminando, contudo, a possibilidade de existência de alguma relação não linear. Valores positivos ou negativos de  $r$  indicam tendência de  $Y$  a crescer ou decrescer, respectivamente, com  $X$ .

### Análise de Correlação Linear

Dados  $n$  pares de duas variáveis  $X_i$  e  $Y_i$  e admitindo-se  $Y$  como função linear de  $X$ , pode-se fazer um modelo estatístico dessa relação:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + \mu_i$$

onde  $\beta_0$  e  $\beta_1$  são parâmetros da reta de regressão  $Y = \beta_0 + \beta_1 X$  e  $\mu_i$  é o resíduo ou erro.

Na dissertação utilizou-se o método dos mínimos quadrados para estimar os parâmetros  $\beta_0$  e  $\beta_1$ . Foram assumidas também as seguintes hipóteses, que constituem pressupostos para a aplicação do modelo de regressão linear simples: (a) a média dos erros é aproximadamente nula; (b) para um valor de  $X$ , a variância do erro é sempre constante; (c) o erro de uma observação independe do erro de outra observação; (d) os erros têm distribuição normal.

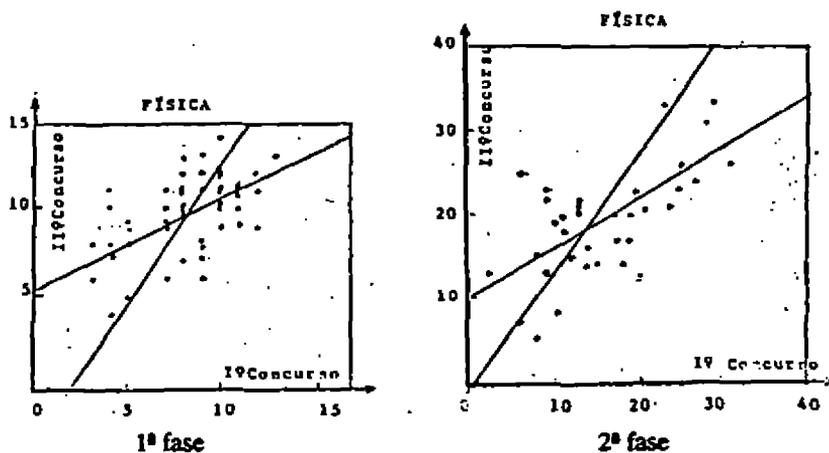
Os resultados dos cálculos dos coeficientes de correlação entre as provas homônimas são indicados na tabela abaixo:

1ª Fase		2ª Fase			
MATÉRIA	r	MATÉRIA	r	Materias Agrupadas	r
MAT.	0,22	MAT.	0,49	MAT + FIS	0,76
FIS.	0,56	FIS.	0,67		
QUI.	0,40	QUI.	0,65	QUI + BIO	0,69
BIO.	0,34	BIO.	0,64		
COMUN. EXPR.	0,10	PORT.	0,52	PORT+LIT+RED	0,11
		LIT.	0,22		
		RED.	0,08		
E.SOC.	0,42	E.SOC.	0,62	E.SOC + INGL	0,78
INGL.	0,57	INGL.	0,73		
TOTAL	0,56			TOTAL	0,61

Tabela 5 - Coeficientes de correlação entre o I e II Concursos FUVES/77.

#### 2.4.2. Análise de Regressão

Foram determinadas as retas de regressão entre as provas homônimas dos dois concursos, além do ângulo formado e do coeficiente de correlação, para cada disciplina. Essas retas, simbolizadas por  $r_{1,2}$  e  $r_{2,1}$ , tomam como variáveis independentes as notas referentes aos primeiro e segundo concursos, respectivamente: Serão, a seguir, acrescentadas aos gráficos de dispersão apresentados à página 10, retas de regressão, tornando-se ainda mais evidente a existência de uma correlação positiva entre as provas de física dos dois concursos.



Retas de regressão - I e II Concursos FUVES/77

Na dissertação, esse procedimento estende-se a todas as disciplinas, para ambas as fases do concurso. Além disso, foram eliminados alguns dados discrepantes e calculados os novos coeficientes de correlação bem como as retas de regressão e os ângulos correspondentes. Foram novamente construídos tabelas e gráficos de dispersão obtendo-se, como era esperado, aumento de correlação, especialmente em relação à matemática e literatura.

O modelo de regressão linear foi testado, investigando-se se os coeficientes angulares de regressão eram ou não significativamente diferentes de zero ao nível de significância de 0.05, com as seguintes conclusões:

- (a) No caso da disciplina redação, não houve correlação linear; assim, conhecendo-se uma nota obtida nessa prova, no primeiro concurso, não seria possível prever com um mínimo de segurança o correspondente resultado alcançado no segundo.
- (b) O mesmo mostrou-se verdadeiro para a prova associada português/literatura/redação.
- (c) Quanto às demais matérias, o referido modelo resultou satisfatório (com  $\beta_1 > 0$ ).

Para determinar qual das retas,  $r_{1,2}$  ou  $r_{2,1}$ , permitiria melhores previsões dos resultados de um concurso a partir de notas conhecidas em relação ao outro, utilizou-se a estatística  $\lambda$ :

$$\lambda_{II} = \frac{[\max(a,b) + \max(c,d)] - \max[(a+c), (b+d)]}{N - \max[(a+c), (b+d)]}$$

$$\lambda_I = \frac{[\max(a,c) + \max(b,d)] - \max[(a+b), (c+d)]}{N - \max[(a+b), (c+d)]}$$

Apesar de haver sido obtida pequena diferença entre os valores de  $\lambda$ , revelando fragilidade no critério, foram consideradas como melhores predictoras as seguintes retas de regressão:

Matéria	Mat	Fís	Qui	Bio	Por	Lit	E.Soc	Ing
reta de regressão	$r'_{2,1}$	$r'_{2,1}$	$r'_{1,2}$	$r'_{1,2}$	$r'_{2,1}$	$r'_{2,1}$	$r'_{2,1}$	$r'_{1,2}$
nº de dados	32	32	32	34	31	31	32	31

Tabela 6 - As melhores retas predictoras

Avaliou-se a confiabilidade da utilização das retas de regressão para previsões, através do intervalo de confiança calculado pelo teste t de Student. Assim, determinar qual seria a nota mais provável de um aluno, cujo resultado obtido no primeiro concurso se conhecia, caso fosse submetido ao segundo concurso, permitiu julgar da conveniência das provas propostas, nessa segunda ocasião, àquele tipo de aluno.

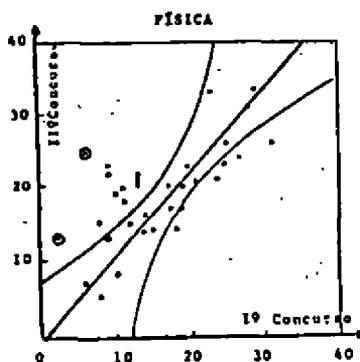
Para essas previsões, foram escolhidas as carreiras que evidenciaram maior preferência dos estudantes: direito, medicina e engenharia, com 8,6, 34,3 e 18,1 candidatos por vaga, respectivamente. A partir de uma listagem de notas fornecidas pela FUVEST, foram extraídas ao acaso três amostras de alunos dessas carreiras, e assim construídos os histogramas correspondentes e calculadas as médias para cada uma das matérias.

Serão apresentadas, a seguir, a título de exemplo, as previsões realizadas para o caso da física, assim como a melhor reta preditora de regressão, cabendo lembrar que a dissertação traz tabelas e gráficos semelhantes para todas as disciplinas.

Grupo	Iº Concurso	IIº Concurso	
	Média (real)	Média (prevista)	IC
A	4,0 (10%)	4,1 (10%)	0,0—10,0
B	27,6 (70%)	31,2 (78%)	26,0—40,0
C	28,8 (72%)	32,6 (81%)	27,0—40,0

FÍSICA - reta de regressão:  $X_{II} = -0,55 + 1,15X_I$  ( $r_{2,1}$ )

Margem de segurança para a previsão de médias: 95%



FÍSICA - a melhor reta preditora de regressão - I e II Concursos FUVEST/77.

### Capítulo 3 - Análise e Interpretação dos Resultados

Ambos os concursos tiveram por objetivo avaliar o nível de habilidade dos candidatos, sendo as notas conferidas,  $X$  e  $Y$ , medidas dessa grandeza e portanto, passíveis de flutuações grosseiras, casuais ou sistemáticas. Assim, supos-se existir uma escala ideal, flutuando as notas atribuídas por ambas as bancas em torno dessa escala com o mesmo desvio-padrão, independentemente de seus valores.

A partir das  $N$  notas  $X_i$ , foram calculadas  $N$  notas simuladas  $S_i$ , adicionando-se um elemento extraído de uma lista de números ao acaso (aplicação do método Monte Carlo). As  $S_i$  foram consideradas como corrigidas por uma banca hipotética, com erro de avaliação correspondente ao desvio-padrão  $\sigma$ .

Foram determinados, assim, dois conjuntos de notas simuladas, com os quais foi possível construir um gráfico de dispersão e calcular o correspondente coeficiente  $r$  de correlação. Realizado através de computador, esse processo pode ser repetido um grande número de vezes, obtendo-se diversos valores de  $r$  e as correspondentes médias  $\bar{r}$  e desvios-padrões  $\sigma$ . Mostra-se a seguir um exemplo de gráfico de dispersão com notas simuladas:

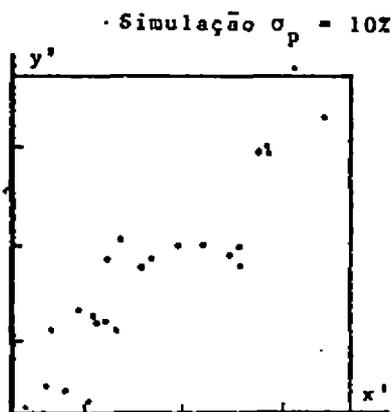


Gráfico de dispersão com notas  $X'$  e  $Y'$  simuladas.

Para efetuar uma estimativa das flutuações das notas atribuídas pelas bancas em torno de uma nota ideal, comparou-se o valor de coeficiente de correlação verdadeiro  $r_v$ , calculado através das notas reais  $x_i$  e  $y_i$ , com o valor  $r \pm \sigma_r$  extraído da simulação.

Por exemplo: a partir das notas de física da segunda fase, primeiro concurso, a simulação de 10 pares de populações com desvio-padrão  $\sigma = 5,0$ , prevê um coeficiente de correlação simulado  $r \pm \sigma_r = 0,47 \pm 0,12$ , intervalo que não contém o valor real  $r_v = 0,67$ . Após diversas tentativas, tomou-se  $\sigma = 3,0$ , obtendo-se então  $r \pm \sigma_r = 0,72 \pm 0,06$ , resultado conveniente, pois contém o valor real.

Serão tabelados a seguir, para as disciplinas da segunda fase, os coeficientes simulados de correlação  $r \pm \sigma_r$ , o coeficiente de correlação verdadeiro  $r_v$  e os correspondentes desvios-padrão simulado absoluto ( $\sigma$ ) e porcentual ( $\sigma_p$ ) das notas.

Matéria	$r_v$	$r' \pm \sigma_r$	$\sigma$	$X_{max}$	$\sigma_p$
Mat.	0,49	$0,56 \pm 0,06$	1,5	9	17%
Fis.	0,67	$0,72 \pm 0,06$	3,0	31	10%
Qui.	0,65	$0,70 \pm 0,07$	3,0	26	12%
Bio.	0,64	$0,64 \pm 0,07$	2,5	20	13%
Por.	0,52	$0,58 \pm 0,07$	1,5	15	17%
Lit.	0,22	$0,23 \pm 0,02$	3,0	14	21%
Red.	0,08	$0,07 \pm 0,02$	20,0	44	45%
E.Soc.	0,62	$0,63 \pm 0,06$	2,0	17	12%
Ing.	0,73	$0,75 \pm 0,08$	18,0	162	11%
TOTAL	0,61	$0,62 \pm 0,06$	5,0	82	6%
Mat+Fis	0,76	$0,73 \pm 0,08$	2,9	35	8%
Qui+Bio	0,69	$0,73 \pm 0,07$	4,0	37	11%
Port+Lit+Red	0,11	$0,12 \pm 0,02$	20,0	73	27%
E.Soc+Ing	0,78	$0,76 \pm 0,07$	13,0	163	8%

Tabela 7 - Correlação entre matérias homônimas - I e II - Concurso FUVEST/77 - 2ª fase.

Na tabela acima pode-se notar que: (a) o menor desvio-padrão percentual relativo à máxima nota da amostra correspondeu à disciplina física; (b) literatura e redação apresentaram valores bastante elevados de desvios; (c) para as matérias associadas, houve um acréscimo na "precisão de avaliação", correspondente ao aumento da correlação relativamente às disciplinas individuais; (d) o mesmo desvio padrão tabelado referiu-se ao total de pontos, indicando que a média geral é mais precisa por abranger maior número de habilidades.

Cabe aos professores interessados refletirem sobre o significado desses desvios, comparando os objetivos das questões de cada uma das provas, bem como analisando critérios e métodos de correção, com vistas a aumentar a compreensão do processo de seriação de habilidades.

Para comparar a capacidade de sequenciar níveis de habilidade entre as provas discursivas de uma dada matéria em ambos os concursos, adotou-se o total de pontos como padrão, sendo os índices de correlação entre cada disciplina e esse valor, apresentados abaixo:

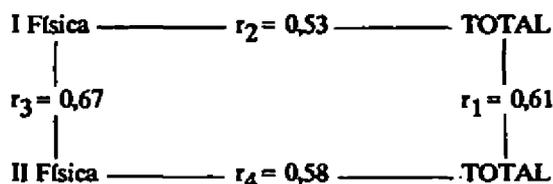
Matéria	Iº Concurso	IIº Concurso
Matemática	0,37	0,69
Física	0,53	0,58
Química	0,45	0,58
Biologia	0,32	0,35
Estudos Sociais	0,26	0,28
Redação	0,49	0,23
Literatura	0,18	0,55
Gramática	0,33	0,45
Inglês	0,09	0,09

Tabela 8 - Coeficiente de correlação entre cada matéria e o total de pontos - Concurso FUVEST/77 - Amostra A.

É possível observar que: (a) física manteve nos dois concursos aproximadamente o mesmo grau (elevado) de correlação com o total de pontos; (b) inglês apresentou, em ambas as ocasiões, correlação praticamente nula com o total;

(c) matemática e literatura passaram de correlações baixas no primeiro concurso a elevadas no segundo; (d) as demais disciplinas apresentaram, no segundo concurso, um pequeno aumento da correlação com o total; (e) as correlações entre redação e o total de pontos, em ambas as ocasiões, mostraram-se consideravelmente mais elevadas que aquela entre as provas de redação nos dois concursos.

A seguir, será utilizado um método de comparação quádrupla para determinar em qual das duas ocasiões uma dada matéria foi melhor avaliada, para a amostra considerada. A dissertação aplica esse esquema a todas as disciplinas. Aqui, porém, será apresentada, a título de exemplo, essa comparação para o caso da física (2ª fase).



É a seguinte a interpretação desse esquema: (a) os elevados valores de  $r_2$  e  $r_4$  indicam um grande componente na aptidão em física, em ambos os concursos, para os estudantes da amostra; (b) o valor de  $r_3$ , ainda mais elevado, sugere plena concordância entre as bancas examinadoras dos dois concursos quanto aos objetivos a avaliar; (c) sendo  $r_4$  pouco maior que  $r_2$ , ambas as provas parecem haver sido igualmente adequadas para sequenciarem habilidades.

Prosseguindo na comparação da capacidade das provas para a seriação de notas, agora em uma análise unidisciplinar, consideram-se três grupos de alunos representando as áreas em que se distribua a população estudantil: Grupo A - ingressantes na carreira de direito, área de humanidades; Grupo B - ingressantes na carreira de medicina, área de ciências biológicas; Grupo C - ingressantes na carreira de engenharia - área de ciências exatas.

Partiu-se das médias das notas obtidas pelos grupos mencionados em determinada prova de segunda fase do primeiro concurso e, através das retas de regressão foram previstas, para todas as disciplinas, as médias que seriam atingidas por esses grupos caso os estudantes prestassem o segundo concurso. Como exemplo, serão apresentados abaixo os resultados relativos à física:

Grupo	Iº Concurso	IIº Concurso	
	Média (real)	Média (prevista)	IC
A	4,0 (10%)	4,1 (10%)	0,0—10,0
B	27,6 (70%)	31,2 (78%)	26,0—40,0
C	28,8 (72%)	32,6 (81%)	27,0—40,0

Física - reta de regressão:  $X_{II} = -0,55 + 1,15_1 (r_{2,1})$

Pode-se observar que no primeiro concurso a prova de física apresentou nível de exigência conveniente para o grupo mais "forte" C, e embora bastante exigente para o grupo mais "fraco" A, a escala de notas ainda assim permitiu a seriação de habilidades.

As médias previstas mostraram que, no segundo concurso, a prova de física teria nível de exigência equivalente ao do primeiro, relativamente ao grupo A. Quanto ao Grupo C, esse nível seria um pouco baixo, entretanto poder-se-ia ainda seriar os desempenhos desses estudantes na referida prova.

Através do procedimento acima descrito, realizado na dissertação para todas as disciplinas, obtiveram-se as seguintes conclusões:

(a) Para o Grupo A, mostraram-se muito exigentes as provas de matemática e química e as de biologia e física apresentaram nível de exigência próximo do máximo para o objetivo de seriar. As demais provas adequaram-se a essa finalidade, para as populações representantes das três áreas analisadas.

(b) Quanto às provas do segundo concurso, a de literatura, por seu baixo nível de exigência, seria inadequada se utilizada hipoteticamente para avaliar conhecimentos da população que prestou o primeiro concurso, particularmente o Grupo B. Também as provas de biologia estariam, para esse grupo, no limite mínimo de exigência. As demais mostraram-se apropriadas à seriação de níveis de habilidade das três populações consideradas.

## Conclusão

Acredita-se que as conclusões apresentadas poderão ser utilizadas por organizadores de concursos classificatórios análogos aos estudados. Assim, tendo em vista a aplicação dos resultados obtidos, fez-se uma proposta de pesquisa que constaria de um levantamento dos fatores determinantes das características das provas e indicação dos elementos de responsabilidade da instituição organizadora dos concursos, assim como daqueles pelos quais a banca examinadora responderia, visando a solucionar as seguintes questões: (a) sendo duas provas igualmente capazes de ser habilidades, a que características comuns de suas questões isso se deveria? (b) tendo uma das provas melhor resultado em relação a esse objetivo, qual seria o fator determinante desse fato?<sup>(5)</sup>

Finalizando, a autora retoma o caso da disciplina física, para a qual se apresentaram evidências de que ambas as provas consideradas resultaram igualmente apropriadas à seriação de habilidades. Assim, nesse exemplo, o conteúdo e níveis de exigência mostraram-se coerentes com os objetivos educacionais visados, e adequados à população-alvo, nos dois concursos.

---

(5) A dissertação relaciona uma série de condições a serem verificadas, estabelecidas pela coordenação do concurso bem como pela banca examinadora, e também aquelas relativas aos critérios de correção.

## Proposta de Laboratório para a Escola Brasileira - Um Ensaio sobre a Instrumentação no Ensino Médio de Física

Norberto Cardoso Ferreira(\*)

### Capítulo 1 - Introdução

É desnecessário ressaltar que, em uma época de avanços nas ciências em geral, e na física, em particular, realizados principalmente através dos recursos da experimentação, o laboratório didático assume um papel relevante no ensino de ciências. A despeito, porém, do consenso existente de que as atividades experimentais propiciam aos alunos uma aprendizagem mais efetiva dos conceitos tratados, o trabalho de laboratório geralmente corresponde à parte menos satisfatória dos cursos de física, tanto do ponto de vista dos estudantes como dos professores.

Até há alguns anos atrás, a aridez de certos cursos nessa área, bem como dos livros-textos, era devida particularmente ao fato de serem empregados métodos puramente dedutivos, dentro de um contexto no qual o laboratório, quando presente, não passava de mero apêndice. Somente a partir de 1960, com o advento de textos modernos e dos grandes projetos para o ensino de física, como o PSSC, Harvard, Nuffield e outros, a atividade experimental passou a ser encarada como parte integrante dos cursos dessa disciplina<sup>(1)</sup>.

Datam da mesma época, ainda, grande parte das pesquisas visando ao desenvolvimento de abordagens de laboratório que melhor atendessem a uma determinada clientela, suas condições e objetivos, surgindo assim, ao lado do esquema tradicional, novas experiências educacionais, tais como: laboratório aberto, divergente, de projetos etc., que serão adiante analisados, em forma breve.

Todavia, as tentativas de influenciar o sistema educacional introduzindo e incrementando as atividades práticas têm se mostrado, na escola brasileira, quase completamente inócuas, sugerindo a existência de condições especiais responsáveis por essa dificuldade no sentido de uma valorização objetiva da experimentação em programas de ensino médio de física.

---

(\*) Orientador: Iuda David Goldman vel Lejbman. Dissertação aprovada em 06/12/1978.

(1) O Projeto Piloto da Unesco, desenvolvido no Brasil em 1963/1964, constituiu também um marco pioneiro, introduzindo no país os "Kits" experimentais elaborados com materiais simples.

A atuação do autor deu-se dentro da própria realidade da escola secundária, com base em aspectos extraídos de algumas teorias da aprendizagem, sem contudo apoiar-se nelas sistematicamente, optando por um trabalho objetivo e compatível com as exigências regulares da instituição onde o processo se desenvolveu, culminando na produção de um conjunto de módulos de ensino ("kits") para atividades experimentais na escola média brasileira.

É a seguinte a posição do autor na controvertida área de critérios para justificativa do uso do laboratório em um curso de física e objetivos a serem atingidos com a sua utilização: em níveis de 1º e 2º graus e mesmo nos primeiros anos da universidade, essa atividade constitui importante instrumento para que os alunos adquiram determinadas habilidades e conceitos, principalmente aqueles que ainda se encontram no estágio de pensamento concreto. Essa conclusão fundamenta-se em dados obtidos através de sua própria experiência docente, bem como em pesquisas realizadas por diversos educadores, no Brasil e no exterior, cujos nomes e principais idéias nessa área são mencionados na dissertação.

Em síntese, pode-se dizer a respeito que: uma freqüente utilização de atividades práticas parece ser de grande valia para as populações estudantis brasileiras, uma vez que proporção considerável delas encontra-se em um estágio de desenvolvimento intelectual classificável como concreto, com grandes dificuldades no campo da matemática; por outro lado, se para aqueles que atingiram o nível de raciocínio formal as atividades experimentais não seriam imprescindíveis, é justamente nessa fase que se apresentam com possibilidade de exercício completo, resultando, portanto, válidas, qualquer que seja a forma de justificar a sua introdução.

## Capítulo 2 - Os Diferentes Tipos de Abordagem no Laboratório

De maneira geral, pode-se caracterizar o ensino da física quanto ao laboratório como um "continuum" onde em um dos extremos estaria a atividade totalmente centrada no professor e, no outro, tudo ficaria a cargo do aluno - objetivos, instrumental, técnicas e conclusões, atuando o professor apenas como orientador. Serão a seguir examinados, em forma sucinta, alguns tipos de abordagens no laboratório:

(a) Experiências de cátedra. Realizada pelo professor e associada ao nível mais baixo de envolvimento do aluno, uma experiência de cátedra ou aula de demonstração tem como objetivos: ilustrar os tópicos tratados nos cursos teóricos,

facilitando a sua compreensão; tornar o conteúdo interessante e agradável; desenvolver a capacidade de reflexão. Embora existam certas regras para o uso desse sistema, geralmente é utilizado apenas para introdução de uma aula expositiva, com propósito motivador. Acredita o autor, porém, que essas experiências sejam mais motivadoras para aqueles que as realizam do que para os observadores.

(b) Laboratório tradicional. Ressalvando a dificuldade existente quanto à conceituação do que seja um laboratório assim chamado, serão enquadrados no título aqueles que apresentem uma lista de objetivos similar à que segue: habilitar os estudantes ao manuseio de instrumentos de medida; verificar leis ou fenômenos; motivar o aluno ao estudo de física; oferecer suporte aos cursos teóricos; introduzir o estudante no método científico. Esse tipo de atividade caracteriza-se, em resumo, pela existência de um texto-guia contendo instruções para os alunos, bem como pela constante supervisão do professor e/ou monitores, implicando uma reduzida liberdade de ação e limitado poder de decisão por parte do estudante. Sendo as atividades, muitas vezes, desenvolvidas sem um planejamento global quanto aos objetivos a serem atingidos, tem-se como consequência as seguintes características: rotina, improvisação, demasiada ênfase nos relatórios. Associam-se a isto outros fatores, como, por exemplo, a falta de verbas, forçando as instituições a adequarem seus objetivos ao instrumental existente e não vice-versa. Embora alguns procedimentos adicionais venham sendo introduzidos, como o uso de textos complementares e testes de pré-requisitos para o desenvolvimento dos experimentos e atividades em grupo, inúmeras críticas são ainda apresentadas quanto ao funcionamento e validade educacional do laboratório realizado em moldes tradicionais. Todavia, apesar das limitações envolvidas, acredita o autor que um contato do aluno com material experimental deva ser efetuado, ainda que de uma maneira convencional. Uma alternativa interessante corresponde à elaboração de guias de laboratório não muito diretivos, permitindo ao estudante uma participação mais efetiva; tarefa difícil, mas possível mediante um treino gradativo.

(c) Laboratório divergente. Nesse tipo de abordagem não aparecem atividades de simples verificação de uma lei. Inicialmente, o estudante deverá cumprir uma série de etapas comuns a toda classe e a partir dos conhecimentos experimentais adquiridos, bem como de suas preferências pessoais, escolherá uma área para aprofundamento. Algumas pesquisas têm demonstrado grande preferência dos alunos por esse enfoque.

**(d) Laboratório aberto e laboratório de projetos.** Possibilitando ao estudante uma participação quase autônoma no trabalho experimental, o laboratório aberto corresponde, em sua concepção mais restrita, a um esquema tradicional com maior flexibilidade quanto ao horário de trabalho, e, sob um ponto de vista mais amplo, equivale ao laboratório de projetos, onde todas as decisões ficam por conta do aluno. Nessa abordagem, os objetivos da atividade experimental variam amplamente em função de suas características. Quando da utilização do laboratório sob a forma de projetos, deverá ocorrer primeiramente uma discussão com os estudantes a respeito da atuação de cada um e da escolha do experimento a ser desenvolvido, após o que cada aluno elaborará um detalhado plano de trabalho especificando o tema, objetivos, materiais necessários etc. Nesse tipo de atividade, a idéia central é que o estudante entenda aquilo que está desenvolvendo, procurando também divertir-se durante a realização do trabalho. Ao professor caberá o papel de orientador das atividades, incentivando aqueles que não têm uma escolha definida e refreando os que planejam tarefas além das possibilidades materiais da instituição e dos conhecimentos teóricos necessários ao bom andamento das pesquisas. Esse enfoque adapta-se melhor ao final de um curso prático, onde o aluno já tenha passado por uma experiência de laboratório divergente e adquirido certo domínio sobre algumas técnicas experimentais. Finalizando, por ser extenso o tempo de realização de um projeto, o estudante corre o risco de perder a oportunidade de adquirir visão mais ampla da física e mesmo de determinadas habilidades práticas.

**(e) laboratório à disposição do aluno.** Sob diversas denominações, como laboratório de corredor, prateleira de demonstrações, biblioteca de instrumentos e "walk-in laboratory", essa abordagem pode ser utilizada em cursos tradicionais ou auto-instrutivos, envolvendo um reduzido gasto de tempo pelo estudante e tendo geralmente como objetivo a verificação de um fenômeno ou lei para servir de suporte a um curso teórico. Compreende uma série de aparelhos dispostos em um ambiente qualquer, acompanhados de guias com instruções detalhadas, a serem consultados pelo aluno quando necessitar. O instrumental deve ser simples, resistente e de baixo custo. Extremamente útil para uso concomitante com um laboratório tradicional, esse enfoque não parece adequado à utilização isolada junto a alunos médios, embora possa suscitar grande interesse em estudantes mais dotados.

Finalizando, com relação ao problema da redescoberta, isto é, uma situação em que o aluno, descobrindo por si só determinada lei ou fenômeno, teria um

aprendizado mais efetivo, o autor da dissertação adota a posição defendida por Gagné<sup>(2)</sup>: "A resolução de problemas ou descoberta é apenas a etapa final de uma seqüência de aprendizagens das quais muitas já realizadas devem tê-la precedido no tempo. Para que seja coroada de sucesso, a resolução de problemas deve basear-se no conhecimento e evocação de princípios que se combinam na elaboração da solução, isto é, do princípio da ordem superior".

### **Capítulo 3- Algumas Tentativas Brasileiras no Ensino de Física Experimental.**

Serão a seguir analisadas, em forma sucinta, algumas tentativas realizadas no país, no sentido de utilização de novas abordagens quanto às atividades experimentais:

(a) Introdução de relatórios opcionais. Frequentemente apontado como motivo de monotonia em cursos de laboratório de física, o relatório pode mascarar, pela excessiva ênfase ao tratamento dos erros experimentais, os objetivos principais da experiência desenvolvida. Assim, a sua não-obrigatoriedade talvez leve o aluno a uma maior dedicação em elucidar os conceitos fundamentais envolvidos.

(b) Uso da Prateleira de Demonstrações. Utilizando-se sofisticados instrumentos importados, em geral adquiridos através de mostruários, e que permaneciam há tempo empacotados, foi organizado no Instituto de Física da Universidade de São Paulo (IFUSP), uma prateleira de demonstrações de eletricidade, cujos objetivos básicos eram recuperar os referidos instrumentos, colocando-os em funcionamento e, simultaneamente, projetar a partir desse material ou mesmo criar novos equipamentos simples, destinados à demonstração em classe. Foram elaborados também guias contendo instruções, para professores e alunos.

(c) Uma experiência intermediária entre o laboratório divergente e o de projetos.

Realizada por Alvarenga<sup>(3)</sup>, essa experiência propôs a eliminação do relatório tradicional. A exemplo do laboratório divergente, havia uma parte inicial denominada "prática com orientação" e, em seguida, o desenvolvimento de um projeto pelos estudantes. Leituras suplementares completavam a primeira fase do

---

(2) Gagné, R.M. Como se realiza a aprendizagem. Trad. T.M.R. Tovar. Ao livro Técnico S.A., Rio de Janeiro, 1972.

(3) Alvarenga, B. Inovações nos laboratórios de Física Geral no ICUFG. Atas III Simpósio, Rev.Bras.Fis., 1976, pág.451.

trabalho e, para a segunda etapa, o aluno contava com uma oficina provida de materiais de baixo custo.

(d) Um laboratório dentro da técnica de projetos. Dentre as tentativas efetuadas nessa área será mencionada, a seguir, a experiência desenvolvida pelo autor da dissertação junto ao extinto Colégio Estadual Oswaldo Aranha. Na 1ª série do nível colegial, o estudante optava por uma especialização - técnico em edificações, eletrônica, de laboratório etc. - seguindo um curso cujo principal objetivo era a realização de um projeto, escolhido pelo aluno e orientado por professores e técnicos. No primeiro ano de sua implantação, diversos fatores, como a escassez de verbas e o despreparo inicial, tanto do corpo discente quanto docente, transformou a experiência em um curso tradicional com algumas facetas de projeto. Posteriormente, quando a equipe, mais amadurecida a respeito dos problemas envolvidos, encaminhava-se para a sua solução, em virtude da extinção dos colégios experimentais a experiência foi interrompida.

(e) Um laboratório do tipo divergente. Desenvolvido pelo autor em 1975, junto a duas classes de 2º grau, no Colégio Estadual Assis Chateaubriand, esse curso pretendeu treinar os alunos em habilidades associadas à utilização do método científico, através de experiências de realização simples. Durante os três primeiros bimestres o estudante adquiriu algumas técnicas na construção de aparelhagens associadas a experimentos constantes no currículo de física do 1º ano colegial, destinando-se o último bimestre letivo ao desenvolvimento de uma experiência livre utilizando em outras situações o material elaborado, surgindo daí alguns experimentos novos, tais como: análise da posição em função do tempo para uma viagem do Metrô; medida da variação da massa de um feijão em germinação, perda de CO<sub>2</sub> de uma Alka-Seltzer durante sua efervescência; estudo da evaporação de um líquido, com o emprego de um cartão embebido em álcool; construção de um carrinho movido a elástico e análise de seu movimento.

(f) Utilização de "Kits". Não constituindo em si mesmos uma abordagem experimental, os "kits" podem ser utilizados em qualquer modalidade de laboratório. Em diversas ocasiões o autor recebeu contribuições nesse sentido por parte dos estudantes, na fabricação de módulos experimentais simples que, deixados na própria escola, permitissem a formação de uma "verdadeira biblioteca", que pôde ser utilizada por alunos de outras classes, possibilitando ao estudante a satisfação de ver a contribuição de seu próprio trabalho para o aprendizado dos colegas, exercendo assim essa atividade importante papel social.

(g) Uma "biblioteca de instrumentos". Como o curso noturno do E.E.S.G. prof. Alberto Levy não incluía aulas práticas de física, o autor da dissertação, lecionando na referida escola, propôs a formação, por alunos do período diurno, de uma "biblioteca de instrumentos", para que seus colegas tivessem acesso à física experimental. Coroada de êxito a experiência, foram construídos inúmeros aparelhos e elaborados pequenos textos descritivos sobre os processos de construção, contendo ainda sugestões quanto a possibilidades de variação.

#### **Capítulo 4- Uma Proposta de Laboratório de Física**

Inicialmente, o autor tece, na dissertação, algumas considerações sobre a realidade educacional brasileira no tocante às atividades experimentais em física, sendo apontados diversos problemas: (a) falta de clareza quanto aos objetivos a serem atingidos no laboratório; (b) carência de equipamentos e instalações apropriadas; (c) reduzido tempo dedicado às aulas de laboratório; (d) grande número de estudantes a serem atendidos, especialmente nos cursos universitários, em sua considerável diversidade; (e) deficiência na formação experimental dos professores; (f) falta de tempo para a preparação de aulas, em particular no caso de professores secundários; (g) demasiada ênfase em relatórios e no tratamento de erros experimentais.

São também mencionados, na dissertação, alguns trabalhos sugerindo a utilização de laboratórios de baixo custo, como os projetos brasileiros para o ensino de física, e o desenvolvimento de "kits" experimentais pelos estudantes, que, além de possuírem relevante função social, apresentam diferenças significativas, quanto à aprendizagem, em relação ao uso de instrumentais mais sofisticados.

O trabalho defende a proposta de utilização de um laboratório de baixo custo elaborado pelo aluno com materiais de sucata. Assim, se por um lado não há mais, hoje em dia, para o menino, a oportunidade de aprender física construindo seus próprios brinquedos, por outro, o "lixo" fornecido pela sociedade de consumo pode ser reaproveitado, transformando-se em elementos novos e úteis ao aprendizado do estudante.

O início da 1ª série do 2º grau é de grande importância para o estudo da física, pois os primeiros contatos dos alunos com essa ciência poderão fazer com que se aproximem ou se afastem completamente dela. Os guias curriculares normalmente sugerem para o início do curso, no 1º ano, o estudo da mecânica, apresentando primeiramente o movimento retilíneo e uniforme, e com isso

causando grandes dificuldades aos estudantes, uma vez que o tratamento detalhado da função linear geralmente não é realizado no 1º grau. Como solução, pode-se iniciar o curso pela abordagem desse tipo de função, aproveitando para tentar sanar as deficiências mostradas pelos alunos quanto a operações aritméticas e equações de 1º grau.

Considerando-se o laboratório como uma opção para a solução dessas dificuldades, foram inicialmente desenvolvidos experimentos visando à exploração dos conceitos preliminares de gráficos e funções: (a) gráfico de comprimento de uma circunferência em função de seu diâmetro, experiência realizada com apenas um conjunto de moedas ou objetos em forma de disco; (b) medida do volume de um pequeno objeto, efetuada com o auxílio de uma seringa plástica fixa a um suporte; (c) escoamento de um líquido através de um pequeno orifício, utilizando-se uma seringa plástica com o bico parcialmente vedado.

Os seguintes experimentos foram planejados visando ao estudo das medidas em física, sem a necessidade do uso de instrumentos caros e muitas vezes inexistentes nas escolas, como paquímetros, micrômetros etc: (a) conjunto de seringa com graduações variadas; (b) modelo de "teodolito"; compreendendo uma base construída com um copo grande de plástico preenchido com gesso, sobre a qual era colado um transferidor, esse instrumento tinha como objetivo treinar os estudantes na resolução de triângulos e transformação de escalas métricas, iniciando-os também nos rudimentos da trigonometria; (c) modelo de esferômetro, utilizando-se um parafuso comum para ferro, uma base de madeira e um disco subdividido em partes iguais, ou tampo de uma pasta dentífrica; (d) Balança. Após sofrer várias modificações, a forma final desse aparelho consistiu em um pedaço de madeira leve agindo como braço, sendo o apoio feito em duas partes de gilete cravadas em um suporte também de madeira. Uma vareta funcionava como ponteiro e dois parafusos comuns, um sobre o braço do instrumento e outro na parte superior do ponteiro, serviam respectivamente para o "acerto do zero" e para dar maior sensibilidade a balança. O sistema assim montado permitiu a realização de inúmeros experimentos, sendo diversos dentre estes apresentados, em apêndice, na dissertação.

As experiências para o estudo da mecânica foram sugeridas por inúmeros manuais de física para o Laboratório, em particular o PSSC: (a) Caixa e acessórios para o estudo da dinâmica. Constava de dois sarrafos unidos por um parafuso e presos a uma base de madeira, tendo por trilhos duas réguas de plástico flexível e como objeto de estudo uma esfera de rolamento; (b) Medidor de energia.

Dispositivo construído em madeira leve, possuindo em um dos ramos uma haste móvel girando em torno de um eixo (prego), circundado por um pedaço de tubo de carga de caneta esferográfica para minimização do atrito. A haste móvel era presa à fixa por uma mola, e a medida da energia era obtida fazendo-se a esfera bater na haste móvel e observando-se a deformação sofrida pela mola; (c) Lançamento de um objeto. Com algumas adaptações no aparato acima descrito, foi possível o estudo do lançamento de um objeto na direção horizontal ou segundo um ângulo qualquer; (d) Choque de duas esferas. Introduzindo-se na extremidade da calha um pedaço de madeira móvel para apoio de uma segunda esfera, fazia-se com que a primeira, após o seu movimento pela canaleta, se chocasse com a outra. Como no PSSC, utilizou-se papel carbono para registrar o ponto de impacto da bola. Com esse procedimento podiam ser determinadas diversas variáveis do movimento, e estudados aspectos ligados à conservação de energia mecânica, dissipação de energia através do atrito e rotações; (e) Medidor de aceleração. Um sistema constituído de uma mola e um pequeno pedaço de chumbo usado em pesca era introduzido em um tubo de ensaio e, acoplado-se o sistema a carrinhos, pêndulos etc e efetuando-se medidas da deformação da mola podia-se chegar ao valor da aceleração; (f) "Puck". Para o estudo de movimentos com pouco atrito, foram utilizados discos de fórmica recobertos por gesso ou cimento. Adaptada através de um tubo de borracha, uma bexiga servia de colchão de ar para a diminuição do atrito. Os "pucks" deslizavam sobre uma base feita com um pedaço de vidro plano, adaptando-se a este três parafusos para nivelção, e uma tira de elástico presa a quatro pregos para limitar o movimento dos objetos em estudo.

Foram ainda desenvolvidos experimentos em diversas outras áreas da física, os quais serão sucintamente mencionados a seguir.

Terminologia. (a) "Termômetro" para medida da temperatura ambiente. Utilizou-se a dilatação de um fio longo de cobre preso ao teto do laboratório, tendo em sua extremidade livre um pedaço de barbante fino envolvendo um ponteiro feito com um prego, que atravessa uma pequena haste de madeira; (b) Medida da dilatação de um sólido. Efetuada com o auxílio de um pequeno tubo de latão, cujo comprimento varia quando se passa água quente em seu interior, e um parafuso para ferro, cimentado com cola dentro de um tubo plástico. Na cabeça do parafuso, colou-se uma tampa plástica de pasta dental com ranhuras, podendo-se ler variações de  $1/1920$  polegadas. Um prego preso ao tubo servia de contato para fechar um circuito ligado a uma lâmpada; (c) Dilatação de líquidos. Empregou-se um tubo de vidro tampado por uma rolha de borracha, cravando-se nesta um

termômetro e uma seringa plástica descartável para medir a variação de volume sofrida pelo líquido no interior do vidro; (d) Comportamento térmico dos gases. Foram utilizados aqui apenas materiais de fácil obtenção: seringa, saco plástico, termômetro e rolha de borracha.

Hidrostática. (a) Medida da densidade de líquidos e sólidos. Realizada através da utilização da balança anteriormente mencionada; (b) Medida do empuxo. Ainda com o emprego da balança, pôde-se refazer o experimento de Arquimedes, utilizando massa de modelar como corpo sobre o qual se desejava medir o empuxo. (c) Densímetro. Construção e calibração de um densímetro, empregando-se um canudo de refresco munido de um contrapeso (parafuso). A medida do volume do instrumento pôde ser realizada com o auxílio de uma seringa descartável; (d) Paradoxo hidrostático. Experimento de simples verificação, montado com o auxílio de um conjunto de seringas graduadas, de diferentes diâmetros, coladas a um tubo de plástico ou borracha; (e) Medidor de pressão. Manômetro constituído por dois canudos plásticos unidos por um pedaço de borracha flexível. Uma tampa de plástico coberta com uma bexiga acusava as diferenças de pressão sofridas pelo instrumento ao ser imerso no líquido. Construiu-se também um segundo medidor onde as colunas de água que no primeiro indicavam a variação da pressão eram substituídas por um dispositivo, adaptando-se a parte de um tubo plástico para comprimidos uma rolha de borracha com um furo, a qual prendia um pedaço de bexiga junto ao tubo. Uma segunda rolha fixava o sistema a um tubo de vidro que, preenchido com água, provocava a deformação da bexiga.

Estática. (a) Lei de Hooke. A variação de comprimento de um elástico era verificada utilizando-se "massas aferidas" constituídas de volumes iguais de água medidos com uma seringa, construindo-se dessa maneira um "dinamômetro"; (b) Força como vetor. Unindo-se dinamômetros, eram comprovadas experimentalmente a lei da adição de vetores, a sua decomposição segundo eixos, bem como algumas noções de trigonometria; (c) Adição de forças paralelas. Fenômeno verificado com o auxílio de dinamômetros unidos a uma haste graduada de madeira, girando ao redor de um ponto fixo. Para minimizar o atrito, utilizava-se como eixo parte de carga de caneta esferográfica.

Balança de corrente. Uma espira retangular de alumínio era fixada a um dos braços de uma balança apoiada em duas giletes. Demonstrou-se a interação entre um ímã e uma corrente com o uso de uma pilha comum de lanterna e um ímã do tipo empregado como fecho em portas de armários.

**Óptica geométrica.** (a) **Lentes**. Construídas em tubos de PVC, com uma janela retangular, posteriormente recoberta por plástico transparente. As duas superfícies bem como o fundo da lente eram fixados com Durepoxi preenchendo-se então o sistema com água e obtendo-se assim lentes cilíndricas côncavas ou convexas; (b) **Espelhos**, também cilíndricos, com raios de curvatura variáveis, foram fabricados com tiras de alumínio flexível ou fitas plásticas metalizadas geralmente empregadas para embrulhar objetos; (c) **Projektor (fonte luminosa)**. Uma lata de cerveja pintada em preto era aberta em uma das extremidades e, na outra, encaixava-se um tubo plástico móvel, ao qual se adaptava uma lâmpada de lanterna. Na extremidade aberta da lata introduzia-se uma lente convergente, com uma das faces recobertas por tiras paralelas de fita isolante e, variando-se a posição da lâmpada, obtinham-se feixes de luz para o estudo das propriedades dos raios luminosos; (d) **Dióptros**. Empregou-se uma caixa de manteiga com suas faces recobertas por folhas de plástico transparente, um plano e outro cilíndrico, obtendo-se ao encher a caixa com água, dois dióptros, um plano e um cilíndrico. Para o estudo das relações entre as posições de objeto e imagem, utilizavam-se alfinetes alinhados; (e) **Lâminas de faces paralelas e prismas**. Dispositivos construídos com lâminas de microscópio coladas. O sistema era preenchido com água e também aqui, empregavam-se alfinetes. (f) **Esquema de olho humano**. Com plástico flexível, fabricou-se uma lente de raio de curvatura variável. Um aro de plástico servia como anteparo representando, no esquema, o fundo do olho, e a formação de imagens era efetuada com o auxílio do projetor; (g) **Experimento com fotografia**. A construção de uma câmara fotográfica de orifício despertou muito interesse junto aos estudantes. Ao chassis de um filme Kodak 126-12, adaptou-se uma pequena caixa construída com cartão (ou madeira balsa), em cuja parte frontal existia uma folha de alumínio contendo um orifício. Funcionava como obturador um pedaço de madeira girando ao redor de um eixo (prego). Recobria-se a madeira com papel de feltro, servindo um elástico comum de mola para o obturador.

É interessante ressaltar que esse material, apresentado no III Simpósio Nacional de Ensino de Física, em 1976<sup>(4)</sup>, tendo como idéia básica um tratamento experimental da óptica geométrica, permite a reprodução sobre um anteparo, com o auxílio de lentes de água, de todos os esquemas geralmente desenhados pelo professor no quadro de giz.

---

(4) Ferreira, N.C. Um kit de óptica geométrica para o curso secundário. Atas do III Simpósio. Rev. Bras. Fis., 1976, pág.415

**Cinemática.** (a) Movimento retilíneo e uniforme. Para esse estudo, foram empregados tubos contendo óleo, através do qual o movimento de alguns corpos era analisado; (b) Movimento retilíneo uniformemente variado. Utilizou-se um dispositivo desenvolvido pelo Prof. W. Lima, com o uso direto da frequência da rede elétrica comum (60 ciclos). Como marcador, empregou-se uma carga de caneta esferográfica adaptada a uma mola. Esse instrumento era acoplado a carrinhos, pêndulos etc; (c) Movimento aleatório. Para o estudo de movimentos retilíneos variados utilizou-se o tatuzinho de jardim deslocando-se dentro de um tubo; (d) lançamento de um objeto. Preparou-se um "canhão" para o lançamento de esferas de aço, tendo como sistema propulsor um elástico. O ângulo de lançamento era medido em um transferidor adaptado ao aparelho. Determinava-se o ponto de impacto fazendo com que a esfera caísse sobre um papel coberto com uma folha de papel carbono. Esse aparelho, que atualmente faz parte da biblioteca circulante do IFUSP, permite ainda o estudo de diversos outros aspectos da dinâmica.

**Eletrostática.** Nessa área, em que os experimentos descritos em livros-textos são geralmente de difícil realização, foram elaboradas as seguintes experiências: (a) Pêndulo Eletrostático. O objeto a ser carregado eletrostaticamente era um pedaço de papel alumínio utilizado em papéis de cigarro ou para embrulhar balas. Fixava-se um círculo desse material a um canudo de refresco através de um fio de meia de nylon. A eletrização por atrito era efetuada com o auxílio de um outro pedaço de nylon, retirado, por exemplo, de meias, sacos de batatas etc., e esfregando em uma régua comum de plástico, que era então usada para eletrizar o pêndulo por contato. Apoiava-se o dispositivo em uma base feita com um copo plástico para café, preenchido com gesso; (b) Eletrização por indução. Como corpos a serem eletrizados, foram empregadas placas de cartão de alumínio ou cartão comum pintado com tinta metálica, também sustentadas por bases de gesso e presas a estas através de canudos de refresco, usados como isolantes; (c) "Barquinho eletrostático". Experimento simples, constava de um disco de isopor ao qual se adaptou uma pequena folha de alumínio, através de um canudo de plástico. O barquinho era colocado em uma vasilha contendo água e, em seguida, carregado eletrostaticamente e, com a aproximação de um outro objeto eletrizado, aquele se movia; (d) Lei de Coulomb. Demonstrada qualitativamente através de um corpo carregado (disco de cartão pintado com tinta metálica), fixo a um eixo construído com elástico. Com o uso de um ou mais discos eletrizados, puderam ser observados diversos fenômenos eletrostáticos; (e) Eletroscópio. Montado com um retângulo de cartão aluminizado, preso a uma base por um canudo de refresco. Uma lâmina

móvel de alumínio, feita com papel de cigarro, era fixada ao cartão através de um pedaço de arame, e um disco de cartão completava o aparelho; (f) Pêndulo duplo. Construído com dois discos de alumínio utilizados em embalagens de alimentos, suspensos por fios de nylon (extraídos de meias) e presos a canudos de plástico; (g) Indicador de campo elétrico. Para o estudo das linhas de força do campo elétrico, fabricou-se uma espécie de bússola elétrica, introduzindo-se uma pequena modificação no pêndulo eletrostático. Um pedaço de cartolina com uma das metades aluminizadas era suspenso e preso a um canudo de refresco através de um fio de nylon. Aproximando-se a esse cartão um corpo eletrizado, a parte aluminizada se carregava e, colocando-se a bússola nas imediações de um corpo eletrizado, esta girava, alinhando-se com o campo elétrico produzido pelo objeto em questão; (h) Poder das pontas. Empregou-se uma placa de cartão aluminizada com a forma de raquete, adaptando-se a ela duas lâminas móveis feitas com papel de cigarro, uma na parte central e outra na região correspondente ao cabo da raquete. Carregando-se o sistema, a lâmina localizada no cabo afastava-se mais do que aquela situada na área central; (i) Campo elétrico no interior de um condutor. Utilizaram-se duas placas aluminizadas, uma plana, com duas lâminas móveis e outra semi-cilíndrica, encostada à primeira de modo a envolver uma das lâminas móveis. Eletrizando-se o sistema, a lâmina externa se abria enquanto a interna ficava abaixada. Afastando-se porém a lâmina cilíndrica, aquela também se abria; (j) Potencial eletrostático. Uma modificação na "bússola elétrica", anteriormente descrita, utilizando-se uma pequena lâmina suspensa ao fio de nylon, permitiu mostrar as superfícies equipotenciais de um corpo carregado eletrostaticamente; (l) Modelo de acelerador de Van de Graaf. Serviu como esfera armazenadora de cargas, depois de pintada com tinta metálica, uma velha bola de borracha, apoiada em copos plásticos, atuando estes como isolantes. A eletrização do sistema efetuava-se através de dois orifícios existentes na esfera, através dos quais era passada uma régua carregada fazendo as vezes da correia transportadora de cargas; (m) Elo entre a eletrostática e a eletrodinâmica. Essa passagem pode ser visualizada com o auxílio do indicador de campo já descrito, e dois corpos condutores como, por exemplo, duas placas de cartão aluminizado, unidas por um longo fio condutor. Aproximando-se a uma das placas o indicador, depois de eletrizado, o dispositivo apontava para aquela, por um processo de indução eletrostática. Trazendo-se então uma régua carregada para perto da outra placa, o indicador girava na direção oposta, demonstrando ter havido transferência de cargas através do sistema por meio do fio.

## Capítulo 5 - Conclusões

É interessante ressaltar o fato de que a interação com os estudantes durante a realização das experiências permitiu introduzir modificações nos instrumentos. Assim, no capítulo final da dissertação o autor apresenta descrições históricas do desenvolvimento de dois "kits", o primeiro relativo ao estudo do movimento retilíneo e uniforme através da medida de velocidades de pequenas esferas em movimento dentro de um recipiente contendo óleo, e o segundo referente à construção da balança utilizada para a série de experimentos sobre medidas em física.

Dessa forma, embora a proposta apresentada não seja considerada como a única viável ou a solução para todos os problemas encontrados no ensino de física, espera-se que, através de sucessivas realimentações obtidas na interação professor/aluno/instrumental, os materiais elaborados bem como o método aqui exposto continuem sendo aprimorados no sentido de auxiliarem os professores secundários, juntamente com os seus alunos, no desenvolvimento de novos aparatos capazes de atender aos seus próprios objetivos.

O autor sugere ainda a possibilidade de encarar-se o estudo de física não somente de maneira acadêmica, mas com o intuito de mostrar ao educando as aplicações dessa ciência à vida diária. Assim, a análise de um chuveiro elétrico, geladeira, componentes de um automóvel ou de mecanismos envolvidos em brinquedos, daria ao estudante a oportunidade de aprender física trabalhando com elementos concretos.

Finalizando, embora o presente trabalho limite-se ao conteúdo da chamada física clássica, é notório que a física moderna, apesar de surgida em nosso século, tem abrangência muito maior, sendo os produtos daí oriundos quase uma rotina em nossa vida diária, e encontrando-se nossos alunos a todo instante frente a uma tecnologia cada vez mais avançada. Assim, se por um lado o prosseguimento de um trabalho semelhante a este, no tocante ao uso de materiais simples e de baixo custo, representa um desafio, poderá, por outro, dar ao estudante um apoio para a análise da realidade atual e de seu futuro.

# **Contribuição de Problemas Complexos para a Formação de Habilidades de Pesquisa no Curso de Bacharelado em Física.**

Eraldo Costa Ferreira(\*)

## **Capítulo 1- Introdução**

Dada a importância da preparação de bacharéis em física para o desempenho de suas atividades de pós-graduação, em termos de habilidades relacionadas à pesquisa, tais como: formulação de problemas e hipóteses, planejamento experimental, interpretação de dados e resultados e síntese e aplicação de conhecimentos e princípios, e também no que se refere a atitudes de investigação: curiosidade, liberdade, objetividade, precisão, confiança e responsabilidade, a preocupação inicial do trabalho foi identificar um tipo de problema potencialmente favorável ao desenvolvimento dessas atitudes e capacidades.

Os problemas encontrados em livros didáticos, ao desconsiderarem importantes aspectos como a formulação de hipóteses e o planejamento experimental, não se mostram adequados ao objetivo acima proposto. Isso ocorre também em relação às questões tradicionalmente tratadas no laboratório, que geralmente restringem a atividade dos estudantes à realização de medidas segundo um roteiro préfixado, e análise de dados.

O autor aborda na dissertação problemas mais complexos, com os seguintes atributos: (a) caráter realístico, relacionado a situações físicas concretas; (b) formulação aberta; (c) exigência de conhecimentos físicos e/ou habilidades de cálculo não triviais .

Na análise bibliográfica realizada não foi constatada a existência de nenhuma experiência semelhante com a preocupação específica de estabelecer ligação entre problemas complexos e habilidades de pesquisa. Porém, por oferecerem alguma contribuição significativa no trabalho com esse tipo de

---

(\*) Orientador: Joseph Max Cohenca. Dissertação aprovada em 10/12/1980.

problema ou na formação de atitudes e habilidades de pesquisa, diversas experiências realizadas no exterior foram mencionadas, entre as quais a desenvolvida por Lerman<sup>(1)</sup> no Instituto de Tecnologia de Israel. Esta correspondeu ao teste de um método para o ensino de resolução de problemas, com os seguintes objetivos: (a) despertar no aluno o interesse pelos sistemas físicos, capacitando-o a efetuar as aproximações necessárias aos seus propósitos de investigação e estudo; (b) possibilitar uma análise quantitativa do sistema focalizado, com exame das variáveis envolvidas e suas inter-relações de um modo qualitativo ou semi-qualitativo; (c) incentivar a apreciação do papel da matemática como um instrumento capaz de prover informações mais profundas acerca de sistemas físicos; (d) oferecer ao aluno condições para escrever e resolver as equações matemáticas associadas a um sistema; (e) favorecer a interpretação da solução matemática em termos do comportamento físico do sistema; (f) encorajar o estudante ao livre uso de sua iniciativa e imaginação, ao levantar questões sobre os sistemas em estudo e outros problemas e sistemas relacionados. Segundo Lerman, os métodos atualmente empregados focalizam somente o objetivo (d), situando-o como um fim em si mesmo. Assim, obtida a solução de um problema, geralmente não é utilizada para propósitos práticos.

## Capítulo 2- Habilidades de Pesquisa

Com base em revisão bibliográfica e inspirado em obras clássicas de filósofos da ciência e na sua própria experiência pessoal, o autor realizou um levantamento das principais habilidades envolvidas na pesquisa em física: (a) analisar qualitativamente o sistema físico; (b) localizar o problema; (c) extrair informações bibliográficas; (d) identificar parâmetros relevantes e/ou efetuar aproximações; (e) formular modelos; (f) buscar problemas análogos resolvidos; (g) relacionar variáveis na forma de equações; (h) realizar deduções analíticas; (i) resolver equações numericamente; (j) interpretar fisicamente uma solução matemática; (l) estimar ordens de grandeza; (m) planejar experimentos; (n) manipular aparelhos de medida; (o) efetuar medidas; (p) analisar dados experimentais; (q) comparar resultados experimentais com resultados teóricos; (r) avaliar os resultados da

(1) Lerman, N. - "Open-ended problem instruction in general physics". In American Journal of Physics, 32(12), 1964, pág. 929.

pesquisa; (s) tirar conclusões a partir dos resultados.

Na dissertação, são encontrados exemplos ilustrativos das habilidades detectadas, com a citação de passagens extraídas dos seguintes trabalhos, respectivamente denominados Pesquisa 1, Pesquisa 2 e Pesquisa 3: (a) Lima, M.A.P. e Ferreira, L.G., "One-parameter electronic densities in atoms", In Phys. Rev. A22(2): 343(1980); (b) M.T.F. Cruz, "Espectroscopia de alta resolução dos níveis do  $^{29}\text{Si}$ , abaixo de 3 MeV", Dissertação de Mestrado apresentada ao Instituto de Física da Universidade de São Paulo, sob a orientação de I.D. Goldman; (c) Helene, O. e Goldman, I.D., Il Nuovo Cimento, 50A(1):81-9 (março/1979).

No intuito de ilustrar as habilidades de pesquisa acima mencionadas, esses trabalhos foram descritos, em apêndice, com base no relato dos próprios autores, assinalando-se à esquerda do texto as habilidades identificadas em cada passagem. No Anexo 1 da presente sinopse é reproduzida a descrição da Pesquisa 1.

### Capítulo 3- Material e Métodos

Inicialmente foram estabelecidos os seguintes requisitos básicos de ajustamento, a serem atendidos a fim de criar-se uma situação prática propícia à abordagem de problemas complexos pelos estudantes: (a) escolha de população-alvo com elevado nível cognitivo e motivacional e semelhança quanto a objetivos formativos e pré-requisitos mínimos; (b) estabelecimento de uma estrutura de funcionamento favorável ao aluno, relativamente à liberdade de participação, escolha de problemas e horário de trabalho, recompensa acadêmica, respeito ao ritmo próprio, tutoração e sociabilidade; (c) disponibilidade de recursos materiais apropriados, como biblioteca (incluindo publicações periódicas) e computador; (d) existência de um esquema adequado de processamento de dados; (e) sugestão de uma seqüência lógica de abordagem de temas e problemas complexos.

Para atender aos requisitos acima mencionados escolheu-se como população-alvo estudantes da disciplina de Mecânica I, do IFUSP, uma vez que: (a) recém-ingressos no ciclo profissionalizante, esses alunos estariam receptivos à experiência; (b) o nível de tratamento da Mecânica, apresentando os conceitos estudados no ciclo básico através de um enfoque mais abstrato e formal é propício à abordagem de problemas com maior grau de dificuldade; (c) o conteúdo da disciplina (mecânica newtoniana, mecânica lagrangeana, forças centrais e sistemas

de referência não inerciais) envolve inúmeros problemas complexos; (d) os objetivos associados à compreensão dos princípios fundamentais da Mecânica, das limitações da Mecânica Clássica e dos pontos de partida para a Mecânica Quântica e a Mecânica Relativística, bem como aqueles relacionados à formulação matemática dos sistemas físicos e interpretação física das soluções matemáticas são também favoráveis ao tratamento de problemas em nível avançado e ao desenvolvimento de habilidades de pesquisa; (e) os pré-requisitos de física, cálculo em nível básico e noções de cálculo numérico e computação constituem o mínimo necessário para a resolução de problemas do tipo proposto; (f) relativamente ao estabelecimento de uma estrutura de funcionamento favorável aos alunos, tentou-se atender a esse requisito de modo empírico e gradativo, em interação com os professores e os próprios estudantes<sup>(2)</sup>; (g) a Biblioteca central do IFUSP encontrava-se à disposição dos alunos<sup>(3)</sup> e, quanto ao uso do computador, cada participante da experiência estava automaticamente inscrito no Centro de Computação Eletrônica (CCE) da Universidade de São Paulo, e autorizado à utilização do computador Burroughs B-6700; (h) o esquema de processamento de dados consistiu na implantação de sub-rotinas no computador com as finalidades de resolução de equações diferenciais e construção de gráficos, e o treinamento dos estudantes no uso desses programas de apoio realizou-se através de uma abordagem numérica de um problema relativo ao "oscilador harmônico forçado", cuja solução analítica encontra-se no próprio texto do curso<sup>(4)</sup>; (i) a seqüência lógica sugerida para o tratamento de um problema complexo (formulação do problema - pesquisa bibliográfica - formulação de hipótese ou modelo - deduções e cálculos - realização do experimento - análise dos resultados) foi apresentada como uma das possíveis formas de procedimento, servindo também para reforçar a necessidade de desenvolvimento de uma pesquisa bibliográfica na formulação do problema; (j) foram sugeridos os seguintes temas para o tratamento de problemas complexos: espalhamento clássico de partículas por um potencial nuclear ou coulombiano; efeito relativístico aplicado à precessão de Mercúrio e o "problema de três corpos" com aplicação à descoberta de Netuno.

No desenrolar da experiência, o autor efetuou apontamentos sobre o desenvolvimento das diversas abordagens. Relativamente a cada uma, solicitou aos

---

(2) Mais detalhes a respeito serão fornecidos no capítulo seguinte.

(3) Para consultas no setor de análise numérica recorreu-se à Biblioteca do Departamento de Física Nuclear.

(4) Marion, J.B., Classical dynamics of particle and systems, 2ª ed., Academic Press, 1970, pág. 118.

estudantes a elaboração de um relatório. Ao final do processo, os estudantes receberam um questionário a ser respondido individualmente, focalizando diversos aspectos, tais como: (a) seqüência de etapas; (b) dificuldades encontradas; (c) realização da pesquisa bibliográfica; (d) tempo gasto em cada abordagem; (e) contribuição conceitual do problema; (f) relação experiência/trabalho de pesquisa<sup>(5)</sup>. Analisando as informações colhidas através dos instrumentos acima mencionados (apontamentos, relatórios e questionários) compôs-se a descrição da abordagem de cada problema, sendo identificadas as habilidades envolvidas. Esses elementos, somados a considerações gerais sobre os problemas focalizados e atributos pelos quais foram denominados "complexos" correspondem aos resultados da experiência, apresentados mais adiante.

#### Capítulo 4 - Desenvolvimento da Experiência

Com caráter opcional para os estudantes, o trabalho teve início após o primeiro mês de aulas, uma vez que os alunos necessitavam de conhecimentos básicos acerca do problema que lhes serviu de exemplo de cálculo. Acompanhando o enunciado do referido problema, havia um folheto explicativo, indicando: (a) objetivos da experiência; (b) seqüência sugerida de etapas para a resolução de um problema complexo; (c) temas; e (d) habilidades a serem adquiridas pelos alunos através do experimento, relativamente a: resolução de problemas de solução analítica complexa ou inexistente, resolução de equações diferenciais e integrações por métodos numéricos, ampliação de conhecimentos obtidos nos cursos de cálculo numérico e computação, e vivência de um processo de investigação científica.

Ficou também estabelecido que o desempenho dos estudantes na experiência seria aferido e, se conveniente, a nota atribuída poderia substituir a de uma prova regular do curso, conforme combinado com os professores da disciplina. Fixou-se ainda que a experiência duraria até o final do semestre letivo, devendo o trabalho ser desenvolvido em grupos e cabendo a cada equipe a resolução de somente um problema, além do problema-exemplo.

A idéia foi divulgada entre as quatro turmas do curso, duas do período diurno e duas do noturno, totalizando 250 estudantes. Chegou a 40 o número de inscritos no decorrer da experiência (a maior parte do período noturno), porém

---

(5) Na dissertação são fornecidos, em apêndice, detalhes acerca desse questionário.

apenas 25 destes, divididos em dez grupos foram até o final.

Inicialmente, em um esquema de tutoramento, grupos de estudantes, procuravam o autor da experiência nos dias e locais previamente fixados, no intuito de conhecerem maiores detalhes acerca do processo. Uma vez decidida a sua participação, determinavam o tema ou problema de seu interesse, grupo que desejavam compor, e horário e local para os encontros semanais com o autor. Nessa ocasião, eram também estabelecidas as idéias gerais sobre o desenvolvimento do problema e definidas as primeiras consultas bibliográficas.

Serão, a seguir, indicados os problemas abordados, cuja descrição é apresentada no trabalho de dissertação, em apêndice: (a) efeito relativístico: a precessão de Mercúrio (três grupos); (b) traçado das superfícies equipotenciais eletrostáticas de uma distribuição qualquer de cargas puntiforme (dois grupos); (c) estudo de um transdutor para medida de vibrações mecânicas (um grupo); (d) traçado das superfícies equipotenciais gravitacionais de estrelas binárias (um grupo); (e) problema de três corpos: viagem Terra-Lua (um grupo); (f) trajetória de uma partícula em um referencial girante acelerado (um grupo); (g) efeito Doppler eletromagnético em um meio não homogêneo (um grupo).

Nas equipes com mais de um elemento, observou-se a ocorrência de discussões, com o surgimento natural de líderes, assim como de "espectadores", que apenas acompanhavam a ação dos mais operosos.

Convém ressaltar que a presença do autor no desenvolvimento de cada trabalho teve apenas o objetivo de orientá-lo, minimizando-se tanto quanto possível sua interferência no tratamento dos problemas.

## Capítulo 5- Resultados e Conclusões

As habilidades de pesquisa envolvidas na resolução dos problemas abordados, assim como os seus atributos de complexidade, estão indicados na tabela abaixo.

HABILIDADE \ PROBLEMA		PROBLEMA						
		1	2	3	4	5	6	7
		FEITO RELAT.	DEJUNT. ELET.	TRABEJUNT.	DEJUNT. GRAV.	TRES OBITOS	REFERENCIAL	EFETIVO DIFEREN
1	ANALISAR QUALITATIVAMENTE O SISTEMA FÍSICO	●						●
2	LOCALIZAR O PROBLEMA	●	●	●	●	●	●	●
3	EXTRAIR INFORMAÇÕES BIBLIOGRÁFICAS	●	●	●	●	●	●	●
4	EXTRAIR PARÂMETROS RELEVANTES E/OU FAZER APROX.	●		●			●	
5	FORMULAR MODELO					●		
6	BUSCAR PROBLEMAS ANALÓGOS RESOLVIDOS		●					
7	RELACIONAR VARIÁVEIS NA FORMA DE EQUAÇÕES							
8	FAZER DEDUÇÕES ANALÍTICAS							
9	RESOLVER EQUAÇÕES NUMERICAMENTE	●	●	●	●	●	●	●
10	INTERPRETAR FÍSICAMENTE UMA SOLUÇÃO MATEMÁTICA	●	●	●	●	●	●	●
11	ESTIMAR ORDENS DE GRANDEZA							
12	PLANEJAR EXPERIMENTOS							
13	MANUSEAR APARELHOS DE MEDIDA							
14	EFETUAR MEDIDAS							
15	ANALISAR DADOS EXPERIMENTAIS							
16	COMPARAR RESULTADOS EXPERIMENTAIS COM TEÓRICOS	●	●	●	●	●	●	●
17	AVALIAR OS RESULTADOS DA PESQUISA							
18	EXTRAIR CONSEQUÊNCIAS DOS RESULTADOS DA PESQUISA							
ATRIBUTO DE PROBLEMA COMPLEXO \ PROBLEMA		PROBLEMA						
		1	2	3	4	5	6	7
1	ANALÍTICO	●		●	●	●	●	●
2	FORMULAÇÃO ABERTA	●	●	●	●	●	●	●
3	CAPACIDADE CONCEITUAL E/OU MATEMÁTICA	●	●	●	●	●	●	●

Convém destacar, na tabela, que o problema 2, embora apresentando um único atributo de complexidade, mostrou-se suficiente para desenvolver habilidades complexas. Quanto ao Problema 7, por carecer de habilidades ligadas à formulação, não possibilitou ao grupo chegar a bom termo na sua resolução.

Em virtude da grande influência da literatura no processo de solução de problemas, as habilidades de "formular modelos", relacionar variáveis na forma de equações e "fazer deduções analíticas" foram consideradas ausentes, associando-se ao problema apenas aquela habilidade que tivesse correspondido a um esforço próprio do grupo, como, por exemplo, "resolver equações numericamente".

Não foi detectada a habilidade de "estimar ordens de grandeza". Quanto aos comportamentos de "planejar experimentos", "manusear aparelhos de medida", "realizar medidas" e "analisar dados experimentais", não houve chance de aparecerem, dada a natureza teórica dos problemas. As habilidades de "localizar o

problema", "coletar informações bibliográficas" e "resolver equações numericamente" foram as que mais receberam atenção. Duas outras ainda se destacaram: "interpretar fisicamente uma solução matemática" e "avaliar os resultados das pesquisas".

Finalmente, dois fatos devem ser salientados: a apresentação dos relatórios pelos estudantes em forma de trabalhos de pesquisa e a presença marcante do computador no desenvolvimento da experiência.

O trabalho apresentou diversas falhas, sendo a principal associada à falta de clareza quanto aos objetivos da própria investigação, o que acarretou uma inversão no procedimento lógico: a definição "à posteriori", dos atributos de complexidade dos problemas e habilidades de pesquisa. Com respeito ao questionário, pontos importantes sobre as habilidades envolvidas na abordagem estiveram ausentes, não havendo questões específicas sobre a formulação de modelos, realização de deduções analíticas e avaliação de resultados. A atenção dos estudantes focalizou mais o aspecto de resolução numérica de equações do que aqueles ligados à formulação de modelos e os problemas deveriam ter incluído a parte experimental, a fim de ensinar o uso de habilidades associadas.

Contudo, os resultados da experiência apontaram um caminho bastante promissor para o desenvolvimento de habilidades de pesquisa junto a bachelares em física: a resolução de problemas complexos, assunto que poderia ser transformado em um curso regular do currículo de bacharelado. O experimento realizado demonstrou a viabilidade da orientação de dez grupos, com um a três elementos cada, por um único professor. Foram tratados sete problemas distintos, durante um semestre; com um melhor planejamento e, talvez, a colaboração de estudantes no papel de monitores, esses números certamente poderiam ser consideravelmente ampliados.

Finalizando, o autor sugere o controle da influência da literatura no tratamento de problemas, no intuito de favorecer a participação efetiva do aluno, e acredita que outras habilidades de pesquisa possam ser detectadas, além daquelas aqui discutidas. A verificação da presença dessas novas habilidades em problemas complexos poderá constituir-se em motivo para uma futura investigação.

## **Anexo I**

**Pesquisa: Prof. Dr. Luiz Guimarães Ferreira**

**Localizar o problema**

**Formular o modelo**

**Fazer deduções...**

**Extrair parâmetros relevantes  
e/ou fazer aproximações**

**Estimar ordens de grandeza**

1. O Prof.Ferreira descreveu um trabalho de dissertação de mestrado de um orientado seu, Marco A.P. Lima, desenvolvido no período de agosto de 78 a agosto de 79.

2. O trabalho é de origem teórica. Começou com a idéia de substituir-se a densidade de elétrons - que aparece na expressão, modificada, do funcional de Hohenberg e Kohn, para a energia de um átomo no estado fundamental - por uma forma analítica, simplificada,  $n(r)$ , constituída de um termo na forma do potencial de Yukawa:  $\exp(-\alpha r)/r$ . Foi o estabelecimento da primeira versão de um modelo para a densidade eletrônica.

3. O uso da teoria variacional permitiu, após algumas deduções analíticas, a simplificação de um termo do funcional de energia em questão, relacionado com o potencial de Coulomb.

4. Conjugou-se essa teoria à de Thomas-Fermi de átomos de muitos elétrons e estimou-se a ordem de grandeza dos parâmetros envolvidos no modelo.

Estrair parâmetros relevantes  
e/ou fazer aproximações

Fazer deduções...  
Resolver equações numericamente

Formular modelo

Formular modelo

5. Realizaram-se duas aproximações na expressão do funcional, uma consistindo na substituição do termo de "exchange" daquele funcional pelo "aproximante Kohn-Sham". A outra, no negligenciamento da "energia de correlação".

6. A partir da expressão simplificada do funcional, utilizaram-se as teorias mencionadas, além da teoria de Schroedinger e, após muitas deduções analíticas e semanas de cálculos com computador (para a resolução das equações de Schroedinger), concluiu-se pela não adequação de  $n(r)$  na forma de um único termo de Yukawa.

7. Seguiu-se ao abandono daquele modelo, a idéia de uma forma polinomial combinada com a de Yukawa (segunda versão do modelo):  $(A + Br)\exp(-\alpha r)/r$ .

8. Novas deduções analíticas e cálculos, porém, vieram a revelar a impropriedade também dessa forma para  $n(r)$ , tomando-se uma outra composta de dois termos de Yukawa (terceira e última versão do modelo):  $A_1\exp(-\delta_1 r)/r + A_2\exp(-\delta_2 r)/r$ .

Extrair parâmetros...  
Fazer deduções analíticas

Interpretar fisicamente uma  
solução matemática

Comparar resultados  
experimentais com teóricos

Extrair informações bibliográficas  
Avaliar os resultados da pesquisa

9. Lançou-se mão novamente das teorias variacional e de Thomas-Fermi para reduzirem-se a um,  $\delta_2$ , os quatro parâmetros da expressão acima. Esta redução significou a fixação dos demais parâmetros ( $A_1$ ,  $A_2$  e  $\delta_1$ ), com valores bem determinados. A escolha do parâmetro  $\delta_2$ , ao invés dos outros, foi produto de análise baseada numa melhor adequação da teoria de Thomas-Fermi a uma dada situação física, ligada a regiões de grande densidade.

10. Finalmente, retomaram-se os passos 5 e 6, de cuja ação resultaram os valores do parâmetro restante ( $\delta_2$ ) e da energia, para os átomos do He ao Ar, etapa que durou cerca de quatro meses.

11. A avaliação desses resultados para a energia foi feita em função de comparações com resultados análogos, (1) teóricos, fornecidos por uma teoria bem estabelecida - a de Hartree-Fock - e (2) experimentais, extraídos da literatura.

Os resultados para  $\delta_2$  foram comparados com os correspondentes, fornecidos pela teoria de Thomas-Fermi e considerados, pelos autores, como surpreendentemente bons.

**Extrair informações  
bibliográficas**

12. O prof. Ferreira disse que houve poucas contribuições diretas de pessoas ao trabalho. Assinalou algumas pesquisas bibliográficas: no estudo das teorias variacional e de Thomas-Fermi, na formulação Hohenberg-Kohn, na obtenção da expressão para o termo de "exchange" e na busca de sub-rotinas para a resolução das equações de Schroedinger que apareceram.

13. Revelou ainda que o artigo acerca do trabalho reflete pouco o que foi o processo de desenvolvimento real: "Esse artigo não menciona nada, por exemplo, sobre os problemas numéricos com o computador, nem sobre como achar o mínimo da energia. A sua preocupação é só didática, não correspondendo à cronologia real ou à história da pesquisa".

## Anexo 2

### Apresentação de um Problema

Será, a seguir, descrito um dos problemas e a forma como foi tratado, sendo assinaladas as passagens onde se localizam determinadas habilidades de pesquisa ou atributos de problemas complexos. No subtítulo "Apresentação", enfocam-se elementos que o situam dentro da experiência ou do curso de bacharelado. Em "abordagem", são indicados a forma de atuação da equipe, aspectos globais da situação, dificuldades encontradas e decisões tomadas, caracterizando-se o comportamento do grupo frente ao problema. As habilidades e atributos são assinalados à esquerda do texto, apenas uma vez cada.

Cabe salientar que os estudantes tiveram completa liberdade na colocação e tratamento do problema, ficando a seu critério os objetivos, aproximações e forma de abordagem.

### Problema I

"Efeito relativístico: a precessão de Mercúrio"

### Apresentação

#### **Realístico**

Consistiu no estudo do chamado "efeito relativístico", aplicado ao planeta Mercúrio. Esse efeito manifesta-se na precessão da órbita desse planeta, fenômeno observado pelos astrônomos e não explicado pela teoria gravitacional clássica, mas apenas por aquela que envolve conceitos de relatividade geral.

2. Este problema, embora solúvel por métodos analíticos aproximados (se bem que de difícil compreensão para alunos do Curso de Mecânica I), enseja uma boa oportunidade prática de aprendizado de resolução numérica de um problema complexo, fato de bastante relevância na formação de um pesquisador em física. É tratado nos livros-textos mais usados de mecânica intermediária, só que, em todos eles, o termo perturbativo (de origem relativística) do potencial é sugerido sem demonstração (o que é justificado pelo fato de essa demonstração se achar associada a uma teoria muito complicada e acima do nível do curso).

#### Abordagem

3. Na experiência, apresentou tripla finalidade: examinar a procedência do termo relativístico, calcular a precessão por métodos numéricos e comparar os resultados com dados empíricos.

#### Carência conceitual e/ou matemática

4. Os estudantes se depararam, em sua formulação, com pontos completamente desconhecidos para eles, situação que os obrigou a um grande período de trabalho em pesquisa bibliográfica. O centro dessa dificuldade teórica foi a origem do

Extrair informações  
bibliográficas

Localizar o problema

Analisar qualitativamente o sistema  
físico. Formulação aberta. Extrair  
parâmetros relevantes e/ou  
fazer aproximações.

termo relativístico na equação clássica do movimento de Mercúrio, equação que foi, aliás, o ponto de partida do problema.

5. Três grupos o abordaram, havendo bastante homogeneidade entre eles quanto aos objetivos e forma de desenvolvimento do problema. Verificamos em dois deles uma divisão de tarefas: parte do grupo cuidou de levantar, na literatura, a gênese e os aspectos teóricos do problema e parte preocupou-se em resolver a citada equação.

6. A formulação do problema esteve mais ou menos clara desde o início do trabalho: demonstrar que o periélio de Mercúrio precessiona em torno do Sol. Esse enunciado vago e qualitativo foi decodificado e posto em termos observáveis e quantitativos: "demonstrar que o ângulo apsidal é diferente de zero".

**Avaliar os resultados da pesquisa**

7. A dificuldade para fazerem tal demonstração, porém, foi grande, estando muito ligada às limitações da ferramenta de cálculo de que dispunham: o computador, cujo uso foi acarretado pela insolubilidade da equação em pauta através de métodos analíticos exatos. Algumas dessas limitações dois dos grupos conseguiram superar, porém, um deles teve frustrada a tentativa de fazer a demonstração pretendida. Contudo, este grupo teve o mérito da análise das razões pelas quais sucumbiram seus intentos, revelando terem aprendido muito com isso.

**Comparar resultados da pesquisa. Interpretar fisicamente uma solução matemática**

8. Os grupos que obtiveram êxito compararam o seu resultado teórico com o experimental, tirado da bibliografia. Analisaram também as limitações das sub-rotinas usadas, apontando um procedimento que poderia melhorar o resultado. Correlacionaram, ainda, um aspecto físico da órbita do planeta (a excentricidade) com a baixa precisão do programa que traçou esta órbita.

**Resolver equações  
numericamente**

**9. Este foi um problema onde a maior parte das deduções analíticas vieram prontas da literatura. A carga maior do trabalho foi na elaboração de um algoritmo numérico para a resolução da equação de movimento e para a demonstração da precessão.**

## **\*A Graduação em Física na USP\***

Fernando Dagnoni Prado(\*)

### **Capítulo 1 - Introdução**

A graduação em física no Brasil teve seu início regular em 1934, com a criação do curso de "Sciencias Physicas" na Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo (FFCL-USP). Até 1946 a duração do curso era de três anos, para bacharéis e licenciandos, devendo estes frequentar também o "Curso de Formação Pedagógica do Professor Secundário", organizado no antigo Instituto de Educação da Praça da República. A partir de então, foi criado o quarto ano obrigatório para os bacharéis, com direito também às disciplinas de licenciatura. Em 1962, com a regulamentação pelo Conselho Federal de Educação (CFE) do currículo mínimo obrigatório para a licenciatura em física e a determinação de que fosse adotado por todas as escolas superiores do país a partir de 1963, acentuou-se a diversificação entre licenciatura e bacharelado na Universidade de São Paulo, prevalecendo até hoje, com algumas modificações, a estrutura então constituída.

1º ano	Física Geral e Experimental (1ª parte) Cálculo Vetorial Geometria Analítica e Projetiva Análise Matemática (1ª parte)
2º ano	Física Geral e Experimental (2ª parte) Mecânica Racional Análise Matemática (2ª parte)
3º ano	Teorias Físicas e História da Física Física Geral e Experimental (Exercícios de Física) Análise Matemática.

**Tabela 1- Proposta curricular para o curso de Ciências Físicas da FFCL- USP em 1934.**

(\*) Orientador: Ernst W. Hamburger. Dissertação aprovada em 11/12/1980.

A estrutura inicial de ensino e pesquisa em física da USP delineou-se com a vinda do Prof. G. Wataghin, cujos primeiros cursos ministrados em São Paulo (comuns à Faculdade de Filosofia e à Escola Politécnica e muito semelhantes aos congêneres da sua Universidade de origem - Turim) e lições publicadas exerceram grande influência no ensino da referida disciplina em nível universitário. Seu campo de trabalho - raios cósmicos - foi assim introduzido em São Paulo, resultando poucos anos mais tarde na maior parte da nossa produção científica em física e estimulando o desenvolvimento de áreas de pesquisa correlatas.

Em 1939, a criação da Faculdade Nacional de Filosofia determinou uma adaptação dos cursos da FFCL-USP ao padrão federal. Em 1946, instituiu-se o quarto ano compulsório para o curso de física, com cursos de especialização, sendo um destes obrigatório, o de Física Aplicada, e os demais optativos. Com pequenas modificações, manteve-se a estrutura anterior. Quanto à licenciatura, poderia ser obtida pelo bacharel que cursasse, a partir do quarto ano, as disciplinas Psicologia Educacional, Didática Geral e Didática Especial.

Como decorrência da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (1961), o CFE fixou o currículo mínimo para a licenciatura em física, cabendo às instituições de ensino a sua complementação. Não foi estabelecido o currículo mínimo para o bacharelado, uma vez que a profissão não é regulamentada.

O desenvolvimento da pesquisa em física no Brasil, e principalmente na USP, devido em grande parte aos trabalhos de M. Schemberg, D. Bohm (de Princeton) e à criação do Instituto de Física Teórica de São Paulo em 1951, refletiu-se diretamente na organização de currículos, particularmente em relação ao bacharelado na área, ocorrendo na década de 60 as alterações curriculares mais significativas<sup>(1)</sup>. Apesar da organização por série segundo uma programação ideal, passou-se a permitir ao estudante seguir o curso parcelado, isto é, matricular-se nas matérias (hoje disciplinas) de sua escolha ao invés de no conjunto de matérias correspondentes a determinado ano do curso, resultando essa alteração em exigências quanto ao número máximo de matérias a serem assistidas por ano (atualmente por semestre) e quanto aos requisitos de cada uma. Assim, foram criados os pré-requisitos, com o intuito de orientar a matrícula no regime parcelado e facilitar o trabalho do professor e do aluno. Supostamente, esses requisitos deveriam refletir a coerência interna do currículo, contribuindo para a sua unidade;

---

(1) A dissertação apresenta os currículos e programas referentes ao curso de física da FFCL-USP em 1942, e aos cursos de licenciatura e bacharelado nessa área, em 1967.

porém, considerando-se que os pressupostos do currículo não foram claramente definidos, é difícil assegurar que isso tenha ocorrido.

Diversos fatores contribuíram para as alterações introduzidas nos anos 60, dentre os quais salientam-se: (a) a demanda de professores secundários com adequada formação científica e pedagógica, objeto de preocupação por parte da pequena comunidade de físicos do país; (b) a necessidade de preparação do professor para um ensino menos descritivo e mais rico em recursos experimentais, tendência fortemente endossada pelo movimento de renovação curricular norte-americano iniciado em 1957 com o "Physical Science Study Committee" (PSSC) e que em alguns anos estendeu-se por quase todo o ocidente.

Visando ao cumprimento do artigo 70 da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional o CFE, em 1962, estudou e discutiu a estruturação curricular do ensino superior, notadamente em relação à formação de professores secundários, sendo homologados 22 currículos mínimos, incluído o de licenciatura em física<sup>(2)</sup>. Alguns dos itens tratados, como: "Física Experimental" e "Instrumentação para o Ensino", transformaram-se mais tarde, com a Reforma Universitária, em "disciplinas".

Uma análise do programa de Instrumentação para o Ensino na FFCL-USP para 1966 revela a existência de duas partes distintas, a primeira compreendendo o estudo do PSSC e o projeto e desenvolvimento de materiais instrucionais e a segunda abrangendo o estudo e aplicações da instrução programada e da tecnologia educacional. Com o tempo, este último conteúdo veio a constituir uma disciplina autônoma (Tecnologia de Ensino de Física). Quanto à Instrumentação para o Ensino, passou mais tarde a ocupar-se de novos projetos importados, logo praticamente abandonados, e dos projetos brasileiros FAI, PEF e PBEF, surgidos a partir de 1970. Uma característica interessante relativamente a essa disciplina é que somente em 1976 começaram a surgir na literatura propostas curriculares, ficando até então seu programa em aberto<sup>(3)</sup>.

Quanto ao conteúdo de física para o curso de licenciatura, é opinião corrente entre os físicos ter havido um esvaziamento quando da separação do bacharelado. Justificado por alguns pela necessidade de suprir a demanda de professores secundários na década de 60, esse empobrecimento jamais foi reconsiderado, embora fosse intenção fazê-lo quando a sua causa cessasse.

---

(2) Apresentado na dissertação, em apêndice.

(3) Cabe lembrar que o mesmo ocorreu em relação à disciplina Física Aplicada.

Em 1974, o CFE baixou uma resolução estabelecendo um currículo mínimo de licenciatura compreendendo uma parte comum a todas as áreas científicas, outra correspondente às habilitações específicas e uma terceira relativa à instrumentação para o ensino, ponto de convergência das formações científica e pedagógica. Porém, embora essa resolução aparentemente determinasse a elaboração de currículos mais exigentes e completos, ao adaptar a nova orientação, as escolas que já mantinham a licenciatura em física comprometeram sensivelmente a qualidade de seus cursos, gerando preocupações nos meios universitários.

Quanto ao bacharelado em física, as mais significativas alterações curriculares tiveram lugar na década de 60, em virtude da consolidação das diversas linhas de pesquisa do então Departamento de Física da FFCL-USP e da grande expectativa pela implantação da Reforma Universitária.

Nessa época, o bacharelado apresentava um caráter terminal, não existindo a pós-graduação como curso regular. Havia em 1966 três possibilidades de formação em física: teórica, experimental e na área de tecnologia, por combinação das matérias optativas do quarto ano: Física Matemática II/Eletrônica, Física matemática II/Teoria de Grupos e Eletrônica/Física Tecnológica, respectivamente.

Em meados de 1968, notava-se entre alunos e professores do Departamento de Física um clima de muita expectativa e intensa participação, no aguardo de substanciais reformas na estrutura de ensino e pesquisa. Propôs-se a organização de um órgão colegiado para dirigir esse departamento, constituído de alunos e professores em igual número, e de funcionários, todos eleitos por seus pares, assim como a criação de um centro de pesquisas educacionais em física, funcionando paralelamente aos demais grupos de pesquisa. Contudo, embora algumas das propostas então apresentadas tenham vindo a concretizar-se posteriormente, ao final desse ano a conjuntura nacional impediu que a maior parte delas fosse levada adiante.

Analisando-se a evolução do currículo de física entre 1946 e 1967, verifica-se que as cadeiras de Física Superior e Física Teórica deram lugar aos cursos Estrutura da Matéria, Termodinâmica, Eletromagnetismo e Introdução à Mecânica Quântica. Introduziu-se a disciplina Química, assim como Cálculo Numérico que, com o advento dos computadores teve seu programa ampliado, sendo hoje denominada "Noções de Programação de Computadores e Cálculo Numérico para Físicos". Outras disciplinas, como Física Ondulatória, Eletrônica, Física Tecnológica, Introdução à Física do Estado Sólido e Introdução à Física Nuclear surgiram como consequência da fixação de grupos de pesquisa ou do desenvolvimento ulterior da

ciência. Finalmente, deu-se o retorno em 1967 de História das Ciências Físicas, presente no currículo de 1934 e suprimida em 1942, parecendo refletir uma *tendência oposta às principais modificações de caráter programático sofridas no período*, como a inclusão de Física Aplicada e de Física Tecnológica.

Os currículos atuais<sup>(4)</sup> exibem poucas modificações em relação a 1967. Algumas disciplinas mudaram de semestre ou passaram de optativas a obrigatórias; três foram incluídas (Física Matemática I e Tecnologia de Ensino de Física, para a licenciatura, e Estudos Brasileiros, para a licenciatura e o bacharelado), algumas foram retiradas e várias sofreram mudança de nome, em função de alterações em seus conteúdos ou no enfoque dos programas. Para substituir História das Ciências Físicas que, com a implantação da Reforma Universitária ficou vinculada ao departamento de História, criou-se a disciplina Evolução dos Conceitos da Física.

Da estrutura do currículo de graduação em física depreende-se que o curso pretende, desde a sua criação, que o estudante adquira inicialmente (1º e 2º anos) um conhecimento fenomenológico nos vários campos da física, com o uso de um mínimo indispensável de elementos matemáticos ou teóricos; posteriormente (3º e 4º anos), a ênfase desloca-se para a teoria e os cálculos e métodos matemáticos.

Na parte flexível, somente nos últimos anos têm surgido disciplinas optativas mais voltadas à investigação autóctone e áreas de interesse específico da região ou do país, com a formação de grupos de pesquisa nos campos correspondentes, como é o caso, por exemplo, de Física das Radiações, Linguagem de Programação Científica, Tecnologia do Vácuo, Introdução à Espectroscopia, Introdução à Física de Plasmas, Métodos em Física Computacional, Técnicas Experimentais em Física Nuclear e Tecnologia de Ensino de Física II.

Quanto aos objetivos mais amplos do currículo, concernentes ao tipo de profissional a ser formado, habilidades que este deverá possuir e visão da física a ser proporcionada pelo curso, *quase nada foi explicitado*. Com a formalização da pós-graduação no início da década de 70, o bacharelado teve sua função minimizada, e sua qualidade comprometida.

Outro aspecto a considerar refere-se ao próprio ensino brasileiro que, tradicionalmente, tem sido excessivamente descritivo, algumas vezes demonstrativo e em raras ocasiões ativo, no sentido de envolver os estudantes no desenrolar do curso e na busca do saber.

Finalmente, quanto às alterações curriculares sofridas ao longo do tempo, verifica-se que, em linhas gerais, acompanharam a evolução do conhecimento, da

---

(4) Apresentados na dissertação, em apêndices.

pesquisa e do ensino em âmbito internacional, constatação bastante nítida no caso do bacharelado, onde uma comparação entre o currículo do curso de física oferecido pelo Instituto de Física da Universidade de São Paulo (IFUSP) e currículos adotados em outros países revela semelhança sob vários aspectos, inclusive no tocante aos livros-texto utilizados em algumas disciplinas. Esse fato evidencia por outro lado, um reduzido grau de adaptação às peculiaridades da cultura e carências da sociedade brasileira, podendo ainda realimentar o processo de dependência, em virtude de vícios e desajustes decorrentes do transplante de modelos universitários estrangeiros para o Brasil. Há indícios, contudo, de que a situação felizmente começa a se alterar nos últimos anos.

Entretanto, não parece fácil nem imediato determinar que características deveria ter o currículo de graduação para atender às necessidades do país ou pelo menos, da área geográfica de influência da universidade. Sem dúvida a formação e o aproveitamento profissional do físico devem ser repensados, tanto pela instituição formadora como pela sociedade.

## **Capítulo 2 - O Levantamento de Opiniões**

Quando se pretende reformular um currículo para adequá-lo a um amplo contexto de expectativas e exigências sociais, é fundamental a identificação dos elementos integrantes do processo de sua criação, planejamento e execução com a coleta de dados e opiniões junto a diversos setores: professores das instituições responsáveis pelos cursos - aqueles que organizam e executam o currículo - formados em exercício e seus alunos - aqueles que se submetem ao currículo - e todos os que direta ou indiretamente utilizam os serviços profissionais do graduado.

No presente trabalho discute-se uma sistemática de consulta a um dos segmentos envolvidos, considerado como importante fonte de informação, não significando porém que tenha supremacia sobre os demais, podendo o tratamento proposto ser estendido a outros setores, mediante alterações no instrumento de consulta.

Partindo da hipótese de que o físico profissional - professor ou bacharel - poderia fornecer relevantes subsídios ao estudo da adequação de currículos, ao identificar pontos críticos de sua formação através dos reflexos em sua atividade profissional, recorreu-se a entrevistas com ex-alunos, por constituírem um instrumento bastante flexível para o levantamento de opiniões, sem contudo descaracterizar a individualidade das respostas. A preparação de um questionário

com essa finalidade envolveu várias etapas: (a) elaboração de um roteiro para as entrevistas, através de sugestões colhidas junto a professores de graduação do IFUSP; (b) teste do roteiro preliminar, em entrevistas com um pequeno grupo de formados por essa instituição; (c) reformulação do questionário que na fase anterior se revelou excessivamente longo e de difícil tabulação<sup>(5)</sup>.

As entrevistas obedeceram ao seguinte esquema: (a) coleta de dados sobre a formação do sujeito e o desenvolvimento de atividades profissionais durante e após a graduação; (b) proposição das seguintes questões: "Foi uma atividade agradável?" e (B) "Foi importante para sua formação profissional?", para cada disciplina cursada, no intuito de identificar possíveis causas de aceitação ou rejeição; (c) seleção de até duas disciplinas indicadas pelo entrevistado como "cursos particularmente bons" e duas consideradas "cursos particularmente ruins"; (d) relativamente a essas disciplinas, apresentação de questões sobre a relevância do programa para as atividades futuras, facilidade ou dificuldade na aprendizagem da metodologia instrucional, grau de assimilação em sala de aula e extra-classe; nível de interesse, conteúdo e técnicas de ensino; (e) oportunidade ao entrevistado para emitir comentários gerais, observações e sugestões.

As entrevistas foram realizadas entre 1975 e 1978, com duração média de 30 minutos cada, 80% delas aproximadamente dois anos após a formatura dos sujeitos. Com o intuito de minimizar a ocorrência de possíveis interpretações a priori, tomou-se o cuidado de empregar entrevistadores formados em física porém não pelo IFUSP. Além disso, nas perguntas que exigiam uma "nota" de 1 a 7, o entrevistado assinalava pessoalmente a avaliação correspondente, havendo sido raras as demonstrações de má vontade.

A utilização de entrevistas como instrumento de obtenção de informações apresentou uma importante vantagem: tornar claras as possíveis falhas ou imprecisões do questionário, permitindo a introdução de correções durante o próprio processo ou na tabulação das respostas, possibilitando assim uma interpretação mais segura dos resultados.

### Capítulo 3 - O Tratamento dos Dados

As respostas ao questionário<sup>(6)</sup> foram codificadas em forma disjuntiva completa, existindo sempre, para cada indivíduo, uma e somente uma alternativa

(5) A dissertação apresenta esse questionário em suas versões preliminar e reformulada.

(6) Apresentadas na dissertação, em apêndice.

possível em cada pergunta. Os dados assim obtidos foram inicialmente lançados em uma tabela retangular, correspondendo as linhas aos indivíduos entrevistados e as colunas às opções que os caracterizam. Construíram-se a seguir "blocos de correlações", com a distribuição dos indivíduos da amostra pesquisada pelas diferentes opções relativas a cada pergunta.

O cruzamento de todas as respostas entre si resultou na "matriz de correlações", simétrica, constituída de elementos inteiros não negativos, cuja diagonal principal fornece, em cada posição, o número de indivíduos que escolheram a alternativa em questão e cada um dos elementos fora da diagonal representa o número total de sujeitos que optaram pelas duas alternativas correspondentes à linha e à coluna determinantes da posição considerada.

Exemplos:

Bloco correspondente ao cruzamento das respostas às perguntas 3 e 9

0	0	0	2
0	1	4	3
0	39	4	9
0	5	5	3
0	5	5	2

Bloco correspondente ao cruzamento das respostas às perguntas 4 e 21

0	2	1	0
0	4	2	0
0	13	3	2
1	39	8	12

Entretanto, a inclusão de novas perguntas no questionário dificultou uma leitura abrangente das informações contida na matriz, surgindo portanto a necessidade de técnicas que permitissem extrair da tabulação completa algumas características da amostra em estudo, assim como evidenciassem as correlações particularmente interessantes. Com esse propósito foi empregada a Análise de Correspondências, método geométrico de dados introduzido em 1965 por J.P. Benzécri<sup>(7)</sup>.

Essa técnica considera os elementos como pontos em um espaço métrico, representando a matriz por uma nuvem de pontos exigindo da amostra as

(7) *L'Analyse des Données (Tome II)*. Paris, Dunod, 1973, Pág. 11 (A dissertação apresenta uma síntese do formalismo envolvido).

qualidades de homogeneidade e exaustividade, satisfeitas de modo ideal por uma tabela de contingências, onde se cruzam duas partições de uma mesma população. A homogeneidade permite considerar as linhas ou colunas da tabela como elementos de um mesmo espaço, definindo-se uma distância entre eles, enquanto a exaustividade possibilita delimitar as nuvens constituídas a partir desses elementos.

Os indivíduos, são representados por vetores em um espaço de dimensão igual ao número total de opções do questionário, com componentes unitárias para as alternativas escolhidas e nulas para as restantes. Os pontos determinados por esses vetores formam uma nuvem cujas propriedades geométricas representam características da amostra.

A técnica consiste basicamente em reescrever a matriz de correlações de modo a levar às direções desse espaço nas quais a soma dos quadrados dos vetores seja extrema - já que essas direções contém as principais características da população estudada -, diagonalizando-se a matriz e calculando-se os seus autovalores e autovetores. Tomando dois autovalores como referência, é possível projetar em um plano as opções que caracterizam a amostra correspondente aos respectivos autovetores, obtendo-se assim a projeção bidimensional da nuvem de pontos, onde a sua proximidade relativa fornece indicações sobre as correlações entre as opções correspondentes, permitindo assim, pelo exame direto do diagrama uma apreciação qualitativa das correlações entre as respostas ao questionário.

#### Capítulo 4- Resultados e Conclusões

Se tabulado completamente o questionário, obter-se-ia uma matriz com 381.924 elementos, gerando consideráveis dificuldades no processamento. Assim, consideraram-se dois conjuntos de dados: o primeiro, que foi processado, contendo as informações sobre a situação pessoal do entrevistado, os piores e melhores cursos apontados e as perguntas referentes a estes; e o segundo, relativo às questões "Foi uma atividade agradável?" e "Foi importante para sua formação profissional?", que recebeu tratamento mais simples<sup>(8)</sup>. Desse modo, a matriz de correlações passou a compreender, em princípio, 8024 elementos<sup>(9)</sup>.

As entrevistas foram realizadas predominantemente junto a formados em 1973 e 1974 pelo IFUSP, visando a assegurar que a graduação tivesse sido cursada

(8) Em apêndice, a dissertação fornece a codificação dessa parte do questionário para processamento.

(9) No processamento, as alternativas não escolhidas foram desconsideradas, reduzindo um pouco as dimensões da matriz.

após a Reforma Universitária. O ingresso desses estudantes à universidade dava-se através da MAPOFEI, que à época organizava os concursos vestibulares na área de ciências exatas em São Paulo. Dada a impossibilidade de atingir todo o universo delimitado inicialmente, optou-se pelo estudo de uma amostra de 87 indivíduos, contactados através de serviços dos correios ou telefônicos e principalmente através de indicações fornecidas pelos seus próprios colegas de turma, durante as primeiras entrevistas.

Tratava-se de uma população da qual 70% havia escolhido o curso de física como primeira opção, com tendência à pesquisa (79% dos alunos cursaram o bacharelado e alguns também a licenciatura), sendo o tempo de permanência no curso assim distribuído: 67% concluíram-no em 4 anos, 16% em 5 anos e os restantes 17% em maior lapso de tempo. A grande maioria não havia freqüentado outro curso superior. Quanto às atividades simultâneas à graduação, com participação direta na formação profissional: dos entrevistados, 56% foram bolsistas (de pesquisa), 26% haviam exercido atividades de monitoria no IFUSP e 64% trabalhavam durante o curso, a maior parte (48% do total) na área de magistério.

À época das entrevistas, 9% dos indivíduos desenvolviam exclusivamente atividades docentes; 75% dedicavam-se à pesquisa, alguns em tempo integral e outros dividindo-a com o magistério (15% do total), enquanto 14% realizavam outros trabalhos.

Quanto às disciplinas mencionadas nas entrevistas, houve sensível preferência por aquelas associadas à vida profissional e de responsabilidade do IFUSP, conforme indicam as tabelas abaixo:

Disciplina	Freqüência
Cálculo 1 e 2	25
Mecânica 1 e 2	18
Introdução à Mecânica Quântica	12
Física 1 e 2	11
Física Matemática 1	11
Estrutura da Matéria 1 e 2	10
Eletromagnetismo 1 e 2	10

Tabela 2. Disciplinas com maior freqüência de indicações como "bons cursos" (1º ou 2º)

Disciplina	Freqüência(*)
Introdução à Física do Estado Sólido	22
Cálculo 3 e 4	21
Eletromagnetismo 1 e 2	17
Álgebra Linear	12
Vetores e Geometria Analítica	9
Química	9
Física 3 e 4	9
Física Matemática 1	9
Termodinâmica e Mecânica Estatística	9
Física Aplicada	9

Tabela 3. Disciplinas com maior freqüência de indicações como "maus cursos" (1º ou 2º)

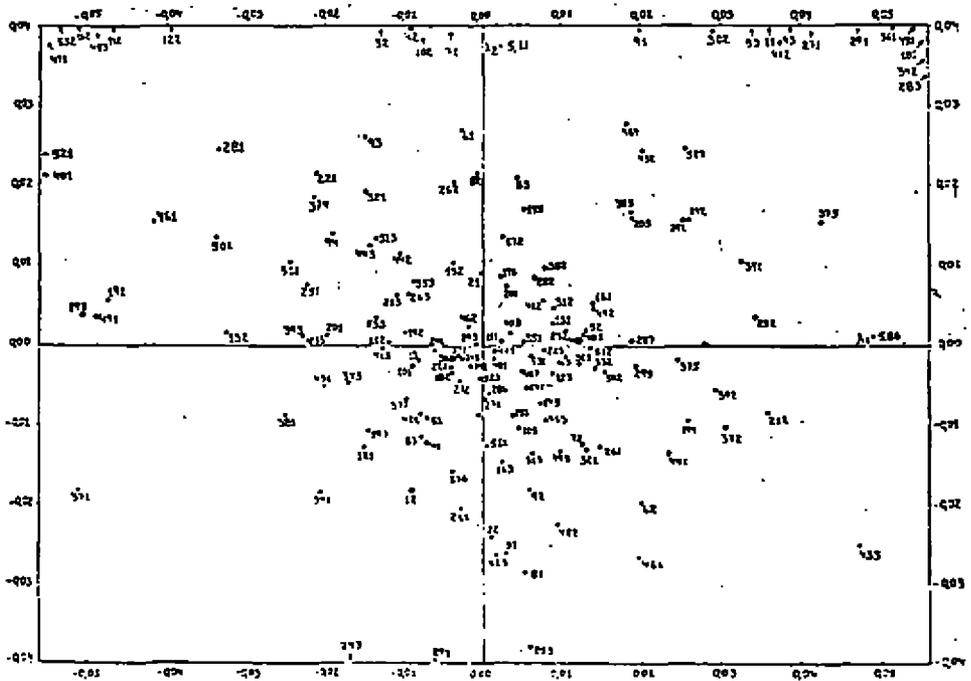
Para o processamento do questionário, as disciplinas indicadas foram agregadas conforme sua posição acadêmica (IFUSP ou outras unidades) e época (antes ou a partir de 1970). Quanto à questão relativa à metodologia de ensino, classificaram-se as respostas em três grupos: unicamente aulas expositivas, outros procedimentos e a composição de ambos. Os dados foram transferidos para cartões perfurados, aplicando-se o programa de computador cedido pelo Prof. A.F.R. de Toledo Piza (IFUSP) e obtendo-se, através da análise da matriz de correlações, as seguintes conclusões preliminares; (a) as disciplinas consideradas "bons cursos" foram-no mais pelo seu conteúdo do que pela metodologia adotada, o contrário ocorrendo em relação àquelas indicadas como "maus cursos", para as quais os estudantes freqüentemente solicitaram alterações de metodologia e algumas vezes também de conteúdo; (b) embora tenha ocorrido aprendizagem extra-classe quanto às disciplinas consideradas "maus cursos", esta foi maior no caso daquelas indicadas como "bons cursos"; (c) as disciplinas consideradas "cursos ruins" apresentaram carga excessiva de aulas expositivas, enquanto as demais utilizaram procedimentos didáticos diferenciados; (d) as disciplinas indicadas como "bons cursos" apresentaram programas relevantes para a atividade futura do sujeito.

Assim, duas componentes foram detectadas como principais determinantes do sucesso dos cursos: a metodologia de ensino ou, em outras palavras, a atuação do professor e a importância que o programa passou a ter na vida profissional do entrevistado.

A figura abaixo resulta da diagonalização da matriz de correlações, representando a nuvem construída de acordo com a técnica de análise de

(\*) Número de estudantes que efetuaram a respectiva indicação

correspondências, conforme anteriormente assinalado. Os eixos referem-se aos dois maiores autovalores ( $\lambda_1 = 5,856$  e  $\lambda_2 = 5,108$ ) havendo ao todo 160 pontos, correspondentes às opções escolhidas pela totalidade dos indivíduos. A disposição dos pontos no diagrama é função das correlações existentes entre as diversas alternativas do questionário; uma menor distância entre dois pontos indica maior correlação entre as alternativas correspondentes. Pontos afastados da origem relacionam-se a respostas pouco frequentes, já que o programa utilizado efetua uma redução no centro de massa do sistema. Nota-se também que conjuntos de respostas tendem a alinhar-se segundo duas direções aproximadamente ortogonais, uma das quais contendo o que se chamam "estimulação vocacional" ou "estimulação profissional" da amostra, e a outra sendo associada à sua "estimulação discente", podendo-se dizer, grosso modo, que a avaliação dos cursos realizada pelos sujeitos independeu de sua polarização profissional.



Representação bidimensional de nuvem obtida para as respostas do questionário através da análise de correspondências. Acompanhando cada ponto, o dígito da direita refere-se à alternativa e o(s) restante(s) corresponde(m) ao número da pergunta no processamento.

Os totais das respostas às perguntas "Foi uma atividade agradável?" e "Foi importante para sua formação profissional?", com as quais cada entrevistado percorreu todas as disciplinas do currículo, são apresentados na dissertação em forma de histogramas, tabelando-se os valores da mediana, da média e do desvio-padrão para as "notas" de 1 a 7 atribuídas a cada disciplina em relação às perguntas acima. Observou-se que as ponderações na resposta à primeira questão atingiram maiores índices que na primeira, para as disciplinas de ciclo básico e do bacharelado, à exceção de Química e Evolução dos Conceitos da Física. Quanto às disciplinas de licenciatura, a situação tendeu a inverter-se, exceto em relação a Instrumentação para o Ensino de Física, Tecnologia do Ensino de Física e Estrutura e Funcionamento do Ensino de 2º grau. Entretanto, dados o reduzido número de entrevistados que efetivamente dedicavam-se ao magistério, pouco se pode concluir a respeito das disciplinas dessa área.

Por outro lado, foi possível notar claramente que pelo menos 50% dos cursos realizados não atingiram as expectativas dos estudantes, embora cumprindo seu papel propedêutico. Todavia, em relação à primeira pergunta os menores índices foram alcançados em disciplinas pelas quais o IFUSP não era responsável, indicando, em termos gerais, um não excessivo grau de insatisfação quanto ao ciclo profissional do currículo.

Dos 87 sujeitos entrevistados, 39 utilizaram-se do espaço reservado a comentários, observações e sugestões<sup>(10)</sup>, revelando mais uma vez, em suas apreciações, a importância da metodologia o papel da metodologia adotada e do desempenho do professor, que constituem fatores determinantes do sucesso ou não de um curso.

Os resultados do presente trabalho, embora em parte já integrem o senso comum de professores e estudantes, evidenciam a necessidade de sistematização do tipo de consultas aqui realizadas, estendendo-se a novas classes de diplomados, em particular as dos licenciandos e das gerações mais recentes de bacharéis e, também, àquela constituída pelos indivíduos que iniciam o curso, cumprem parte do currículo e o abandonam posteriormente, não chegando à formatura.

Finalmente, os resultados sugerem que se estude em profundidade, do ponto de vista institucional, a figura do professor como principal aspecto determinante do êxito de um curso.

---

(10) A dissertação apresenta, em apêndice, excertos de 27 desses comentários.

# **Proposta de um Modelo para o Desenvolvimento de Atividades Experimentais de Física nos Cursos de Formação de Tecnólogos**

**Kazuo Watanabe(\*)**

## **Capítulo 1 - Introdução**

É consenso entre os educadores que as atividades experimentais devem, de modo geral, contribuir para o desenvolvimento adequado da aprendizagem, em todos os níveis educacionais. Todavia, nas escolas brasileiras, a utilização, em trabalhos práticos, de instrumentos e aparatos como elementos auxiliares ao ensino de ciências, não tem sido devidamente equacionada, inexistindo clareza quanto aos benefícios a serem obtidos pelos alunos através do uso desses materiais, e quanto ao seu envolvimento na atividade experimental.

Esse fato deve-se a inúmeras dificuldades estruturais nos sistemas educacionais existentes. Porém, apesar disso, têm surgido nas últimas décadas, na busca de soluções adequadas à nossa realidade educacional, trabalhos relevantes, em todos os níveis de instrução, particularmente no que se refere ao laboratório de ciências.

Dentro desse contexto o autor iniciou, com a colaboração dos Professores. P. Yamamura e F.D. Saad, do Instituto de Física da Universidade de São Paulo (IFUSP), o desenvolvimento de um curso experimental de física básica para tecnólogos, levando em consideração fatores como a eficiência dos equipamentos, custos, materiais, ambientes, nível e disponibilidade de professores.

Com base nos objetivos da instituição onde o curso se desenvolve - Faculdade de Tecnologia de São Paulo (FATEC/SP), foram tomados como pressupostos importantes: (a) os trabalhos experimentais deverão servir de suporte para as futuras atividades do aluno no curso; (b) os modelos das tarefas práticas a serem desenvolvidas pelo estudante na área profissionalizante do curso poderão fornecer subsídios para o planejamento do laboratório de física.

## **Capítulo 2 - Cursos de Tecnologia**

Recentemente implantados no Brasil, os cursos de formação de tecnólogos introduziram uma experiência educacional nova, face à necessidade de formação de

---

(\*) Orientador: Yashiro Yamamoto. Dissertação aprovada em 12/12/80.

profissionais destinados à área executiva, com função de agentes multiplicadores de processos em diversos campos da atividade humana, reclamados pela sociedade em evolução.

No desenvolvimento tecnológico, restrito às áreas de aplicação de conhecimentos envolvendo o projeto e execução de tarefas técnicas, distinguem-se duas etapas: a transformação de conhecimentos teóricos em projetos e a obtenção e multiplicação de produtos de consumo. Enquanto os profissionais que projetam têm formação essencialmente teórica, aqueles que executam devem receber, além da informação técnico-científica, uma carga considerável de atividades predominantemente práticas. A preparação de recursos humanos com a necessária capacitação executiva normalmente enfrenta grandes obstáculos, tendo em vista: (a) a dificuldade em formar profissionais com esse perfil, dada a necessidade de laboratórios, oficinas, centros técnicos etc; (b) a exigência de uma maior interação entre escola e empresa; (c) o plano inferior em que, por razões históricas, têm sido colocados em nossa sociedade os profissionais executivos, em relação àqueles que projetam.

Destacam-se, na área de engenharia, três categorias profissionais: concepção e produção, associadas respectivamente ao desenvolvimento do pensamento criador e à supervisão de setores especializados na indústria e encargos normais de produção industrial e, finalmente, execução. Segundo a conceituação do "Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza"<sup>(1)</sup>, os cursos para formação de profissionais nessa área apresentam as seguintes características principais: (a) devem restringir-se a estreita faixa de uma das subdivisões acima indicadas, a fim de que o desenvolvimento horizontal não prejudique o aperfeiçoamento vertical; (b) são criados a partir das necessidades da região tomando por base o perfil profissional do elemento que se deseja formar; (c) os professores, principalmente das disciplinas profissionalizantes, participam do próprio mercado de trabalho, possibilitando a transmissão aos alunos de experiências vivenciadas no dia-a-dia; (d) apresentando maior flexibilidade curricular que os cursos tradicionais, os programas podem ser adaptados às novas exigências do mercado de trabalho; (e) abrangendo 42 semanas letivas por ano, o curso enfatiza as disciplinas profissionalizantes com predominância de atividades práticas ao lado de informações técnico-científicas.

---

(1) Autarquia de regime especial associada à Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", que mantém duas unidades de ensino (São Paulo e Sorocaba) e vem contribuindo junto ao MEC na implantação de cursos de tecnologia em todo o Brasil.

A estrutura curricular é organizada com enfoque inovador, de forma que as disciplinas constituam sub-sistemas flexíveis, permitindo ampla mobilidade e adaptação a alterações no mercado de trabalho. Inicialmente procede-se a uma análise desse mercado; em seguida forma-se um grupo composto por especialistas em ensino tecnológico, pedagogos, psicólogos, professores e profissionais militantes na área em que se pretende criar o curso. Descreve-se o perfil profissional desejado e elaboram-se o currículo, na seguinte ordem: disciplinas profissionalizantes, de apoio e humanísticas. Organizam-se as ementas, cargas horárias e programas e, finalmente, elaboram-se a folha de capacitação profissional e a avaliação do curso<sup>(2)</sup>.

As disciplinas profissionalizantes representam aproximadamente 70% da carga horária, dividindo-se os restantes 30% em disciplinas básicas (20%) e humanísticas (10%). Na instituição acima citada, os cursos ministrados nas áreas de Mecânica, Construções Cíveis e Metalurgia oferecem as seguintes disciplinas básicas: física, eletricidade, estática e resistência dos materiais, métodos de cálculo e estatística. Essa estrutura curricular coordena-se com o esquema "trínômio escola - empresa - sociedade", intentando: (a) fornecer conhecimentos gerais e específicos; (b) treinar habilidades para desempenhos profissionais; (c) propiciar educação continuada e prestação de serviços; (d) dar condições para a tomada de decisões curriculares a nível de instituição.

Funcionando desde 1970, a FATEC/SP, uma das unidades componentes da autarquia anteriormente referida, oferece os seguintes cursos nas áreas econômicas secundária e terciária: (a) Tecnologia em Mecânica - Desenhista Projetista, Processos de Produção; (b) Tecnologia em Construções Cíveis - Edifícios, Obras Hidráulicas, Movimento de Terra e Pavimentação; (c) Tecnologia em Informática - Processamento de Dados; (d) Tecnologia em Metalurgia - Soldagem; (e) Licenciatura de 2º grau. À exceção do último, esses cursos têm duração de três anos, com carga horária total em torno de 2.600 horas.

Ao lado da fundamentação técnico-científica, o desenvolvimento das disciplinas profissionalizantes compreende a execução de trabalhos práticos em laboratórios, oficinas, centro de processamento de dados e, ainda, a elaboração de projetos e trabalhos de campo, além de visitas técnicas a obras e empresas.

Dentro desse contexto, é evidente a relevância das atividades experimentais em física, exigindo uma cuidadosa análise dos programas das disciplinas semi-

---

(2) A dissertação exemplifica, em apêndice, o perfil profissional do tecnólogo em construção civil. Existe também modelos de programas e folhas de capacitação (modalidade: obras hidráulicas).

profissionalizantes e profissionalizantes, a fim de que os trabalhos práticos desenvolvidos nessa área possam servir de subsídios aos alunos, nas referidas disciplinas.

### Capítulo 3 - Experiências Educacionais no Ensino Experimental

#### 3.1- Introdução

Geralmente, as atividades experimentais têm sido dirigidas para a ilustração de aspectos de um dado assunto ou verificação de algumas leis ou princípios, visando a atingir metas como a apresentação de fenômenos e o desenvolvimento de espírito de observação, familiaridade com instrumentos e técnicas de laboratório, capacidade de raciocínio indutivo e dedutivo.

Entretanto, no Brasil, a maioria das atividades de laboratório não passam de meros apêndices aos programas dos cursos de física, verificando-se que: (a) os experimentos, quando programados, são apresentados com o fim de atingirem determinados resultados; (b) não existe clareza quanto a objetivos, processos e métodos; (c) ignoram-se fatores como eficiência, custo, disponibilidade de materiais, número de alunos, níveis de conhecimento prévio, qualidade do pessoal docente e sua disponibilidade de tempo.

Apesar das inovações introduzidas em muitos cursos experimentais de física nas últimas décadas, principalmente com o surgimento dos grandes projetos americanos e europeus, como o PSSC, Harvard, Nuffield e outros<sup>(3)</sup>, as tentativas de influenciar o sistema educacional brasileiro no sentido de incrementar as atividades práticas, têm revelado resultados desanimadores.

Observa-se que o problema é universal, multiplicando-se recentemente experiências educacionais no desenvolvimento de diferentes abordagens para as atividades experimentais, tais como: laboratório divergente, laboratório de prateleiras, laboratório aberto e de projetos, laboratório circulante, laboratório do tipo "fading" e laboratório de "kits" que serão, em forma sucinta, analisados adiante.

Convém ressaltar a inexistência de receitas mágicas ou soluções gerais. As atividades práticas devem ser planejadas tendo em vista os objetivos de cada curso e as características da clientela. Devem ser salientadas, também, a importância fundamental do docente que transmite, ensina e educa, através das contingências

---

(3) Entre nós, o "Projeto Piloto da UNESCO para o Ensino de Física", introduzido em caráter experimental em 1963, constitui um marco histórico, com a apresentação de conjuntos experimentais construídos a partir de materiais simples.

educacionais por ele criadas, e a necessidade de uma intensa atuação do aluno no processo ensino-aprendizagem.

De modo geral, os laboratórios de ciências têm sido alvo de preocupações e estudos no que tange aos objetivos a serem atingidos sob as mais variadas abordagens, normalmente levando em conta o grau de envolvimento dos estudantes nas diversas fases do trabalho. Por outro lado, é consenso que esse fator contribui significativamente para uma maior eficiência na compreensão dos fenômenos analisados, parecendo estar ligado ao domínio do conteúdo, aquisição de habilidades tecnológicas e, sobretudo, à mudança de atitude proporcionada ao aluno face às contingências favoráveis criadas. Evidencia-se, finalmente, a importância da adoção de enfoques que permitam uma aproximação do conteúdo tratado com a realidade e o mundo em transformação.

### 3.2. Os Diferentes Tipos de Abordagens de Laboratório

Serão, a seguir, descritos, em forma breve, alguns enfoques para as atividades experimentais em física:

(a) Experiências de demonstração. Realizadas pelo professor, o envolvimento do aluno na manipulação do instrumental é muito pequeno<sup>(4)</sup>, processando-se a nível verbal a interação entre os estudantes e o professor. Os objetivos, não excludentes entre si, são: ilustrar ou complementar tópicos abordados nas aulas teóricas, principalmente pontos importantes, de difícil captação intuitiva; tornar o conteúdo interessante e agradável; auxiliar o aluno a desenvolver habilidades de observação e reflexão; apresentar fenômenos.

(b) Laboratório tradicional. Tem as seguintes características: as instruções são dadas, geralmente, através de um texto-guia; o experimento possui material bem estruturado; o aluno conta com a constante supervisão do professor (ou monitor). A interação do estudante com o material experimental processa-se de modo ativo, e este tem possibilidade de efetuar um número relativamente grande de experimentos em um ano letivo. Entretanto, não participa da decisão sobre metas e procedimentos. Entre outros objetivos, essa abordagem pretende: ilustrar e fundamentar as aulas teóricas; verificar leis e princípios; possibilitar o manuseio de instrumentos de medida; motivar o aluno ao estudo da física e iniciá-lo no método científico. Apesar das severas críticas efetuadas a esse tipo de laboratório, o autor

---

(4) De uma maneira geral e teórica, as atividades do aluno e do professor no laboratório podem ser consideradas como um "continuum", onde um extremo indica a atividade totalmente centrada no professor, sendo o aluno um assistente passivo, e o outro, a atividade desenvolvida pelo estudante, com o professor no papel de observador e orientador.

acredita que, através da orientação adequada, o estudante poderá ser gradativamente levado a uma independência cada vez maior na sua atitude diante das tarefas experimentais, isto é, a uma participação mais intelectual dentro do contexto bem estruturado.

(c) **Laboratório divergente.** Apresenta uma abertura no sentido de que o aluno tem oportunidade de escolher uma área de preferência, resolvendo problemas cujas respostas não são pré-conhecidas, e podendo decidir quanto ao esquema e procedimento experimental. Para isso, no entanto, é necessário que adquira as bases requeridas, através da realização de trabalhos dirigidos e estruturados. Esse enfoque permite a consideração de objetivos tais como: motivar o aluno ao estudo de física; habitué-lo ao manuseio de instrumentos experimentais; dar suporte aos cursos teóricos; desenvolver a auto-condução na experimentação.

(d) **Laboratório aberto e de projetos.** Possibilita aos alunos desenvolverem trabalhos experimentais em seu próprio campo de interesse, assemelhando-se nesse sentido ao trabalho que desenvolverão futuramente em sua vida profissional. Cabe ao estudante organizar o cronograma de atividades dentro da área escolhida, contando com ampla disponibilidade de tempo e instalações e com suporte e supervisão do professor. Em sua concepção mais ampla, o laboratório aberto conduz ao chamado laboratório de projetos, onde toda a atividade fica a cargo do aluno, atuando o professor apenas como supervisor. Objetivando a desenvolver no estudante uma atitude independente quanto à resolução de problemas experimentais, o laboratório de projetos terá suas metas alcançadas se os alunos apresentarem prontidão para a sua iniciação em um curso de física experimental. Cabe lembrar que, sendo geralmente extenso o tempo necessário à realização de um projeto, essa atividade poderá acarretar prejuízos ao desenvolvimento global do programa de física<sup>(5)</sup>.

(e) **Laboratório do tipo "fading".** Projetado e desenvolvido por Pimentel, para o ensino de física experimental junto à Escola Politécnica da USP, resume-se em programar atividades práticas com redução progressiva das instruções ou indicações em guias de laboratório, possibilitando suscitar no aluno iniciativas de imitação e, posteriormente, de criação, podendo chegar a atingir o nível de laboratório de projetos.

(f) **Laboratório do tipo "biblioteca".** O material experimental é mantido à disposição dos estudantes para consulta, podendo haver também guias de procedimentos ou

---

(5) Realizando outros trabalhos experimentais simultaneamente com esse tipo de laboratório, C.A. Pimentel e F.D. Saad obtiveram, no IFUSP, resultados extremamente favoráveis.

textos descritivos sobre o conteúdo ou experimento. Enquadram-se nessa modalidade o "laboratório de corredor", prateleira de demonstrações, biblioteca de instrumentos etc. O material deverá ser de simples manuseio, ilustrando um princípio ou fenômeno em formas qualitativa e quantitativa.

(g) Laboratório circulante. Idealizado em 1979, no IFUSP, por Pimentel e Saad, essa abordagem possibilita aos alunos uma série de opções quanto a possíveis modificações nos projetos dos experimentos, além de permitir um melhor entendimento de fenômenos e conceitos. Compreendendo aparatos construídos a partir de materiais simples, o laboratório circulante caracteriza-se basicamente pela realização de experimentos fora do recinto escolar, através de "kits" transportáveis, que o aluno restitui após a utilização, acompanhados de um relatório. Constituindo atividade complementar aos cursos de laboratório estruturados e obrigatórios, propicia um contato pessoal com fenômenos e princípios, oferecendo ao estudante a oportunidade de desenvolver as capacidades de iniciativa, análise e crítica em uma ampla experimentação em um contexto independente de fatores ambientais escolares, com liberdade de escolha, ocasião e duração, podendo também representar alternativas para as novas escolas que, de modo geral, não dispõem de recursos para equiparem seus laboratórios básicos.

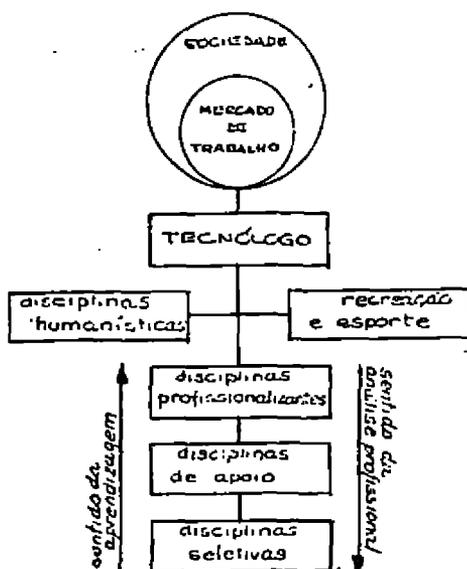
Algumas outras inovações poderiam ser mencionadas com relação às atividades experimentais, como a introdução de: (a) relatórios opcionais, em resposta à crítica freqüentemente apresentada de que a obrigatoriedade do relatório gera monotonia e muitas vezes excessiva preocupação quanto ao cálculo de erros, levando ao distanciamento dos objetivos da experiência; (b) seminários experimentais como atividade complementar, facilitando a análise e interpretação dos dados obtidos experimentalmente, e possibilitando uma maior participação do grupo como um todo; (c) textos auto-instrutivos para a aquisição de habilidades no uso de instrumentos de medida, como paquímetro, micrômetro, multímetro, wattômetro, osciloscópio etc; (d) entrevistas de avaliação como parte integrante das atividades experimentais, favorecendo a obtenção de excelentes desempenhos dos alunos, como atestam os trabalhos desenvolvidos por P. Yamamura<sup>(6)</sup> no laboratório de física moderna do IFUSP.

Finalizando, o autor salienta a dificuldade em chegar-se a um consenso quanto ao laboratório ideal, uma vez que todas as modalidades incluem propostas interessantes, devendo merecer por parte dos educadores uma profunda reflexão, e sendo a escolha do modelo mais adequado uma opção do professor interessado.

(6) "Avaliação por entrevista", IFUSP, 1978 (mimeografado).

## Capítulo 4 - Uma Proposta para Atividades Experimentais em Física nos Cursos de Formação de Tecnólogos

Conforme anteriormente mencionado, por sua própria natureza e filosofia, os cursos de tecnologia destinam-se à formação de recursos diretamente voltados para as necessidades do mercado de trabalho, nas áreas ligadas à execução de tarefas técnicas. A figura abaixo ilustra o esquema de planejamento dorsal onde as matérias são elaboradas a partir da análise profissional, levando-se em consideração as condições acima expostas.



Os programas podem sofrer alterações de acordo com a atuação do profissional formado, cujo desempenho é verificado através de um acompanhamento metódico, atualizando-se o sistema com freqüentes realimentações.

Nesse contexto inserem-se as atividades experimentais em física desenvolvidas em alguns cursos de tecnologia que, pela sua estrutura curricular, devem contribuir para a formação de profissionais com a característica de "saber fazer", relativamente aos processos tecnológicos necessários ao atendimento de

peculiaridades regionais. Contudo, surgem dificuldades na observância dessa diretriz, pois esse enfoque sistêmico depende mais da qualidade do corpo docente que da estrutura curricular em si<sup>(7)</sup>.

A análise das atividades futuras dos alunos nas matérias profissionalizantes, aliada ao estudo do programa técnico-científico da área e do conteúdo de física, conduz à definição de interfaces que possibilitam traçar a estrutura de planejamento de atividades experimentais nessa disciplina.

Na FATEC/SP as atividades básicas desenvolvidas podem ser classificadas em aulas de informação técnico-científica e atividades práticas. As primeiras constituem aulas teóricas e de exercícios visando a fundamentar princípios e técnicas que se aplicarão às tecnologias específicas, sendo as informações<sup>(8)</sup> atualizadas com base nos modelos constantes das atividades tecnológicas realizadas nas empresas<sup>(9)</sup>, nos processos de produção e execução. Quanto às atividades práticas, metodicamente organizadas, referem-se a experimentos fundamentados nos processos de trabalho ( e não apenas na aquisição de perícia operacional), bem como na aprendizagem de hábitos de trabalho em equipe, dentro da responsabilidade pela programação de tarefas e do rigoroso controle qualitativo e quantitativo da produção.

Fazem parte das atividades práticas desenvolvidas na referida instituição:

(a) Laboratórios de ensaios. Realização de experimentos e ensaios técnicos com o objetivo de analisar resultados em termos de propriedades de materiais de construção. O aluno tem oportunidade de estudar e operar equipamentos, analisar normas e códigos técnicos recomendados, estudar esquemas e catálogos, verificar princípios, leis, modelos etc, sendo-lhe solicitada, para cada etapa de um ensaio, a confecção de um relatório técnico, tarefa imprescindível em suas futuras atividades profissionais.

(b) Oficinas de aprendizagem. Através de instruções (séries metódicas), desenvolvem-se atividades operacionais nos mais variados trabalhos tecnológicos, em diversos equipamentos, com a análise dos processos de fabricação e a realização de controles de qualidade. Mais do que a prática operacional repetitiva, cabe salientar aqui a importância da aplicação de princípios científico-tecnológicos por parte dos educandos.

---

(7) Em apêndice, a dissertação ilustra, em diagrama de blocos, a estrutura de um curso da FATEC/SP.

(8) Textos adaptados, livros e periódicos servem de meios de informação.

(9) Junto às quais são recrutados os professores.

(c) Trabalhos de campo. Exigindo a realização de tarefas fora das áreas de estudo circunscritas em salas, laboratórios e oficinas, determinadas atividades práticas são desenvolvidas em locais adequados a cada caso.

(d) Visitas técnicas. Em média, um aluno matriculado na parte profissionalizante do curso participa, pelo menos uma vez por semana e com a supervisão de professores, de visitas realizadas a obras, em suas diversas fases de evolução.

(e) Elaboração de projetos. Compreende a utilização de desenhos técnicos, colocando-se o estudante na condição de um projetista que deverá lançar mão de seu repertório de conhecimentos, bem como de seu potencial criador. Um aspecto interessante refere-se aos pequenos projetos trazidos pelos próprios alunos, das empresas onde trabalham, para análise e estudo.

(f) Estágios. Embora essa atividade não seja prevista no currículo escolar da FATEC/SP, um considerável número de alunos realizam estágios em empresas ou instituições, públicas ou privadas, através de pedidos partindo, em sua maioria, das próprias entidades. Assim, o estudante complementa as atividades desenvolvidas dentro dos critérios curriculares estabelecidos, nas variadas tarefas escolares.

Em sua maior parte, o material experimental utilizado na mencionada faculdade é desenvolvido e montado no próprio laboratório de física, com as seguintes características: construção simples, em forma de "kits", economia financeira e didática. Ao lado do material, outro importante elemento referente ao trabalho de laboratório relaciona-se ao horário e duração dessa atividade; como a utilização e organização do laboratório apenas em função do horário estabelecido pela administração escolar é capaz, por si só, de levar ao completo fracasso dessa atividade, o autor levanta, na dissertação, vários aspectos a serem considerados: (a) realização de experimentos programados, com práticas básicas, duração e horários pré-estabelecidos; (b) preparação de experimentos a serem desenvolvidos fora dos ambientes programados, com horários e duração por conta dos alunos; (c) colocação do laboratório à disposição daqueles que o quiserem utilizar, nos horários de sua conveniência, com a necessária presença de "laboratoristas". Finalmente, um terceiro aspecto relevante refere-se ao ambiente de aprendizagem, acreditando o autor não se restringir o laboratório apenas a uma sala contendo móveis e materiais didáticos, mas estendendo-se a outros locais, sejam fábricas, canteiros de obras, lar, enfim, o mundo ao redor com toda a sua riqueza de dados e recursos. É dentro desse enfoque dado ao material, ambiente, horário e duração do laboratório, que vem sendo desenvolvida a atividade experimental em física na FATEC/SP.

Alguns fatores considerados na elaboração do programa deverão ser aqui mencionados: (a) atitude dos alunos; (b) capacitação e disposição dos professores; (c) desenvolvimento de idéias sob novos enfoques; (d) planejamento e preparação de materiais, sob forma de protótipos, incluindo textos, aparatos e equipamentos, meios didáticos auxiliares, material suplementar de leitura etc; (e) análise de protótipos quanto à sua eficiência e realização dos ajustes necessários; (f) condições para reprodução do projeto e uso em maior escala.

Finalmente, as atividades práticas incluem trabalhos envolvendo grupos de alunos ou o aluno individualmente, conforme a abordagem utilizada em cada etapa do ensino. Serão, a seguir, indicados alguns procedimentos didáticos: (a) para grandes grupos - palestras educativas, conferências realizadas por professores convidados, demonstrações, uso de recursos audiovisuais; (b) para grupos menores - discussões, projetos cooperativos, atividades de laboratório, apresentação de subgrupos (painéis, debates); (c) para estudo individual - uso de material auto-instrutivo, utilização de um centro de recursos didáticos<sup>(10)</sup>, desenvolvimento de programas de monitorização.

Em linhas gerais, finalizando a proposta do autor, denominada "abordagem mista" pode ser sintetizada através dos seguintes itens: (a) atividade experimental de física como suporte para as disciplinas profissionalizantes; (b) consideração de aspectos relevantes relativamente às atividades experimentais: material, ambiente, horário e duração; (c) estrutura organizacional de planejamento que possibilite ao estudante obter subsídios tanto a nível de aquisição de conteúdos como, principalmente, na área atitudinal, necessários ao tratamento de problemas técnico-científicos em suas futuras atividades profissionais.

## Capítulo 5 - Desenvolvimento

O desenvolvimento de material experimental compreende algumas etapas básicas: (a) programação de ensaios; (b) elaboração de anteprojetos do material; (c) construção ou aquisição do material; (d) ensaio e avaliação do protótipo; (e) produção em quantidade adequada à realização da experiência educacional; (f) confecção de textos ou guias instrucionais.

---

(10) Depósito de materiais, equipamentos etc., à disposição do aluno para estudo independente.

Serão, a seguir, detectados dois tipos básicos de materiais desenvolvidos na FATEC/SP, apresentando-se para cada caso um exemplo<sup>(11)</sup>, com indicação de algumas abordagens educacionais. O primeiro refere-se a informações tecnológicas, compreendendo a preparação de "folhas de instrução" que, juntamente com o material específico, informam o aluno quanto às características do material, sua utilidade e técnicas de aplicação e uso. O segundo tipo relaciona-se ao material propriamente dito, comportando um conteúdo físico programático que permite a realização de ensaios, constituindo assim uma ponte entre fatos tangíveis e concepções abstratas.

**\*1º exemplo: informação tecnológica**  
**Instrumento de Medição: Micrômetro.**

O micrômetro é um instrumento de alta precisão que permite efetuar medições até 0,001 mm.

**Nomenclatura**

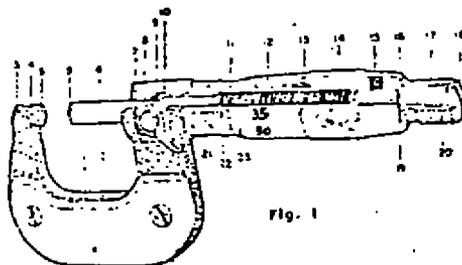


Fig. 1

- |                          |                                    |
|--------------------------|------------------------------------|
| 1 Arco                   | 13 Porca de regulagem              |
| 2 Plaqueta de isolamento | 14 Tambor de medição               |
| 3 Pino de fecho          | 15 Parafuso de fixação e regulagem |
| 4 Ponta fina (bigorna)   | 16 Tampa                           |
| 5 Placa de metal duro    | 17 Capô da fricção                 |
| 6 Ponta móvel            | 18 Parafuso da fricção             |
| 7 Alavanca da trava      | 19 Anel elástico                   |
| 8 Parafuso da trava      | 20 Mola da fricção                 |
| 9 Mola da trava          | 21 Escala em mm                    |
| 10 Bucha da trava        | 22 Escala 0,5 mm                   |
| 11 Parafuso micrométrico | 23 Escala 0,01 mm                  |
| 12 Cilindro com escala   |                                    |

**Construção**

O arco, o parafuso micrométrico e as pontas de medição são considerados pontos vulneráveis exigindo, na construção do instrumento, cuidados especiais.

O arco é feito de aço especial, tratado termicamente, para eliminar efeitos de tensão; é munido de placas isolantes para evitar a dilatação devida ao calor das mãos.

(11) Na dissertação encontram-se diversos outros exemplos: a) informação tecnológica - molas helicoidais, balança tipo Marte; (b) laboratório - previsão de fórmulas, empuxo sobre superfícies planas, manômetro de água, densidade de líquidos, barômetro de mercúrio; (c) laboratório circulante - centro de gravidade, equilíbrio estático de um corpo rígido, Princípio de Arquimedes.

O parafuso micrométrico é a essência da precisão do instrumento. Ele é usinado, com alta precisão, em material apropriado (aço-liga e aço-inoxidável), temperado, com dureza suficiente para evitar desgaste pelo uso.

A ponta fixa é construída de aço-liga e aço-inoxidável e é presa diretamente ao arco. Os aparelhos mais modernos possuem ponta móvel no prolongamento do parafuso micrométrico. As faces de contato são tratadas por processos especiais ou apresentam calçamento de placas de metal duro.

### Características da escala

- a) capacidade - existem duas escalas padronizadas: para 1500 mm e 300 mm
- b) precisão absoluta - podem ser de 0,01 mm ou 0,001 mm nos casos mais comuns.

### Condições de uso

Para ser usado, é necessário que o micrômetro esteja perfeitamente ajustado e aferido com um padrão.

O micrômetro deve ser manipulado com todo o cuidado, evitando-se quedas, choques e arranhaduras. Logo após o uso, deve ser limpo, lubrificado com vaselina e guardado em lugar próprio.

### Tipo

As figuras 2 e 7 mostram os principais tipos de micrômetro.

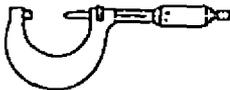


Fig. 2 - Micrômetro para rosca. As pontas da haste e do encosto são substituíveis, conforme o tipo da rosca.

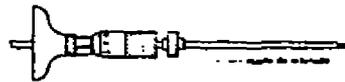


Fig. 3 - Micrômetro de profundidade. Conforme a profundidade a medir, fazem-se os acréscimos necessários na haste por meio de outras varetas de comprimento calibradas, fornecidas com o micrômetro (hastes de extensão).

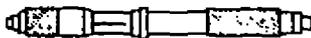


Fig. 4 - Micrômetro de medidas internas, tubulares, de dois contatos. É fornecido com hastes, para aumento da capacidade de medição.

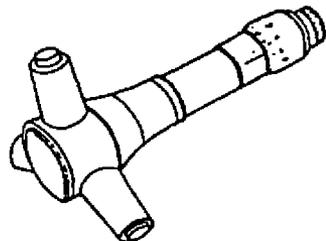


Fig. 5 - Micrômetro de medidas internas de três contatos. É conhecido pela denominação de "Mícro". Facilita a colocação exata no centro e no alinhamento do furo. Possibilita a medição do diâmetro de furos em diversas profundidades. É de grande precisão.

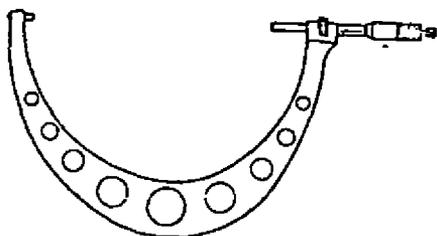


Fig. 7 - Micrômetro para grandes medições.

Este micrômetro é usado para medições em trabalhos de usinagem pesada, para medição de peças de grandes diâmetros. As pontas da haste e do encosto podem ser mudadas, para dar as medidas próximas dos diâmetros a verificar.

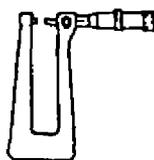


Fig. 6 - Micrômetro de arco profundo. Serve para verificações de espessura de bordas ou partes salientes das peças.

## Aplicações

As figuras 8 a 14 mostram as principais aplicações do micrômetro.

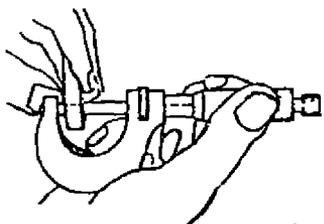


Fig. 8 - Medição da espessura de um bloco.

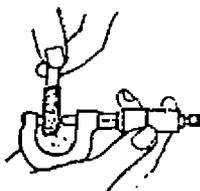


Fig. 9 - Medição do diâmetro de uma rosca.

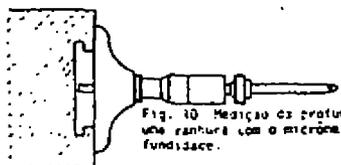


Fig. 10 - Medição da profundidade de uma ranhura com o micrômetro de profundidade.

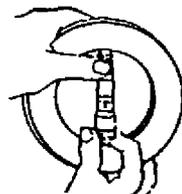


Fig. 11 - Medição de um diâmetro com o micrômetro tubular.

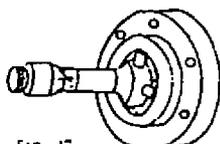


Fig. 12 - Uso do "micrô" (três contatos) na medição de um diâmetro interno.

Atualmente existe micrômetro (3 pontos) (micrô) especial, com a cabeça intercambiável, que pode ser adaptado para medir furos passantes, furos cegos, furos com ranhuras e aristas para rolamentos.

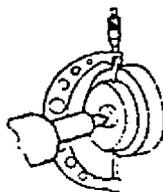


Fig. 13 - Uso do micrômetro de arco de raio fixo para medir o diâmetro de uma peça curvada num torno.

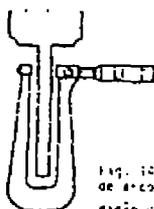


Fig. 14 - Uso do micrômetro de arco profundo, para medição de parte saliente.

### Atividades complementares

- Visita ao laboratório de metrologia, onde os alunos poderão ter contato com vários tipos de micrômetros. Nas visitas o estudante tem oportunidade de obter informações sobre outros instrumentos de medição;
- Visita às oficinas mecânicas para observação "in loco", da utilização dos micrômetros às várias operatrizes das peças;
- Recomenda-se aos interessados obter catálogos técnicos nos estabelecimentos que comercializam instrumentos de medição.

OBS.: Esta informação tecnológica interessa particularmente aos cursos da área de Mecânica".

2º Exemplo: Material Experimental

### A Lei de Bernoulli para Fluido Ideal

Um fluido ideal é aquele em que o atrito interno (viscosidade) pode ser desprezado; por outro lado, o fluido é praticamente incompressível (densidade constante em todos os pontos).

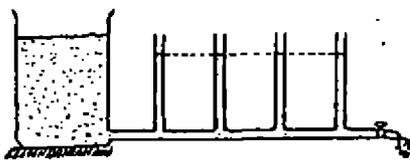


Fig. 1 - Pressão estática constante (fluido ideal)

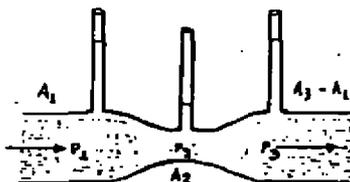


Fig. 2 - Fluido ideal em escoamento permanente em conduto com seção variável

Já vimos que se o fluido for ideal e se escoar num conduto de seção constante, não haverá perda de carga, isto é, a pressão estática é a mesma ao longo do conduto (se este estiver na horizontal).

Mas se houver uma variação na seção de conduto, já sabemos, pela Lei da Continuidade, que na seção maior a velocidade é menor do que na seção menor; logo, no caso figurado, temos

$$v_1 < v_2$$

$$v_1 = v_3$$

Os tubos manométricos mostram as pressões estáticas em cada seção:

pressão estática em  $A_1$  = pressão estática em  $A_3$

pressão estática em  $A_2$  < pressão estática em  $A_1$

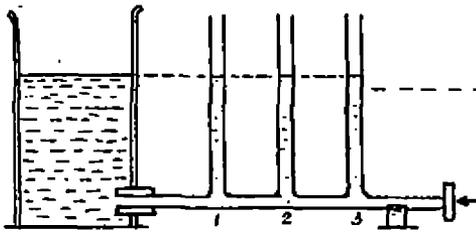
**A PRESSÃO ESTÁTICA DE UM FLUIDO QUE ESCOA NUM CONDUTO É MAIOR ONDE A VELOCIDADE FOR MENOR.**

A relação entre velocidade de escoamento e pressão estática de um fluido foi descoberta por DANIAL BERNOULLI (1700-1782), físico e matemático suíço.

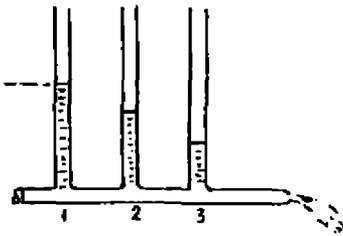
A relação acima é válida para qualquer fluido (líquido ou gás) e não se restringe apenas a fluidos escoando no interior de condutos. É aplicável a movimento de fluidos não restritos pelas paredes de canalizações.

**A PRESSÃO ESTÁTICA DE UM FLUIDO É MAIOR ONDE A VELOCIDADE É MENOR e vice-versa.**

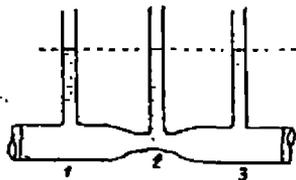
b) projetou-se então um aparato de vidraria, para fins de observação e demonstração para realização de experimento com o chamado "fluido real".



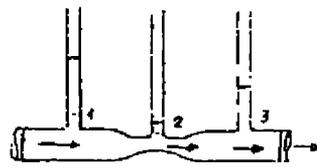
POSIÇÃO ESTÁTICA -  $P_1 = P_2 = P_3$



POSIÇÃO DINÂMICA -  $P_1 > P_2 > P_3$



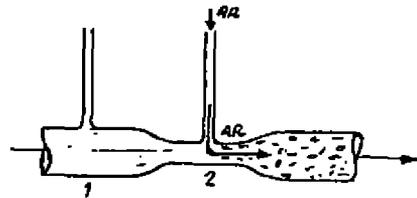
POSIÇÃO ESTÁTICA -  $P_1 = P_2 = P_3$



POSIÇÃO DINÂMICA -  $P_1 > P_3 > P_2$



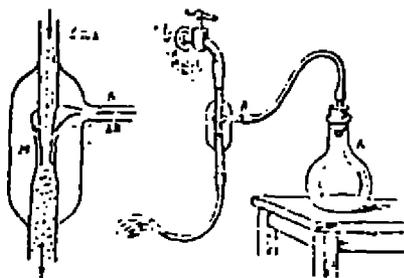
PARTÍCULAS SUSPENSAS NO LÍQUIDO  $v_2 > v_1$



$P_2 > P_{atm}$

O experimento tem por objetivo discriminar, em primeiro lugar, as hipóteses de fluido ideal e fluido real; em segundo lugar, distinguir situações estáticas de dinâmicas.

Pode-se complementar o experimento com demonstrações dos tipos esquematizados a seguir.



BOMBA DE JATO D'ÁGUA



PULVERIZADOR

Pode-se construir BOMBA DE JATO D'ÁGUA para retirar ar de um recipiente. Na figura a velocidade e água em M é tal que a pressão estática no ponto seja menor que a pressão no invólucro; assim sendo, ocorrerá a sucção de ar. Ligando-se o invólucro a um balão de ensaio, pode-se retirar ar de dentro do balão, produzindo uma região de baixa pressão.

De uma maneira análoga aos exemplos acima pode-se explicar o funcionamento de um pulverizador, como mostra a figura anexa.

### c) Observações

- O experimento poderá ser efetuado pelo professor, a título de demonstração, destacando em cada caso, as características fenomenológicas.
- O aluno poderá solicitar todo o material e realizar, sozinho ou com colegas, ensaios para melhor sedimentação conceitual dos fenômenos enfocados.
- Torna-se importante uma visita ao Laboratório de Hidráulica, onde existe um banco de ensaios de perda de carga em uma tubulação. As medições permitem prever as conseqüências técnicas e as correções que devem ser introduzidas em condutos de distribuição de águas em uma cidade, por exemplo.
- Achamos importante destacar aspectos críticos dos fenômenos, dentro de determinadas condições de contorno, muitas vezes fáceis de serem objetivados experimentalmente.

- Algumas demonstrações práticas podem ser feitas em simples visitas aos laboratórios da área profissionalizante. Entre elas podemos citar:

- . definição de escoamento laminar e turbilhonar de fluidos (Laboratório de Hidráulica)
- . golpe de arfete (Laboratório de Hidráulica)
- . fenômeno de cavitação (pressão < 0!?)
- . elasticidade de materiais (Laboratório de Materiais de Construção)
- . transmissão de "velocidades" (Oficinas de Aprendizagem).

Estas visitas podem ser realizadas como complemento de aulas teóricas ou de aulas práticas de Física".

### **Capítulo 6 - Sumários e Conclusões**

A proposta básica do trabalho fundamentou-se na adaptação e utilização de várias tendências e abordagens relativamente às atividades experimentais, em particular aquelas referentes a: (a) modelos de ensino de ciências, emergentes de pesquisas realizadas no Brasil e exterior e (b) atividades práticas desenvolvidas nas matérias profissionalizantes oferecidas pela FATEC/SP.

Delineou-se um sistema organizacional em que o aluno: (a) participa dos trabalhos efetuados dentro ou fora do laboratório de física; (b) cumpre horários para a realização de certos experimentos; quanto a outros, realizáveis em locais de sua livre escolha, adota horários e durações que melhor lhe convierem; (c) é orientado através de exercícios, partindo de experimentos do tipo demonstração e passando por esquemas estruturados, seguidos de outros mais livres, até a fase de criação de novos projetos experimentais; (d) recebe folhas de informações tecnológicas consideradas importantes e pertinentes às atividades experimentais.

O desenvolvimento do modelo fez-se acompanhar de análises visando à identificação de possíveis falhas e permitindo introduzir as necessárias alterações em forma contínua. Durante a elaboração de protótipos, foram efetuadas avaliações formativas, quanto à arquitetura, custo, facilidade de manuseio etc.

Novamente submeteu-se o material a teste, na fase de experiência educacional, através do desempenho e opiniões dos estudantes, e, posteriormente, pela atuação destes na área profissionalizante, havendo sido obtidas manifestações amplamente favoráveis ao trabalho realizado no laboratório de física da FATEC/SP.

**Finalizando, o autor propõe, na dissertação alguns temas para futuras análises, relacionados à aceitação desse sistema, modificações organizacionais necessárias e critérios para determinação da eficiência do programa.**

## **Recuperação de Alunos num Curso Básico de Física Proposta de um Modelo Instrucional Alternativo**

**Paulo Yamamura(\*)**

### **Introdução**

A repetência escolar tem sido um problema marcante no ensino brasileiro, em todos os níveis instrucionais, e que, de modo geral, não vem merecendo a devida atenção.

Nos cursos superiores o tratamento dado aos alunos reprovados em uma disciplina pode ser, em linhas gerais, assim esquematizado: (a) refazer a disciplina com os demais alunos regulares; (b) refazer a disciplina, com restrições na carga horária; (c) integrar uma classe especial para dependentes; (d) participar de "cursos sem aula", cursos de verão, recuperação em 2ª chamada, etc., não sendo freqüentes as tentativas de adoção de novos enfoques metodológicos ou medidas que facilitem a aprendizagem. . .

O sistema tradicional de ensino apresenta uma série de problemas que acarretam, em particular na área de física, elevados índices de repetência e evasão: (a) os programas estabelecidos ignoram os pré-requisitos dos estudantes; (b) o ritmo de ensino em geral não corresponde ao da aprendizagem; (c) o conteúdo programado é excessivamente extenso, pois supõe que o aluno retornará à escola para futuros cursos; (d) reduzida ênfase é dada ao papel de orientador que um professor deve exercer; (e) pouca importância é atribuída ao trabalho cooperativo entre os estudantes.

Não era diferente do acima exposto a realidade observada pelo autor no curso de física da Faculdade de Tecnologia de São Paulo (FATEC/SP), onde desenvolveu a pesquisa. Em sua análise, constatou que os alunos ingressantes em cursos superiores nem sempre se ajustam à sistemática dos cursos regulares e poderiam apresentar melhor desempenho se a sala de aula sofresse alterações, transformando-se em ambiente de estudo. Nesse caso, seria importante o desenvolvimento de textos e materiais adequados ao novo esquema.

Assim, valendo-se de sua experiência anterior em ensino programado, o autor apresenta um modelo de curso com as atividades centradas nos alunos,

---

(\*) Orientador: Yashiro Yamamoto. Dissertação aprovada em 16/12/80.

visando à formação de profissionais na área de ensino tecnológico e à diminuição dos índices de repetência.

Essa proposta refere-se a um curso alternativo de recuperação, apoiado em princípios básicos de modelos instrucionais e fundamentos da Tecnologia da Educação, com as seguintes características: (a) modificação na organização da sala de aula, possibilitando a interação do aluno com os diversos recursos disponíveis e favorecendo os relacionamentos aluno-aluno e aluno-professor; (b) individualização do ensino, permitindo que cada aluno escolha formas apropriadas de estudo e trabalho; (c) desenvolvimento de textos e materiais adequados a essa metodologia.

## Capítulo 1 - A Faculdade de Tecnologia de São Paulo

A Faculdade de Tecnologia de São Paulo, mantida pelo Governo Estadual através da autarquia Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, é uma instituição que forma tecnólogos ou técnicos de nível superior. Realiza anualmente dois exames vestibulares, oferecendo em cada um 660 vagas, para cursos com carga horária de aproximadamente 2600 horas e duração de três anos, que funcionam nos períodos diurno e noturno, com 22 a 24 horas-aula semanais. O ano letivo, com dois semestres, compreende 42 semanas de atividades escolares, com aulas técnicas e práticas. As disciplinas do currículo assim se distribuem: 70% - profissionalizantes; 20% - de apoio<sup>(1)</sup>; 10% - humanísticas<sup>(2)</sup>

O campo de ação do tecnólogo é a fase de execução de um projeto. Profissional do saber fazer, tem suas atividades concentradas em uma faixa verticalizada de conhecimentos, na área de supervisão e tomada de decisões referentes a sistemas, métodos, processos, equipamentos e materiais.

A FATEC/SP oferece os seguintes cursos de graduação em tecnologia:

**Mecânica** - modalidades: Desenho de Projetos, Processos de Produção; **Construções Cíveis** - modalidades: Obras hidráulicas, Edifícios, Movimento de Terra e Pavimentação; **Processamento de Dados e Soldagem**. Esses cursos refletem as tendências do mercado de trabalho, havendo sido criados com base no perfil do profissional que se quer formar e apresentando flexibilidade curricular para adaptação às exigências do momento.

O curso de física ministrado na FATEC/SP, divide-se em dois semestres, abrangendo tópicos de mecânica, fluidomecânica e termodinâmica, assim

(1) Física, Cálculo, Eletricidade e Resistência dos Materiais

(2) Português, Humanidades, Relações Humanas e Direito Trabalhista.

distribuídos: Física I - análise dimensional, vetores, forças, estática, atrito, cinemática, dinâmica, trabalho e energia, potência e rendimento; Física II<sup>(3)</sup> - conservação da quantidade de movimento, translação reta, rotação dos corpos rígidos, estática e dinâmica dos fluidos, princípios da termodinâmica.

O programa de laboratório acompanha as aulas teóricas, constando de experiências básicas, dentre as quais serão destacadas: Física I - uso de paquímetro, micrômetro, balança; mesa de força; equilíbrio estático de sólidos; molas; trilho de ar; máquinas simples; Física II - tensão superficial, Lei de Arquimedes, modelo de barragem, medidas de pressão, viscosidade, dilatação linear, transmissão de calor, momento de inércia. Os textos de laboratório são preparados pelos professores do curso.

O curso de física desenvolve-se com 4 aulas teóricas por semana e 2 aulas de laboratório por quinzena, durante 18 semanas de atividade efetiva, perfazendo uma carga horária de 90 horas-aula por semestre.

Para a disciplina Física I são formadas classes de alunos ingressantes (máximo de 60 por classe) e de alunos com uma a três reprovações (40 a 100 em cada classe). As aulas teóricas são duplas, com duração aproximada de 100 minutos. As atividades de laboratório desenvolvem-se em recinto apropriado, em turmas de 30 alunos, também com duração de 100 minutos.

Estudos e levantamentos realizados entre 1976 e 1980 indicaram elevados índices de reprovação e desistência em Física I, acarretando um acúmulo de matrículas nessa disciplina no 2º semestre. As análises mostraram níveis de repetência consideravelmente mais altos nas disciplinas de apoio do que nos cursos profissionalizantes, sendo que, enquanto a disciplina Cálculo I apresenta 45% de aprovação, o curso de Física I aprovava apenas 25% dos estudantes matriculados.

Do ponto de vista administrativo, o problema da repetência nas disciplinas de apoio pode em parte ser explicado pela excessiva carga horária assumida por muitos alunos no preenchimento de matrícula. Do ângulo de vista pedagógico, há que levar em conta a mentalidade da excelência do fracasso, em que o baixo nível de aprovação é sinônimo de excelência docente e curricular, havendo entre os alunos, que encaram passivamente o problema, "um orgulho difuso pelo alto número de reprovações, que em última instância serve para provar aos colegas de outras faculdades a seriedade e validade do curso que fazem".

---

(3) Nem todos os alunos cursam obrigatoriamente Física II, cabendo ressaltar que na área de Processamento de Dados não são ministradas as disciplinas de apoio.

Esse clima, aliado à natural resistência a mudanças por parte do corpo docente, embora dificultando a introdução de novas medidas de natureza pedagógica ou técnico-administrativa, não impediu a elaboração do Regime de Recuperação a seguir exposto.

Visando a possibilitar ao aluno a regularização de sua vida escolar, através do auto-planejamento e de um melhor aproveitamento do tempo, esse regime estabelece que após mais de uma reprovação, em forma sucessiva, na mesma disciplina, o estudante passará a cursá-la em classe regular, porém com carga horária limitada: duas reprovações - 17 horas-aula semanais; três - 10 horas-aula semanais; quatro reprovações - matrícula somente na disciplina.

## Capítulo 2 - O Curso de Recuperação - Modelo Proposto

Paralelamente à implantação do regime acima mencionado, que não envolve alterações metodológicas, foi proposto e aceito, em caráter experimental, um Curso de Recuperação para alunos com sucessivas repetências em Física I, com as seguintes características: (a) classes especiais para estudantes com três ou mais reprovações; (b) presença controlada, com frequência mínima de seis horas-aula semanais; (c) tentativas de uso de novas abordagens metodológicas; (d) manutenção da programação do curso regular, com exigência de maior participação do aluno e empenho por parte do professor.

Implantado em 1979, esse curso tinha, além do objetivo a curto prazo de recuperação dos alunos repetentes em Física I, o propósito de que, a médio e longo prazos, as experiências e materiais desenvolvidos pudessem ser utilizados nos cursos regulares, minimizando assim o problema das freqüentes reprovações.

Entrevistas realizadas com os alunos para um melhor conhecimento da clientela à qual a disciplina seria oferecida bem como a experiência do autor no campo de ensino programado, levaram-no a voltar sua atenção para os sistemas individualizados, no intuito de elaborar um modelo instrucional destinado a uma população com características peculiares<sup>(4)</sup> centrado na atividade do aluno e em que a assimilação dos conteúdos não fosse prejudicada.

A dissertação traz um capítulo dedicado a considerações sobre origens e princípios do ensino programado, e sua utilização no Projeto Piloto para o Ensino de Física, desenvolvido no Brasil em 1963-1964, sob os auspícios da UNESCO, e do

---

(4) Essas entrevistas mostraram que apesar de seus vários insucessos na disciplina de Física I, a maioria dos estudantes com sucessivas reprovações representava Quociente de Inteligência normal.

Projeto FAI - Física Auto-Instrutivo, de que o autor foi participante. Apresenta também as características do Plano Keller, mencionando várias de suas aplicações no país.

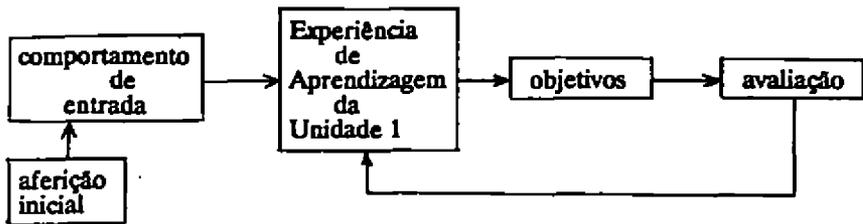
O curso foi projetado com o uso de elementos comuns a vários métodos de ensino individualizado, além de diversos recursos convencionais. Algumas de suas características serão a seguir mencionadas: (a) respeito ao ritmo próprio de aprendizagem; (b) divisão dos programas em pequenas unidades; (c) especificação operacional de objetivos; (d) avaliação matemática das unidades de estudo; (e) revisão da unidade em caso de insucesso; (f) estudo independente; (g) verificação do comportamento de entrada do aluno (pré-requisitos); (h) diversificação dos recursos instrucionais; (i) opções quanto ao local de estudo; (j) maior envolvimento do professor e do aluno no processo ensino-aprendizagem.

Cabe ressaltar que a proposta não se refere a uma aplicação direta dos sistemas individualizados já desenvolvidos, mas sim a uma tentativa de adaptá-los às condições existentes, não apresentando portanto alternativas quanto ao conteúdo e envolvendo restrições com respeito ao calendário. Assim em não concluindo o curso no prazo previsto, o aluno poderia prosseguir no semestre seguinte, mas ficaria prejudicado quanto à matrícula em outras disciplinas.

Utilizou-se um texto-base, sendo o programa dividido em dez unidades de estudo, nas quais as atividades do aluno compreendiam a realização de experimentos programados e a resolução de exercícios e problemas propostos no texto; a possibilidade de acesso a outros textos permitia o reestudo do assunto com abordagens distintas e a resolução de outros exercícios e problemas. Em caso de dúvida, o aluno solicitava o auxílio do professor ou de colegas. Para orientá-lo nas tarefas propostas para a unidade, utilizava-se um cartaz afixado na sala de aula. Ao completar o estudo de uma unidade e julgando estar preparado, o aluno devia submeter-se a uma avaliação contendo testes e problemas, com um nível de desempenho considerado satisfatório. A correção era feita, sempre que possível imediatamente. Caso o estudante não atingisse o nível de desempenho estabelecido, era orientado e convidado a rever os pontos falhos a fim de realizar uma nova avaliação, podendo fazer tantas tentativas quantas necessárias, pois seus eventuais insucessos não influiriam no resultado final. Aprovado numa unidade, ele prosseguia seus estudos no passo seguinte.

Em não possuindo os pré-requisitos de entrada necessários ao desenvolvimento do curso, o aluno era submetido a um programa especial, constando de tópicos de álgebra, geometria plana e trigonometria.

A seguir, apresenta-se um esquema de evolução do estudante no curso:



Foram planejadas exposições a serem realizadas em grupos, quando a maioria dos alunos tivesse concluído uma unidade de estudo. Cada aluno deveria passar várias vezes por essa experiência, que servia para revisão da matéria e possibilitava o desenvolvimento de esquemas para analisar, sintetizar, aplicar e comunicar o conteúdo aprendido.

Após completar as dez unidades previstas, o aluno era considerado aprovado, com o conceito mínimo, podendo obter classificação melhor na prova final do curso.

As turmas foram limitadas ao máximo de 25 alunos, não se prevendo a presença de monitores, mas incentivando-se a participação dos estudantes mais adiantados no auxílio aos colegas, estimulando-se assim o trabalho cooperativo.

No 1º semestre de 1980 começou a ser aplicado um texto base preparado para o curso, com tratamento matemático ao nível das exigências da disciplina e dos pré-requisitos apresentados pelos estudantes. Porém, para incentivar a pesquisa em outras fontes, em cada unidade foram indicados tópicos para leitura, de livros encontrados na biblioteca da faculdade e constantes na bibliografia da disciplina.

No curso proposto não há distinção entre aula teórica e aula de laboratório, pois os estudantes, individualmente ou em grupo, desenvolvem as atividades experimentais de acordo com o progresso de cada um, minimizando assim a quantidade necessária de protótipos dos diversos experimentos. Algumas experiências sofrem modificações, possibilitando aos alunos do curso de recuperação não uma mera repetição do que foi feito no curso regular, mas sim o contato com outros materiais ou novos enfoques na utilização dos já existentes. Além disso, certos problemas típicos resolvidos no texto passam a receber um tratamento experimental, com o emprego de materiais simples disponíveis na instituição.

Para cada atividade prática são preparadas instruções por escrito, e o estudante pode utilizar o material quantas vezes julgar necessário. O professor discute o experimento com o primeiro aluno do grupo que estiver em condições de

realizá-lo e cada um que já concluiu uma experiência é convidado a orientar outros colegas nessa atividade. A apresentação de relatórios é considerado parte integrante do trabalho experimental, encarado como um recurso didático auxiliar.

O professor é situado nesse modelo como um orientador, a quem o estudante recorre para dirimir dúvidas, pedir esclarecimentos, para avaliação. Pode dar atendimento individual e tomar decisões quanto a orientação de estudo conforme o progresso de cada aluno.

A avaliação é concebida como uma forma sistemática de se verificar a evolução do estudante, em função dos objetivos estabelecidos. Os sucessos nessas avaliações são registrados num quadro, denominado "passômetro" de modo que em qualquer momento cada um possa localizar a sua posição relativamente ao programa.

O controle das tarefas é mantido através da ficha de atividade, que fica em poder do aluno, o qual deverá, mesmo não comparecendo à sala de aula, registrar as atividades desenvolvidas. As fichas de atividades são analisadas semanalmente.

Um terceiro controle refere-se à previsão da data de avaliação, feita mediante a inscrição, em folha diariamente afixada no quadro-de-giz, do nome do aluno, com a indicação do dia em que pretende realizar a avaliação e o número da unidade de estudo.

A sala de aula foi concebida com novas dimensões correspondendo a uma estrutura aberta; num ambiente de 7m x 8m, que continha 10 mesas de 1m x 1m, permitindo os mais variados arranjos, onde o aluno poderia interagir com os diversos recursos disponíveis, conforme ilustra o esquema abaixo:



A sala ficava à disposição do estudante durante a semana, estando previsto o professor em três períodos matutinos. No entanto, respeitada a frequência mínima,

o aluno podia optar por estudar em outro recinto de sua escola. Era prevista a realização de preleções, em momentos oportunos, para pequenos grupos ou para toda a classe.

### Capítulo 3 - Aplicação do Modelo

O Curso de Recuperação começou a funcionar no segundo semestre de 1979 com uma turma de 28 alunos (3 a mais do que o previsto). Por ocasião da matrícula cada estudante foi entrevistado individualmente, recebendo informações relativas à sala onde o curso seria desenvolvido, horários e metodologia.

No primeiro dia de aula compareceram 22 alunos, que foram informados sobre as características do curso e submetidos a um teste de pré-requisitos. Os resultados desse teste mostraram que a clientela não dominava noções matemáticas básicas, de modo que as atividades se iniciaram com uma programação corretiva, antes da apresentação da primeira unidade.

A experiência desenvolvida no 1º semestre de 1980 ocorreu de forma semelhante. Dos 24 alunos matriculados 3 nunca compareceram e, dentre os demais, nenhum apresentou o nível desejado de pré-requisitos, iniciando-se portanto o curso com o programa especial.

É interessante notar, relativamente a essas duas turmas, que 70% dos alunos utilizavam a sala de aula para estudo em outros horários, além da frequência semanal obrigatória de 6 horas-aula.

Serão apresentados abaixo quadros demonstrativos dos resultados obtidos nas duas experiências acima mencionadas:

1979

matriculados	28 alunos
não compareceram	6
desistência	2
terminaram antes do prazo previsto	-
terminaram no prazo previsto	13
terminaram com dilação do prazo	7

1980

matriculados	24 alunos
não compareceram	3
desistência	1
terminaram antes do prazo previsto	-
terminaram no prazo previsto	15
terminaram com dilação do prazo	5

Em ambas as ocasiões nenhum estudante terminou o curso antes do prazo-limite, sendo necessário uma prorrogação de uma semana para que todos os estudantes frequentes pudessem completar suas tarefas.

Como ponto positivo pode-se destacar, além da aprovação da grande maioria dos alunos matriculados, o fato de que algumas alterações foram introduzidas no curso regular a partir do desenvolvimento dessa experiência. Assim, textos projetados para o Curso de Recuperação passaram a ser utilizados no curso regular, o mesmo ocorrendo em relação às atividades experimentais.

O elevado percentual de aprovação obtido junto a uma população rejeitada por um sistema de ensino mostrou que os alunos apresentavam potencialidade para responderem às exigências de um curso no qual haviam sofrido sucessivos revezes. À vista dessa experiência, o autor acredita que devemos caminhar para novas dimensões de ensino, reestruturar nosso meio e rever nosso papel de educador, para permitir ao estudante um maior envolvimento no processo de ensino-aprendizagem, pois "ensinar é nossa profissão; pesquisar e apresentar as melhores opções é uma obrigação que a sociedade exige de cada um de nós".

## **Aprendizagem e Leitura: A Técnica de Cloze na Compreensão de Relações de Física.**

Sérgio Brasil Nazário Scala(\*)

### **Capítulo 1 - Introdução**

Em nossas escolas o ensino através do método expositivo é freqüentemente o mais utilizado, exigindo-se, em geral, que o estudante leia, após a aula e por sua própria conta, diferentes materiais escritos. Assim, é indispensável que ele saiba como lidar com esses materiais para melhorar, tanto quanto possível, a sua aprendizagem. Por outro lado, os professores deparam-se diariamente com dificuldades apresentadas por seus alunos no aprendizado através de textos e, se não há como substituir as necessárias horas de estudo, estas poderão sem dúvida ser melhor empregadas.

Um outro aspecto a ressaltar diz respeito ao papel desempenhado no processo de instrução por uma habilidade para aprender. A aprendizagem através de um texto envolve inúmeros processos genéricos, razão pela qual vale a pena dedicar esforço à identificação dos fenômenos relacionados aos processos de leitura propriamente ditos. Assim, diversos trabalhos têm sido desenvolvidos em virtude da preocupação com as habilidades necessárias ao aprendizado a partir do texto.

Larkin e colaboradores<sup>(1)</sup> realizaram junto a seus alunos um treinamento específico para a compreensão de leis e definições físicas, através do uso de instrução programada por meio do método Keller, durante um período de quatro anos, e os resultados obtidos indicaram significativa melhoria nessa atividade, demonstrando ser possível desenvolver uma habilidade geral para aprender através de textos.

Tomando como exemplo a pesquisa acima mencionada, o presente trabalho tem o propósito de aumentar a compreensão<sup>(2)</sup> das relações quantitativas (leis e definições) descritas em um texto, porém através de um procedimento diferente,

(\*) Orientador: Alberto Villani. Dissertação aprovada em 18/12/80.

(1) Larkin, J.H. e Reif, F. - "Analysis and teaching of a general skill for studying scientific text". *Journal of Educational Psychology*, 1976, 68(4), 431-440.

Larkin, J.H.; Reif, F. e Brackett, G.C. - "Teaching general learning and problem-solving skills". *American Journal of Physics*, 1976, 44(3), 212-217.

(2) O termo compreensão associa-se aqui a uma série de habilidades definidas a priori.

lançando mão de textos já em uso e não exigindo treinamento especial para sua aplicação.

Para proporcionar um contato mais profundo entre o leitor e o texto, adotou-se o procedimento *cloze*<sup>(3)</sup>, que basicamente consiste na retirada sistemática de palavras do texto, segundo critério estabelecido, e na exigência de que, durante a leitura, uma sentença contendo um ou mais claros seja completada acrescentando-se a(s) palavra(s) apropriadas(s) para que a frase concorde com seu significado intencional ou aparentemente intencional.

Essa técnica, fundamentada na idéia gestáltica da existência de uma tendência humana para completar figuras ou outros padrões incompletos, envolve a combinação de possíveis palavras com os indícios semânticos e sintáticos oferecidos pelo restante da sentença, constituindo um meio instrucional para melhorar o processo de leitura. No entanto, em função dos critérios utilizados, o método pode também servir como instrumento para medida de compreensão de leitura<sup>(4)</sup>.

A dissertação foi desenvolvida com o propósito de treinar o procedimento *cloze* com textos de física, junto a estudantes universitários, verificando se essa situação apresenta estímulos adequados ao aumento da compreensão das relações relevantes descritas pelo texto.

Como a literatura existente sobre o assunto refere-se principalmente a alunos de 1º e 2º graus e a conteúdos de outras áreas, efetuou-se uma adaptação da técnica, testada experimentalmente com a participação de 41 estudantes do segundo ano de engenharia da Escola Politécnica da USP, divididos em dois grupos de modo a permitir a comparação dos desempenhos dos sujeitos submetidos a dois tratamentos diferentes: leitura e *cloze*.

O resultado obtido, à primeira vista inesperado, mostrou uma limitação devida ao procedimento utilizado, na compreensão de relações quantitativas de física, evidenciando a necessidade de alterações mais profundas nessa técnica para adequá-la ao objetivo proposto no trabalho. Possíveis causas desse efeito limitador foram também pesquisadas.

---

(3) Neologismo criado para evitar confusão com a palavra inglesa *close* (Taylor, W.L. - "Cloze readability scores as indices of individual differences in comprehension and aptitude".) *Journal of Applied Psychology*, 1957, 41(1), 19-26.

(4) Para ambos os objetivos referidos, a dissertação menciona estudos utilizando a técnica *cloze*.

## Capítulo 2 - Aprendizagem e Leitura

### 2.1- Aprender de leitura

Segundo Gibson e Levin<sup>(5)</sup>, aprender alguma coisa do que se lê envolve muitos processos: primeiramente o leitor deve extrair a informação<sup>(6)</sup> relevante, integrando-a a seguir ao seu prévio conhecimento e fixando-a de modo significativo, após o quê estará em condições de recuperar essa informação quando o desejar. Esse tipo de aprendizagem envolve pensar, fazer inferências e, principalmente, utilizar o conteúdo em outra ocasião e novo contexto. Será a seguir analisado cada um desses aspectos:

(a) **Extrair** informação relevante exige selecionar, suprimir, relatar e organizar, sob a influência de um referencial e de acordo com o propósito pelo qual se está lendo. As unidades de informação correspondem a afirmações sobre eventos, predicções, proposições e unidades contendo relações sintáticas e semânticas, sendo essencial a identificação de alguma estrutura semântica quando se pretende aprender através de leitura.

(b) **Integrar**. Uma vez extraída, a nova informação é ordenada, tornando-se parte integrante de uma massa organizada de experiências e, sendo significativa, introduz alterações na estrutura existente.

(c) **Lembrar**. Se algo foi aprendido, deve ser lembrado pelo menos durante algum tempo. Mas se a informação extraída do texto é imediatamente organizada em um pré-existente individual de conhecimentos, espera-se que o quê será eventualmente lembrado poderá ser explicitado pelo leitor de forma completamente diferente daquela exibida pelo texto.

(d) **Inferir**. Aprender através de leitura exige também extrair inferências de um texto, ou seja, efetuar a apreciação de vários conceitos uns em relação aos outros, habilidade que, uma vez adquirida, constituirá importante instrumento para posterior auto-educação.

(e) **Aplicar**. O ponto alto da aprendizagem através de leitura é a capacidade de utilizar apropriadamente o que foi aprendido, um dos principais meios para generalização do conhecimento a novas situações.

(5) Gibson, E.J.; Levin, H. - The psychology of reading. The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, London, 1975.

(6) Informação é aqui entendida como algo com significado para o leitor.

## 2.2- Comportamentos Mathemagênicos

O termo mathemagênico deriva de dois radicais gregos: mathema, "o que é aprendido" e gignesthai, "dar origem". Em tradução aproximada, comportamentos mathemagênicos são respostas internas geradoras da aprendizagem.

Toda instrução subentende uma interação entre o aprendiz e um recurso instrucional, com frequência, material escrito. Os textos apresentam as informações de acordo com diferentes concepções do modo como aquelas serão adquiridas pelos estudantes, assim como ao autor é possível escolher entre várias abordagens distintas para elaborar materiais escritos, e os aprendizes podem dar diversos tipos de respostas internas (não explícitas) a esses estímulos.

As respostas internas são consideradas sensíveis a fatores externos através dos quais podem ser dirigidas ou modeladas pela colocação de indícios ou atividades incorporadas ao material escrito, tais como perguntas, instruções, diagramas e exemplos<sup>(7)</sup>. O sucesso dessas influências sobre comportamentos mathemagênicos específicos sustenta a idéia de que os comportamentos podem ser modelados e os livros escolares, por sua vez, são geralmente elaborados de modo a possibilitar ao professor intervir amplamente na tentativa de provocar esse tipo de comportamento.

O interesse por essa área de pesquisa desenvolveu-se a partir do uso de perguntas incorporadas à estrutura dos materiais escritos. São mencionados, na dissertação, vários trabalhos nesse sentido, ressaltando-se os seus aspectos essenciais. Foram levantados os seguintes pontos:

(a) A partir de respostas a questões sobre um texto, verificou-se a existência de diferenças qualitativas naquilo que é aprendido, correspondentes a dois níveis distintos de processo de aprendizagem em que os estudantes se posicionam diante do material instrucional: nível superficial, com atenção dirigida ao aprendizado do texto em si, numa concepção "reprodutiva" da aprendizagem; nível profundo, orientado para a compreensão do que o autor quer dizer.

(b) Diferentes níveis de processamento podem ser induzidos por tipos diversos de questões instrucionais: factuais ou que exijam maior compreensão, adaptando os alunos seu modo de aprender de acordo com a sua concepção do que lhes será exigido.

(c) Questões experimentais relevantes introduzidas após trechos de texto produzem aumentos significativos na aprendizagem incidental (aprendizagem de

---

(7) Rothkopf, E.Z.; Kaplan, R., "Exploration of the effect of density and specificity of instructional objectives on learning from text". Journal of Educational Psychology, 1974, 66(3), 448-456.

conteúdo não relevante para se responder às questões), em relação a questões colocadas antes do texto.

(d) Perguntas introduzidas ao final do texto servem para resumir ou revisar as informações aprendidas.

(e) A introdução de questões instrucionais antes ou depois do texto provoca diferentes processos mentais determinantes da aprendizagem, como : repetição (das informações apresentadas no texto), pesquisa (de sentenças relevantes para as questões), seleção (focalização da atenção nas sentenças relevantes)

(f) Variações na frequência de questionamento, na previsibilidade da resposta, na experiência anterior do aluno e no tipo de resposta (mental ou escrita) influenciam o desempenho em termos de aquisição e retenção de informações.

### 2.3 - Leitura

Para descrever a relação existente entre os processos necessários à aprendizagem através da leitura, algumas considerações deverão ser feitas acerca de produtos e processos associados a esta atividade. Não é fácil responder a perguntas nessa área, existindo inúmeras dúvidas e controvérsias sobre o que é leitura. As pesquisas sobre compreensão de leitura apresentam vários métodos utilizados na abordagem do problema: método de habilidade, de mensuração, de análise de fatores, correlacional, de legibilidade, introspectivo e de modelos. Não há, porém, uma teoria completa sobre os processos psicológicos básicos que têm lugar durante a leitura. Serão apresentadas, a seguir, algumas concepções teóricas encontradas na bibliografia sobre o assunto, em uma abordagem sistêmica, onde a leitura é estudada como se o leitor e o material escrito constituíssem um sistema de processamento de dados.

Alguns autores defendem o ponto de vista construcionalista de leitura - o leitor constrói o significado para si próprio enquanto seus olhos movem-se através da página. Nesse modelo, três informações lhe são úteis: a informação gráfica atingindo-o visualmente e as informações sintáticas e semânticas obtidas quando ele começa a processar o "input" visual. Assim, a leitura é considerada como um jogo psicolinguístico de adivinhação, concepção severamente criticada por aqueles pesquisadores para quem esse esquema não responde satisfatoriamente a perguntas fundamentais relativamente à base em que o leitor efetua predições, sua natureza e checagem, etc.

Ainda dentro do enfoque sistêmico, apoiado em conceitos probabilísticos e na teoria da informação, um outro modelo encara a leitura como um processo

estocástico (quando, num conjunto finito, os símbolos possuem diferentes probabilidades de ocorrência) e markoffiano (quando a probabilidade e ocorrência de um símbolo é afetada pela ocorrência anterior de outros). Nessa teoria, a informação é função de duas variáveis: número de indicadores lexicográficos associados a uma palavra (gramaticais, semânticos, distinguidores ou indicadores de caso) e número de indicadores lexicográficos previstos para uma palavra. Finalmente, o modelo propõe a "informação" como determinante do grau de facilidade de leitura, isto é, de processamento dos dados.

Gibson e Levin<sup>(8)</sup> chamam a atenção para o fato de que diferentes pessoas ao lerem o mesmo material agem de maneiras diversas, movidas por propósitos distintos, acentuando-se a variedade de modos de agir quando se trata de diferentes materiais lidos pela mesma pessoa. Esses autores consideram a leitura como sendo "um processo adaptativo, ativo, flexível e autodirigido pelo leitor de acordo com seus propósitos", existindo tantos processos de leitura quantas são as pessoas que lêem, coisas para serem lidas e objetivos a atingir. No caso de leitores adultos, a leitura baseia-se na sua adaptação às exigências do texto e na economia de processos cognitivos, que pode ser realizada nas seguintes formas: selecionando informações relevantes e ignorando aquelas não úteis aos propósitos estabelecidos, processando as maiores unidades de informação<sup>(9)</sup> apropriadas à tarefa proposta e processando a mínima quantidade de informação compatível com os objetivos. A adaptabilidade do leitor associa-se à contínua redução de informações, com cortes no processamento na proporção do número de alternativas que poderiam ocorrer ou redução de alternativas pela aplicação de regras e vínculos ou ainda, eliminação de alternativas pelo uso de antigas informações para compreender novas informações.

A verificação dos pontos essenciais das várias concepções mencionadas revelam a existência de pelo menos dois aspectos comuns: a abordagem de leitura como um processo e a antecipação, por parte do leitor, de informações contidas no texto ainda não lido. Quanto ao primeiro ponto, pode-se pensar na leitura como um sistema de processamento de informações, onde os estímulos recebidos das configurações visuais da página impressa (entrada) são processados (processamento) com o objetivo de identificar significados (saídas) de acordo com a estrutura cognitiva e propósitos do leitor. Relativamente à antecipação das informações, pode ser realizada através da exploração do próprio texto com seus

---

(8) Obra anteriormente citada.

(9) Unidades de informação: letras, palavras, sentenças ou parágrafos.

vínculos sintáticos e semânticos, e do conhecimento ou experiência anterior do leitor.

O trabalho focaliza modelos de leitura adequados principalmente a leitores adultos, fluentes, que com apenas um mínimo de indícios da estrutura superficial chegam à estrutura profunda por já possuírem, estocadas no cérebro, informações sobre linguagem e conteúdos. Esse tipo de leitor utiliza três tipos de estratégias:

(a) Antecipação semântica: Refere-se à previsão de componentes semânticos de palavras não analisadas visualmente, através do uso de significados do texto já compreendido. As hipóteses assim geradas podem ser classificadas em três categorias: característica semântica, associada a amplos aspectos de significados; idéia subjacente, onde um conceito ou relação básica é antecipado; e palavra específica, quando a identidade de uma palavra vindoura é antecipada exatamente.

(b) Antecipação sintática. A previsão da categoria gramatical de palavra ainda não lida facilita o processo de leitura, de dois modos: através do conhecimento de parte da palavra, melhorando a reconhecimento e limitando a procura semântica, e do conhecimento anterior da estrutura sintática, determinando uma organização mais eficiente das idéias no texto. O leitor pode prever a estrutura gramatical organizando suas expectativas de acordo com seus conhecimentos de regras de gramática, situação experimental e frequência relativa de seqüências sintáticas, procurando, em síntese, prever relações gramaticais críticas entre os componentes de uma sentença.

(c) Antecipação espacial. Previsão realizada pelo leitor quanto ao ponto onde dirigir sua fixação visual a fim de obter ganho máximo de informação. Há duas alternativas para explicar os padrões de fixação: estímulos-guia, aspectos do arranjo visual que atraem ou repelem as fixações e guias internos, processos relativos ao leitor que determinam, de maneira probabilística, a que distância na linha estará a próxima palavra importante.

## Capítulo 3 - O Experimento

### 3.1- Objetivos

Larkin e colaboradores definem "compreensão" de uma relação quantitativa como a capacidade de demonstrar, a respeito dessa relação, todas as habilidades a seguir especificadas:

A- Estabelecer a informação caracterizando a relação:

(1) estabelecer a relação

(2) dar um exemplo de sua aplicação

(3) listar propriedades das quantidades na relação.

B- Interpretar a relação utilizando as informações em várias representações simbólicas.

C- Fazer discriminações:

(1) Aplicabilidade

a) discriminar entre informações relevantes e irrelevantes para cada quantidade da relação.

b) diferenciar situações para as quais a relação aplica-se ou não.

(2) Comparação

a) discriminar de outras quantidades, cada quantidade constante na relação

b) diferenciar a relação de outras relações.

D- Utilizar formas equivalentes da relação para encontrar ou comparar valores.

Esse conjunto de habilidades corresponde à definição operacional de um objetivo educacional, passível de questionamento e crítica. No entanto, a estratégia representa uma tentativa de conferir clareza e especificidade àquilo que se deseja atingir, constituindo uma fórmula válida comumente utilizada para orientar e avaliar o desempenho de estudantes de física.

No intuito de verificar a eficiência do método cloze como meio instrucional, o autor procurou obter respostas às seguintes questões:

(a) leitura de textos de física com o simultâneo preenchimento de lacunas como uma situação estimuladora adequada ou não ao aumento da "compreensão" de leis e definições apresentadas pelo texto. (b) existência ou não de semelhança entre as habilidades envolvidas no preenchimento de lacunas e aquelas necessárias para responder a um teste de avaliação incluindo a resolução de problemas. (c) correlação entre os desempenhos no processo de instrução e na avaliação, (d) correlação entre os desempenhos nos pré-testes e no processo de aprendizagem. (e) semelhança ou não entre as habilidades requeridas para o preenchimento de lacunas de um texto de física incluindo expressões matemáticas, e aquelas envolvidas no mesmo procedimento em relação a um texto contendo apenas palavras.

O experimento teve como suposição fundamental que, ao preencher os claros de um texto do qual se omitiam algumas palavras julgadas significativas para a "compreensão" das relações de física, o aluno seria estimulado a focalizar aspectos semânticos de uma relação física e, conseqüentemente, teria melhor desempenho na avaliação desses tópicos.

O raciocínio acima apresentado envolve diversas hipóteses: (a) as palavras consideradas significativas são realmente ligadas aos aspectos fundamentais da relação; (b) a procura dessas palavras utiliza principalmente indícios semânticos; (c) esses indícios dizem respeito, necessariamente, às habilidades requeridas para a compreensão da relação; (d) o processamento daquilo que caracteriza a "compreensão" de uma relação é realizado com pleno conhecimento de sua importância e guardado na memória como tal; (e) a avaliação envolve o reconhecimento e a utilização das características de "compreensão" descritas; (f) o uso de uma relação quantitativa não exige outras habilidades significativamente diferentes daquelas anteriormente especificadas.

### 3.2- Método

Foram sujeitos da pesquisa 41 alunos do 2º ano de engenharia da Escola Politécnica da USP, dentre os quais se formaram 13 pares, agrupados através das médias obtidas nos pré-testes<sup>(10)</sup>. Sua participação era voluntária, cientes que estavam do objetivo da pesquisa e de que as notas obtidas nas tarefas relativas ao experimento fariam parte do cômputo geral para aprovação na disciplina Física IV, cujo professor dirigiu as sessões experimentais, em sala de aula.

Na primeira sessão, com o objetivo de obter dois grupos (A e B) equivalentes quanto à compreensão de leitura, solicitou-se aos alunos que lêssem os textos I e II, preenchendo as lacunas, e o nível de compreensão foi definido através dos números de unidades completadas corretamente.

Para verificar o efeito da introdução de claros nos textos, na segunda sessão os grupos A e B foram considerados, através de sorteio, como experimental e de controle, respectivamente. Aos sujeitos do grupo A solicitou-se a leitura do texto nº 1 (Efeito Compton), com o preenchimento de lacunas, bem como a transcrição na folha de respostas, de palavras, relações ou símbolos utilizados. A seguir, o aluno entregava a referida folha, recebendo o texto nº 1 sem lacunas, para auto-avaliação. Finalmente, ao julgar-se em condições, devolvia os textos e solicitava a respectiva avaliação (tratamento cloze). Por outro lado, nessa sessão, o grupo B foi solicitado a ler o texto nº 1 completo. Cada estudante devolvia o texto quando se considerasse preparado, recebendo a avaliação (tratamento leitura).

---

(10) O trabalho apresenta dados relativos aos dois pré-testes realizados, um utilizando texto contendo apenas palavras e o outro incluindo símbolos e expressões matemáticas. Ambos os textos são reproduzidos na dissertação, em apêndice, o primeiro correspondendo ao prefácio de um livro de antropologia cultural e o segundo, a um excerto do livro "Física" de Halliday e Resnick.

A terceira sessão teve como propósito verificar a reprodutibilidade dos resultados da etapa anterior, com o uso do texto nº 2 (efeito fotoelétrico) e invertendo-se os tratamentos utilizados junto aos grupos.

Em todas as sessões, o estudante dispunha do tempo que desejasse, registrando ele mesmo, em local apropriado, a função de cada atividade. A primeira sessão ocupou aproximadamente três horas e as demais, cerca de quatro horas cada.

Os critérios utilizados para a escolha dos textos experimentais<sup>(11)</sup> foram: serem desconhecidos por parte dos sujeitos, apresentarem exigência mínima de pré-requisitos a serem extraídos de livros didáticos. O processo para retirar palavras dos textos envolveu as seguintes etapas: (a) identificação das sentenças correspondentes a informações relevantes a cada um dos itens; (b) dentro de cada frase, indicação de palavras e símbolos matemáticos considerados, por dois juízes, como relevantes para aquela informação; (c) dentre todas as palavras relevantes identificadas, supressão de uma a cada sete, seguindo, na contagem, a ordem normal de leitura.

Foram preparadas duas avaliações, uma para cada texto, compreendendo perguntas e problemas elaborados com base na leitura acima mencionada, para verificação, principalmente, de três comportamentos fundamentais: (a) conhecimento da informação factual relevante sobre o assunto; (b) capacidade de efetuar discriminações quanto à aplicabilidade da relação descrita pelo texto; (c) habilidade para utilizar certas regras matemáticas, juntamente com as informações apresentadas no texto, na busca ou comparação de valores. As avaliações foram corrigidas por dois juízes utilizando critérios especificados pelo autor e descritos na dissertação, sendo obtidos níveis de concordância nos testes sobre "efeito Compton" e "efeito fotoelétrico" de, respectivamente, 91% e 94%.

A fim de comprovar a validade desses instrumentos de avaliação, submetem-se os testes à apreciação de mais dois juízes, obtendo-se concordância de 85% e 90% quanto aos tópicos acima mencionados, na ordem indicada.

Realizou-se ainda uma verificação da equivalência das duas avaliações, através de sua aplicação a um grupo de alunos (Grupo C) com as mesmas características dos sujeitos da pesquisa. Dados relativos a essas verificações são mostrados no trabalho, em apêndice e, na forma de tabela, a dissertação apresenta os resultados da comparação entre as médias (Critério t de Student), entre as variâncias (Critério F de Snedecor) e da correlação de postos entre os dois

---

(11) Reproduzidos na dissertação, em apêndice, esses textos foram extraídos do livro "Física" de Weidner e Sells.

conjuntos de dados (Critério  $r_s$  de Spearman), concluindo serem equivalentes os instrumentos. Finalmente, por não haver diferença significativa ao nível de 5% entre as médias obtidas nas avaliações pelos grupos A, B e C, os três foram considerados equivalentes entre si.

A cada sessão, os estudantes recebiam uma folha contendo instruções (descritas na dissertação, em apêndice) e, àqueles submetidos ao tratamento cloze fornecia-se também uma folha de respostas assim como, após o recolhimento desta, o texto completo para auto-avaliação.

### 3.3- Resultados

Dos 76 alunos que iniciaram o experimento, somente 41 cumpriram todas as tarefas e, dentre estes, apenas 26 (13 pares) permaneceram emparelhados até o final do processo<sup>(12)</sup>.

O plano experimental adotado permitiu efetuar diversas comparações encontrando-se os seguintes resultados:

(a) Com alunos emparelhados. A média obtida através do tratamento cloze foi inferior àquela referente ao tratamento leitura, ao nível de significância estatística de 5%.

(b) Quanto às correlações entre os pré-testes e as avaliações. As correlações entre as avaliações dos textos experimentais e os desempenhos cloze nos dois pré-testes e nos referidos textos mostraram não existir em nove das dez comparações efetuadas, correlação ao nível de significância de 5%. Assim, as habilidades exigidas nos pré-testes, pelos quais os estudantes foram emparelhados, parecem não estar relacionadas àquelas envolvidas nas avaliações dos textos.

(c) Com todos os alunos. Os resultados referentes ao grupo total de alunos confirmaram aqueles encontrados relativamente aos estudantes emparelhados, indicando até mesmo níveis mais elevados de significância.

(d) Quanto à correlação entre os desempenhos dos alunos nas duas avaliações. Foi rejeitada, ao nível de 5%, a hipótese de não haver correlação de postos entre os desempenhos nas avaliações referentes aos textos experimentais para os grupos A e B.

(e) Quanto à correlação entre as habilidades envolvidas no preenchimento de lacunas em um texto literário e um texto científico. Rejeitou-se também a hipótese de não existir correlação no desempenho cloze para os dois pré-testes e os textos experimentais.

---

(12) Em apêndice, a dissertação apresenta dados relativos ao grupo total e aos grupos emparelhados.

(f) Na análise item por item. Adotou-se o método dos mínimos quadrados para testar a existência de diferenças estatisticamente significativas entre os dois grupos em cada item das avaliações, e os resultados permitiram rejeitar a hipótese de que um dos tratamentos estaria privilegiando um tipo específico de resposta, verificando-se ainda ser o tratamento leitura superior ao tratamento cloze, na maioria dos casos.

### 3.4- Conclusões

A utilização da técnica cloze não proporcionou melhoria no desempenho dos alunos em avaliações da compreensão de relações de física, parecendo, ao contrário, haver perturbado significativamente essa compreensão. Diversos fatores devem ser levados em conta em relação a esse resultado: (a) a considerável extensão dos textos; (b) o fato de os alunos serem de nível universitário (uma vez que a maioria dos trabalhos bem sucedidos com esse procedimento refere-se aos níveis de 1º e 2º graus), (c) a duração de cada sessão (o tratamento cloze, mais demorado, acarretava aos estudantes maior cansaço no momento da avaliação) e (d) a ausência de critérios bem definidos para a retirada de palavras do texto. Um maior controle desses aspectos, em futuros trabalhos, permitirá diminuir dúvidas quanto à adequação do procedimento cloze como técnica geradora de aprendizagem na área de física.

Uma maneira satisfatória de explicar os resultados negativos obtidos é considerar que as estratégias pelas quais o leitor prevê as componentes semânticas de palavras ainda não lidas, através de uso de significados já compreendidos, diferem daquelas utilizadas pelo leitor experiente para responder a questões do tipo apresentado nas avaliações.

Assim, aceitando o pressuposto de que os comportamentos antecipatórios são importantes para leitores fluentes e que o tratamento cloze melhora a eficiência de leitura apenas em termos linguísticos, poder-se-ia formular a hipótese de que, no domínio dos conteúdos de física, não basta ser um bom leitor (no sentido linguístico) para obter um desempenho escolar satisfatório. Restaria verificar, em uma futura pesquisa, a hipótese de que as habilidades linguísticas são necessárias porém não suficientes à compreensão de relações físicas.

Finalmente, lacunas na forma de palavras talvez não constituam unidades de processamento apropriadas à aprendizagem através de leitura, sendo necessário realizar novas adaptações da técnica cloze para determinar a extensão adequada das unidades de informação a serem processadas.

## **A Proposição de Objetivos para um Curso de Física do Meio Ambiente no RN: Uma Questão de Análise Sistemática**

**Maria Cristina Dal Pian Nobre<sup>(\*)</sup>**

### **Capítulo 1- Descrição e Análise de FMA/76**

Como professora do Departamento de Física Teórica e Experimental da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), a autora da dissertação recebeu a incumbência de ministrar, no 2º semestre de 1976, a disciplina "Física do Meio Ambiente" (FMA), obrigatória para alunos de bacharelado ou licenciatura do curso de física oferecido pela referida instituição.

A ementa apresentada para a disciplina, a ser ministrada pela primeira vez, compreendia uma lista de tópicos sugerindo, à primeira vista, um programa baseado no conteúdo tratado em livros disponíveis sobre Meio Ambiente(MA). Entretanto, ao analisar os programas de MA em desenvolvimento à época e as suas possíveis implicações na formação de físicos, a autora decidiu não se ater exclusivamente a esses conteúdos<sup>(1)</sup>.

Serão a seguir mencionados alguns temas de MA de interesse para físicos: (a) poluição do ar; produção, transporte e uso de energia; aproveitamento de recursos renováveis; desenvolvimento de fontes alternativas de energia; (b) poluição sonora; transportes; resíduos sólidos; física da atmosfera; radiação ambiental; (c) poluição das águas; pesticidas; suprimento alimentar; controle populacional; poluição térmica; física do oceano; (d) substâncias tóxicas.

Cabe ressaltar aqui o importante papel atribuído aos físicos na caracterização e solução de problemas ambientais, bem como a preocupação com um envolvimento do pesquisador em todos os aspectos do problema focalizado e com aqueles que o vivem em seu cotidiano, no sentido de desenvolver uma tecnologia sem o uso de instrumentos importados de outras realidades e também para que a pesquisa não constitua um fator de despersonalização do homem.

Assim, ao apresentar estudos em princípio desvinculados de situações de uma determinada região, só caracterizados como "ambientais" quando combinados com outras condições, geralmente associadas a elevados níveis de desenvolvimento

---

<sup>(\*)</sup> Orientador: Ernst W. Hamburger. Dissertação aprovada em 26/06/81.

<sup>(1)</sup> A dissertação apresenta, em forma sucinta, uma análise desses programas, particularmente os relacionados a física, desenvolvidos a partir de 1970, em países industrializados como Estados Unidos e Canadá.

industrial, a bibliografia disponível, não pareceu adequada ao uso em um curso de *FMA no RN, região onde os problemas industriais não são críticos*. Configurava-se, portanto, a necessidade de conhecer os problemas ambientais locais, a fim de apresentar situações nas quais os alunos pudessem envolver-se depois de formados.

As instituições onde haveria maior probabilidade de os estudantes virem a atuar como profissionais em física eram a UFRN, escolas de 1º e 2º graus e Secretaria de Educação do Estado, onde se desenvolviam cursos supletivos e alguns outros projetos. Entretanto, a maioria dos alunos de bacharelado ou licenciatura apresentavam expectativas de serem contratados como docentes do Departamento de Física Experimental da UFRN e, após um ou dois anos, afastarem-se, através do Programa CAPES/PICD, para cursarem programas de mestrado em outras universidades. Por outro lado, existia um consenso de que, para assumirem as novas vagas, seriam contratados, sempre que possível, estudantes recém-formados e, uma vez sendo FMA oferecida preferencialmente a alunos concluintes, as expectativas mencionadas podiam ser consideradas como possibilidades praticamente concretas. Contratados como docentes, os estudantes estariam, principalmente, desenvolvendo atividades didáticas e participando de decisões a nível departamental quanto à definição de grupos e linhas de pesquisa. Assim, essa segunda decisão relativamente à proposição de objetivos procurou levar em conta os aspectos docência e pesquisa envolvidos em um possível futuro trabalho dos alunos, o primeiro podendo ser abordado em outras situações, dada a presença de objetivos formalizados nesse sentido nas disciplinas específicas de licenciatura, e o segundo assumindo importância central para FMA, ficando estabelecido que o tratamento de problemas ambientais do RN seria realizado com vistas à participação dos estudantes em projetos de pesquisa.

Será a seguir apresentada em forma de tabela, a descrição dos objetivos terminais de FMA/76:

CONDIÇÕES	CLASSES DE RESPOSTAS	PRODUTOS
-Problemas ambientais do RN  -Física (conhecimento científico)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Elaborar o projeto de pesquisa:               <ol style="list-style-type: none"> <li>a. identificar e caracterizar o problema.</li> <li>b. definir o(s) objetivo(s) do projeto.</li> <li>c. relacionar atividades</li> <li>d. estabelecer cronogramas.</li> <li>e. estabelecer participação e nº de pessoas envolvidas.</li> <li>f. relacionar o material necessário.</li> <li>g. estabelecer custo.</li> </ol> </li> <li>2. Executar as atividades previstas no projeto:               <ol style="list-style-type: none"> <li>a. medir e controlar variáveis</li> </ol> </li> <li>3. Escrever o relatório que deve conter: introdução, método, resultados, discussão e conclusões, comentários.</li> </ol>	-Dados para a formulação de soluções alternativas para os problemas ambientais do RN.

Essa proposição mostrava-se satisfatória no sentido de: (a) garantir ao aluno o estudo de conteúdos relativos à física e a problemas ambientais do RN; (b) vincular a análise a um papel significativo, favorecendo a relação entre a pesquisa científica e a busca de soluções para problemas concretos; (c) permitir ao próprio estudante a produção de conhecimento científico, ao colocar a pesquisa como ponto fundamental. Por outro lado, expressava a identificação e caracterização dos problemas ambientais como condição necessária para que as classes de respostas referentes à participação em projetos de pesquisa pudessem ocorrer na situação estabelecida por esses problemas.

No entanto o programa de FMA deveria também levar em conta a possibilidade de os alunos desenvolverem atividades de laboratório, como uma maneira de treinar respostas necessárias ao alcance do objetivo relativo à pesquisa, na situação referida. Além disso, uma preocupação originada quando da realização do curso História da Ciência, no 1º semestre de 1976, ocasião em que a autora verificou existirem dificuldades para os alunos (que estariam cursando FMA no 2º semestre) quanto à elaboração de resumos de textos, determinou a consideração do

item redigir resumos como forma de prosseguir um trabalho anteriormente iniciado, relacionado tanto à confecção de relatórios como ao desenvolvimento de atividades de laboratório.

Assim, a partir dessas preocupações, elaborou-se a seguinte descrição reformulada dos objetivos de FMA/76:

CONDIÇÕES	CLASSES DE RESPOSTAS	PRODUTOS
<p>-Problemas de MA do RN.</p> <p>-Física.</p> <p>-Textos e relatos de trabalhos e pesquisas científicas.</p> <p>-Situação-origem do experimento.</p> <p>-Equipamentos necessários.</p> <p>-Conhecimento científico relativo ao experimento.</p> <p>-Escrever o relatório.</p> <p>-"Modelo" para redação de relatório.</p>	<p>-Elaborar um projeto de pesquisa:</p> <p>a. identificar e caracterizar o problema.</p> <p>b. definir o(s) objetivos(s) do projeto.</p> <p>c. relacionar atividades.</p> <p>d. estabelecer cronograma.</p> <p>e. estabelecer participação e nº de pessoas envolvidas.</p> <p>f. relacionar o material necessário.</p> <p>g. estabelecer custos.</p> <p>-Resumir textos e relatos de trabalhos e pesquisas científicas.</p> <p>-Realizar experiências de laboratório de física:</p> <p>a. Escolher e preparar o material.</p> <p>b. Coletar e registrar dados.</p> <p>c. tratar dados.</p>	<p>-Projeto de pesquisa que forneça dados para a resolução de problemas ambientais do RN.</p> <p>-Resumos de textos e relatos de trabalhos e pesquisas científicas.</p> <p>-Relatório do experimento realizado.</p>

Foram, então, preparados dois programas distintos, com os seguintes objetivos a serem alcançados pelos alunos:

Programa A: elaborar um projeto de pesquisa; Programa B: resumir textos e relatos de trabalhos e pesquisas científicas; realizar experiências de laboratório e escrever relatórios.

O Programa A visava a favorecer o surgimento de propostas de estudos específicos de MA como uma resposta às necessidades do próprio pessoal local, incluindo atividades como entrevistas, pesquisas bibliográficas, visitas a instituições, etc. Os alunos deveriam completar tarefas de uma semana a outra, além de participar de trabalhos em sala de aula. A maioria dessas atividades dependeria de condições externas à universidade, não podendo ser planejadas pelos professores, nem os seus resultados previamente definidos, considerando-se assim o valor dessas tarefas relacionado mais ao fato de o estudante tê-las cumprido, conforme combinado, do que ao seu nível de qualidade, e associando-se o papel da autora nesse programa à proposição, e orientação das atividades a serem realizadas dentro e fora da sala de aula.

No desenvolvimento do Programa B, onde se enfatiza a aquisição de determinadas habilidades consideradas importantes para alunos prestes a terminar um curso de física, era aconselhável o trabalho com cada estudante individualmente, visando à identificação de suas dificuldades e oferecimento de condições específicas para seu progresso. Adequava-se a esses objetivos o uso do método denominado Curso Personalizado Individual (CPI), e assim o procedimento dos alunos correspondeu a completar uma sequência de passos, cabendo à professora a sua elaboração e, ao mesmo tempo, o desempenho da função de monitor. A atribuição de notas<sup>(2)</sup>, se necessária, ocorreria somente ao final do curso e, uma vez cumpridos todos os passos com 100% de aproveitamento, o estudante deveria receber o conceito máximo. Como um primeiro conjunto de condições apresentado aos alunos para o início do curso elaborou-se uma introdução denominada "Apresentação do Curso e Instruções Gerais"<sup>(3)</sup>, discutida na primeira aula, sendo o texto correspondente proposto como o passo 0(zero).

No Programa A, para encaminhar o levantamento dos problemas ambientais do RN foi proposta, como uma primeira tarefa aos estudantes, a leitura do texto "Ciência, Tecnologia e Realidade Nacional"<sup>(4)</sup> e redação de um resumo. Na aula seguinte, os alunos reuniram-se em grupos de, no máximo, quatro componentes, e, a partir das idéias apresentadas no texto, foram levantados alguns desses problemas. Após uma discussão geral, relacionaram-se os seguintes tópicos a serem pesquisados em FMA: (a) poluição do rio Potengi; (b) inundação das margens da lagoa do

---

(2) O respeito às normas acadêmicas da UFRN levou a autora ao estabelecimento de condições para a obtenção de um conceito e da frequência dos alunos a cada quatro semanas letivas.

(3) Reproduzida na dissertação em apêndice.

(4) Zatz, J. "Ciência, Tecnologia e Realidade Nacional", São Paulo, IFUSP.

Bonfim; (c) evaporação em açudes; (d) aproveitamento das fibras do algodão; (e) características do clima do Nordeste.

A etapa seguinte compreendeu duas atividades: (a) busca de informações a respeito dos tópicos a serem tratados e (b) visitas a diversas instituições (Secretaria da Agricultura, DNOCS, IBDF) para levantamento de possíveis problemas, realizadas em grupos de no máximo quatro alunos, sendo a forma de coleta de dados deixada a critério de cada grupo.

Os trabalhos em sala de aula passaram então a ser planejados em função da natureza das informações trazidas pelos estudantes, bem como do interesse por eles demonstrado. Assim, ao encontrar dificuldades na obtenção de informações a respeito do projeto desenvolvido na UFRN sobre a poluição do Rio Potengi, um grupo passou a dedicar-se ao problema do abastecimento de água da cidade de Natal. A equipe responsável pelo estudo do aproveitamento de fibras de algodão também abandonou o tema, uma vez não localizados os dados desejados nem definida a sua caracterização como um problema ambiental, voltando-se para a pesquisa do tratamento do lixo em Natal. O desenvolvimento do assunto características do clima do Nordeste incluiu um estudo bibliográfico a partir de publicações cedidas pelo Centro Técnico de Aeronáutica, de São José dos Campos, SP, referentes a pesquisas sobre o clima na região em análise. Quanto ao problema da evaporação em açudes, as atividades dos estudantes resumiram-se basicamente ao estudo do fenômeno físico da evaporação e tentativas de localizar dados evaporimétricos de duas estações situadas no interior do Estado do RN bem como informações sobre uma experiência realizada para medida e controle da evaporação. Finalmente, a questão da inundação das margens da lagoa do Bonfim passou a ser encarada sob um outro enfoque quando, na primeira entrevista realizada pelo grupo, este tomou conhecimento de um problema de maior âmbito, atingindo todo o município de Nísia Floresta.

Solicitou-se aos alunos que, a partir das informações disponíveis, propusessem temas para a elaboração de projetos de pesquisa, sendo sugeridos os seguintes: (a) levantamento de indicadores climatológicos (índice pluviométrico, temperatura, pressão atmosférica, etc.) para a caracterização e possível modificação do clima do Nordeste; (b) medida da taxa de evaporação de água em diversos locais do RN, com vistas ao controle da evaporação em açudes; (c) caracterização dos indicadores e métodos de determinação do nível de poluição das águas, visando ao estudo da poluição do rio Potengi e de açudes e lagoas das quais se utiliza água para consumo humano; (d) estudo dos problemas de invasão das águas da lagoa do

Bonfim em terras adjacentes e de "salitrificação" das terras vizinhas à lagoa de Papari pela invasão da água do mar; (e) análise do sistema de coleta e aproveitamento de resíduos sólidos em Natal; (f) construção de destiladores solares para obtenção de água pura em vários municípios servidos apenas por água salobra.

Quanto ao desenvolvimento do Programa B cujo objetivo era, como anteriormente assinalado, suprir falhas apresentadas pelos alunos àquela altura do curso, teve como base o oferecimento de situações nas quais os comportamentos de resumir textos, efetuar experimentos e escrever relatórios pudessem ocorrer.

## Capítulo 2- Descrição e Análise de FMA/77

A proposição do novo programa de FMA foi considerada uma situação de reprogramação onde dados e informações do curso anterior (FMA/76) seriam explicitamente analisados para efeitos de planejamento do curso seguinte (FMA/77).

Essa idéia de considerar dados de um curso na sua reprogramação já vinha sendo levada a efeito em cursos programados, abordando-se com maior frequência os seguintes aspectos, referentes ao desempenho do aluno: (a) quantidade de passos completados no programa; (b) números de sucessos por passo e por aluno; (c) registro acumulado das avaliações realizadas em função dos dias disponíveis; (d) tempo gasto para a conclusão de um passo; (e) distribuição dos estudantes segundo a oportunidade utilizada para solicitação de avaliação em cada passo; (f) respostas dos alunos em relação aos objetivos ou em determinados passos do programa; (g) número de evasões; (h) porcentagem de atividades que possibilitavam contato dos estudantes com o monitor.

Uma vez não apresentando a situação referente a FMA as características de um curso personalizado individual conforme originalmente proposto, encontrou-se a autora frente à questão de quais dados analisar e que aspectos considerar, decidindo, em relação ao Programa A, o seguinte: se o aluno deveria ser capaz de elaborar um projeto de pesquisa, seria importante verificar até que ponto o fizera, dadas as condições oferecidas, constituindo este o ponto de partida para a análise. Quanto ao Programa B, por serem preocupantes algumas queixas levantadas pelos estudantes durante o curso, certos elementos relacionados ao seu desempenho como, por exemplo, o tempo gasto para a conclusão de um passo ou as respostas emitidas em determinadas etapas, poderiam ser utilizados na sua elaboração.

Retomando então os resultados de FMA/76, verificou-se em relação ao Programa A que os alunos chegaram apenas a sugerir temas de pesquisa, atingindo assim somente parte dos objetivos desejados, como resultado principalmente da dificuldade na obtenção de informações e de problemas associados à abordagem de questões de natureza interdisciplinar, obstáculos que talvez pudessem ser separados se se dispusesse de um tempo maior para o desenvolvimento dos projetos.

Entretanto, a análise de algumas condições nas quais os estudantes vieram a propor esses temas de pesquisa levou a autora a questionar o próprio ponto de partida para a programação de FMA/77, ao verificar que os alunos, no levantamento dos problemas, não apontavam a necessidade de novos dados à medida em que um corpo de informações ia sendo estruturado, assim como não estabeleciam relações explícitas entre os tópicos sugeridos e os problemas ambientais associados, nem especificavam os elementos que tornariam os dados a serem colhidos relevantes, de forma a orientar a busca de soluções viáveis e significativas. Essas constatações evidenciaram a necessidade de introdução, no programa de FMA/77, de uma caracterização mais adequada dos problemas ambientais do RN, bem como de uma etapa de análise, possibilitando a explicitação de relações entre problemas ambientais e assuntos para pesquisa, e favorecendo o controle do comportamento dos estudantes relativamente aos dados disponíveis; Para isso, dever-se-iam envolver pessoas ligadas a outras áreas e, finalmente, limitando-se o número de questões a serem tratadas.

Quanto ao Programa B, segundo os alunos, exigia muito trabalho<sup>(5)</sup> o que não fazia parte de suas expectativas. Além disso, não viam importância no objetivo resumir texto e quanto a realizar as experiências e escrever relatórios, o significado dessas atividades apenas se justificaria na medida em que se vinculassem a conteúdos de MA. Assim, no intuito de programar para FMA/77 condições mais significativas para os estudantes, decidiu-se: (a) excluir do Programa B o objetivo de sintetizar textos, introduzindo essa tarefa no Programa A, no contexto de leituras associadas a MA; (b) em relação à realização de experimentos e elaboração de relatórios, buscar a identificação junto aos educandos de respostas que realmente mereceriam treinamento, de modo a oferecer, nas demais atividades, maior interesse; (c) reduzir o número de passos, dedicando tempo mais longo ao

---

(5) Na dissertação são apresentadas, em apêndice, informações relativas a duração das atividades desenvolvidas pelos estudantes nesse apêndice.

atendimento dos alunos<sup>(6)</sup>, e possibilitando assim a um maior número de estudantes concluírem o programa.

Considerando-se os elementos acima descritos, foram propostos os seguintes objetivos para FMA/77, a serem desenvolvidos através dos Programas A e B que, em termos de procedimentos da professora e dos alunos, desta vez em número de nove, mantiveram as mesmas características do curso anterior:

#### OBJETIVOS DO PROGRAMA A

CONDIÇÕES	CLASSES DE RESPOSTAS	PRODUTOS
-Critérios para analisar e caracterizar problemas de MA. -Dados e informações sobre alguns problemas de MA e do RN.	-Caracterizar problemas ambientais do RN.	-Caracterização de alguns problemas de MA do RN.

#### OBJETIVOS DO PROGRAMA B

CONDIÇÕES	CLASSES DE RESPOSTAS	PRODUTOS
-"Situação origem" do experimento. -Equipamentos necessários. -Conhecimento científico relativo ao experimento -"Modelo" para redação de relatório.	-Realizar algumas experiências de laboratório de Física. -Escrever o relatório das experiências realizadas.	-Relatório do experimento realizado.

O Programa A, tendo como preocupação primeira a obtenção de critérios para caracterização e análise de problemas ambientais do RN, assim como o levantamento de informações sobre alguns problemas, desenvolveu-se através das seguintes atividades: (a) leitura e resumo de diversos textos<sup>(7)</sup>; (b) redação e envio

(6) Em torno de vinte horas semanais, segundo estimativa da autora.

(7) "Ciência, Tecnologia e Realidade Nacional", de J. Zatz; "Bioco conversão da Energia Solar e Aproveitamento de Recursos Renováveis", de I. Sachs; "Alternativas de Desenvolvimento", de J. Wilhelm; "A Crise da Energia", de J. Goldemberg; "Meio Ambiente e Desenvolvimento", de J. Sachs.

de cartas solicitando publicações ou sugestões a pessoas que poderiam auxiliar o estabelecimento desses critérios<sup>(8)</sup>; (c) levantamento bibliográfico junto à biblioteca da UFRN; (d) análise de situações envolvendo propostas de desenvolvimento sugeridas pelos alunos com base em critérios apresentados em alguns dos textos mencionados em (1); (e) planejamento de um seminário sobre MA contando com a participação de especialistas na área<sup>(9)</sup>; (f) estabelecimento de critérios para caracterização de problemas ambientais a partir de trabalhos existentes sobre o assunto; (g) escolha de quatro temas para estudo, com base no interesse dos alunos e na disponibilidade de informações: evaporação excessiva da água de açudes no RN; situação criada pela existência da Barragem de Surubajá entre as lagoas de Papeba e Guarafrás, Nísia Floresta, RN; aproveitamento da energia dos ventos em regiões carentes de energia elétrica; poluição atmosférica; (h) levantamento de dados a respeito desses problemas; (i) elaboração, pelos alunos, de um projeto de trabalho, incluindo a especificação dos objetivos a serem atingidos, atividades a desenvolver e cronograma.

Relativamente ao Programa B, através da análise do desempenho dos estudantes nos três primeiros passos foram elaborados os demais (4º a 10º) além de um passo optativo (11º), envolvendo a investigação de fenômenos simples, aquisição de noções sobre medidas e erros e confecção de relatórios.

### Capítulo 3 - Descrição e Análise de FMA/78

Conforme anteriormente salientado, o resultado esperado das atividades dos alunos de FMA/77 deveria relacionar-se no Programa A, à explicitação de critérios com vistas a uma caracterização mais adequada dos problemas ambientais do RN, para a utilização de procedimentos científicos na sistematização e divulgação de dados e informações, no intuito de levar ao estudo de soluções significativas. Cabendo ressaltar que os critérios estabelecidos determinaram a consideração, na análise desses problemas, de aspectos culturais, sociais, econômicos e ecológicos, visando à implantação de novas propostas de desenvolvimento da região.

---

(8) Foram contactados P.N. Neto (SENA, Ministério do Interior, D.F.), W. Kerr (INPA, Manaus, AM), C. Orsini (IFUSP, São Paulo, SP), E. Salati (CENA, Piracicaba, S.P.) A.B.M. Machado (Inst. Ciênc. Biológicas, UFMG, MG), J. Foulter - Depart. Physics and Astronomy, Univ. Maryland).

(9) Realizado em Convênio estabelecido entre a UFRN e o Projeto Rondon, com a presença de especialistas e técnicos da Secretaria de Meio Ambiente (do Ministério do Interior), da Secretaria de Planejamento do Estado de Alagoas, da Secretarias do Estado do RN e de professores da UFRN.

No que se refere ao Programa B, a resistência dos estudantes em relação às atividades planejadas diminuiu sensivelmente no desenvolvimento de FMA/77, tanto devido às modificações já mencionadas, introduzidas em virtude de dificuldades observadas no curso de FMA/76, como pelo menor número de alunos, mais apropriado à realização do trabalho proposto. Novamente aqui, as exigências acadêmicas de atribuição de conceitos finais dentro de um prazo limitado não permitiram que todos os alunos concluíssem o programa, bem como continuou existindo, por parte dos estudantes e da professora, a preocupação com o fato de não estarem os passos vinculados a problemas ambientais, assemelhando-se mais a um curso de laboratório.

Na elaboração de objetivos para FMA/78, uma primeira questão relacionava-se à sugestão dos estudantes para consideração, nas propostas de desenvolvimento, da população atingida, determinando uma análise mais detalhada dos trabalhos em que os alunos basearam essa colocação, particularmente o "Projeto de Levantamento Ecológico e Cultural das Regiões das Lagoas Mundaú e Manguaba"(PLEC) apresentado por seu coordenador em um seminário desenvolvido no curso.

O PLEC estava sendo posto em prática, à época, em Alagoas, onde as características ecológicas, sociais, econômicas e culturais assemelham-se às do RN, partindo do pressuposto de que o processo de introdução de uma estrutura industrial na região mencionada, através da instalação de 21 indústrias químicas, certamente causaria profundas alterações ambientais, afetando a população local. Assim, no intuito de reunir informações a serem utilizadas para a minimização de prejuízos culturais e ecológicos advindos dessa implantação, foram estabelecidos os seguintes objetivos para o projeto: (a) levantamento das condições ecológicas da região dos canais e lagoas da micro-região de Maceió, visando, principalmente, ao reconhecimento das principais espécies animais e vegetais presentes na área, e à coleta de dados necessários à adoção de uma política objetiva para o reaproveitamento econômico dos produtos naturais renováveis; (b) traçado do perfil sócio-econômico cultural da região, com vistas à proposição de medidas para conservação de dinâmicas culturais e vocações regionais, assim como à adequada absorção de novas dinâmicas.

Com base nos resultados alcançados através do projeto, esboçou-se um conjunto de medidas atenuantes para as conseqüências negativas da industrialização na área, compreendendo: (a) programa de saneamento dos canais e lagoas; (b) investigação das causas do desaparecimento dos sururú (*Mytella falcata*) e avaliação

da viabilidade econômica da recuperação dessa espécie; (e) programa especial para o desenvolvimento de pesca artesanal na região; (d) estudos referentes à elaboração de uma legislação para uso do solo para ocupação das áreas situadas em torno dos canais, objetivando a resguardar a ecologia local; (e) criação de comissão técnica especial para o acompanhamento da implantação do complexo, no intuito de evitar distorções na cultura e na ecologia da região; (f) continuação e ampliação desse programa de pesquisas.

Assim, no projeto acima mencionado, considerar a população envolvida significava levar em conta, para efeito de decisão a nível das instituições governamentais, a população como um dado a mais. Porém, a autora ateu-se ao fato de que, uma dada comunidade, ao enfrentar um problema (no caso, ambiental), tem suas formas próprias de buscar e tratar soluções, devendo as resoluções levadas a efeito por cientistas e tecnólogos incluir a possibilidade de a população participar, também a nível de decisão, das propostas apresentadas, aspecto a ser considerado na elaboração dos objetivos de FMA/78.

Em virtude da complexidade dessa questão, pareceu mais viável o estudo de um único problema, sendo escolhido o assunto construção de destiladores solares com vistas à obtenção de água pura a partir de água salobra, por diversas razões: (a) essa proposta envolvia a busca de uma solução para determinado problema; (b) por motivos não diretamente ligados ao curso, a autora conhecia um trabalho realizado em um município seriamente afetado pelo problema, no sentido de procurar possíveis soluções; (c) a construção de destiladores solares mostrava-se tecnicamente viável, envolvendo conhecimentos específicos da área de física; (d) o problema era do interesse de um dos professores que ministrariam FMA/78. (A autora da dissertação estaria, no segundo semestre do mencionado ano, desligada da UFRN, vinculando-se à Universidade Federal de São Carlos).

Essas considerações levaram à proposição dos objetivos terminais de FMA/78 conforme descrito a seguir:

TABELA 1 e 2

1

CONDIÇÕES	CLASSES DE RESPOSTAS	PRODUTOS
-Caracterização do problema  -Conhecimento relativo a soluções alternativas (da comunidade e outras) -Conhecimento relativo à solução: destilação solar.	-Analisar a destilação solar como uma solução alternativa para o problema de água salobra, numa determinada localidade do RN.	-Resultado da Análise

2

CONDIÇÕES	CLASSES DE RESPOSTAS	PRODUTOS
-Material necessário -Conhecimento relativo à destilação solar.	-Construir um destilador solar.	-Destilador solar em funcionamento.

A análise desses objetivos terminais, à luz dos pré-requisitos necessários ao seu alcance e dos propósitos gerais do curso, levou à formulação dos objetivos intermediários de FMA/78, a serem desenvolvidos através dos Programas A e B:

OBJETIVOS DO PROGRAMA A

CONDIÇÕES	CLASSES DE PROPOSTA	PRODUTOS
-Dados existentes sobre o problema. -Caracterização do problema da água salobra. -Informações disponíveis sobre soluções.	-Caracterizar o problema da água salobra. -Levantar soluções alternativas.	-Caracterização do problema da água salobra. -Conhecimento relativo a soluções alternativas.

## OBJETIVOS DO PROGRAMA B

CONDIÇÕES	CLASSES DE RESPOSTAS	PRODUTOS
-Equipamentos de destilação simples.  -Amostra a ser destilada. -Conhecimento relativo à destilação.	-Propor e introduzir modificações no arranjo experimental de uma destilação simples de modo a aumentar a produtividade e reduzir o custo.	-Propostas de modificações e relatório da experiência "modificada"

Desse modo, estariam sendo tratados, através do Programa B, conhecimentos e habilidades necessários à posterior construção de um destilador solar, e no Programa A, introduzir-se-ia inicialmente o tema de forma bastante genérica, fornecendo-se aos poucos os princípios envolvidos no funcionamento do aparelho e caracterizando-se o processo como uma alternativa de solução. Ambos os programas foram definidos para os dois primeiros meses de aulas, colhendo-se gradativamente elementos para o seu posterior desenvolvimento, tanto em relação ao conhecimento propriamente dito como no tocante ao desempenho dos alunos no curso.

Relativamente às tarefas a serem desenvolvidas no Programa A, considerou-se a falta de água em quantidade suficiente e de qualidade adequada ao consumo (humano e animal), à higiene (corporal e do meio) e a outras atividades de uma dada comunidade como ponto de partida para uma primeira descrição do problema da água salobra, devendo essa caracterização incluir informações obtidas junto à população quanto às fontes, demanda e custo da água utilizada no município, bem como sobre os processos de potabilização empregados e possíveis doenças associadas ao uso da água.

Em vista da dificuldade apresentada pelos alunos no relato, principalmente por escrito, de informações levantadas quando da análise de um problema, decidiu-se considerar o tratamento da questão em foco como tarefa do grupo total de alunos de FMA, sendo que diferentes sub-equipes ficariam encarregadas da apresentação de determinados conjuntos de informações.

Na primeira aula os estudantes tomaram ciência do programa elaborado<sup>(10)</sup>, sendo também estabelecidos, nessa ocasião, os seguintes objetivos para as atividades específicas de cada grupo, a serem desenvolvidas junto ao município de São Paulo do Potengi, pela facilidade de locomoção e dada a existência de contatos com pessoas da comunidade que poderiam orientar o trabalho quando da visitas dos alunos:

#### PRIMEIRO CONJUNTO DE ATIVIDADES

GRUPO	OBJETIVOS DA ATIVIDADE
01	1) Descrever as "atividades a nível doméstico nas quais se utiliza água. 2) Identificar as fontes de água para uso doméstico, localizá-las e descrevê-las (tipo, dimensões, capacidade, manutenção, transporte, custo etc.).
02	1) Descrever as "atividades" a nível urbano nas quais se utiliza água. 2) Identificar as fontes de água para as várias "atividades" urbanas, localizá-las e descrevê-las (tipo, dimensões, capacidade, manutenção, transporte, custo etc.).
03	1) Descrever as atividades a nível do município (área rural) nas quais se utiliza água. 2) Identificar as fontes de água para as várias atividades rurais, localizá-las e descrevê-las (tipo, dimensões, capacidade, manutenção, transporte, custo etc.).
04	1) Identificar as fontes que fornecem água para consumo (dentro e fora do município). 2) Descrever os processos de potabilização para as fontes do município.
05	1) Descrever as necessidades "teóricas" de consumo de água em termos de quantidade e qualidade para uma dada população que desenvolve certos tipos de atividade.

(10) Apresentado detalhadamente na dissertação.

06	1) Descrever quais são e como são tratadas as principais doenças ocorridas no município.
07	1) Descrever as características sócio-econômicas do município.
08	1) Descrever as soluções já tentadas para resolver o problema da água (quais foram, quem propos, porque deu (ou não) resultado etc.). 2) Descrever as propostas existentes "dentro" do município, suas justificativas e por que não estão sendo efetivadas.
09	1) Descrever processos de dessalinização da água salobra.
10	1) Montar e colocar em funcionamento um dispositivo simples de medida de corrosão de metal e de medida da quantidade de poeira sedimentar da atmosfera.

#### SEGUNDO CONJUNTO DE ATIVIDADES

GRUPO	OBJETIVOS DA ATIVIDADE
01	1) Estimar a demanda de água a nível doméstico para uma dada população. 2) Estimar o custo da água do item 1.
02	1) Estimar a demanda de água a nível urbano para uma dada localidade. 2) Estimar o custo da água do item 1.
03	1) Estimar a demanda de água a nível municipal para um dado município. 2) Estimar o custo da água do item 1.
04	1) Descrever os processos e padrão de potabilização para as fontes fora do município. 2) Coletar amostras de água para efeitos de análise.
05	1) Descrever os processos e padrões "teóricos" de potabilização da água. 2) Analisar amostras de água salobra.

06	1) Descrever as principais doenças relacionadas com a qualidade e quantidade de água. 2) Descrever como vêm sendo (ou como podem ser) combatidas.
07	1) Descrever as características educacionais da população.
08	1) Descrever as propostas existentes "fora" do município, suas justificativas e por que não estão sendo efetivadas.
09	1) Descrever processos de dessalinização através de destiladores solares e sua viabilidade.
10	1) Montar e colocar em funcionamento em locais diferentes dispositivos semelhantes aos já construídos.

No que tange ao Programa B, a autora, após diversas considerações e com o auxílio de consultas realizadas junto a estudantes de pós-graduação do IFUSP, restringiu o objetivo em estudo à modificação do arranjo experimental de uma destilação simples de modo a reduzir o tempo de duração do processo e o custo de combustível. Foram também levantadas informações mais específicas sobre um controle experimental, a partir da realização, no laboratório, de algumas destilações simples. Finalmente, levando-se em conta as dificuldades apresentadas por alunos de FMA/76 e FMA/77 com relação à construção e análise de gráficos e ao controle de erros experimentais, foram escolhidas as atividades referentes a esta parte, elaborando-se o programa de passos<sup>(11)</sup>.

No tocante ao desenvolvimento dos programas, é interessante destacar que:

(a) No Programa A, todos os relatórios de nº 1 apresentados mereceram comentários com sugestões de modificação, visando à melhoria de aspectos incompletos, contraditórios ou confusos. Cada relatório, após analisado pelos professores e pela autora, foi devolvido com as devidas anotações para correção, sendo as dificuldades posteriormente discutidas com os alunos. Assim, os relatórios de nº 2 demonstraram significativo progresso, tanto do ponto de vista de coerência e riqueza de informações então levantadas (quando da segunda visita à comunidade) como de redação e apresentação propriamente ditas.

---

(11) Incluído na dissertação.

(b) No Programa B, para facilitar o trabalho dos professores quanto à avaliação dos passos, *dividiram-se os estudantes em duas turmas, podendo os componentes de uma turma utilizar o horário da outra para reposição ou adiantamento de passos.*

(c) Como depois de dois meses de aula não haviam sido concluídas as atividades do Programa A nem os passos do Programa B, a autora, mantendo ainda alguns horários para que os alunos finalizassem essas tarefas, decidiu iniciar o estudo da destilação solar, realizado basicamente através de duas atividades: aula expositiva ministrada pelos professores do curso e visita ao grupo de pesquisa em energia solar da Universidade Federal da Paraíba.

(d) Os estudantes distribuíram-se em três grupos, para construção de igual número de destiladores idênticos, do tipo "roof type model", de efeito simples e pequena capacidade, com cobertura transparente, base (de dimensões 1m x 0,5m) e paredes laterais de isopor, e tendo como coletor solar plástico preto recoberto por uma camada de pedras de granito da mesma cor. Durante a fase de construção dos aparelhos os alunos contaram com a colaboração de um técnico da escola de engenharia da UFRN.

(e) A análise da destilação solar como uma tentativa de solução para o problema da água em São Paulo do Potengi, proposta para a primeira semana de dezembro, não foi realizada na forma como planejada pois, nessa ocasião, estava em conclusão a construção dos destiladores. Esse fato, porém, não constituiu um problema, pois ao longo do curso os estudantes tiveram inúmeras ocasiões para questionarem o significado de soluções tecnicistas para uma dada população, passando a atribuir importância às soluções encontradas dentro da própria comunidade.

#### **Capítulo 4 - Considerações Finais**

O procedimento de análise e programação utilizado nas três situações (FMA/76, FMA/77 e FMA/78) permitiu: (a) a especificação de objetivos diferentes para cada situação; (b) a participação dos estudantes nessa elaboração; (c) a criação de condições de ensino mais adequadas para levar os alunos a emitir comportamentos equivalentes ao desempenho especificado nos objetivos; (d) a obtenção de um enfoque para caracterização e análise dos problemas ambientais do RN, na busca de soluções significativas, com o envolvimento dos estudantes em projetos de pesquisa.

Deve-se ressaltar, além disso:

(a) a importância de uma avaliação sistemática dos objetivos propostos para um curso, principalmente quando não há uma tradição já estabelecida; (b) a necessidade de desenvolver mecanismos de análise como parte da própria programação, para garantir essa avaliação que, com vistas a uma reprogramação, não se deve restringir a verificação do alcance ou não dos objetivos; levando também em conta os comportamentos exibidos pelos alunos ao longo do curso, bem como a sua significância relativamente aos pressupostos do programa e envolvendo considerações de naturezas diversas: educacional, econômica, social, filosófica, política, ecológica, etc; (c) a exigência, para o desenvolvimento no RN de um programa de FMA significativo, de participação dos estudantes no processo, bem como de estratégias para caracterização e análise dos problemas ambientais que incluam o ponto de vista da população afetada, as soluções encontradas na comunidade e, finalmente, formas que permitam também a essa população uma participação no trabalho

## Ensino de Ciências a Partir dos Problemas da Comunidade

Marta Maria Castanho Almeida Pernambuco(\*)

### Introdução

A dissertação apresenta uma forma de registro de experiências educacionais, em particular, cursos de ciências voltados para problemas da comunidade. São focalizadas as diferentes etapas desse processo, procurando-se explicitar a origem dos conceitos e dados tratados e discutir a adequação e viabilidade das propostas analisadas.

No intuito de sistematizar o registro, confrontando-o quanto à sua estrutura interna, origem e relação com experimentos correlatos, foram utilizados os seguintes procedimentos: (a) especificação dos pressupostos; (b) síntese da proposta teórica; (c) descrição da prática realizada; (d) análise dessa prática à luz dos pressupostos e da proposta teórica; (e) exame da proposta à vista dos pressupostos e sua comparação com outras experiências instrucionais; (f) análise dos pressupostos quanto à sua adequação.

As concepções de educação utilizadas inspiraram-se nas idéias a seguir mencionadas: (a) a Escola de Barbiana, experiência realizada na década de 60, na aldeia italiana do mesmo nome, apresentando alguma semelhança com o exame supletivo no Brasil; (b) as Escolas Freinet, instaladas na França, Suíça e Bélgica logo após a 1ª Guerra Mundial, com a proposta de alfabetização a partir de textos gerados e impressos pelos próprios alunos; (c) o Serviço de Ensino Vocacional (SEV), instituído em 1961 pelo governo do Estado de São Paulo, sob a inspiração dos princípios da "Escola Nova" ou "Escola Ativa" (Montessori, Dewey e outros); (d) o Movimento de Educação de Base (MEB) surgido em experiências de educação pelo rádio promovidas por bispos do nordeste brasileiro ao final da década de 50; (e) os Centros de Educação Popular Integrada (CEPI), desenvolvidos na Guiné-Bissau a partir de 1977, vinculando o aluno ao seu papel social; (f) a educação problematizadora, de Paulo Freire.

Em linhas gerais, a proposta educacional apresentada na dissertação admite os seguintes pressupostos<sup>(1)</sup>: (a) inadequação dos conteúdos tratados na escola às

(\*) Orientador: Ernst Wolfgang Hamburger, com colaboração de Amélia Império Hamburger. Dissertação aprovada em 17/12/81.

(1) Ao final de cada item será mencionada a respectiva fonte de inspiração.

necessidades das pessoas, e rejeição dos que àquela não se adaptam (Escola de Barbiana); (b) aquisição efetiva de conhecimentos apenas quando o educando é capaz de incorporar o novo conteúdo à sua estrutura mental (Paulo Freire); (c) importância de considerar as relações afetivas na interação professor/alunos e destes entre si (Freinet); (d) papel motivador exercido por temas centrais definidos a partir das ciências sociais (SEV); (e) relevância e viabilidade de um programa de animação na área rural (MEB); (f) possibilidade de a escola formal funcionar como centro cultural de atendimento à comunidade (CEPI), posição esta considerada pela autora como a mais semelhante àquela ora focalizada.

## Capítulo 1 - A Proposta

A idéia do trabalho surgiu quando de um experimento realizado pela autora<sup>(2)</sup> entre 1977 e 1978, em Nízia Floresta, município próximo a Natal (RN), constituindo uma primeira tentativa de assessoria a professoras primárias. A partir daí, foi elaborada uma proposta para registro e análise de experiências educacionais, que orientou o posterior desenvolvimento, em São Paulo do Potengi, no mesmo Estado, da prática focalizada na dissertação e cuja descrição será apresentada mais adiante.

Compreendendo na ocasião cerca de 9.500 habitantes, distribuídos em 17 povoados, a atividade econômica básica do Município de Nízia Floresta associava-se à pesca nas lagoas e agricultura de subsistência, não existindo, à época, nessa região, feira, mercado, farmácia ou telefone. Em cada povoado havia uma escola onde eram oferecidas as quatro primeiras séries do 1º grau.

Um grupo constituído por 15 professores locais passou a reunir-se com a autora nas manhãs de sábado, três vezes ao mês, entre agosto e dezembro/1977 e fevereiro e março/1978. No intuito de vincular o trabalho escolar à realidade local, essa equipe realizou um levantamento das principais atividades econômicas de cada povoado. A seguir, foi efetuada uma comparação entre o planejamento escolar elaborado pelas professoras de acordo com as instruções da Secretaria da Educação, e as atividades desenvolvidas em sala de aula, sendo apontados dois problemas para tratamento em classe, considerados relevantes para os alunos: higiene (1ª e 2ª séries) e alimentação (3ª e 4ª séries). Para caracterização desses aspectos foram utilizados os seguintes procedimentos: (a) elaboração de redações pelos estudantes de 3ª e 4ª séries, versando sobre a alimentação habitual de uma

---

(2) Com a colaboração da Profa. M.C. Dal Pian Nobre.

criança nas três refeições diárias; (b) realização de um controle pelas professoras das séries iniciais, com anotações a cada aula, em fichas, para todos os alunos, dos pontos de higiene considerados problemáticos.

Os dados referentes ao primeiro item foram trabalhados segundo a frequência com que os alimentos apareciam nas redações, separando-se estes em grupos, conforme a semelhança das propriedades nutritivas. Quanto ao segundo ponto, na opinião das professoras os problemas de higiene estavam desaparecendo apenas com o controle diário, sendo desnecessária, assim, a sistematização das informações coletadas.

Visando principalmente à identificação de problemas da comunidade através do registro de dados, e ao treinamento do grupo na referida habilidade, as atividades planejadas para esta fase do trabalho encontraram diversos obstáculos à sua realização, os quais serão, a seguir, mencionados: (a) interferência da escolha de temas como higiene e alimentação na vida familiar e social de alunos e professores; (b) carência de bibliografia acessível sobre o assunto; (c) dificuldade de leitura e escrita por parte das professoras.

Um ponto interessante a ser destacado diz respeito à valorização das professoras de mais idade, que pelo seu profundo conhecimento da vida na comunidade tiveram papel de destaque no experimento realizado, contrariamente ao que em geral ocorre em outros programas de reciclagem, quando essas pessoas são marginalizadas pelas dificuldades apresentadas em virtude de seu reduzido nível de escolaridade.

Assim, a partir dos pressupostos anteriormente indicados e dos resultados obtidos na experiência acima descrita, foram escolhidos os seguintes tópicos para análise: (a) estudo da comunidade, aqui denominado levantamento da comunidade; (b) introdução do conteúdo específico de cada disciplina e (c) método de trabalho em sala de aula. Esses itens passariam, como já assinalado, a nortear o desenvolvimento da prática posteriormente realizada em São Paulo do Potengi, no desenvolvimento de uma proposta educacional visando à transformação da escola em um centro de atuação sobre a comunidade.

## Capítulo 2 - A Prática

### 2.1 - Introdução

Será relatada nesta parte, a organização de um grupo de professores para programação e aplicação de um curso de ciências em São Paulo do Potengi<sup>(3)</sup>, prática que possibilitou o desenvolvimento da proposta teórica e sua avaliação.

Possuindo à época uma população de aproximadamente 9.000 habitantes, o referido município localiza-se a 80km de Natal, tendo como atividades econômicas básicas a agricultura de subsistência e o plantio de algodão e apresentando, em contraste com outras cidades do interior do Rio Grande do Norte, uma rede escolar desenvolvida. No final dos anos 60, a igreja realizou na região uma experiência de organização de bases para o desenvolvimento da comunidade, sendo a escola secundária um dos frutos desse trabalho.

A má qualidade da água no local, que tinha sabor desagradável, por ser salobra e "dura"<sup>(4)</sup>, dificultava o cozimento do feijão e de outros alimentos, além de não permitir a produção de espuma, pela reação com o sabão. Finalmente, a inexistência de encanamento no município situava o problema da água como um dos mais graves para a sobrevivência da comunidade.

### 2.2 - A Realização do Experimento

A primeira atividade correspondeu à elaboração, pela autora, de um roteiro para levantamento e organização dos dados disponíveis sobre a cidade de São Paulo do Potengi, seguindo-se a sua viagem ao local, em julho de 1979, a fim de completar esse roteiro bem como constituir um grupo de professoras da região (grupo de apoio) dispostas a trabalharem para a introdução de mudanças em alguns cursos. Essas alterações seriam efetuadas através da preparação de atividades de física para o 2º grau ou a disciplina de ciências nas séries finais do 1º grau, e em uma segunda etapa a autora, coordenando o grupo à distância, enviaria de São Paulo (SP) material de suporte para as discussões, pretendendo retornar no início do ano seguinte para auxiliar na implantação da proposta cujo tema seria o estudo da água disponível na região.

Apesar do interesse inicialmente suscitado pela idéia, várias dificuldades foram apresentadas pelos participantes do grupo quanto ao desenvolvimento do

---

(3) Com o suporte financeiro da Fundação de Amparo à Pesquisa (FAPESP) e da Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP).

(4) Ao conter cátions bivalentes tais como  $\text{Ca}^{++}$  e  $\text{Mg}^{++}$ .

trabalho: (a) habituados ao ensino expositivo, os estudantes secundários opor-se-iam a um curso ministrado em forma diferente; (b) a proposta não respeitava o objetivo do curso de 2º grau de preparação ao vestibular; (c) ao exigir a realização de trabalhos em grupos e atividades extra-classes, a experiência enfrentaria oposição por parte da direção do colégio de freiras (1º grau-ginásio).

Além disso, o grupo encontrou poucas ocasiões para reunir-se, de maneira que essa atividade demonstrou constituir uma sobrecarga de trabalho para as professoras exigindo, assim, remuneração, o que passou a ser feito, com o pagamento pela participação em reuniões.

Com a volta da autora ao município em 1980, para encaminhamento do trabalho, foi praticamente mantido o grupo inicial, sendo realizados seis encontros, com a elaboração do planejamento para um curso de 3ª série do 1º grau, a ser aplicado entre março e junho desse ano, junto aos alunos do período noturno que desejassem submeter-se à experiência. Terminada essa etapa, a equipe de apoio prosseguiu com as reuniões, enviando à autora, em São Paulo, relatórios<sup>(5)</sup> sobre os encontros promovidos semanalmente. Através de carta ou telefonema, mensal esses relatórios eram comentados e oferecidas as necessárias instruções. Em julho do mesmo ano foram realizadas, com a presença da autora, para balanço das atividades, mais seis reuniões, as últimas com remuneração, cessando então o compromisso por parte do grupo do envio semanal de relatórios. Na ocasião, foram selecionados diversos subtemas para possível abordagem em sala de aula, a partir do tema principal anteriormente identificado: a água, e colocados à disposição do grupo alguns livros para consulta, escolhidos em virtude de apresentarem linguagem acessível, generalidade e confiabilidade quanto à correção dos conceitos tratados. O grupo apresentou, também, a pequena bibliografia local disponível sobre o assunto.

A escolha dos subtemas a serem tratados foi efetuada pelas professoras, optando elas por aqueles que lhes pareceram mais próximos, concretos e bem conhecidos: relação entre água e saúde e estudo da água na agricultura<sup>(6)</sup>. Passou-se então ao estudo desses tópicos, através de: (a) leitura conjunta, seguida de discussões; (b) sempre que possível, execução de experiências propostas nos textos; (c) síntese do conteúdo analisado, em forma de resumo destacando os pontos principais.

A etapa correspondeu ao levantamento da bibliografia didática para utilização pelo aluno de 1º grau, sendo que as duas obras abaixo mencionadas

---

(5) Reproduzidos na dissertação em apêndice.

(6) Apenas o primeiro subtema foi apresentado no curso.

resumem as posições básicas encontradas nos textos: (a) "Ciências e Estudos para a 3ª série do 1º grau", D.P. de M. Neves, obra genérica e dogmática, estimulando a memorização; (b) "Ciências para Ensino do 1º grau - 2º livro", FUNBEC, onde o conteúdo é introduzido a partir de experiências para execução pelo aluno.

O planejamento das atividades a serem realizadas pelos estudantes foi efetuado com base nos pressupostos assumidos e na seqüência do conteúdo analisado, na forma de tarefas semanais. Uma das professoras, Julieta, aceitou a responsabilidade pela aplicação do curso.

A escola em que a experiência teve lugar, totalmente mantida por esforço comunitário, surgiu como uma sala de aula construída através de herança deixada para edificação de uma capela. Seus funcionários e professores, quase voluntários, trabalhavam em troca de pequenos salários, recebidos anualmente por ocasião da festa em homenagem ao padroeiro da instituição, e os estudantes, que afluam em número considerável, contribuíam apenas com uma taxa mensal simbólica para compra de materiais como giz e apagador.

Na primeira semana de aulas os alunos<sup>(7)</sup>, divididos em grupos, prepararam uma listagem das doenças mais comuns na cidade, classificando-as, com o auxílio da professora, em enfermidades não contagiosas, de contágio direto ou de contágio através da água. Na semana seguinte, para confirmação dessa lista, as equipes visitaram farmácias, hospital, cartório, paróquia (livro de óbitos), destacando-se, entre os dados coletados, o alto índice de mortalidade entre menores de cinco anos e a predominância de doenças como desidratação, verminose explícita e infecção intestinal, todas associadas à má qualidade da água e a ausência de rede de esgotos no município. Anemia e gastroenterites completavam esse quadro de falta de saneamento básico.

Entre a terceira e a quinta semana foram realizadas as seguintes atividades: (a) tabulação dos dados obtidos e apresentação de uma apostila sobre doenças, elaborada pela professora; (b) discussão das causas da contaminação da água em São Paulo do Potengi; (c) aplicação de uma prova avaliando a memorização das principais doenças identificadas e suas causas; (d) confecção de cartazes pelos alunos.

Na sexta semana, os estudantes dedicaram-se ao estudo das fontes de água comuns na região (barreiro, poço, tanque e cacimba). Acompanhados pela

---

(7) Em número de 48, com idades variando entre 12 e 30 anos, de ambos os sexos, incluindo pessoas casadas. Todos desenvolviam algum tipo de trabalho, na agricultura, comércio ou em casa. A maioria redigia com dificuldade e alguns eram incapazes de escrever.

professora, visitaram os diversos tipos de fontes, conversando com pessoas que coletavam água e tirando fotografias. Essas fotos foram anexadas a um relatório elaborado por Julieta, analisando os locais visitados à luz dos padrões<sup>(8)</sup> de higiene estabelecidos pela Saúde Pública. Após a realização de debates com os alunos, estes prepararam cartazes, afixando-os na sala, com a indicação da principal conclusão obtida: todas as fontes analisadas, por não obedecerem às normas previstas, poderiam estar contaminadas.

As atividades desenvolvidas nas sétima e oitava semanas correspondem a: (a) discussão dos cuidados necessários relativamente às fontes de abastecimento de água; (b) distribuição aos alunos de apostila preparada pela professora sobre o assunto; (c) aplicação de nova avaliação aos estudantes nos mesmos moldes da anterior. Na nona semana, os trabalhos realizados compreenderam a elaboração de um texto e discussão deste com a classe, sendo focalizado nessa etapa o tratamento caseiro de água, através dos seguintes métodos: acréscimo de cloro (água sanitária); fervura e filtração da água e manutenção da limpeza dos recipientes.

Nas cinco semanas seguintes, os alunos pesquisaram possíveis meios para sua atuação na comunidade, a partir dos conhecimentos adquiridos. No entanto, essa ação, objetivo principal do programa, acarretou-lhes grandes dificuldades, ao se sentirem impotentes para introduzirem alterações no processo de abastecimento de água no município. Nesse período, os estudantes propuseram-se a zelar pela higiene do recipiente onde era coletada a água para uso na escola, distribuíram pelas salas de aula os cartazes elaborados e sugeriram a realização de cursos junto a clubes de mães e a outras classes ou escolas, para divulgação dos cuidados necessários ao adequado tratamento da água. Também foram oferecidas palestras sobre o assunto, por técnicos na área de saúde. O experimento teve duração total de quatorze semanas letivas, sendo encerrado com uma auto-avaliação oral de cada aluno quanto ao trabalho desenvolvido e a realização de uma prova semelhante às anteriores.

### Capítulo 3 - Análise do Experimento

A execução do projeto encontrou diversos obstáculos que serão a seguir mencionados: (a) na opinião do grupo de apoio (incluindo Julieta), o programa era bastante exigente, requerendo estudo constante; (b) o grupo pressionava a professora, já naturalmente um tanto insegura, para que o planejamento inicial

(8) Registrados em apostila publicada pela USP.

fosse seguido, levando-a a simplificar as atividades, com a eliminação de pesquisas de campo e outras tarefas não habituais em cursos regulares; (c) embora tenham sido sempre crescentes as manifestações de interesse nos debates, a participação dos estudantes nas fases de anotação de resultados ou leitura de materiais era, em geral, reduzida, em virtude de dificuldades apresentadas nessas habilidades; (d) apesar da utilização do esquema de trabalhos em grupos, a relação professor/aluno permanecia a mesma das outras salas de aula, não havendo tentativas de aplicação dos conteúdos analisados à vida quotidiana; (e) coube à professora a maior parte do trabalho, com a redação de textos e registro da seqüência de atividades, planos de aula e resultados de pesquisa, incluindo documentários e fotos<sup>(9)</sup>.

Assim, não foi atingido o objetivo de mudança nas relações de sala de aula como um todo, o mesmo ocorrendo, conforme já assinalado, quanto à proposta inicial de interação entre a escola e a comunidade.

Será discutida, a seguir, a prática realizada em São Paulo do Potengi, à luz dos seguintes itens, anteriormente propostos: (a) o levantamento da comunidade; (b) a introdução do conteúdo e (c) a metodologia aplicada em sala de aula. Cada tópico será considerado segundo: ponto de partida, proposta, prática, análise da prática, análise da proposta e, finalmente, análise dos pressupostos.

#### (a) O Levantamento da Comunidade.

O ponto de partida. Não possuindo formação especial em sociologia, a autora da dissertação extraiu, de leituras sobre o assunto e entrevistas realizadas com especialistas na área, a idéia básica do programa: compreensão da linha-mestra em torno da qual é organizada a vida de uma comunidade, identificando possíveis formas de ação sobre essa realidade. Aparece aí, então, o estudo do desenvolvimento sócio-político como essencial à análise da estrutura econômico-cultural, a ser reconstituída a partir de conversas, entrevistas e observações, mais do que através do uso de dados estatísticos.

A proposta. Com base nessa posição, foi elaborado um roteiro para sistematização de dados obtidos sobre comunidades rurais, em duas partes: (a) aspecto econômico, incluindo a organização sócio-política; e (b) aspecto cultural, abrangendo as formas de vida e expressão.

A prática. Na estada em São Paulo do Potengi, em julho de 1979, a autora desenvolveu as seguintes atividades: (a) reconstituição da história do município, através de entrevistas com o mais antigo morador e outros; (b) elaboração de um

---

(9) Parte desse material é reproduzido na dissertação, em apêndice.

diário; (c) visitas a algumas comunidades rurais; (d) diálogos com professores e diretores das escolas da cidade, além de outras autoridades locais; (e) coletas de dados junto à prefeitura, sobre a situação dessas escolas. Eram disponíveis, além disso, informações obtidas em diversos trabalhos pertinentes ao programa, incluindo uma dissertação de mestrado, análises sobre a atuação da igreja no Rio Grande do Norte, relatórios sobre a estrutura geológica da região, levantamentos da SUDENE dos recursos econômicos da área e dados coletados pelos alunos da disciplina "Física do Meio Ambiente", ministrada pela autora na UFRN.

Análise da prática. Vários obstáculos foram encontrados durante a execução do programa, pois os dados coletados não permitiam uma visão global do ciclo econômico, assim como era muito fragmentária a visão obtida da cultura, não ficando clara a sua relação com o processo produtivo. Quanto à tomada de dados, possivelmente levou à desconsideração de aspectos importantes, pelo fato de haver sido realizada por uma única pessoa e também devido à dificuldade de locomoção no município. Finalmente, por razões diversas, não foi possível envolver a comunidade na coleta desses dados.

Análise da proposta. Embora não haja qualquer evidência de inadequação do estudo da estrutura econômico-cultural na pesquisa do princípio organizatório da vida da comunidade, não foi atingida uma visão clara do processo de desenvolvimento local, concorrendo para isso a forma de estruturação do roteiro e as dificuldades encontradas em sua aplicação. Para ser bem sucedido, esse roteiro deveria prever a relação entre o fator econômico-social e aspectos culturais, com a indicação do nível de detalhe requerido para cada informação, em um procedimento de "pesquisa global da realidade", fora dos limites da proposta aqui apresentada.

Análise dos pressupostos. Não foi completamente respeitado o pressuposto de que o levantamento da comunidade teria como base o estudo de fatores econômico-culturais, cuja estrutura seria reconstituída a partir de entrevistas e observações; porém esses elementos foram anteriormente discutidos, tendo sua importância reforçada pela prática, bem como pela análise realizada

#### **(b) A Introdução do Conteúdo Específico de Ciências**

O ponto de partida. A aprendizagem corresponde a um processo de reelaboração do conhecimento, sendo função do professor organizar situações de ensino, levando em conta as exigências administrativas, uma proposta pedagógica e também a cultura e estrutura mental do aluno. O real domínio de um conceito só ocorre ao

apreender-se a sua lógica interna, modo de interação com a realidade e finalidade própria.

**A proposta.** Compreende as etapas da programação do conteúdo para os alunos: (1) identificar um tema gerador, associado a um processo de mudança em curso, ou um aspecto relevante para a compreensão do contexto social ou ainda, um método de acesso à tecnologia necessária ao desenvolvimento local; (2) propor subtemas: faces do problema a serem tratadas, levando em conta a forma como este afeta os membros da comunidade, o domínio ou não, pelos professores, do conteúdo necessário, e as limitações institucionais; (3) efetuar um levantamento de conceitos e processos envolvidos e sua inter-relação; (4) programar as atividades para os estudantes, a partir de uma pesquisa de seu conhecimento sobre o assunto focalizado.

**A prática.** Escolhido o tema abastecimento de água em São Paulo do Potengi, foi realizada a especificação dos subtemas, com um enfoque, por influência da autora, bastante voltado para a física. No entanto, a escolha das professoras recaiu sobre os tópicos água e doença e água e agricultura, onde essa ciência não aparecia tanto<sup>(10)</sup>.

**Análise da prática.** Não puderam ser cumpridos todos os itens da proposta, principalmente devido a problemas surgidos em relação ao estudo da agricultura e também em virtude de não haverem sido consideradas, no planejamento, dificuldades associadas à organização do espaço no recinto da escola para a realização de determinadas tarefas como, por exemplo, guardar as mudas de plantas cultivadas pelos alunos. Contribuiu, finalmente; a tensão sempre presente quando um estabelecimento tradicional de ensino conta com a participação dos estudantes em uma proposta de mudança.

**Análise da proposta.** O programa organizado levou em conta os limites impostos pela direção da escola bem como pelos programas oficiais para cada disciplina e pela proposta pedagógica anteriormente apresentada e discutida. A identificação da estrutura mental do aluno mostrou constituir um ponto crítico, tornando-se manifesta a carência de um instrumento teórico adequado para melhor desenvolver essa etapa. Também apresentou dificuldades a seleção de pontos-chave para tratamento do conteúdo; por não seguir um padrão definido, refletindo a forma como era percebida a estrutura do conhecimento transmitido. Finalmente, havia a necessidade de uma aplicação prática, sem deixar de lado a construção teórica, tarefa que revelou envolver um processo de tomada de decisões, no qual o professor

---

(10) A seqüência de atividades para cada um desses subtemas aparece, em detalhes, na dissertação.

deveria perceber o alcance das limitações, buscando soluções para que o experimento resultasse significativo para o desenvolvimento da comunidade.

Análise dos pressupostos. Durante a realização da experiência, não foram alterados os pressupostos iniciais quanto ao processo de aprendizagem, estrutura do conteúdo e pontos a serem respeitados em sua organização: nessa fase, fica evidente a exigência do domínio desse conteúdo pelo educador, para ser capaz de explicitar a sua estrutura básica.

### (c) Metodologia Aplicada em Sala de Aula

O ponto de partida. a busca do método de trabalho em classe teve como base os seguintes elementos: discussão de um texto elaborado pela autora sobre o papel que a escola pode desempenhar na sociedade; resumo de um livro de Freinet (guia prático para organização de uma escola popular); recordações das professoras acerca de um seminário previamente oferecido sobre o assunto por participantes do Projeto Rondon; experiência individual em sala de aula. Nesses debates, alguns pontos fundamentais foram destacados, como pressupostos básicos de qualquer organização proposta para trabalho em classe. Esses aspectos referem-se ao direito de todo ser humano à felicidade, realização pessoal e desenvolvimento da capacidade criadora, à igualdade da natureza humana, excluindo qualquer forma de discriminação ou racismo, e à contribuição pessoal ao trabalho coletivo.

A proposta. Os seguintes pontos nortearam a escolha da maneira de atuação: respeito ao aluno, seu ritmo próprio de aprendizagem e condições iniciais; motivação para o trabalho, com a criação de um ambiente essencialmente cooperativo, regras definidas em comum e mecanismos de controle principalmente sociais, como auto-avaliação ou avaliação em grupos.

A prática. Conforme anteriormente assinalado, inexistiu a esperada alteração na postura da professora em sala de aula, bem como os relatórios das reuniões com o grupo de apoio não mencionaram atitudes indicativas de preocupação especial com o método de trabalho em classe.

Análise da prática. Eram previstas dificuldades na execução da proposta, ao exigir uma profunda mudança no comportamento da professora em aula, além de requerer elevado nível de organização do grupo de apoio no sentido de, a partir de reflexões sobre cada etapa, reprogramar as seguintes preparando, quando necessário, novos materiais.

Análise da proposta. Bastante ambiciosa, pressupõe uma modificação na própria idéia do que seja ensinar, implicando, ainda, uma forma de relacionamento humano

para a qual a professora e seus alunos não haviam sido treinados, ao fundamentar-se no respeito mútuo e não na autoridade absoluta do mestre.

**Análise dos pressupostos.** Nesse item a autora lembra a participação dos estudantes na organização do ensino como causa básica do sucesso alcançado tanto em colégios vocacionais como nas Escolas Freinet e Barbiana, em experiências desenvolvidas pelo MEB ou nos CEPIS, constituindo esse fato, na linguagem de Paulo Freire "a indispensável mudança da educação bancária para a educação dialógica"<sup>(11)</sup>.

#### Capítulo 4 - Comentários Finais

Uma assessoria do tipo aqui analisado pode ser oferecida basicamente em duas situações: se solicitada, caso considerado ideal, ou quando proposta como foi no exemplo ora focalizado. De qualquer forma, porém, é necessária a presença de uma pessoa da região funcionando como elo de ligação entre a equipe de assessoria e o grupo local, sendo que a receptividade ao programa depende do crédito depositado por esse elemento na equipe assessora, bem como de sua aceitação junto ao próprio grupo. Finalmente, além de condições subjetivas de confiança e entusiasmo por parte da equipe de apoio, estabelecidas a partir da eficiência da proposta de trabalho e da participação efetiva do grupo local nas decisões, desde as primeiras etapas do projeto, também se requer a organização de condições materiais mínimas, como a remuneração profissional dos participantes locais e conseqüente necessidade de suporte financeiro por parte de um órgão de pesquisa, o planejamento das reuniões de trabalho em forma semelhante àquela a ser utilizada em sala de aula, e a preparação dos professores para essa tarefa, a partir da análise de sua formação e da adequação da proposta à realidade local e às limitações institucionais.

Os pressupostos aqui assumidos quanto ao papel que a escola pode exercer em uma comunidade, ao determinarem uma visão da primeira como centro de pesquisa e conhecimento, constituem, na verdade, uma utopia, pressupondo uma sociedade auto-gerida, onde todos tenham acesso à cultura, bens materiais, e à direção do próprio destino social. Na busca de uma prática que possibilite aproximar a escola dessa utopia, a autora destaca alguns pontos a serem revistos: (a) a expectativa de alunos e pais no tocante à função da escola, geralmente considerada como um trampolim para ascensão social, de forma que um ensino

---

(11) Na dissertação, a análise da proposta inclui, nos itens "a", "b" e "c" acima desenvolvidos, comparações com aspectos referentes a essas concepções de educação, além de outras.

voltado para a realidade local talvez pareça impedir esse processo; (b) a estrutura da escola e a dificuldade de livre atuação dentro do esquema tradicional, onde não é prevista a participação da comunidade e (c) a formação de professores, com respeito ao conteúdo e também ao treinamento em situações concretas, para que sejam capazes de refletir acerca de seu próprio comportamento em sala de aula.

A proposta ora focalizada, tendo como base a necessidade de preservação cultural e desenvolvimento local, e possuindo uma limitação bem definida face à rapidez com que vêm ocorrendo transformações nas diversas regiões, apresenta três aspectos principais, considerados pela autora como temas de continuidade: (a) pesquisa global - busca de um método de levantamento que permita uma compreensão do processo de mobilização social e desenvolvimento em curso em um determinado local; (b) fundamentação psico-pedagógica - síntese das principais idéias referentes às teorias psicológicas do conhecimento e processos de aprendizagem, destinada aos professores, e (c) análise da formação dos docentes envolvidos, nas áreas de conteúdo e atitudinal.

**Concepção Problematicadora para o Ensino de Ciências na  
Educação Formal  
(Relato e Análise de uma Prática Educacional na Guiné-Bissau)**

Demétrio Delizoicov Neto<sup>(\*)</sup>

**Introdução**

A dissertação compreende uma descrição sistemática sobre um trabalho desenvolvido na Guiné-Bissau, inspirado na "educação problematicadora" de Paulo Freire, bem como uma reflexão crítica sobre a prática realizada, no contexto da educação formal, em nível de 5ª e 6ª séries do 1º grau, na área de ciências naturais.

Incluído em um projeto destinado à formação de professores e produção de material didático, o trabalho deparou-se, em sua execução, com diversas dificuldades: (a) contando à época com 800.000 habitantes, a ex-colônia lusitana tinha sua população dividida em cerca de 20 etnias, com culturas e línguas distintas, estas não codificadas, sendo a língua popular comum - o crioulo - apenas falada e a língua oficial o português; (b) eminentemente rural, o país dispunha somente de meios de produção totalmente manuais, com ferramentas de fabrico artesanal; (c) a escolaridade máxima existente, não ultrapassando o "liceu", correspondente ao 2o. grau, atingia apenas estreita camada da população.

A idéia básica do trabalho surgiu em 1975, no Instituto de Física da USP (IFUSP), na discussão de uma proposta para o ensino de ciências que tivesse não só como meio de motivação mas também como um de seus objetivos, a compreensão do mundo físico em que o estudante vive, apresentando assim pontos em comum com a noção de "tema gerador" em Paulo Freire.

Posteriormente, no período de julho a setembro de 1978, como estagiário no "Institut de Recherche, Formation, Education et Developpement" (IRFED), o autor participou de uma experiência realizada na Guiné-Bissau, no Centro de Educação Popular (CEPI)<sup>(1)</sup>, um modelo de escola de 5ª e 6ª séries do 1º grau, voltada para o meio rural, funcionando também como centro de formação de professores polivalentes, "agentes de animação" integrados às comunidades. Em meio de 1979, a convite do governo guineense e sob responsabilidade do IRFED, retornou a esse país, permanecendo por quase dois anos, como coordenador do "Projeto de

<sup>(\*)</sup> Orientador: Luiz Carlos de Menezes. Dissertação aprovada em 20/05/82.

<sup>(1)</sup> A dissertação traz, em apêndice, uma descrição e análise desse tipo de organização escolar.

Formação de Professores de Ciências Naturais" sendo que, nessa época, as suas idéias amalgamaram-se com os conceitos de Paulo Freire em sua "educação problematizadora ou dialógica".

Assim, um capítulo da dissertação é dedicado à exposição da prática educacional proposta por Freire, modelo teórico do trabalho, conforme acima salientado. Inclui também um exemplo de discussão ocorrida em um "círculo de investigação temática", desenvolvido na Guiné-Bissau, com respeito ao problema local quanto ao uso da balança. Porém, serão aqui somente identificadas as quatro etapas compreendidas na "dinâmica problematizadora", que constituem o chamado "método freireano": (a) 1ª etapa: levantamento preliminar, destinado ao reconhecimento da área onde será desenvolvida a ação educativa, fase em que os investigadores passam a interagir com a população, tendo início o diálogo característico da "educação problematizadora"; (b) 2ª etapa: análise de situações e escolha das codificações que servirão à investigação temática"; (c) 3ª etapa- círculos de investigação temática- prosseguimento do diálogo com a comunidade, em reuniões onde são discutidas e "problematizadas" as situações compreendidas nas codificações escolhidas; (d) 4ª etapa- a geração do currículo ("redução temática) - programação de aprendizagem, em termos de conteúdos específicos, incluindo atividades que compreendem intervenções na realidade .

## **Capítulo 1 - O Trabalho Desenvolvido na Guiné-Bissau**

### **1.1. Considerações Gerais**

Os guineenses, à época vivendo, em sua maioria (85%), em meios rurais, distribuem-se em diversos grupos étnicos, sendo os mais importantes:

(a) balantas- 30% da população- agricultores de arroz, animistas;

(b) fulas- 20% da população- criadores de gado, muçulmanos;

(c) manjacos- 14% da população - apresentando elevados índices de emigração, principalmente para Senegal e França. Entre os demais, convém mencionar os seguintes grupos: mandinga, papel, mancanha, beafada, bijagó, felupe e nalu. A língua popular, o "crioulo", não codificada, conforme já assinalado, e falada pela maioria da população, teve como um fator de divulgação e consolidação por todo o país a luta da libertação.

O idioma português não é de uso geral, constituindo o elevado índice de analfabetismo<sup>(2)</sup> uma das maiores dificuldades associadas à alfabetização de adultos.

Sendo o setor economicamente mais importante, a agricultura absorvia cerca de 90% da população ativa do país. Na zona costeira concentrava-se a produção de arroz, enquanto na região leste as populações islamizadas dedicavam-se ao cultivo de milho, amendoim e à criação de gado. Para o desenvolvimento de sua economia, a Guiné-Bissau contava ainda com os recursos da pesca, madeira e minérios, estes principalmente depósitos de bauxita no setor sudeste.

Confiado o ensino às Missões Católicas em 1940, somente em 1958 foi criado no país o primeiro liceu. Nas regiões sob o domínio da metrópole havia dois tipos de escolas: as rurais, simples centros de alfabetização infantil, e as urbanas, contando com professores profissionalmente mais capacitados, para a instrução de uma elite africana, auxiliar do poder colonial. A escola primária compreendia um ciclo de quatro anos de ensino elementar, prolongando-se nos dois anos do "ciclo preparatório" que atendia somente a estudantes das cidades, preparando um número limitado de alunos para o ingresso ao único liceu existente em Bissau, capital do país.

Em 1975/1976 foi planejada uma reforma do ensino, cuja aplicação defrontou-se com grandes dificuldades, associadas à escassez de professores qualificados e carência de infra-estrutura escolar e de equipamentos. Uma das metas dessa reforma era a preparação dos jovens para a vida nas comunidades rurais, estabelecendo-se nesse contexto o "Projeto Formação de Professores de Ciências Naturais"<sup>(3)</sup> para 5ª e 6ª classes, passando a ser implantado em maio de 1979, sob a coordenação do autor da dissertação.

O ensino de 1ª a 4ª classes era ministrado por um único professor; entre as 5ª e 6ª classes existia uma separação em disciplinas, sob a responsabilidade de professores guineenses, recrutados entre estudantes egressos do liceu ou cursando as séries finais. Quanto a este, ministrado quase totalmente por professores estrangeiros, não oferecia um preparo profissional. Para adquirir uma formação de

---

(2) Em 1975, 95% da população não era alfabetizada.

(3) Esse assunto será retomado adiante. Pode-se adiantar, porém, que o projeto deveria atender aos seguintes objetivos, definidos em conjunto com a "Direção Geral de Ensino, Gabinete de Estudos e Orientação Pedagógica": (a) propiciar a abstração daqueles fenômenos naturais da realidade guineense, diretamente influentes em aspectos econômico-sociais; (b) possibilitar a utilização de conhecimentos científicos para um melhor entendimento das diversas comunidades e seus problemas; (c) permitir a realização de experimentos simples, com o uso de materiais disponíveis nas localidades.

nível superior, o estudante era enviado ao exterior, após haver contribuído com seu trabalho, por um período mínimo de dois anos, para a "Reconstrução Nacional".

Criado em 1977, o CEPI constituía a única escola de formação de professores do nível complementar. Assim, no intuito de oferecer um mínimo de condições aos jovens que se destinavam ao magistério, passaram a ser promovidos, a partir de 1977/1978, cursos rápidos de treinamento, realizados no período das férias escolares (agosto/setembro).

## 1.2 O Desenvolvimento do Projeto

A primeira etapa de implantação do projeto "Formação de Professores de Ciências Naturais", dedicada à 5ª classe, desenvolveu-se entre 1979 e 1980, através da realização de diversas atividades: (a) coleta de dados sobre as condições das escolas, professores e alunos, e prosseguimento da investigação temática iniciada em 1978; (b) realização do primeiro curso intensivo de formação de professores; (c) produção de materiais didáticos para utilização junto aos estudantes; (d) assistência aos professores nas escolas; (e) avaliação dos materiais elaborados; (f) realização de outros cursos para formação docente. Paralelamente, teve início a segunda etapa do trabalho, destinada à 6ª classe.

Para a coleta de dados, foram visitadas 17 das 20 escolas existentes para 5a. e 6a. classes e entrevistados, através do preenchimento de questionários, 83 professores (cerca de 90% do total) de física, química e biologia, os quais no ano seguinte ministrariam a disciplina "ciências naturais". Destes, 50% não haviam realizado curso de treinamento, somente 13% possuíam experiência profissional superior a dois anos no magistério e apenas 24,5% apresentavam o nível máximo de escolaridade possível no país (11 anos). Essas dificuldades levaram à adoção, como uma das linhas gerais do "guia do professor", do fornecimento de instruções detalhadas quanto aos procedimentos a serem desenvolvidos em sala de aula e a organização da disciplina nas escolas.

Surpreendentemente, foram pouco significativas as dúvidas apresentadas pelos entrevistados em relação ao conteúdo a ser ministrado. No entanto, o contrário ocorreu no tocante à didática e metodologia de ensino, área em que surgiram inúmeros problemas, relativamente à preparação de aulas, utilização de textos de apoio, elaboração de avaliações, execução de experiências e confecção de textos para o aluno e outros materiais didáticos.

Durante as visitas, o autor teve oportunidade de participar de várias aulas, como observador, verificando alguns aspectos interessantes; (a) o aprendizado

parecia resumir-se à memorização de fatos e palavras<sup>(4)</sup>, funcionando mais como aquisição de conhecimento da língua portuguesa e treino em interpretação de texto do que como iniciação científica; (b) os "experimentos" abordados eram descritos pelo professor, com o uso de explanações orais e desenhos no quadro de giz, muitas vezes envolvendo conceitos ou instrumentos desconhecidos na realidade africana. Essas dificuldades tornaram ainda mais evidente a importância de um ensino de ciências através do qual os alunos pudessem atingir objetivos gerais relevantes.

Reflexões sobre fatores como a tradição africana de transmissão de conhecimentos e informações por via oral, o fracasso da escola colonial, instituição estranha à comunidade tradicional, causando-lhe influências e modificações nem sempre aceitas, e o grande sucesso obtido pela escola CEPI, onde o julgamento do desempenho social do aluno pela comunidade era determinante no processo de avaliação, levaram à identificação dos princípios pedagógicos que deveriam nortear o desenvolvimento do projeto: (a) valorização seletiva da cultura tradicional; (b) ligação escola-comunidade; (c) favorecimento da aquisição de "hábitos científicos" pelos estudantes; (d) valorização da aplicabilidade do conhecimento, possibilitando a intervenção na realidade.

A metodologia de ensino procurou então levar em conta esses aspectos, respeitando ainda a forma como é feita a educação na tabanca, onde se destaca, além da transmissão oral de conhecimento, a estruturação em grupos por faixas etárias. Considerou-se, também, a necessidade da aprendizagem do português como língua escrita.

A investigação temática teve prosseguimento com a realização de debates entre os professores acerca das seguintes questões: (a) Ao descobridor da força gravitacional foi ensinado que a Terra atrai os corpos? Como? Por quem? (b) Se o professor de ciências se limitasse apenas a transmitir fatos já conhecidos como poderíamos explicar o surgimento de novas informações?

As conclusões obtidas por alguns grupos serão sintetizadas a seguir: (a) através do estudo experimental o descobridor estabeleceu a lei universal da atração dos corpos; (b) a partir de conhecimentos já existentes, aprofundou o estudo, através da experimentação, chegando à lei da gravitação; (c) aprendeu através da experiência; (d) aprendeu com a experiência e a prática do dia-a-dia.

---

(4) É surpreendente a capacidade de memorização apresentada por professores e alunos guineenses, devida talvez à forma própria de ser da cultura africana, com sua tradição oral na transmissão de conhecimentos, e reforçada pelo ensino colonizador baseado na repetição exaustiva.

No processo de "problematização" do assunto, os professores foram inquiridos sobre "o que é preciso fazer para ser um cientista", discutindo a queda dos corpos e dados históricos relacionados, bem como as leis de Newton. Nesses debates, ficou evidente a falta de domínio, por expressiva parcela dos docentes, de conceitos como lei da inércia e diferença entre massa e peso.

Como tarefa prática desenvolveu-se o estudo experimental do pêndulo simples<sup>(5)</sup> quanto à dependência entre período de oscilação e comprimento, cuja escolha baseou-se na possibilidade de utilização de materiais de fácil acesso, bem como no caráter inédito da atividade para os professores e no fato de constituir um problema completo, em termos de identificação e análise das variáveis relevantes e exigência de habilidades experimentais. Nessa etapa, foi de grande valia a colaboração de um artesão local, marceneiro, que reproduziu o suporte de madeira empregado para manter suspenso o pêndulo, a partir de um exemplar de origem sueca existente no liceu, introduzindo melhorias no aparelho original.

Após a definição do problema e das variáveis a serem examinadas, os professores passaram ao planejamento da experiência. Pretendendo fosse superada a "situação-limite" advinda da dependência de material experimental importado, o autor solicitava aos participantes a formulação de soluções para os problemas materiais que iam surgindo. Na postura dos professores, não se notava má vontade ou menosprezo às questões apresentadas, ficando claro o seu empenho e interesse na resolução de problemas experimentais, porém era evidente o estarem "aderidos" às "soluções praticáveis percebidas", e impossibilitados, portanto, de ultrapassarem aquela "situação-limite".

Assim, ao se propor a produção, no próprio país, de material de laboratório, os docentes alegavam a impossibilidade dessa realização, apresentando, entre outros motivos, a falta de qualificação técnica local. Contudo, convidado o artesão anteriormente mencionado, este exibiu dez unidades de suporte por ele construídas, passando a explicar a inovação desenvolvida. Esse episódio, aliado ao fato de haverem sido privilegiadas, ao longo de todo o curso, a observação e a experimentação, bem como a improvisação e elaboração de novos materiais a partir dos já existentes, pareceu ser responsável pela radical mudança de posicionamento dos docentes em relação às atividades experimentais, culminando com a adaptação e/ou produção de todo o material prático empregado durante as aulas de ciências naturais para a 5ª classe.

---

(5) O autor dedica no trabalho, uma seção ao tratamento matemático do problema do pêndulo simples, conforme desenvolvido no curso.

A produção de materiais envolveu ainda a discussão de problemas técnicos associados a essa atividade, bem como a verificação do nível em que as habilidades manuais requeridas eram encontradas entre os participantes. Propôs-se nessa etapa a construção de uma balança didática de braços desiguais, em madeira, conforme sugestão de N.C. Ferreira, em sua dissertação de mestrado<sup>(6)</sup>. O roteiro para a construção desse aparelho foi apresentado por ocasião do desenvolvimento da atividade denominada "O estudo da realidade e o ensino de ciências", incluindo a discussão da "educação dialógica", sempre com referência à prática do CEPI, no intuito de analisar a viabilidade da adoção, em todas as 5as. classes do país, da proposta pedagógica que esse centro vinha desenvolvendo. Foram discutidas possíveis intervenções no seio da comunidade, com vistas a uma modificação no emprego da balança, instrumento em cujo uso a maioria da população não confiava, habituados que estavam à comercialização feita, de modo geral, à base de troca, ao nível interno das comunidades<sup>(7)</sup>. Abordou-se também a utilização da alavanca e delinear-se, ainda, situações ligadas ao modo tradicional de produção, que poderiam ser aproveitadas para estudo pelos alunos dessa série.

A partir do modelo apresentado, e com a proposta de, através de sua observação, projetá-lo no papel para, a seguir, reproduzi-lo em detalhes, cada professor construiu um exemplar da balança, resultando em quarenta aparelhos no total, posteriormente empregados em outras atividades. À exceção do papel milimetrado, todo o material utilizado era facilmente encontrado no país.

Alguns aspectos interessantes sobre a realidade guineense, evidenciados nas discussões serão, a seguir, mencionados:

(a) Em relação à alavanca, os exemplos oferecidos pelos professores, antes da problematização do assunto, limitavam-se àqueles usualmente encontrados nos livros de iniciação científica, sem qualquer relação com o uso tradicional desse instrumento pela comunidade, manifestando-se assim o caráter livresco de seu aprendizado.

(b) Nos debates sobre a relação ciência-tecnologia durante a revolução industrial e sua ligação com a alteração dos modos de produção na Europa dessa época, ficou evidente a ausência da idéia de acumulação em algumas etnias da Guiné-Bissau.

---

(6) "Proposta de laboratório para a escola brasileira - um ensaio sobre instrumentalização do ensino médio de física", IFUSP, São Paulo, 1978. Vide este volume, pg.143.

(7) Os participantes propuseram a construção, por eles próprios, na escola, de exemplares desse instrumento, reproduzindo o modelo conhecido no Brasil como "balança de peixeiro", dispondo-se ainda a trabalharem junto a artesões ferreiros para sua confecção em maior escala.

(c) É significativa a recusa à utilização da tração animal, em virtude de que, segundo os habitantes locais, a vaca não poderia ser sacrificada em trabalhos pesados desse tipo, uma vez considerada "a segunda mãe do homem", visto que, finda a amamentação materna, esse animal representa fonte de alimento. Também o cavalo não era empregado entre os balantas, por não ser natural da região e, ainda, por relacionar-se a uma forma de "poder" ou "opressão", por eles rejeitada.

(d) Um instrumento de origem balanta, denominado "rade", foi discutido, expondo-se detalhes sobre a sua confecção e modo de utilização. Em forma de remo e com a função de uma pá cavadeira, é construído em madeira, tendo encaixado na extremidade uma lâmina de ferro que permite perfurar o solo com facilidade.

(e) Outro aparelho bastante empregado no país é a enxada, podendo apresentar os mais variados aspectos quanto à forma e dimensões, assim como quanto ao comprimento do cabo, dependendo da etnia que a utilize. O mesmo encaminhamento dado à discussão do "rade", foi utilizado no tratamento da enxada, considerando-se o instrumento do ponto de vista do modelo teórico da alavanca e problematizando-se o conteúdo.

No levantamento das formas tradicionais de produção na comunidade que poderiam ser aproveitadas, em termos de ensino-aprendizagem, para repetição, com alunos, do procedimento adotado no curso para professores, foram apontados os seguintes tópicos: (a) lavoura de arroz; (b) produção do "óleo de palma" (dendê); (c) fontes de água; (d) instrumentos agrícolas; (e) produção de vinho de cajú; (f) produção de "leite dormido" (coalhada); (g) extração de sal pelas mulheres; (h) instrumentos musicais.

Finalmente, com o emprego da balança para a realização de experiências, retomou-se a discussão sobre a diferença entre peso e massa e, entre outras atividades, os professores construíram padrões de massa, com material de modelagem, a partir de volumes de água medidos em seringas descartáveis<sup>(8)</sup>

### 1.3 Exemplo de Atividade Desenvolvida no Projeto

#### Identificação do conteúdo científico a partir do conhecimento da realidade.

Foram utilizados os seguintes procedimentos:

(a) *Leitura do texto.* Apresentou-se aos participantes do curso de formação de professores um texto versando sobre a importância da água no cotidiano dos

---

(8) Já usadas, obtidas no hospital de Bissau.

habitantes da Guiné-Bissau e incluindo explicações sobre o objetivo e a relevância dessa tarefa<sup>(9)</sup>.

(b) Debates realizados em grupos de quatro elementos, permitindo a conclusão de que o estudo da água pode ser realizado pelo tratamento dos seguintes tópicos: chuvas, fontes de águas, marés e águas superficiais (rios e mares). Estabeleceu-se, também, que a abordagem deveria ser conduzida de modo a possibilitar ao estudante responder às questões: "Por que chove?", "Por que existe água no subsolo?", "Como as plantas absorvem água?", "Qual a causa das marés?".

(c) Discussão com todo o grupo para delinear o esboço do programa. Problematizando os fenômenos relacionados a esses temas, os professores, através da especificação de sub-títulos, iam identificando as linhas gerais do futuro programa de ciências naturais<sup>(10)</sup>. Com relação ao estudo das marés, que se afigurava bastante complexo aos participantes do curso, optou-se pela sua apresentação aos alunos sem a explicitação de causas, visto estarem envolvidas as interações gravitacionais Terra-Lua e Terra-Sol, assunto que ultrapassava o nível de 5ª classe.

#### 1.4. Elaboração do Material Experimental Didático para a 5ª Classe

A preparação de atividades práticas na parte de botânica requereu o uso de diversos materiais, além dos componentes naturais (sementes, folhas, raízes): recipientes de vidro ou metal, lupas, sacos plásticos e corantes para água. À exceção das lupas, especialmente importadas, por não serem encontradas em quantidade suficiente e em virtude de dificuldades associadas à sua produção no país, todo o material empregado foi providenciado na própria Guiné-Bissau.

---

(9) Esse tema foi escolhido por associar-se a diversos fenômenos influentes na vida da população guineense: (a) a baixa produtividade agrícola, notadamente do arroz, provocada, entre outras causas, pela redução observada no período de chuvas; (b) o problema, associado ao anterior, da desertificação; (c) a relação existente entre o uso da água da chuva e da maré na formação das bolanhas (terras situadas perto de rios ou braços de mar); (d) a interferência da maré na locomoção através do país e na busca de frutos do mar; (e) o abastecimento de água na tabanca, função da mulher; (f) o aumento de insetos em ocasião de chuvas, causando doenças como a malária, endêmica no país. O texto reproduzido parcialmente na dissertação, foi elaborado por N. Castilho, professor de biologia, co-responsável pelo projeto, conforme o seguinte roteiro pedagógico: estudo da realidade, estudo científico e aplicação de conhecimento. Cabe lembrar aqui ter sido esta a única atividade para a qual se preparou um texto especial; as demais foram desenvolvidas apenas com o auxílio de uma pequena biblioteca, compreendendo cerca de setenta livros editados no Brasil ou em Portugal, versando sobre física, biologia química, didática, pedagogia e psicologia.

(10) Na dissertação, o autor descreve um artifício denominado "esquema do cone", introduzido para facilitar a ordenação dos diferentes elementos da situação educacional, na organização do conteúdo. Esse modelo orientou a geração do currículo no projeto ora analisado.

No tratamento experimental dos "instrumentos agrícolas" retomou-se o estudo da alavanca - basicamente uma régua apoiada no suporte construído para a experiência do pêndulo. Como não existiam contrapesos em número suficiente, os grupos passaram a apresentar diversas sugestões para a sua obtenção, optando-se finalmente pela construção, durante o curso, de protótipos a partir da técnica tradicional do "adobe" - tijolo confeccionado em argila e posto a secar ao sol, utilizado na construção de casas. Para a fabricação dos contra-pesos, acrescentava-se à mistura de argila uma certa quantidade de cimento, e a argamassa assim obtida era introduzida em um molde plástico (tampa de garrafa) e perfurada por um gancho de arame de aço.

Esses contrapesos foram utilizados também no desenvolvimento de atividades referentes ao uso de roldanas, construídas (vinte exemplares) pelo artesão marceneiro anteriormente mencionado. No estudo de fontes de água e permeabilidade do solo, adaptou-se um filtro de areia, pedra e carvão para a água. Os potes foram construídos por uma artesã ceramista.

Uma equipe de cinco professores permanentes, centralizados em Bissau, fabricou durante o ano letivo 1.300 contrapesos, para a realização de atividades experimentais com alavancas e roldanas, junto a aproximadamente 270 turmas de 30 alunos, distribuídos em 24 escolas de ensino básico complementar no país. Foram produzidas também, pelos docentes, 250 régua de madeira e, para a confecção de quase 700 roldanas, entre móveis ou fixas aos suportes, a equipe de professores contou com o apoio de uma "marcenaria-escola", pertencente à missão franciscana situada nos arredores de Bissau. Finalmente, no ano letivo de 80/81, houve a produção de mais 80 suportes.

### **1.5. A Metodologia de Ensino**

Terminado o curso de formação docente, iniciou-se a última etapa da investigação temática, com a obtenção de temas geradores para a aprendizagem de ciências naturais em nível de 5ª classe. Do tema central "agricultura", unificador de inúmeras discussões promovidas durante o curso, originaram-se diversos outros: "a água na agricultura", "o vegetal", "o solo", "a chuva", "os instrumentos agrícolas".

Esse conjunto de temas introduziu alterações no programa oficial, não comportando tópicos como dilatação dos sólidos, óxidos e tratamento anti-corrosivo, petróleo e gás da cidade, eletricidade na vida diária e outros assuntos que, embora previstos para tratamento nessa série, tiveram sua adequação questionada pelos professores durante o curso de treinamento. Discutido o

problema com as autoridades competentes, optou-se pela manutenção dos tópicos de eletricidade, pela sua importância na economia do país, excluindo-se os demais. Assim, com caráter de "temas- dobradiças", itens de eletricidade foram inseridos no currículo durante a "redução temática".

Dois critérios orientaram essa etapa: (a) o estabelecimento da sequência do conteúdo programático respeitou a correlação entre o período do ciclo produtivo agrícola, a época das chuvas e o ano letivo guineense, e (b) a análise do conteúdo norteou-se pelos processos de transformação envolvidos nos temas e situações escolhidas.

Assim, foi especificada a sequência: (a) início das discussões sobre a chuva; (b) botânica; (c) instrumentos agrícolas; (d) solo; (tópicos a serem desenvolvidos entre outubro e janeiro/fevereiro) (e) retomada das discussões sobre a chuva; (f) água, ar e propriedades; (para tratamento de janeiro/fevereiro a junho/julho).

Analisado o conteúdo programático, utilizou-se o "esquema do cone", anteriormente mencionado, para correlacionar: a sequência escolhida, os processos de transformação envolvidos e informações necessárias à sua compreensão, e as situações vividas pela comunidade, adotadas como codificações.

O plano final da redução temática resultou em 22 atividades a serem desenvolvidas na disciplina de ciências naturais para a 5a. classe, apresentadas em detalhes na dissertação, em forma de tabela, sendo identificados, em cada caso, os objetivos específicos da atividade, experiências e observações a efetuar e materiais requeridos.

A metodologia de ensino-aprendizagem, concebida<sup>(11)</sup> a partir da interação com o professor durante o curso de formação, passou a sofrer, segundo informações posteriormente obtidas, alterações ao longo de sua utilização com alunos, em função das necessidades ou dificuldades surgidas.

Na opinião dos docentes, o ensino deveria ser realizado sempre em português, embora eles próprios, contraditoriamente, utilizassem o crioulo, nas discussões mais acaloradas, durante o curso de treinamento. Assim sendo, o autor deixou em aberto esse ponto, apresentando no entanto a sugestão para o emprego dinâmico do bilinguismo caso a prática mostrasse a sua necessidade.

Foram estabelecidas as seguintes normas para o desenvolvimento dos trabalhos em sala de aula: (a) realização de observações e/ou experimentos em

---

(11) Nessa fase, o autor buscou inspiração na obra de J. Poth, "Línguas Nacionais e formação de professores em África - Guia metodológico destinado aos institutos de formação". Edições 70, Lisboa, 1979.

grupos de no máximo quatro alunos, sob a orientação do professor; (b) apresentações orais pelas várias equipes e debates gerais coordenados pelo professor; (c) análise e discussão dos dados experimentais; (d) síntese oral das conclusões obtidas. Cabe aqui ressaltar que, possuindo a tradição um cunho eminentemente oral, o texto do aluno representava uma gradativa passagem da forma de aprendizagem utilizada na tabanca para aquela adotada na escola, de modo a promover um salto qualitativo, na medida em que os conhecimentos adquiridos passavam a ter registro escrito. É importante salientar, ainda, que o texto, planejado para permitir ao estudante uma participação ativa nesse processo, apresentava um inconveniente em relação ao seu custo. Sendo pessoal e intransferível, não poderia, em princípio, ser utilizado, no ano seguinte, por outro aluno. Contudo, produzido na forma proposta, dada a existência de uma previsão governamental de gastos com a edição de livros didáticos, cada aluno contribuiu com um valor apenas simbólico, para a aquisição de seu exemplar do texto.

O "guia do professor" foi elaborado concomitantemente, de modo que esse texto e o do aluno se completassem, dependendo ambos da interação dialógica em sala de aula.

Quanto à situação dos professores em classe, conforme o autor teve oportunidade de verificar posteriormente, em visitas sistemáticas às escolas, era realizada com empenho e responsabilidade, na grande maioria dos casos, sendo a prática adotada geralmente muito semelhante àquela utilizada no curso de treinamento docente.

Finalmente, no que se refere à participação dos alunos na aprendizagem, houve unanimidade, entre os professores, no pronunciamento de que os estudantes adaptaram-se gradativamente à nova dinâmica, atuando desinibidamente nos debates, a partir do segundo ou terceiro mês, e demonstrando significativo interesse na coleta de materiais para observação, bem como na busca de informações junto à comunidade, quando assim exigido em atividades técnicas, agrícolas etc.

## Capítulo 2 - Questionamento

Tendo que optar, em seu trabalho na Guiné-Bissau, entre um ensino colonial-lusitano na origem e na prática, e uma escola (CEPI) de concepção revolucionária mas de implantação parcial localizada, e que enfrentava entre outros, problemas de custo operacional elevado, o autor optou pela subversão do primeiro, procurando lançar as bases para a educação formal que negasse as

premissas e invertesse a prática do que tem sido essa educação, não só naquele país, como também no Brasil e em outros lugares.

Para minimizar o risco de ficar a meio caminho, em um "reformismo estéril", foi concebido, para orientar o trabalho junto aos guineenses, o roteiro a seguir analisado. Trata-se de uma sistematização obtida durante o curso de formação desenvolvido em 1979, e discutida com os participantes como atividade final. Convém frisar que esse modelo não deverá ser utilizado em qualquer contexto, acriticamente, sem respeito às suas premissas básicas, o que seguramente determinaria o aparecimento de distorções indesejadas.

O roteiro não é inovador, tendo origem na proposta de Paulo Freire para a "investigação temática". No entanto, ao aplicar essa idéia no âmbito da educação formal, ficam sobremaneira evidentes as dificuldades associadas ao caráter instrucional da educação problematizadora, na medida em que o processo de redução temática rompe com as formas estabelecidas pela instituição escolar para a elaboração do programa e materiais de ensino.

No levantamento de temas geradores, embora esquecendo a lógica tradicionalmente utilizada, não se pode desprezar a necessidade de considerar os pré-requisitos necessários ao tratamento do assunto em questão. Porém, diferentemente do que ocorre na educação formal, estes deverão surgir em função dos temas definidos, e não dos programas, constituindo esse, no entender do autor, o grande problema associado à tarefa.

Em linhas gerais, o modelo desenvolvido compreende os seguintes itens: (a) estudo do meio; (b) identificação do conteúdo programático; (c) tratamento do conteúdo: análise, estabelecimento de uma sequência e especificação dos objetivos instrucionais; (d) preparação dos meios; (e) avaliação.

O estudo do meio corresponde às três primeiras fases da investigação temática proposta por Freire. A partir da análise de situações abstraídas do cotidiano do aluno, identifica-se o conteúdo programático, com uma seleção crítica dos tópicos que terão prioridade sobre outros. Há portanto, conforme acima assinalado, um rompimento com o esquema comumente utilizado para a elaboração de programas. Relativamente ao tratamento do conteúdo programático, a análise deve basear-se em reflexões sobre os processos de transformação associados, identificando-se nessa etapa os conceitos, leis e definições a serem considerados, bem como os pré-requisitos necessários. Estabelecida a sequência do conteúdo, a especificação dos objetivos instrucionais orientará a escolha do enfoque a adotar para cada assunto, sendo determinantes, nesta fase, tanto o ano de escolaridade

como o real conhecimento apresentado pelo estudante<sup>(12)</sup>. A elaboração dos meios instrucionais inclui a seleção e/ou produção de (a) guias para a discussão da situação focalizada, e respectivo canal de comunicação; (b) experimentos e equipamentos requeridos; (c) textos didáticos e outros materiais de leitura (esta realizada em função dos objetivos especificados e da dinâmica própria da educação problematizadora). Finalmente, a avaliação refere-se tanto ao currículo e materiais didáticos como ao desempenho dos estudantes e do professor no processo de ensino-aprendizagem.

Em sua análise, o autor discute ainda as seguintes questões:

(a) "É possível, no contexto da educação formal, manter o caráter transformador da realidade, implícito no conceito de "tema gerador"?"

No caso específico do trabalho desenvolvido na Guiné-Bissau, houve intervenção, de forma transformadora, em algumas instâncias: na preparação de professores egressos do liceu, onde haviam sido submetidos à formação tradicional, para uma educação dialógica no trato com seus alunos; na sua conscientização quanto à possibilidade de concepção e produção autônoma de materiais didáticos, incluindo equipamento experimental; no estabelecimento de uma mediação entre a tradição oral africana na transmissão de conhecimentos e a prática escolar; na perspectiva de transformações que a longo prazo pudessem introduzir mudanças nas formas de produção nas diversas comunidades guineenses e também nas maneiras de tratamento de doenças.

(b) "Qual a participação da comunidade no processo de decodificação das situações para obtenção dos temas geradores?"

Parece ao autor ser legítimo considerar os professores participantes do curso de formação como representantes da comunidade, pois originavam-se de quase todas as etnias e regiões do país, sendo ou havendo sido agricultores; além disso, como estudantes ou recém-egressos do liceu, não possuíam formação profissional em moldes acadêmicos.

(c) "Na educação formal, não necessariamente destinada a adultos, quem serão os "educando-educadores", durante a fase de investigação temática?"

No particular contexto em que se realizou o experimento, os jovens professores foram identificados pelo autor como os "educando-educadores", devendo-se salientar que ele próprio teve seu aprendizado nesse sentido, durante a

---

(12) Em apêndice, a dissertação apresenta exemplos de como um mesmo tópico foi desenvolvido em diferentes formas, em função de clientela distintas: alunos de 5ª classe e professores participantes do curso de treinamento.

primeira etapa do projeto, quando efetuou o levantamento preliminar, estabelecendo diálogo com a população.

(d) "A estruturação do programa escolar em disciplinas constitui uma limitação à abordagem educacional por temas geradores?"

A experiência demonstrou que o uso da concepção problematizadora no âmbito da educação formal era prejudicado pela separação rígida do conteúdo nas disciplinas componentes do programa escolar. Esse problema poderia talvez ser contornado pela geração do programa como um todo, a partir de temas geradores, implicando a necessidade de uma atuação conjunta da equipe de professores e requerendo a coordenação das atividades educativas em busca de uma interdisciplinaridade real.

(e) "É a investigação temática realmente necessária quando o professor pertence ao contexto em que está atuando?"

Em qualquer situação essa tarefa deve ser realizada, pois segundo o prisma da educação problematizadora, o fato de o professor conhecer a realidade social, cultural, política e econômica a que a escola pertence não o autoriza a conceber os temas a partir de sua própria análise, apenas. Além disso, deve-se ter em mente que a interpretação da realidade não é necessariamente a mesma quando efetuada por um "trabalhador intelectual" ou por um "trabalhador não intelectual".

(f) "Que sentido terão, em um contexto metropolitano, na educação formal de 1º e 2º graus, conceitos como educação problematizadora, investigação temática, tema gerador?"

No meio urbano moderno, em toda a sua complexidade, seja tecnológica ou devida à enorme estratificação na divisão do trabalho e, ainda, tratando-se de uma situação institucionalmente estabelecida, a aplicação regular da concepção freireana constitui, para o autor, motivo de dúvida mais que de afirmações.

A despeito disso, porém, não considera correto abandonar os esforços no sentido de uma alteração no conteúdo e prática instrucionais, devendo o professor aceitar o desafio de ser agente dessa transformação, iniciando a tarefa pelo questionamento do ensino e da própria escola, em sua função social, e problematizando com seus alunos aspectos como o sistema produtivo, o sistema de consumo e o papel da ciência na sociedade.