

Reversão do Desempenho de Estudantes em um Curso de Física Básica

Maria Antonieta T. de Almeida¹, Marta F. Barroso¹, Eliane B.M. Falcão²
e Encarnación A.M. Gonzalez³

antoniet@if.ufrj.br; marta@if.ufrj.br; elianeb@nutes.ufrj.br; encarnacion@ov.ufrj.br

¹*Instituto de Física da Universidade Federal do Rio de Janeiro*

C.P. 68528, Cidade Universitária, 21945-970, Rio de Janeiro, RJ

²*NUTES - Núcleo de Tecnologia Educacional para a Saúde, UFRJ*

Av. Brigadeiro Tropowski s/n, pd. CCS, Rio de Janeiro, RJ, 21945-970

³*Observatório do Valongo, UFRJ*

Ladeira do Pedro Antonio, 43, Saúde, 20080-090, Rio de Janeiro, RJ

Recebido em 20 de julho de 2000. Aceito em 17 de novembro de 2000

Os alunos que tiram notas baixas em física no vestibular em geral repetem este desempenho no curso de física 1 da UFRJ. Os cursos tradicionais de física 1 não conseguem reverter este desempenho. Estruturou-se um curso com uma metodologia baseada no trabalho ativo do estudante. Este curso foi aplicado a alunos de cursos de baixa procura – física, Astronomia e Meteorologia – nos primeiros períodos de 97 e 99. Os resultados mostram a possibilidade de reversão do quadro, com a recuperação dos estudantes.

Students that enter the Federal University of Rio de Janeiro have to pass a test. The ones that get low grades in the Physics Exam usually fail in the first basic undergraduate course. Traditional teaching classes cannot change this fact. We have applied a methodology, based in the active role played by the students in classroom, to the students of the Physics, Astronomy and Meteorology Departments, in the first periods of 1997 and 1999. The results show the possibility that students entering the university with weak capabilities in Physics can revert the situation in undergraduate Physics courses.

I Introdução

A Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) seleciona seus alunos através de um concurso vestibular, com provas discursivas. A seleção, para as áreas de Ciências Exatas e Tecnológicas, exige para classificação dos candidatos notas diferentes de zero nas provas. Alguns cursos de baixa demanda, como física, astronomia e meteorologia, aceitam estudantes com desempenho global fraco e notas baixas em física e matemática. Na Tabela 1 apresentamos uma lista da nota final no vestibular obtida pelo último estudante classificado, por carreira, para os diferentes cursos destas áreas no ano de 1999. Dentre os alunos classificados para os cursos de física e astronomia, apenas uma pequena parcela dos estudantes teria sido classificada para cursos de média procura, como por exemplo Engenharia Mecânica — no

ano de 1999, em vez de, apenas 12 dos 81 classificados da física, e 3 dos 22 classificados para astronomia.

Os cursos destas áreas, ciências naturais e tecnológicas, exigem um aprofundamento nas disciplinas de física e matemática. A primeira disciplina de física cursada por estes alunos é um curso introdutório de mecânica clássica, denominado Física 1. O desempenho de boa parte dos estudantes nesta disciplina é insatisfatório, particularmente nos cursos de física, astronomia e meteorologia. Há sempre, ao longo dos anos, um alto índice de reprovações e/ou abandonos na disciplina, o que se reflete posteriormente em uma grande evasão e dificuldade de conclusão do curso pelos estudantes. O sucesso nesta disciplina torna-se então uma etapa fundamental no processo de definição de conclusão ou não do curso pelo estudante.

Tabela 1

Número total mínimo de pontos no vestibular, em um total de 50 possíveis, para classificação nos cursos das áreas de Ciências Exatas e Tecnologia no ano de 1999.

<i>Ciências Exatas e da Natureza</i>		<i>Tecnologia</i>	
CURSO	MÍN.	CURSO	MÍN.
Astronomia	12,67	Engenharia Civil	26,76
Física (bac/lic diurna)	11,92	Eng. Elet/Eletrônica	32,86
Física (lic not)	12,65	Eng. Elet./Eletróecn.	29,42
Meteorologia	11,24	Eng. Mecânica	27,92
Geologia	9,55	Eng. Metalúrgica	22,78
Ciências Atuariais	24,61	Eng. Naval	21,86
Ciências Estatísticas	23,27	Eng. Produção	33,17
Informática	25,12	Eng. Química	18,62
Matem. (bac/lic diurna)	11,00	Química Industrial	16,43
Matem. (lic not)	21,77		
Química (bac/lic)	11,50		
Química (lic not)	10,33		

O fraco desempenho dos estudantes em Física 1 repete-se ao longo dos anos. Decidimos investigar a origem deste fracasso persistente dos estudantes que frequentavam nossos cursos. Estaria tal fracasso relacionado a maneiras docentes de proceder inadequadas às demandas de aprendizagem destes alunos? O presente trabalho faz uma avaliação da bagagem anterior dos estudantes (seu perfil intelectual, hábitos de estudo), da adequação deste perfil à metodologia e exigências usuais na disciplina de Física 1, e relata a experiência de utilização de uma metodologia de ensino alternativa nesta disciplina para os estudantes de física, astronomia e meteorologia. A análise está delimitada ao período entre os anos de 1993 e 1999. A aplicação da metodologia, em 1997 e 1999, provocou uma reversão no quadro tradicional de fraco desempenho e posterior abandono do curso pelos estudantes, e permitiu identificar uma melhora no rendimento posterior dos estudantes de astronomia (quando se observa o tempo de conclusão das diversas etapas posteriores do curso e o desempenho em atividades de iniciação científica e estágios).

II O perfil dos estudantes de física, astronomia e meteorologia

O perfil dos estudantes que ingressam nos cursos de física, astronomia e meteorologia foi inicialmente caracterizado a partir de alguns indicadores das provas do vestibular. Na Tabela 2, apresentamos as médias em provas do vestibular dos alunos classificados nestes cursos. Verifica-se dos resultados¹ que o perfil destes estudantes é razoavelmente o mesmo ao longo dos anos observados, de 1993 a 1999. O comportamento das notas pouco muda ao longo do tempo. Os dados são o número total de alunos (em média, 119), a média da prova de física no vestibular (média global 3,2), a média da prova de matemática no vestibular (média global 3,5), e o número total de pontos obtidos (máximo possível de 50) no vestibular (média geral 18,9, equivalente a uma nota final 3,7). Estes dados mostram um perfil praticamente constante ao longo do tempo dos alunos classificados para estas carreiras: um grupo muito reduzido de estudantes bons (que seriam aprovados em carreiras mais procuradas), e um grupo bem maior de estudantes com notas fracas nas disciplinas fundamentais para as carreiras consideradas.

Estudamos a seguir o desempenho dos estudantes na

¹ A observação feita com outros indicadores (como por exemplo os histogramas das diferentes provas de vestibular para o grupo dos classificados) também permite a mesma conclusão.

disciplina de Física 1. Na Fig. 1, indicamos a evolução ao longo do tempo deste desempenho dos alunos ingressantes (calouros) em física, astronomia e meteorologia, no primeiro período letivo de cada ano. A Fig. 1-a indica o número total de alunos da disciplina. A Fig. 1-b, está indicado o percentual de alunos que teve nota final zero na disciplina, representando o total de abandonos completos da mesma já que esta nota indica que o aluno

não compareceu a nenhuma das avaliações programadas. A Fig. 1-c, indica o percentual de aprovação total da disciplina, contabilizando-se como alunos mesmo os que nunca apareceram, e a Fig. 1-d mostra o percentual de aprovação global na disciplina, excluindo-se do total de alunos o grupo que abandonou o curso conforme a classificação anterior.

Tabela 2

Médias e desvios padrão das notas de física e matemática e pontuação final do vestibular dos estudantes de física, astronomia e meteorologia que cursaram Física 1 no primeiro período.

ANO	número de alunos	nota de física (média e desvio padrão)	nota de matemática (média e desvio padrão)	total de pontos (média e desvio padrão)
1993	131	3,19 ± 1,97	2,28 ± 1,79	17,12 ± 6,46
1994	121	3,61 ± 1,73	3,03 ± 1,63	18,69 ± 5,18
1995	102	2,81 ± 1,44	2,91 ± 1,53	18,96 ± 4,95
1996	127	2,01 ± 1,52	4,18 ± 1,09	16,99 ± 4,91
1997	121	3,36 ± 1,65	3,80 ± 1,03	19,22 ± 4,79
1998	123	3,26 ± 1,49	4,05 ± 1,24	20,91 ± 5,04
1999	107	3,80 ± 2,30	4,18 ± 1,41	20,31 ± 5,84

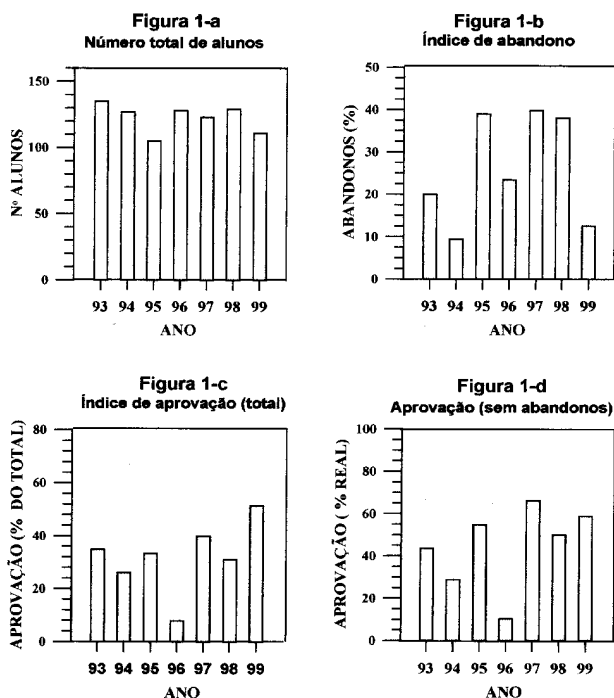


Figura 1. Desempenho em Física 1 dos estudantes de física, astronomia e meteorologia ao longo do tempo.

Os gráficos da Fig. 1 mostram que o número total de alunos (Fig. 1-a) oscila entre 102 e 135, com uma média de 123 alunos. O índice de abandono na disciplina de Física 1 (Fig. 1-b) no primeiro período é alto: o

menor índice é de 10%, e a média ao longo destes anos foi de 26%, chegando a 39%. O índice de aprovação real, que exclui do cálculo os alunos que abandonaram a disciplina (Fig. 1-d), mostra uma média de aprovação de 45%; chamam a atenção os índices dos anos de 1996 (com quase todos os alunos reprovados), e 1997 e 1999 (onde mais da metade dos alunos foi aprovada). A comparação entre estes índices de abandono e aprovação indica que anos de pouco abandono também são anos de baixa aprovação, com a exceção de 1999. Quando observamos o índice de aprovação total, sem eliminar os alunos que abandonaram a disciplina (Fig. 1-c), vemos um perfil mais constante. Em 1997 e 1999, mais de 40% dos estudantes que cursaram Física 1 tiveram sucesso (aprovação); nos outros anos, este índice nunca atingiu 35%. A origem da diferença entre os gráficos (1-c) e (1-d) corresponde à parcela de alunos que abandona o curso sem trancá-lo; isto é, alunos que concluem pela impossibilidade de aprovação ou que têm pouco interesse na carreira (muitas vezes o determinante da opção no vestibular é a baixa relação candidato-vaga).

A interpretação destes gráficos, portanto, deve ser feita de forma global, considerando-se ao mesmo tempo os índices de abandono e de aprovação. O abandono é na maioria das vezes uma admissão de fracasso. A melhor forma de medir o índice real de sucesso no curso corresponde ao índice de aprovação total, mostrado na

Fig. 1-c. Em resumo, em média 90 alunos em 125 fracassam no seu primeiro período de estudos na UFRJ nos cursos de física, astronomia e meteorologia.

O baixo rendimento dos alunos ao final da disciplina de Física 1 nos anos considerados mostra um insucesso das atividades de ensino oferecidas a eles. As suas características e dificuldades, já insinuadas pelas notas obtidas no vestibular, não parecem modificar-se.

Observou-se que quase sempre a disciplina de Física 1 era ministrada de uma forma “tradicional”. Nela, o professor atua como um expositor e gerador de questões, sendo ele o principal ator no processo de ensino-aprendizagem. Mesmo utilizando recursos áudio-visuais e experimentos², com turmas pequenas, o professor permanece como elemento ativo do curso: ministra aulas expositivas e resolve no quadro problemas propostos por ele mesmo; o aluno mantém uma atitude passiva. O professor, ao escolher esta metodologia para a disciplina, pressupõe, mesmo que de forma implícita, que os alunos possuem uma razoável formação em matemática (saibam manipular equações, tenham noções básicas de trigonometria e geometria) e em física (consigam identificar “desenhos” com situações concretas, como uma “seta” de força com um puxão ou empurrão). Além disso, pressupõe também ser o aluno capaz de estudar e resolver, de forma individual, os problemas propostos. Neste contexto, observa-se que a interação entre o professor e o estudante é restrita a um ou outro diálogo desenvolvido durante a aula expositiva ou, eventualmente, fora da sala de aula em torno de alguma dúvida do aluno.

Os resultados apresentados no vestibular indicam uma contradição clara entre a formação prévia do estudante e o que é exigido academicamente pelos professores de física³. O desempenho estudantil apresentado no vestibular é de forma geral mantido pelo trabalho docente na universidade. Em análise feita correlacionando resultados, alunos com boa formação (nota superior a 5 na prova de física do vestibular, por exemplo) em geral têm bom desempenho em Física 1, e alunos com formação deficiente têm desempenho insatisfatório. Ou seja, a UFRJ não só aceita estudantes com perfil intelectual inapropriado a um curso universitário de ciências naturais, como reforça tal perfil, o que talvez explique os altos índices de evasão constatados nestas carreiras.

²O Instituto de Física da UFRJ possui um laboratório de apoio didático, o LADIF - Laboratório Didático do Instituto de Física, que há mais de 10 anos constituiu e mantém um acervo de experimentos e material áudio-visual de apoio pedagógico que é bastante utilizado pelos professores.

³Os docentes do IF alternam-se nas disciplinas. A maioria deles possui uma boa formação (doutorado em física) e é ativo em pesquisa. O perfil destes docentes é de alta qualificação profissional. Além disso, em geral os que escolhem a turma da física pertencem a um grupo entusiasmado e motivado com a atividade docente.

III Diagnóstico das causas do fraco desempenho

Foi possível categorizar as dificuldades dos estudantes no acompanhamento das disciplinas de física (Física 1 e Física Experimental 1) em três tipos.

O primeiro - e talvez o mais sério - é o da falta de domínio da linguagem, tanto a geral, a capacidade de expressão e compreensão em língua portuguesa, quanto na linguagem específica utilizada pela física, a matemática.

O segundo é a falta de percepção de que existe um método científico e a conseqüente dificuldade de aplicá-lo à física.

O terceiro é a inadequação de hábitos e métodos de estudo desenvolvidos durante o período pré-universitário.

Estes três tipos de dificuldades caracterizam em média o grupo estudado, alunos de física, astronomia e meteorologia. A seguir, estes três tipos serão descritos de forma mais detalhada e qualitativa.

A falta do domínio da linguagem (escrita e falada) apresenta-se sob várias formas. Há uma grande dificuldade de leitura e interpretação de texto. Isso se manifesta por exemplo na tentativa de solução de problemas apenas a partir da observação da figura que o acompanha, sem uma leitura cuidadosa do texto, e na grande dificuldade em resumir as idéias centrais de uma leitura. Outra dificuldade é a de se exprimir por escrito; em tarefas obrigatórias - os estudantes vêm-se em apuros sérios quando apresentados a um teste no qual em vez de um problema solicita-se “Enuncie as leis de Newton”. A confecção de relatórios experimentais e a cobrança de uma discussão oral dos conceitos ou dos trabalhos são tarefas extremamente demoradas e difíceis. Dentro do contexto da linguagem, surge uma outra dificuldade de caráter mais técnico. Boa parte dos conceitos físicos apropria-se de termos de uso corrente (ou vice-versa), que fazem parte do vocabulário cotidiano. A diferença de significado entre a mesma palavra usada associada a um conceito físico - trabalho, energia, força, massa, peso - e as mesmas palavras do uso cotidiano não é dominada pelo estudante.

A falta de conhecimento e domínio da linguagem matemática manifesta-se também de diversas formas. A primeira, e mais séria, é a dificuldade de raciocínio lógico. Expressões lógicas do tipo “se ... então”, “demonstre que ...” constituem novidade para muitos estudantes. Demonstrações, quando solicitadas, em geral

mostram o completo desconhecimento das mais elementares regras da lógica. A tese de uma demonstração é o ponto de partida e o ponto de chegada, em um raciocínio circular. Métodos como o da redução ao absurdo e da indução não foram apresentados aos alunos. Outros aspectos são o desconhecimento de trigonometria (confusão entre as funções trigonométricas como senos e cossenos, nenhuma familiaridade com as identidades trigonométricas básicas), geometria (fraco desenvolvimento do raciocínio geométrico), e álgebra (dificuldade em montar equações, em manipulá-las, dificuldade em resolver mesmo equações algébricas simples de primeiro e segundo graus). Os estudantes também apresentam dificuldades em construir e obter informações de gráficos, não dominam conceitos básicos, entre eles o de funções (a notação $x(t)$ para “função x num instante t ” muitas vezes foi interpretada como “o produto de x por t ”). O último e grave problema está associado ao conceito de vetor e suas operações básicas, fundamental para o ensino da física. Quando o conceito é conhecido previamente, o é de forma superficial e incorreta. Podemos lembrar a influência negativa dos livros utilizados no ensino médio, onde os conceitos de unitários, projeções e componentes são apresentados confusamente. Os estudantes também não dominam as duas operações básicas entre vetores (adição e multiplicação por escalar). É comum, em problemas de aplicação da segunda lei de Newton a um objeto em repouso sobre um plano inclinado, ser encontrada a expressão $\vec{N} = \vec{P} \cos \theta$. Há confusão entre componentes e projeções de um vetor, e entre componentes de um vetor e seu módulo. Conseqüentemente, o uso da notação vetorial é feita de forma incorreta e aleatória.

O segundo tipo de dificuldade refere-se à falta de percepção de que existe um método científico. Os estudantes manifestam grande limitação tanto na capacidade de observar fenômenos como em tentar aplicar leis e modelos à compreensão e explicação desta observação. Os alunos, quando instados a expressar o que estão observando (“o corpo está oscilando”) retraem-se, e ao invés de buscar relatar e descrever a observação, tentam responder de acordo com o que imaginam ser o conhecimento exigido deles pelo professor. Apresentam dificuldades em identificar e enunciar as principais leis de cada assunto (“a energia se conserva”, por exemplo), e são incapazes tanto de relacionar estas leis à observação (“o corpo permanece oscilando” *versus* “a energia se conserva”), como de usar estas interrelações para a resolução de problemas. Observa-se freqüentemente que em todo e qualquer exercício que envolva escrever a expressão da velocidade e posição como função do tempo são utilizadas as equações do movimento com aceleração uniforme - mesmo no caso

de um corpo sujeito a uma aceleração variando com a posição, como no caso de um sistema massa-mola. É comum ouvir-se de alunos “que tipo de problema é este?”, “que fórmula eu aplico?”, em vez de “que leis são aplicáveis?”.

Em resumo, os estudantes não percebem que a física é uma ciência, com métodos próprios, e isto os paralisa na interação com o seu conteúdo.

O terceiro e último tipo de dificuldade relaciona-se com a falta de hábitos e métodos de estudo adequados. O estudo por notas de aula a tentativa de resolução de problemas sem uma leitura prévia do assunto sobre o qual versam, é uma prática arraigada. Boa parte dos livros adotados reforça este erro comportamental, ao incluir resumos, às vezes escritos em vermelho ou em letras destacadas do restante do texto, com poucos exemplos e raras frases de discussão conceitual. O desenvolvimento de hábitos de estudo que permitam ao aluno fazer consultas a periódicos, ou a organizar a leitura de livros mais avançados por partes, por exemplo, é uma das maiores dificuldades encontradas nas disciplinas de física, onde o bom desempenho está diretamente relacionado a um nível de abstração dificilmente alcançável por outros métodos.

Este diagnóstico nos permitiu não só compreender a inadequação da forma “tradicional” em que a disciplina de Física 1 é oferecida a estes estudantes, quanto nos permitiu planejar e implementar esta mesma disciplina em outro formato metodológico.

IV A metodologia adotada

A metodologia aqui relatada é resultado de um processo de mudança que se deu entre 1997 e 1999.

Em 1997, foi implementada no Instituto de Física uma reformulação das disciplinas de Física 1 e Física Experimental 1 das áreas de ciências exatas (física, matemática, química, geociências) e tecnológicas (engenharias e engenharia química), com o objetivo de melhorar a aprendizagem dos estudantes.

As disciplinas teórica e experimental foram unificadas informalmente. Os tópicos destas disciplinas foram divididos por assunto (módulos), com duração de duas semanas e discutidos simultaneamente. Cada assunto tinha suas idéias fundamentais apresentadas em uma primeira aula expositiva, com uso intenso de demonstrações experimentais e recursos áudio-visuais⁴. A unificação entre atividades teóricas e experimentais permitiria uma melhor compreensão da existência de um método científico, e de que a física basicamente constrói modelos para descrever uma realidade observada, modelos cujos resultados devem ser satisfatórios quando

⁴Esta aula tinha seu material experimental elaborado e era ministrada por um único professor da disciplina, o prof. Miguel A. Gregório, com o apoio técnico do LADIF.

comparados à observação experimental. As grandes aulas demonstrativas introduziam a noção de que havia idéias globais e um conjunto restrito de leis, aplicáveis de forma geral a observações. Com isto, era enfrentado o segundo grupo de dificuldades dos estudantes listadas na seção anterior, o da percepção da existência de um método científico.

As turmas eram então divididas em grupos menores para realização de trabalhos teóricos e experimentais. Nas aulas teóricas, o estudante teria um papel ativo, alternando tal papel com o professor, na discussão de problemas, soluções etc. Foram elaborados Guias de Estudo para estas aulas, que serviam como guias efetivos de trabalho para os alunos - o que ler, em que ordem, e quais exercícios resolver. Com isto, pretendia-se enfrentar as dificuldades relacionadas ao primeiro grupo mencionado, a capacidade de compreensão na leitura, e ao terceiro grupo, a aquisição de métodos de estudo adequados.

Para o laboratório, foram elaborados Guias de Laboratório, de leitura prévia obrigatória. O aluno realizava a experiência (tomada de dados), e voltava na semana seguinte para discutir com o professor, escrever o relatório, fazer e analisar gráficos, e eventualmente refazer a tomada de dados, com tempo suficiente para um adequado trabalho no laboratório. A discussão de como tratar os dados experimentais era feita aos poucos, quando surgia a necessidade, no contexto da obtenção de um resultado experimental. O relatório não era obrigatório, mas a sua confecção foi pressionada com argumentos apropriados (a possibilidade de consulta durante a avaliação). Com isto, enfrentava-se o primeiro grupo de dificuldades, o domínio da linguagem escrita e oral, fazendo com que o estudante se expusesse verbalmente e por escrito, apresentando de forma completa - com início, meio e fim - um trabalho realizado por ele.

Em pequenas turmas, as aulas de teoria e de laboratório favoreciam uma melhor interação tanto entre professor e alunos quanto entre os alunos. As condições sociais de troca eram criadas, permitindo a circulação de informações e possibilidades de correções mútuas. Acrescente-se aí a possibilidade do professor identificar continuamente falhas a serem sanadas, fazendo com que os alunos percebessem as contradições presentes em muitas de suas concepções prévias equivocadas.

A resposta estudantil a esta modalidade de curso foi bastante positiva. No conjunto, esforçaram-se, mostraram interesse, acompanharam as discussões e instruções. Os gráficos da Fig. 1 ilustram os resultados

deste esforço, e mostram um índice de aprovação superior aos habituais.

Em 1999⁵, uma equipe menor (cinco professores) resolveu repetir a experiência com a metodologia adotada, corrigindo as deficiências observadas em 1997. Foi mantida a estrutura e os objetivos das disciplinas, e fez-se a correção das principais falhas observadas: a escolha do livro e o entrosamento da equipe.

Em 1997, a escolha do livro⁶ revelara-se inadequada, pois o estilo de discussão do texto, com conceitos apresentados de forma sumária e um conjunto grande de “diversos tipos” de problemas, não se mostrava apropriada à proposta pedagógica da disciplina. Em 1999, o texto escolhido⁷ apresentava uma discussão conceitual mais extensa, sem apresentação de resumos ao final dos capítulos, estimulando e requerendo dos estudantes uma leitura mais elaborada, ainda que para eles muito difícil, de um texto. Esta leitura era acompanhada de orientações, apresentadas nos Guias de Estudo: em que ordem abordar os tópicos, que trechos ignorar, quais os exercícios a serem feitos após a leitura do texto, entre outras necessárias a cada tema.

Em 1997, a equipe que participou da experiência era muito grande, envolvendo todos os estudantes dos cursos de ciências e tecnologia. Os grandes números de professores e estudantes impossibilitaram a plena implementação da proposta pedagógica, com diferentes encaminhamentos e sem uma efetiva integração entre teoria e laboratório. Em 1999, a metodologia foi então aplicada a um grupo menor de estudantes, de forma mais controlada. O esforço de entrosamento da equipe permitiu que os tópicos fossem bem articulados no laboratório e na teoria, e que a orientação pedagógica expressa nos Guias de Estudo e de Laboratório fosse seguida nas diferentes turmas. Estes guias e as aulas demonstrativas⁸ foram preparados em conjunto pela equipe.

Com isso, a metodologia aplicada caracterizou-se por uma ação direcionada para as dificuldades identificadas e discutidas na seção anterior. A utilização da linguagem, oral e escrita, foi explorada com a exigência de leitura do texto e dos guias, e com as discussões no laboratório. O desenvolvimento da linguagem matemática foi estimulado com a preparação de exercícios especiais abordando as principais incorreções cometidas pelos estudantes; os alunos os resolviam e depois o professor discutia esta resolução (particularmente muito sucesso foi obtido com a abordagem sobre vetores, permitindo um trabalho bastante produtivo em um dos tópicos do curso, rotações, de maior dificuldade de aprendiza-

⁵ Por motivos internos à Universidade, a experiência foi descontinuada em 1998; a equipe envolvida nesta discussão pedagógica não participou do curso.

⁶ Halliday, R. Resnick e J. Walker, Fundamentos de Física 1 - Mecânica, 4ª edição, LTC Editora.

⁷ H.M. Nussenzweig, Curso de Física Básica 1 - Mecânica, 3ª edição, Editora Edgar Blücher.

⁸ Todos os professores das turmas de teoria participaram da elaboração das aulas demonstrativas, e se revezaram para ministrá-las.

gem). O desconhecimento da existência de um método científico e da importância do processo de modelagem foram abordados através da interação entre os trabalhos de laboratório e teoria. Algumas vezes modelos elaborados teoricamente falhavam na descrição de resultados experimentais, proporcionando discussões ricas e proveitosas a respeito do modelo utilizado. A aquisição de hábitos de estudo foi tentada através do uso pelos professores dos guias de estudo. Só após a leitura do texto eram sugeridos exercícios. Também utilizou-se um “algoritmo para resolução de exercícios” nos quais tentava-se convencer os estudantes que não havia “tipo de problema”, que todos os problemas eram basicamente “o mesmo”: o da aplicação das mesmas leis fundamentais a partir da modelagem de uma observação. Diferentes testemunhos de alunos demonstraram a utilidade desses guias em seu processo de domínio dos assuntos abordados nas disciplinas.

Este método foi aplicado de forma sistemática para as turmas de física, astronomia e meteorologia no primeiro período de 1999.

V Resultados

O resultado geral do curso em 1999, como em 1997, está apresentado na Fig. 1. Os índices de desempenho são superiores à média dos outros anos. A combinação baixo índice de abandono com alta aprovação aparece pela primeira vez na seqüência de anos estudada, fornecendo o maior índice de aprovação real: 59% dos estudantes conseguem sucesso na disciplina.

Outro resultado observado foi obtido com a análise da correlação entre o resultado do vestibular e o resultado de Física 1. Desejava-se saber quantos dos alunos que haviam tido um desempenho insatisfatório no vestibular conseguiam superar suas deficiências e logravam aprovação em Física 1, com avaliações de mesmo nível das do curso tradicional. O índice médio de 70% de fracasso corresponde a cerca de 85 alunos, número significativo para carreiras nas quais poucos alunos (cerca de 20) conseguem se formar. Definimos um “índice de recuperação” como sendo o número de estudantes cuja nota em física no vestibular é inferior a 5,0 (cinco) e que conseguem ser aprovados em Física 1. Este índice percentual indica quantos dos alunos com deficiências prévias conseguem se recuperar. Na Fig. 2, indicamos este índice ao longo do tempo para os calouros das turmas consideradas. Desta figura, fica evidente que houve uma reversão clara no desempenho destes estudantes com esta metodologia: recuperaram-se 45% destes alunos em 1999.

Observa-se que a tendência de 1997 confirma-se em 1999, com melhora nos índices. A combinação dos resultados - um baixo índice de abandono associado a um alto índice de aprovação - ocorreu pela primeira vez

neste período, e o índice de recuperação dos estudantes foi muito superior ao habitual.

Foram feitas avaliações de outros indicadores: a correlação entre as notas do vestibular e a nota de Física 1, e o resultado destes alunos no curso seguinte, Física 2. A análise qualitativa de gráficos da nota de Física 1 *versus* a nota de física no vestibular indicou uma redução da correlação entre as notas. Quanto ao desempenho na disciplina de Física 2 dos alunos que se recuperaram no primeiro período, observou-se que, no período de 1993 a 1999, o índice médio dos alunos que se recuperaram em Física 1 e cursaram Física 2 com sucesso foi de 45%; no ano de 1999, este índice foi de 65%. Isto mostra que estes alunos não tiveram sucesso apenas em Física 1, e que a reversão no quadro de desempenho é real.

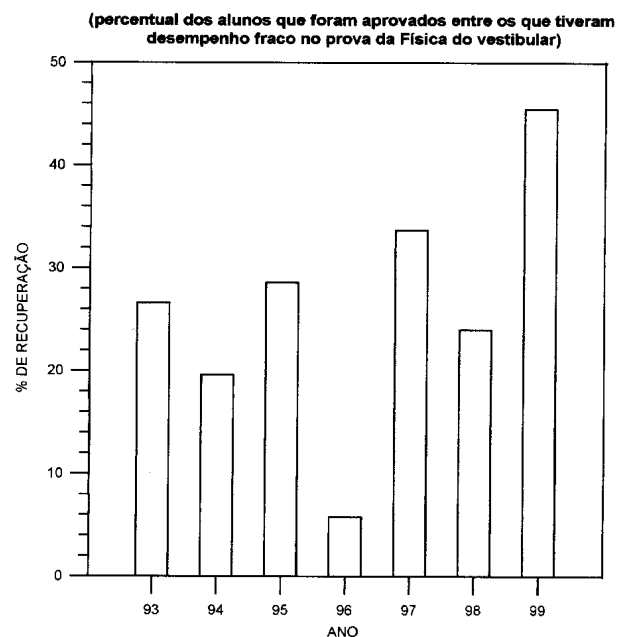


Figura 2. Índice (percentual) de recuperação dos alunos de física, astronomia e meteorologia.

Na Tabela 3 apresentamos o resultado da aplicação desta metodologia em 1999, dividida por turmas, e em duas tabelas, a primeira incluindo os veteranos (repetentes de Física 1) e a segunda apenas com os alunos que estavam entrando na universidade naquele período (os calouros). A aprovação global neste curso foi superior à média histórica da disciplina. O desempenho global dos estudantes melhorou, mesmo com um índice global de aprovação em física 1 inferior a 60% [1].

Foi feita uma análise complementar do desempenho diferenciado das diversas turmas (Tabela 3), onde identificou-se um melhor desempenho de duas delas: astronomia e meteorologia. Focalizou-se a dinâmica aplicada a estas turmas para que se caracterizasse com maior nitidez quais os aspectos da nova metodologia que mais favoreciam o aprendizado dos estudantes.

Tabela 3

Desempenho por turma em Física 1 no primeiro período de 1999.

Tabela 3-a: Todos os alunos - 99/1

Turma	Total de Alunos	n° de Abandonos	% de abandonos	n° Real de Alunos	n° de Aprovados	% de Aprov. Total	% de Aprovação
IFA	26	4	15.4	22	11	42.3	50.0
IFB	18	1	5.6	17	11	61.1	64.7
IFC/D	61	15	24.6	46	20	32.8	43.4
FÍSICA	105	20	19.0	85	42	40.0	49.4
AST	34	11	32.4	23	16	47.1	69.6
MET	19	6	31.6	13	8	42.1	61.5
GEOC	53	17	32.1	36	24	45.8	66.7
TOTAL	158	37	23.4	121	66	41.8	54.5

Tabela 3-b: Apenas calouros - 99/1

Turma	Total de Alunos	n° de Abandonos	% de abandonos	n° Real de Alunos	n° de Aprovados	% de Aprov. Total	% de Aprovação
IFA	24	3	12.5	21	10	41.7	47.6
IFB	17	0	0.0	17	11	64.7	64.7
IFC/D	38	5	13.2	33	16	42.1	48.5
FÍSICA	79	8	10.1	71	37	46.8	52.1
AST	21	3	14.3	18	15	71.4	83.3
MET	11	3	27.3	8	5	45.4	62.5
GEOC	32	6	18.8	26	20	62.5	76.9
TOTAL	111	14	12.6	97	57	51.4	58.8

Nas turmas de astronomia e meteorologia, em 1997 e 1999, a metodologia foi aplicada de forma mais definida e sistemática. Nestas turmas, o professor usou as aulas de fixação de forma que os estudantes expressassem com maior frequência seus conhecimentos e suas dificuldades, e pudessem receber atenção docente igualmente mais freqüente e centrada nesta demanda. Na primeira parte dessas aulas, o professor explorava as dificuldades de cada tema, fazendo com que os estudantes resolvessem exercícios, estimulando-os a um intenso exercício intelectual. Todos os exercícios eram corrigidos e devolvidos, com discussão, na aula seguinte.

A turma da astronomia foi acompanhada com mais detalhe pela coordenação do curso. Observou-se que nos períodos de 1997 e 1999 os resultados, avaliados através dos índices citados, foram sempre acima da média. A coordenação avaliou o desempenho posterior dos alunos de 97/1 e constatou que a integração dos alunos egressos deste curso em atividades de iniciação científica e estágios deu-se de forma mais rápida

e produtiva do que a média.

Reproduzimos na Fig. 3 os mesmos resultados apresentados na Fig. 1, apenas para os estudantes da astronomia.

Nesta figura constata-se que a metodologia aplicada ao grupo foi a mais apropriada, isto é, produzindo melhores resultados: menos abandonos e mais aprovações.

Na Fig. 4, apresentamos para comparação um gráfico de correlação entre a nota de física no vestibular e a nota de Física 1 dos estudantes de astronomia em anos diferentes: um em 1993, 1995, 1998 e em 1999. Destes gráficos, vê-se que os anos apresentam características diferentes: em 1999, grande parcela dos alunos fracos recuperam-se, ao contrário dos outros anos exemplificados.

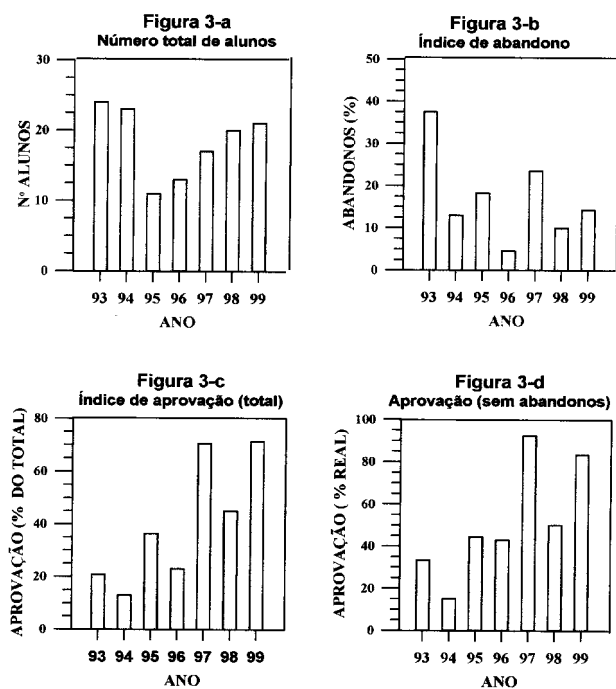


Figura 3. Desempenho em Física 1 dos estudantes de astronomia (calouros) ao longo do tempo.

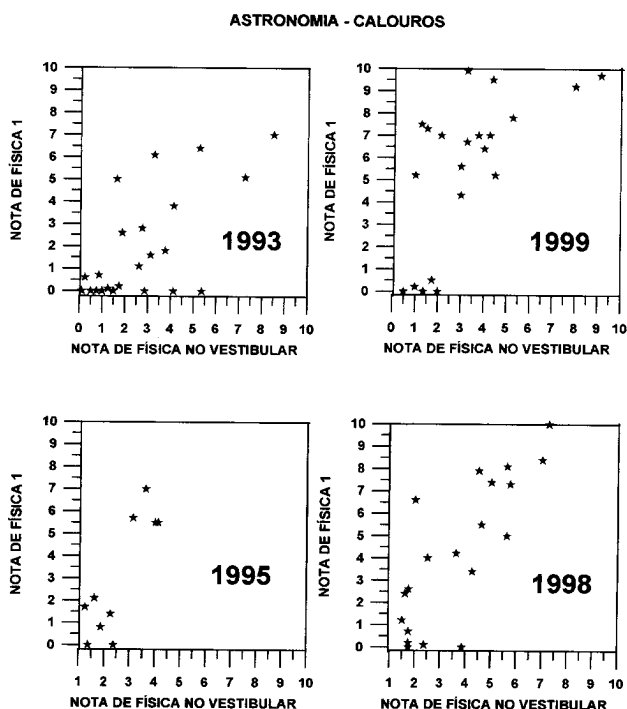


Figura 4. Correlação entre a prova de física do vestibular e o desempenho em Física 1 na universidade (Cada ponto corresponde a um aluno).

VI Conclusão

Os resultados nos permitem concluir que a utilização da metodologia chamada aqui de tradicional ignora o fosso

existente entre os estudantes e o professor; por não haver um processo intenso de escuta dos estudantes por parte do professor, este fosso não tem possibilidade de ser superado a não ser pelos poucos estudantes que por circunstâncias ligadas à sua formação escolar anterior não apresentam dificuldades em nenhum tipo de curso. A nova metodologia aplicada pelo professor da astronomia mostrou ser um caminho pedagógico de superação dos problemas anteriormente detectados.

Com estes resultados, consideramos que é possível - e não é muito difícil - a adoção de metodologias que permitam reverter o quadro de insucesso acadêmico dos alunos que ingressam nas carreiras de física, astronomia e meteorologia, com a diminuição dos índices de evasão e permitindo que os estudantes encontrem seu caminho sem a permanente sensação de derrota que vem sendo infligida a eles.

As dificuldades dos alunos dos cursos estudados, relacionadas ao domínio da linguagem (escrita e falada), enquanto expressão de uma forma geral, e da linguagem matemática em particular, mostraram-se reversíveis, isto é, os alunos aprenderam o que não sabiam, modificaram imagens, idéias, hábitos de pensar etc. Especialistas no estudo da inteligência humana e do processo de aprendizagem, como Piaget [2] e Vygotsky [3], enfatizaram a relação entre a aprendizagem humana e a interação social. Estes resultados estão de acordo com estas idéias. Ensinar exige ouvir os alunos, estes são a base inquestionável do trabalho docente.

Levy [4] abordou a inteligência humana em suas características históricas de expressão e ressaltou as específicas condições culturais dessa expressão. Com muita propriedade, afirmou que *“toda instituição é uma tecnologia educacional”*, isto é, uma organização social específica pode favorecer, em diferentes direções, a atividade cognitiva. É nesta perspectiva que pode-se dizer que um curso oferecido para estudantes em uma determinada instituição, como o Instituto de Física da UFRJ, pode ser visto como uma tecnologia intelectual, na medida que oferece recursos, caminhos, interação etc., buscando incentivar e fortalecer (ou não) a atividade intelectual dos estudantes.

Não é difícil concluir que a nova metodologia de ensino, aqui discutida, em confronto com aquela do curso tradicional, obteve sucesso porque estabeleceu tecnicamente condições sociais e institucionais mais apropriadas de exercício e crescimento intelectual para os estudantes.

A atividade buscada no estudante, no decorrer da aplicação da metodologia, procurou atingir o que nos pareceu ser mais um hábito intelectual de passividade do que uma deficiência insuperável frente ao programa da disciplina de Física 1. O conhecimento científico é um conhecimento produzido socialmente; portanto, os estudantes devem experimentar sistematicamente as habilidades requeridas para esta produção: questionar, observar, testar, concluir, teorizar e argumentar, em um contexto social. Procuramos romper com o que Kuhn [5] apontou: “*Embora o desenvolvimento científico seja particularmente produtivo em novidades que se sucedem, a educação científica continua a ser uma iniciação relativamente dogmática a uma tradição pré-estabelecida de resolver problemas, para a qual o estudante não é convidado e não está preparado para apreciar.*”

As características da metodologia aqui relatada, seus resultados e a bibliografia consultada nos levam a concluir que as dificuldades de aprendizagem apresentadas pelos alunos aproximam-se mais de um problema social-institucional do que individual, de cada estudante.

Agradecimentos

Agradecemos aos professores Clóvis Dottori e João Valentim de Menezes o auxílio na obtenção dos dados. Agradecemos também aos professores Ana Maria S. Breitschaft, José Antonio M. Simões e Sandra F. Amato pela valiosa contribuição ao trabalho pela participação na equipe de Física 1 e Física Experimental 1 em 1999.

Referências

1. Lillian C. McDermott, in *Millikan Lecture 1990: What we teach and what is learned - Closing the gap*, American Journal of Physics **59** (1991) 301-315, p. 303.
2. H.J. Flavell, *A psicologia do desenvolvimento de Jean Piaget*, Livraria Pioneira.
3. L.S. Vygotsky, *Pensamento e linguagem*, Martins Fontes, 1987.
4. Pierre Lévy, *As Tecnologias da Inteligência - O Futuro do Pensamento na Era da Informática*, Editora 34, 1999.
5. T.S. Kuhn, *A função do dogma na investigação científica*, em J. Dias de Deus (org.) *A Crítica da Ciência, Sociologia e Ideologia da Ciência*, Zahar Editores, 1979.