

# REVISTA BRASILEIRA DE FISICA

Volume Especial Nº 3 Outubro de 1976

São Paulo Brasil

REVISTA BRASILEIRA DE FÍSICA

III SIMPÓSIO  
NACIONAL DE  
ENSINO DE FÍSICA  
(ATAS)

6

Realizado na Universidade de São Paulo, de 25 a 30 de janeiro de 1976

Volume Especial Nº 3 Outubro de 1976

Publicação da Sociedade Brasileira de Física. Subvencionada pela Coordenação do Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP).\*

\* A FAPESP também subvencionou parte do primeiro volume.

São Paulo Brasil

# **Ciclo Básico**

## **5 COMUNICAÇÕES**

## **F<sub>1</sub> — UM MÓDULO DE RELATIVIDADE — CICLO BÁSICO**

ANGOTTI, José André P., DELIZOICOV NETO, Demétrio, PERNAMBUCO, M. M. C. A e RUDINGER, Erik — Instituto de Física da USP — FINEP e CNPq.

Durante um curso ministrado por L.R.B.Elton no IFUSP em 1975, iniciamos a elaboração de um módulo para ensino de relatividade aos estudantes do primeiro ano.

A maioria dos textos disponíveis foi analisada e nenhum mostrou-se adequado.

Concluimos que o módulo deveria possibilitar ao aluno perceber a linha de evolução do pensamento científico; exercitar seu espírito crítico; constatar a ligação entre o desenvolvimento da física e o social e filosófico, além de incentivar sua capacidade de discutir, ouvir outras pessoas e viver com algumas incertezas. Deveríamos também levar a consideração que a abstração surge passo a passo de elementos mais concretos, que para haver assimilação deve-se partir das experiências do aluno e se chegar novamente a aplicações práticas, e que a aprendizagem só ocorre com a participação ativa do aluno.

O curso sugerido difere dos tradicionais quanto a sua ordenação, começando pela Dinâmica através de evidência experimental obtida do filme "A velocidade limite" de W.Bertozzi - PSSC. Essa idéia foi sugerida por Uri Haber Schaim (The Physics Teacher, Fev. 71 pag. 75).

A cinemática é introduzida posteriormente a partir do experimento, mostrado no filme "Dilatação do tempo" de Friedman, Frich e Smith - PSSC. Quanto à técnica de ensino a ênfase principal está nas discussões em grupo, principalmente nos conceitos fundamentais e aparentes paradoxos da teoria.

A versão preliminar foi aplicada a três turmas ,

sendo feita uma avaliação formativa para posterior elaboração do material.

Durante o trabalho contamos com a colaboração de Amália Magalhães, Iberê L. Caldas, L.R.B. Elton e Ruth Loeweistein.

A idéia de elaborar um módulo de relatividade surgiu durante o curso Teaching and Learning in High Education-Relativity, ministrado pelo professor L.R.B. Elton (University of Surrey) em junho/agosto de 1975. Um dos objetivos desse curso era preparar material para ensino de Relatividade, pretendendo-se inicialmente elaborar guias baseados em método Keller, usando-se um dos textos já existentes.

No início do curso, discutiu-se sobre a necessidade de se ensinar Relatividade no ciclo básico universitário, chegando-se à conclusão que o tópico deveria ser introduzido, embora não necessariamente em igual profundidade para as diversas carreiras. O primeiro contacto com relatividade teria, portanto, por objetivo ampliar o espírito crítico do estudante, além de ser um ponto importante de sua cultura geral, não se devendo portanto sobrecarregá-lo de informações, deixando-o confuso.

Analisamos os textos habitualmente utilizados para verificar aquele que mais se adaptaria aos nossos propósitos: Herman Bondi - Relatividade e Bom Senso; R. Resnick - Introdução a Relatividade Especial; Curso de Física de Berkeley - Vol. 1; L.R.B. Elton - Concepts of Classical Mechanics; Feynmann Lectures on Physics - vol. 2 e Langos-Einstein and the World Order (os dois últimos sobre relatividade geral).

Decidimos pela não utilização destes textos pois não se enquadravam nos objetivos propostos, além de serem extensos demais para aplicação em três semanas, tempo disponível no curso de Física Geral e Experimental 2.

A alternativa seria então a elaboração do material necessário, ao contrário de se preparar somente guias de estudo baseados em texto já pronto. Os Participantes do curso

dividiram-se em dois grupos, decidindo o primeiro montar um texto. Nossa opção foi a construção de um módulo, pois acreditamos ser de extrema importância o fato do estudante passar por certas atividades consideradas fundamentais, e um texto dificilmente preenche esse requisito.

A dificuldade normalmente encontrada em relatividade é o nível de abstração exigido pelos conceitos, que são difíceis e transcendem a experiência do estudante.

Em geral, os conceitos são introduzidos através de experiências idealizadas e/ou desenvolvimento histórico, trazendo dificuldades de pré-requisitos (ótica e eletromagnetismo). Estas dificuldades acabam por desviar o aluno das partes fundamentais da teoria.

Assim, decidimos por um método que procura evitar esse problema, iniciando o estudo de Relatividade através de uma "experiência concreta" referente à parte de Dinâmica Relativística, como foi proposto por Uri Haber Schaim (The Physics Teacher, fev/71 pag.75).

## O MÓDULO

### *A - Esquema*

Unidade I - Dinâmica Relativística.

- Filme: A velocidade Limite
- Discussão em grupo: Questões em aberto sobre a experiência.
- Dedução da expressão da Energia Cinética pelo gráfico.
- Dedução da expressão do Momento.
- Uma possível interpretação da expressão do momento: variação da massa.
- Série de exercícios - equivalência entre massa e energia.
- Discussão de fundo social: Uso da massa como fonte de energia.

Unidade II - Dilatação do Tempo e Contração do Espaço

- Filme: A dilatação do Tempo
- Texto: Três hipóteses para interpretar os dados obtidos.

- Diálogo fictício de dois personagens em diferentes referências.
- Nova interpretação da expressão do momento.
- Discussão sobre o diálogo e o texto.
- Experiência de Rogers (Physics For Inquiring Mind): obtenção da expressão de dilatação do tempo a partir da conservação do momento.
- Ênfase para referências diferentes e para as definições de tempo próprio, espaço próprio, contração de espaço e dilatação do tempo.
- Lista de exercícios.

#### Unidade III - Simultaneidade

- Discussão sobre sincronização.
- Velocidade da luz independente do movimento da fonte e do observador.
- Conceito de Simultaneidade.
- Discussão em grupo: Tentativa de compreensão da dilatação e contração a partir do conceito relativo da simultaneidade.

#### Unidade IV - Histórico da Teoria

- Problemas que levaram à teoria = adaptação do livro Evolução dos conceitos de Física - Jun'ichi Osada - Edgard Blücher - USP. cap. 6.
- Retorno às hipóteses a partir do início do problema.

#### Unidade V - Avaliação

- Discussão sobre o curso, críticas.

### ABORDAGEM E TEXTO

A primeira unidade é baseada em evidência experimental, obtida do filme "A velocidade limite" de W. Bertozzi - PSSC. No filme é mostrada a impossibilidade de um feixe de elétrons acelerados ultrapassar uma velocidade (limite), não se discutindo a esta altura se tal velocidade é ou não a da luz.

Após assistir o filme, os alunos recebem o texto da primeira unidade, que procura levantar questões para serem discutidas em grupo, deixando os estudantes à vontade para justificar a experiência, cujos resultados a mecânica clássica não prevê. Não é exigida uma resposta exata sendo mais importante a discussão e criatividade.

A seguir, o texto fornece pista para dedução da expressão da energia cinética através do gráfico obtido experimentalmente, chegando-se a partir desta, à expressão do momento relativístico dos elétrons.

A segunda unidade também é introduzida por uma experiência filmada: "A dilatação do tempo" de Friedman, Frich e Smith - PSSC. Trata-se da medida do tempo necessário para decaimento de mesons- $\mu$  na base e no cume de uma montanha, concluindo-se que estatisticamente um número de mesons muito maior que o previsto consegue chegar à base do monte antes de decair. O filme é cortado em sua parte final, onde os autores concluem sobre a dilatação do tempo e sua expressão. O texto da segunda unidade é então distribuído onde se levantam possíveis hipóteses para explicar os resultados obtidos. Cada hipótese é discutida separadamente, e conclui-se que o efeito da dilatação do tempo é uma alternativa para explicar a expressão do momento vista na unidade 1.

A terceira unidade continua explorando a idéia de tempos diferentes para referenciais diferentes, após introdução da idéia de sincronização. No estudo de simultaneidade como conceito relativo, propõe-se a compreensão dos efeitos de contração e dilatação do tempo através da simultaneidade.

Na quarta unidade, é feito um desenvolvimento histórico da teoria, tentando mostrar o porquê da Relatividade de Einstein e não a de Lorentz.

As transformações de Lorentz são vistas em unidade optativa, havendo ainda uma unidade final para avaliação do curso.

Devemos ressaltar que para incentivar a discussão, as unidades são divididas em partes, a fim de que os estudantes sejam motivados a formularem respostas próprias, uma vez que eventualmente os textos seguintes podem encaminhar as respostas.

## CRÍTICAS E PERSPECTIVAS

Uma versão preliminar foi elaborada e aplicada em 1975 a três turmas, sendo a experiência fonte para detecção das dificuldades oferecidas pela abordagem e pelo texto.

Notamos algumas falhas no aspecto de comunicação, deficiência das séries de exercícios, dificuldade na construção de diálogos fictícios, e ausência de uma maior ênfase na idéia de simetria dos referenciais.

Segundo a opinião de alguns alunos, a obtenção da expressão da energia cinética foi muito dirigida.

Finalmente, acreditamos que na versão final possa ser alcançada uma melhor continuidade e um melhor planejamento das discussões.

De uma maneira geral houve interesse e participação dos estudantes, que avaliados por uma prova tradicional mostraram resultados satisfatórios.

Da experiência obtida, percebemos a viabilidade da proposta e a necessidade da elaboração de uma versão final para avaliação dos objetivos.

Uma possível falha na utilização do módulo é a dependência de cópia dos filmes que pode ser contornada pela preparação de um texto inicial extraído dos artigos de Friesch, D.H. e Smith, J.H., "The measurement of relativist time dilations using  $\mu$ -mesons (1963)- American Journal of Physics vol. 31 pp 343/345 e Bertozzi, W. "Speed and Kinetic Energy of Relativistic Electrons" (1964)- American Journal of Physics vol 32 pp 551/555.

A proposta de se partir de situações mais palpáveis para a realidade do aluno e elaborar textos com linguagens

e situações que possibilitam maior discussão parece-nos aplicável a outros tópicos, principalmente de Física Moderna.

Durante o trabalho contamos com a valiosa colaboração de Iberê L.Caldas, Amália Magalhães, Ruth Loeweinstein e L.R.B.Elton.

**F<sub>2</sub> – ELABORAÇÃO DE UM TEXTO – MOMENTO ANGULAR**  
VILANI, A., CUPERTINO, A. L. M., RADDI, A. M. G., PIMENTEL,  
F. J. F., SUYAMA, J. A., DUARTE, J. L. M., VIANA, S. S., SALÉM, S.,  
SOARES, V. L. L. e HOSOUME, Y. Grupo do Curso Personalizado  
do IFUSP.

O Curso Personalizado do primeiro ano de Física Básica, no IFUSP, em 1975, incluiu na sua programação a preparação de textos. Estes textos surgiram da necessidade de sermos coerentes com os objetivos propostos para o curso e porque não encontramos texto algum pronto que estivesse de acordo com os nossos objetivos.

Vamos apresentar um exemplo desta faceta do nosso trabalho com o objetivo de ilustrar a própria elaboração do texto a partir da necessidade constatada. Os textos tentam seguir a estrutura: previsão, análise qualitativa, análise quantitativa e verificação da consistência dos resultados. Esta estrutura é a expressão de uma cadeia de comportamentos que acreditamos ser um bom caminho para que o aluno aprenda a resolver problemas em Física. Queremos não só possibilitar ao aluno a compreensão dos conceitos físicos mas também desenvolver o comportamento da análise. Escolhemos os textos de momento angular e sistema de partículas pois eles foram apresentados aos alunos e já foram reformulados com base nas sugestões dos alunos, professores e monitores.

Temos consciência de que estes textos podem responder às necessidades de um curso que adota objetivos comportamentais semelhantes aos que citamos. Mas acrescentamos uma pergunta: Será válido como uma proposta de ensino do conceito de momento angular e conceito relacionados, em qualquer curso? Seja qual for a linha adotada?

Durante o ano de 1975, foi proposto, para duas turmas de Física básica da USP, um curso piloto de Física 1 e 2. Este curso tinha como objetivo fundamental desenvolver no aluno o comportamento de resolver problemas em Física. Parece-nos que, tradicionalmente, nos cursos básicos, é dado muito enfoque à parte de conhecimento informativo, e pouco à parte de formação de hábitos de pesquisa que caracterizam a atividade de um físico.

O comportamento de resolver problemas em Física implica, evidentemente, em toda uma cadeia de comportamentos tais como previsão, análise qualitativa, resolução quantitativa e verificação da consistência dos resultados. Implícito nesse programa, estava a idéia geral de que o processo que um físico desenvolve, ao resolver um problema de Física, é um contínuo esforço para simplificar e aproximar as situações, a fim de conseguir resultados cada vez melhores.

O curso foi ministrado através do método Programado Individualizado (C.P.I.), com o qual achamos ser mais fácil obter controle do desempenho de cada aluno e, em particular, dos comportamentos por nós visados.

Um dos problemas mais importantes que enfrentamos durante o curso foi o da elaboração de textos que contivessem aquela idéia geral e que, simultaneamente, desenvolvessem no aluno a seqüência de comportamentos proposta. Infelizmente, nenhum dos textos de Física básica conhecidos (Halliday, Alonso, Berkeley, Feynman, Ingard) foi escrito com essa finalidade.

Apesar da forte relutância inicial, fomos obrigados, a partir do segundo semestre, a escrever praticamente todos os textos, a fim de que o aluno, aos poucos, tomasse consciência do que é enfrentar um problema de Física e resolvê-lo através de simplificações e aproximações sucessivas.

Pretendemos, com este trabalho, ilustrar um processo de elaboração de um texto, quando se tem em mente certos objetivos.

O texto que apresentamos - momento angular de uma partícula e sistema de partículas - foi escolhido por vários motivos. Em primeiro lugar, por ser o único que até agora sofreu um processo de revisões sucessivas, ou seja, após ter sido apresentado aos alunos foi re-discutido e reformulado várias vezes com base nas críticas por eles formuladas. Em segundo lugar, pelo seu conteúdo que é o que apresenta maiores dificuldades conceituais e o que menos se presta para ser incorporado à intuição física do aluno. Em terceiro lugar, porque é um texto de introdução e desenvolvimento de um conteúdo teórico novo, a partir do qual vão se desenvolvendo novos conceitos e idéias.

Passaremos agora a descrever os aspectos relevantes do texto.

## CARACTERIZAÇÃO DO TEXTO

### *Objetivos*

O texto foi escrito com a finalidade de concluir o estudo da dinâmica de uma partícula, introduzindo o conceito de momento angular com a respectiva lei de conservação e desenvolver um estudo sobre um sistema de partículas.

Pretendíamos que o texto levasse o aluno a desenvolver o espírito crítico e a sentir a necessidade de novas grandezas físicas e de simplificações.

### *Pré-requisitos*

O nosso texto, por ter sido introduzido no início do segundo semestre, supõe que o aluno tenha vários conhecimentos de Física e Matemática, os mais importantes dos quais são:

De Física - conceito de grandeza escalar e vetorial, quantidade de movimento (Q.M), força conservativa e energia potencial, leis de Newton, conservação da energia e da Q.M., mudança de referencial.

De Matemática - conceito de derivada e integral e alguns conceitos de Geometria Analítica tais como a caracterização de um plano no espaço, equação de uma circunferência e descrição vetorial do espaço.

O texto supõe também que o aluno tenha parcialmente desenvolvido o espírito crítico, ou seja, que pelo menos o aluno não aceite totalmente os conhecimentos novos sem se perguntar o porquê deles.

#### *Considerações sobre a elaboração*

Para estimular o aluno a um espírito crítico evitou-se, ao máximo, partir das definições dos novos conceitos. Tentou-se, ao invés disso, criar a necessidade desses conceitos a partir da análise de situações físicas. Assim, por exemplo, o momento angular não foi introduzido através da sua definição, mas foi "encontrado" quando se procurava um invariante que simplificasse as equações de movimento de uma partícula sujeita a uma força central.

Além disso, ainda com a preocupação de estimular o espírito crítico, o texto apresenta perguntas que o aluno deve responder sozinho ou discutir com colegas ou docentes: para estas perguntas não existem respostas no texto.

A fim de ajudar a participação do aluno, o estilo e a linguagem usados foram variando, dependendo das situações. Quando se supunha que o aluno já tivesse algum conhecimento do assunto, o texto incorpora uma série de perguntas, algumas das quais servem para lembrar conhecimentos, outras para analisar e desenvolver conhecimentos. A resposta, em geral é explícita ou implicitamente fornecida após a pergunta.

Ao contrário, quando o assunto é novo o estilo torna-se mais descritivo, e tenta-se utilizar ao máximo analogias com conceitos já conhecidos.

A atitude crítica do aluno é incentivada através de exemplos que focalizam toda a parte de discussão de um pro -

## Respostas

- c) Introdução da massa reduzida.
- d) O C.M. como referencial privilegiado e necessidade da introdução de novos modelos.

### *Considerações sobre a estrutura*

- 1) A introdução e análise das grandezas angulares não foi relegada a apêndice (como foi feito para as coordenadas polares) por duas razões. Em primeiro lugar, elas são uma alternativa às grandezas lineares e oferecem ao aluno uma possibilidade de visualizar o mesmo fenômeno de maneiras diferentes e complementares. O aluno começa a ter possibilidade de escolher a maneira mais adequada e simples de abordar um problema, que é um dos objetivos do curso. Em segundo lugar, a introdução da velocidade angular como vetor oferece uma boa analogia e preparação para a introdução do momento angular como vetor.
- 2) O enfoque dado às propriedades de simetria do C.M. tem a finalidade de simplificar a análise do movimento do sistema. Procurou-se relacionar simetria com invariância para reforçar a idéia-base da busca de invariantes. Parece-nos que estas atitudes são fundamentais no trabalho de um físico, no sentido de orientá-lo na sua pesquisa sobre a Natureza.
- 3) Alguns dos textos tradicionais, apesar de não terem os mesmos objetivos a que nos propusemos, de fato foram de grande ajuda na elaboração do nosso texto. No primeiro capítulo, uma das idéias principais, a invariância do momento angular de uma partícula num campo central, segue bem de perto a análise do Ingard. No segundo capítulo, a introdução do C.M. acompanha o desenvolvimento proposto pelo Feynman e a análise das propriedades de um sistema de partículas apresenta em boa parte a estrutura do Alonso e Finn.

## CONCLUSÃO

A finalidade principal do texto foi acostumar o aluno à idéia de que as leis e os modelos na Física não caem do céu, mas são as respostas às perguntas que os físicos fazem à Natureza, e que as perguntas não são feitas ao acaso, mas são construídas uma após a outra, condicionadas pelo horizonte de compreensão dos físicos e preocupação com as simplificações.

Evidentemente, um texto não desperta e sustenta no aluno uma atitude de pesquisa se não for acompanhado por uma série de atividades e reforços de outra natureza, tais como discussões, avaliações, experiências de laboratório e, principalmente, a atitude do docente. Daí, a nossa insistência sobre objetivos comportamentais: eles só podem ser atingidos na medida em que a atitude dos docentes os focaliza e os sustenta.

Estamos também conscientes de que o tipo de análise que tentamos desenvolver é mais facilmente familiar aos físicos teóricos. Portanto, uma abordagem diferente que dê mais peso aos fatos experimentais, se for conduzida no estilo de pesquisa, não só poderia ser igualmente válida, mas seria também uma complementação extremamente importante e necessária ao tipo de problemática por nós levantada.

Se o texto serviu para levantar o problema dos objetivos comportamentais, podemos considerar que o nosso trabalho não foi perdido: por isso gostaríamos de obter críticas e sugestões para melhorarmos o texto e re-elaborarmos os sucessivos.

Ao concluirmos o nosso trabalho, nós nos fazemos uma pergunta: será que o nosso texto pode ser utilizado por professores e alunos em cursos que não tenham a mesma estrutura daquele por nós dado? Ou seja, será que fora do contexto e da finalidade para o qual foi escrito, o texto contém em si alguma utilidade? Gostaríamos de obter res -

postas nesse sentido a fim de podermos perceber mais completamente a função do nosso trabalho no contexto dos esforços para melhorar o ensino universitário. \*

---

Nota:

O texto "Momento Angular" está disponível para os interessados no IFUSP.

### F<sub>3</sub> – A FÍSICA E A MECÂNICA NO PRIMEIRO CICLO DA ÁREA TECNOLÓGICA DA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE M. GERAIS.

TAVARES, Alair, ALMEIDA, Edimilson M., SILVA, Evantuil Borges da, WERKHAISER, Fernando e CARVALHO, José C. Professores da Equipe de Física do PCAT/UCMG.

A Universidade Católica de Minas Gerais mantém até 1974 o Ciclo Básico de um semestre com disciplinas comuns a todos os alunos recém-ingressados na Universidade e disciplinas específicas para cada curso. Nessa comunicação far-se-á análise desse Ciclo e de suas implicações no Instituto Politécnico. Em 1974 a UCMG criou o 1º Ciclo da Área Tecnológica (PCAT) com duração de três semestres. A equipe de Física organizou programas e objetivos específicos para a Física Geral e a Mecânica.

A análise dos resultados alcançados durante o ano de 1975 bem como das consequências futuras advindas dessa experiência é o principal objeto dessa comunicação, cujo sumário é o seguinte:

1. A evolução do Ciclo Básico na UCMG
2. Objetivos gerais do PCAT
3. Currículo, estrutura administrativa e corpo docente da PCAT
4. A Física e a Mecânica no PCAT
5. Análise dos resultados obtidos e previsão das consequências futuras.

A lei 464/69 determinou a criação de um primeiro ciclo de estudos gerais, oferecendo flexibilidade ampla para sua concretização. A UCMG optou inicialmente para

um Primeiro Ciclo Geral, cuja estrutura se baseava em disciplinas específicas e comuns, para os vários cursos. Assim, para as turmas de Engenharia, havia Introdução à Física, Química, Introdução à Matemática Superior e Introdução aos Estudos Universitários - esta última comum a todos os cursos.

Eram dois os objetivos gerais básicos do 1º Ciclo. O primeiro: integração entre estudantes e professores de vários cursos, visando criar uma consciência de Universidade. Este objetivo seria cumprido parte pela disciplina Introdução aos Estudos Universitários, parte pelo espaço físico comum e parte pelo clima favorável à integração, existente entre professores e funcionários do Primeiro Ciclo. A disciplina Introdução aos Estudos Universitários preocupava-se em discutir os problemas do estudante universitário dentro da escola e na comunidade, aconselhando e fornecendo elementos para efetiva integração. O segundo objetivo básico era o de adaptar o aluno às exigências das disciplinas de seu curso. Esse papel seria cumprido por Introdução à Física, Introdução à Matemática Superior e Química, que deveriam corrigir as deficiências do ensino médio nessas áreas e fornecer embasamento para as disciplinas regulares do curso de formação. Do programa de Introdução à Matemática Superior constavam assuntos como Funções e Gráficos, Noções de Geometria Analítica, Limites e Derivadas e Funções Trigonométricas. Esta foi a disciplina que mais se aproximou do objetivo apregoado por seu título, pois longe de constituir-se numa simples revisão do programa do segundo grau, pretendeu ser uma real preparação à Matemática do Segundo Ciclo. A Química já era mais específica de um curso profissional, abordando assuntos como corrosão e tratamento de superfícies metálicas. O programa de Introdução à Física versava sobre Algarismos significativos, Vetores, Movimento Unidimensional e Bidimensional, Dinâmica da Partícula e Trabalho e Energia. Era uma denominação imprópria, pois a disciplina não objetivava preparar para estudos posteriores mais avançados, porquanto seu conteúdo e nível de abordagem eram os da própria Física necessária à formação do engenheiro, identificando-se com a Física I.

Uma conquista importante do Primeiro Ciclo, ocorreu a partir da implantação do regime de 20 horas semanais para os professores, aliando-se às condições favoráveis de trabalho, existia toda uma preocupação com os métodos de ensino, adequação dos programas e disciplinas, formação de equipes de professores por disciplina, por área e interdisciplinarmente. Como consequência, deu-se a abertura para a pesquisa e aceitação de soluções que libertassem o ensino universitário do seu arcaísmo. Com a realização frequente de discussões, consolidou-se uma mentalidade renovadora aperfeiçoada pelo atual Primeiro Ciclo da Área Tecnológica, constituindo-se em um grande passo na modernização da Universidade.

#### FATOS QUE CONDUZIRAM À CRIAÇÃO DO 1º CICLO DA ÁREA TECNOLÓGICA.

O vestibular da Universidade Católica de Minas Gerais, apesar de ser mais racional que outros, por estar escalonado por áreas, deixa ainda muito a desejar como processo seletivo pelo fato de ter apenas caráter classificatório. O método adotado apresenta todos os defeitos dos vestibulares, velha mazela tão bem conhecida de todos. O peso das questões propostas é estabelecido a posteriori, de tal modo que o universo de candidatos é quem o especifica. Questões consideradas difíceis pelos candidatos (aquilatado pela estatística dos resultados) têm peso menor que aquelas consideradas fáceis. Esse critério conduz os Examinadores a aplicar provas mais fáceis de modo que o *universo examinando* se comporte estatisticamente de modo favorável; por outro lado, o método de múltipla escolha implica em insegurança nos resultados principalmente pela dificuldade de se garantir um trabalho rigorosamente individual. Enfim, o discente que a Universidade recebe não satisfaz, em geral, aos pré-requisitos indispensáveis a um curso de Engenharia de nível aceitável.

O 1º Ciclo de um semestre que estava em vigor até 1974 objetivava suprir essa deficiência complementando os conhecimentos indispensáveis ao universitário de Engenharia. Procurava-se suprir as notórias deficiências do Ensino Médio com um "Curso Tampão". Tais objetivos não foram alcançados pelas seguintes razões:

1. Os alunos recém-ingressos na Universidade sentiam-se frustrados por ter que estudar assuntos de nível médio. Os que realmente tinham feito bom curso secundário reclamavam com justa razão a perda de tempo. Os que não tinham um bom preparo alegavam a inutilidade do Curso pelo fato de ter apenas um semestre de duração. Apelidaram o 1º Ciclo de "Mobral" e não lhe davam o valor que seus idealizadores supunham possuir.
2. Os estudantes de Engenharia viam-se correpelidos a estudar matérias tais como *Filosofia*, que consideravam dispensáveis, tendo em vista os objetivos específicos da sua futura profissão.
3. As disciplinas Introdução à Matemática Superior e Introdução à Física Superior apresentavam aproveitamento muito baixo pelo fato de que, tratando de rever tópicos de nível colegial, não despertavam o interesse dos alunos.
4. O 1º Ciclo de tal modo desestimulava o discente que, ao ingressar no IPUC, o índice de reprovação no 2º período era muito elevado, pois se produzia uma solução de continuidade na capacidade de estudo do aluno.
5. Durante o 1º Ciclo, a Universidade procurava construir uma formação humanística de modo a permitir uma análise crítica mais profunda dos objetivos existenciais do homem. Acontece que o lapso de tempo de apenas um semestre não permitia a modificação ou mesmo a criação de hábitos e atitudes do indivíduo de acordo com a filosofia básica da Universidade Católica.

## OS OBJETIVOS GERAIS DO 1º CICLO DA ÁREA TECNOLÓGICA

Tendo em vista os fatos acima descritos era necessário que se promovesse uma reforma no 1º Ciclo de modo a alcançar os objetivos colimados. A primeira decisão da Reitoria da Universidade, através da Vice-Reitoria Acadêmica, foi separar os 1ºs Ciclos por áreas e ampliar para três períodos o 1º Ciclo da Área Tecnológica (PCAT), com os seguintes objetivos gerais:

1. Racionalizar a organização das turmas e horários das disciplinas em benefício do aluno e de um trabalho mais eficiente dos professores.
2. Coordenar e integrar melhor os conteúdos das disciplinas físico-matemáticas entre si e em relação às disciplinas do Ciclo Profissional e de Formação Geral.
3. Permitir aos professores realizar um trabalho de equipe com distribuição mais adequada das tarefas, condicionando-a à melhoria do nível de aprendizagem.
4. Permitir aos professores um relacionamento mais íntimo entre si e com os alunos.
5. Permitir aos professores condições de renovação e atualização didática permanente.
6. Intensificar e prolongar no tempo a formação humanística do aluno de modo a alcançar os objetivos fundamentais da Universidade Católica.

## A ESTRUTURA ADMINISTRATIVA

O PCAT é administrado por uma Coordenação Geral auxiliada por um Coordenador Executivo e um Coordenador Pedagógico.

O Grupo de Disciplinas Física e Mecânica Geral está entregue a um Coordenador Geral com 40 horas, auxiliado por Coordenadores de disciplina com 20 horas semanais de dedica-

ção. Reuniões semanais da equipe mantêm o equilíbrio na atuação dos professores de modo a se obter um desempenho padrão médio.

### O CURRÍCULO DO PCAT.

O currículo do PCAT, ainda em caráter experimental, é o seguinte:

1º PERÍODO			2º PERÍODO			3º PERÍODO		
Disciplinas	Aulas Semanais	Horas por Período	Disciplinas	Aulas Semanais	Horas por Período	Disciplinas	Aulas Semanais	Horas por Período
Mat I	4	90	Mat II	4	90	Mat V	4	90
Mat 2	4	90	Mat IV	3	67	Calc. numérico	3	67
Descritiva	3	67	Física I	3	75	Estatística	3	67
Química	3	76	Mecânica Geral	4	99	Física II	4	99
IFCS	3	67	IFCS	3	67	IFCS	2	67
TOTAL	17	390	TOTAL	17	398	TOTAL	16	390

Aulas de  $1\frac{1}{2}$  horas.

A disciplina genericamente denominada IFCS (Introdução à Filosofia e Ciências Sociais) tem por objetivo o desenvolvimento do espírito de análise de problemas específicos da Engenharia que interferem na vida comunitária, a integral formação humana do estudante, a análise da responsabilidade do Engenheiro na medida em que ele altera as condições naturais da vida com o seu trabalho.

A equipe de IFCS recebe da Universidade todo o apoio para esse trabalho fundamental que deve nortear qualquer atitude, quer do aluno, quer dos professores.

## A FÍSICA E A MECÂNICA NO PCAT

1. O fato de a Física e a Mecânica Geral serem estudadas juntas permitiu um trabalho novo, qual seja a integração dos programas de modo a aceitar a superposição de assuntos e explorar convenientemente as analogias entre um programa clássico de Física I e de Mecânica Geral.
2. Como se pode concluir do currículo, o aluno possui todos os pré-requisitos matemáticos necessários ao desenvolvimento da Física I e da Mecânica Geral e um programa coordenado e desenvolvido no mesmo semestre letivo dessas disciplinas tem a vantagem de, evitando superposições, ampliar a atuação da Física I para áreas cujo estudo em geral não poderia ser feito num curso independente de Física I.
3. Assim é que, nos programas que elaboramos, a Estática, Cinemática e Dinâmica da partícula e do Corpo Rígido estudados na Mecânica Geral, não são tratados em Física I, que pode dedicar-se mais profundamente à Física Molecular e à Acústica.
4. Algumas vantagens do "casamento" da Física I com a Mecânica Geral são evidentes. Há também desvantagens: o curso não pode ser um curso avançado de Mecânica Racional mas um compromisso entre a mecânica clássica estudada nos compêndios de Física Geral e a Estatística e Dinâmica estudadas nos compêndios especiais de mecânica para Engenheiros. A adoção de um texto de Mecânica Técnica suplementado em aula com o necessário embasamento básico vem dando excelentes resultados.
5. O programa de Física I, liberado do estudo da Mecânica, pode dar um tratamento mais adequado à teoria cinética da matéria, à mecânica dos fluidos, ao estudo das ondas em meios elásticos e aos movimentos harmônicos.

6. Com a abolição do Curso normal de Mecânica na Física, torna-se necessário desenvolver na Mecânica Geral trabalhos práticos. O aluno tem no período seis aulas práticas de 90 minutos versando sobre os seguintes assuntos:

- I. Medidas com paquímetro e micrômetro.
- II. Medida do momento de inércia de um sistema.
- III. Estudo das leis do movimento de Newton com o carrinho de Fletcher.
- IV. Estudo dos módulos de elasticidade pelo método de Poggendorff.
- V. Estudo dos movimentos harmônicos.
- VI. Estudo do movimento dos corpos rígidos, conservação do momento angular, giroscópios, conservação da energia mecânica.

7. O laboratório, constituindo-se em 2 salas de  $50 \text{ m}^2$  de área, possui 6 mesas com kits independentes, permitindo o trabalho em grupos de 2 (ou 3 alunos no máximo) em cada mesa, com satisfatório resultado na aprendizagem.

É bom notar que todas as práticas de Mecânica foram montadas na própria Universidade, aproveitando-se as oficinas e seu próprio *know-how*, com execução dos aparelhos de medida, semelhantes aos adquiridos no exterior.

## A MECÂNICA GERAL E A FÍSICA I NO PCAT DURANTE O 2º SEMESTRE DE 1975: RESULTADOS ALCANÇADOS E PERSPECTIVAS FUTURAS.

### 1. *Antecedentes*

Tradicionalmente, a Mecânica Geral tem sido, tanto em cursos de ciências puras quanto em engenharia, um curso isolado, na maioria das vezes sem uma clara vinculação lógica com os demais. Em ciências, esta realidade não é tão prejudicial, uma vez que seus fundamentos se tornam básicos para tópicos avançados de Física, eventualmente cumpridos pelo estudante no final de seu curso universitário.

Em cursos de engenharia, no entanto, esta realidade tem geralmente trazido problemas para o programa, devido aos seguintes fatores:

1. A colocação da Mecânica Geral no currículo vem normalmente depois dos cursos básicos de Física, numa época em que o estudante se encontra empenhado em cursos profissionalizantes e considera a Mecânica, na melhor das hipóteses, como indesejável;
2. O conteúdo do curso é, em geral, o pertinente à Mecânica Racional, profundamente abstrato, matematicamente árduo, e sem uma ligação imediata e visível com as necessidades do estudante.

A Física I tem sido geralmente um programa fundamental, no qual se pretende ministrar ao estudante noções básicas, tais como movimentos, forças, energia, leis da conservação, etc. Uma comparação entre Física I e Mecânica Geral mostra que são programas mais ou menos coincidentes, cumpridos com diferentes ênfases nas complexidades matemáticas.

Uma ampla experiência tem evidenciado que os dois cursos, cumprindo programas semelhantes, representam um custoso dispêndio de tempo e dinheiro e tanto isoladamente, quanto em conjunto, não satisfazem os objetivos do enge - nheirando.

## 2. *A Mecânica Geral e a Física I no PCAT.*

Os fatores discutidos e outros levaram o PCAT a efetivar o seguinte programa no 2º semestre de 1975:

- I) Situar Mecânica Geral no 2º período (2º semestre) do curso básico, comum aos engenheiros de todas as áreas, tendo como cõ-requisito o curso de MAT IV, o que implica automaticamente em ter-se MAT I e II como pré-requisitos. Texto adotado: MECÂNICA, de Lane K. Branson.
- II) Situar Física I também no 2º período, tendo como pré-requisito MAT I. Texto adotado: FÍSICA, de Halliday.

## MECÂNICA GERAL

- I. FORÇAS
- II. EQUILÍBRIO DA PARTÍCULA
- III. ESTÁTICA DOS CORPOS RÍGIDOS
- IV. ATRITO
- V. MASSA E PESO
- VI. CENTRO DE MASSA E CENTRÓIDES
- VII. CINEMÁTICA DA PARTÍCULA
- VIII. DINÂMICA DA PARTÍCULA
- IX. TRABALHO E ENERGIA
- X. DINÂMICA DOS CORPOS RÍGIDOS
- XI. MOMENTO DE INÉRCIA
- XII. DINÂMICA DOS CORPOS RÍGIDOS II
- XIII. TRABALHO E ENERGIA II

## FÍSICA I

- I. TERMODINÂMICA
- II. HIDRODINÂMICA
- III. ONDAS

### 3. Resultados alcançados.

Admitimos que nossa experiência é recente e que só a vivência de mais alguns semestres concretizará e aperfeiçoará os resultados alcançados. Observações realizadas nos permitem, no entanto, afiançar os seguintes resultados:

- I. A adoção de um texto equilibrado entre as filosofias da mecânica racional e aplicada propiciou ao estudante não só um satisfatório embasamento nas leis fundamentais da Física como também exemplos de aplicação em áreas específicas da engenharia, construindo desde já uma ligação entre a ciência e suas aplicações técnicas;
- II. O conteúdo do programa de Física I, devido à sua natureza, pode ser cumprido satisfatoriamente sem um pro -

grama básico de mecânica e verificou-se que, em muitos casos, o curso simultâneo de Mecânica propiciou a tempo os conceitos necessários à Física I, organizando um desejável inter-relacionamento entre os dois cursos.

- III. Devido ao fato de que o estudante cursou MAT I e II no 1º período, pode cursar Mecânica Geral e Física I devidamente habilitado em tópicos fundamentais como derivadas, integrais e vetores.

Todo o tratamento matemático foi bem recebido e dominado pelo estudante, tendo-se verificado um auspicioso reavivamento das matemáticas já estudadas, aplicadas desta vez a problemas de alto interesse prático.

- IV. Outro resultado feliz foi a simultaneidade dos cursos de Mecânica Geral, Física I, MAT III e IV: em muitas oportunidades, tópicos envolvendo o mesmo tratamento matemático foram ministrados mais ou menos simultaneamente. Um exemplo típico foi o cálculo de centros de massa em Mecânica e o estudo de integrais múltiplas em Matemática.

Consideramos tal resultado como uma primeira conquista na obtenção de um programa verdadeiramente integrado, no qual diferentes cursos se vinculam e se reforçam efetivamente ao longo do desenvolvimento do estudante.

- V. Em ambos os cursos, o cumprimento do programa atingiu a faixa dos 90%, satisfatório numa primeira experiência.
- VI. Finalmente, esta equipe consagra como um de seus melhores resultados a conclusão de que o que fizemos foi o início de uma experiência que deverá ser ainda muito aprimorada e cujo resultado final será obrigatoriamente um estudante e um profissional cada vez melhor preparados.

lização de cada classe num membro genérico da população. Essas probabilidades caracterizam a população de uma forma global, e podem ser vistas como parâmetros coletivos que a caracterizam parcialmente.

Essa introdução é, no entanto, apenas uma pequena parte da que está contida no conjunto original das respostas obtidas. Uma outra parte da informação global que pode ser analisada com relativa facilidade é a que está contida nas correlações entre as alternativas escolhidas em pares de perguntas. É possível obter dessas correlações medidas de probabilidades condicionais, i.e., probabilidades de ocorrência de cada uma das classes disjuntas correspondentes às alternativas de uma das perguntas do par considerado num indivíduo não mais genérico, mas pertencente a uma das classes disjuntas associadas às alternativas da outra pergunta. O estudo dessas correlações permite uma descrição mais detalhada, embora ainda em termos coletivos, da população considerada. Em termos qualitativos, ele permite conhecer alguns aspectos da interdependência das classificações definidas pelas alternativas oferecidas em cada uma das perguntas do questionário.

Uma tabulação completa das correlações entre pares de alternativas para um questionário medianamente extenso, no entanto, facilmente alcança proporções que dificultam a sua legibilidade. Isso torna conveniente, senão indispensável, o uso de técnicas destinadas a extrair da tabulação completa características tidas como relevantes (de acordo com critérios controláveis quantitativamente), e que possam também em particular, orientar a consulta a fragmentos pertinentes da tabulação completa das conclusões.

Relatamos aqui uma aplicação da técnica chamada Análise de Correspondências<sup>1,2</sup> às respostas a um questionário escrito em forma disjuntiva completa, circulado entre estudantes concluindo o seu primeiro ano nos ramos de ciências exatas da USP. Acreditamos que os resultados dessa análise, embora de interpretação não indispensável, sugerem a aplicabilidade possível de certos esquemas coletivos à popula-

ção examinada. Estes poderiam ser especificamente confirmados (ou rejeitados!) por outras investigações com um temário menos inclusivo.

## FORMALISMO

Damos nesta secção apenas um resumo dos pontos essenciais do método de análise, na forma em que ele foi usado. Para uma discussão mais completa e/ou mais pormenorizada devem ser consultadas as referências bibliográficas 1,2. A terceira referência<sup>3</sup> discute extensamente vários pontos pertinentes ao ponto de vista que adotamos, eventualmente de um ângulo menos pragmático que o das referências anteriores.

No que segue chamaremos  $N_1$  o número de indivíduos que responderam ao questionário, e  $N_0$  o número total de opções. Representaremos a escolha de opções por cada um dos  $N_1$  indivíduos por um vetor com  $N_0$  componentes.

$$\{e_i^{(s)}\}, \quad s = 1, \dots, N_1; \quad i = 1, \dots, N_0$$

Essas componentes são definidas de forma que elas são 1 para as opções escolhidas pelo indivíduo  $s$  e zero para as demais. Assim, para um questionário contendo  $N_p$  perguntas em forma disjuntiva completa, êsses vetores contêm  $N_p$  componentes iguais a 1 e  $N_0 - N_p$  componentes nulas. A distribuição dos indivíduos da amostra pelas diferentes opções, bem como todas as correlações de pares estão contidas na matriz.

$$R_{ij} = \sum_{s=1}^{N_1} e_i^{(s)} e_j^{(s)}. \quad (i, j = 1, \dots, N_0)$$

De fato, pela definição dos  $e_i^{(s)}$ , é imediato que  $R_{ij}$  representa o número total de indivíduos que escolheram a  $i$ -ésima e a  $j$ -ésima das  $N_1$  opções; e que, em particular, os elementos diagonais  $R_{ii}$  representam o número de indivíduos que escolham a  $i$ -ésima opção.

Na chamada Análise de Correspondências (1,2) os vetores  $\{e_i^{(s)}\}$  são associados a pontos de um espaço de  $N_0$  dimensões de coordenadas.

$$\bar{e}_i(s) = \frac{e_i(s)}{R_{ii}}$$

isto é a  $i$ -ésima coordenada do  $s$ -ésimo ponto é igual à contribuição relativa do  $s$ -ésimo indivíduo para o contingente de optantes pela  $i$ -ésima alternativa. As características relevantes para a discriminação dos indivíduos da amostra são obtidas como as direções nesse espaço que têm a propriedade de que a soma dos quadrados das componentes dos  $N_1$  pontos ao longo delas é extrema. A norma usada para isso é tal que a distância entre dois pontos  $s$  e  $s'$  é definida como (1,2)

$$d^2(s, s') = \sum_i R_{ii} (\bar{e}_i(s) - \bar{e}_i(s'))^2$$

chamando  $\{\psi_i\}$  o conjunto de componentes do vetor unitário ao longo de uma direção relevante, é fácil ver que a condição de extremo conduz da forma usual ao problema secular.

$$\sum_j R_{ij} \psi_j(\lambda) = \lambda R_{ii} \psi_i(\lambda)$$

em que  $\lambda$  é um multiplicador de Lagrange introduzido para garantir a condição de normalização

$$\sum_i R_{ii} \psi_i^2 = 1$$

Esse problema pode ser imediatamente reduzido ao da diagonalização de uma matriz simétrica pondo

$$\phi_i(\lambda) = \sqrt{R_{ii}} \psi_i(\lambda)$$

o que dá

$$\sum_j \frac{R_{ij}}{\sqrt{R_{ii} R_{jj}}} \phi_j(\lambda) = \lambda \psi_i(\lambda)$$

e ainda, em vista das propriedades de ortonormalidade dos autovetores

$$\bar{R}_{ij} = \frac{R_{ij}}{\sqrt{R_{ii}R_{jj}}} = \sum_{\lambda} \lambda \psi_i^{(\lambda)} \phi_j^{(\lambda)}$$

Esta última relação mostra que a contribuição predominante a um dado elemento  $R_{ij}$  está em geral associada aos autovetores correspondentes aos maiores autovalores  $\lambda$ . Estes dão, portanto, uma medida da "relevância" das propriedades coletivas apresentadas pelos autovetores correspondentes. Isso sugere, em particular, a possibilidade de obter uma representação aproximada da matriz  $R_{ij}$  truncando a soma sobre  $\lambda$ . É comum reter apenas dois termos nessa soma, o que corresponde a considerar a projeção de  $\bar{R}_{ij}$  sobre a variedade bidimensional gerada pelos dois autovetores usados. Isso permite obter uma representação sugestiva, embora aproximada das conclusões existentes entre as diferentes alternativas do questionário. De fato, interpretando cada par  $(\phi_i^{(\lambda_1)}, \phi_i^{(\lambda_2)})$  como definindo coordenadas de  $N_0$  pontos  $i$  (alternativas) na variedade bidimensional, é fácil ver que a proximidade desses pontos traduz a importância de correlações entre as alternativas correspondentes. De fato,

$$\sum_{\lambda=\lambda_1, \lambda_2} \lambda (\phi_i^{(\lambda)} - \phi_j^{(\lambda)})^2 = \bar{R}_{ii} + \bar{R}_{jj} - 2\bar{R}_{ij} = 2 \left( 1 - \frac{R_{ij}}{\sqrt{R_{ii}R_{jj}}} \right)$$

A última expressão se anula para uma correlação completa entre as opções  $i$  e  $j$ , i.e; quando  $R_{ii} = R_{jj} = R_{ij}$ , ou seja, quando o número de optantes por  $i$  e  $j$  é igual ao número de optantes por  $i$  ou por  $j$  considerados isoladamente.

Dessa forma, na medida em que a projeção bidimensional de  $\bar{R}_{ij}$  representa adequadamente as propriedades dessa matriz, uma avaliação qualitativa das correlações entre pares de opções nas respostas ao questionário pode ser obtida diretamente da inspeção de um "diagrama fatorial" em que cada opção  $i$  é representada por um ponto de coordenadas

$(\phi_i^{(\lambda_1)}, \phi_i^{(\lambda_2)})$  (\*) Além de ser útil para uma visualização de características gerais das correlações, o exame da projeção bidimensional pode ser útil para sugerir aspectos específicos do conjunto de dados para um estudo mais pormenorizado.

## RESULTADO E TENTATIVA DE INTERPRETAÇÃO

O questionário, circulado entre estudantes do segundo semestre básico do setor de ciências exatas da USP, continha ao todo 44 perguntas divididas em quatro grupos, referentes aos seguintes tópicos: i) situação pessoal do estudante, incluindo indicações sobre posição econômica e sobre nível de educação dos pais (9 perguntas); ii) dados sobre cursinho e aprovação no vestibular (9 perguntas); iii) atitude geral diante do curso, incluindo interesse, condições de ensino e formação profissional (10 perguntas); iv) opinião a respeito das disciplinas FEP101 e FEP102 (16 perguntas) (veja quadro 1). O último grupo de perguntas foi incluído para fins de avaliação das disciplinas de física básica, e não foi tratado neste estudo. Foram também excluídas da análise as perguntas de números 9 (primeiro grupo), 10, 17 e 18 (segundo grupo). As perguntas analisadas representam um total de 85 opções, e foi possível coletar as respostas de 606 estudantes.

As figuras 1 e 2 mostram o diagrama fatorial construído a partir dos vetores  $\{\psi_i^{(\lambda)}\}$  associados aos dois maiores autovalores do problema secular de  $R_{ij}$ . Algumas das perguntas, como a 5 e a 6, (nível de instrução dos pais) contêm alternativas correspondentes a intervalos naturalmente ordenáveis de variação de um mesmo parâmetro. Os pontos representativos das diferentes alternativas foram, nesses casos, unidos segundo a sua ordem natural.

O exame desse diagrama sugere duas tendências predominantes que parecem caracterizar o conjunto das respostas

---

(\*) Ou, equivalente para fins qualitativos,  $(\psi_i^{(\lambda_1)}, \psi_i^{(\lambda_2)})$ .

analisadas. Em primeiro lugar, as opções das perguntas 5 e 6 se ordenam ao longo de uma direção que corresponde aproximadamente à primeira bissetriz do diagrama fatorial, e sugerindo uma esperada correlação entre o nível de instrução do pai e da mãe. A distribuição dos estudantes pelos diferentes cursos parece se organizar ao longo dessa mesma direção, com os cursos de engenharia próximos aos níveis mais altos de instrução dos pais, e com os de Física, Química e Matemática (diurno) no extremo oposto. O contingente relativamente pequeno de respostas analisadas de estudantes do curso noturno se afasta, no entanto, dessa sistemática. As alternativas que parecem correlacionadas com esse grupo correspondem às que parecem indicar deficiências de formação secundária (segunda, terceira ou quarta opção no vestibular, três ou mais vestibulares realizados). Por outro lado, a aprovação com a realização de um único vestibular e em primeira opção se aproximam dos grupos de pais com instrução secundária e superior. Em segundo lugar, as opções das perguntas 21 (o curso visto apenas como um caminho para uma posição social ou econômica adequada) 23, 24 e 25 (grau de importância atribuído a parâmetro do ensino universitário) parecem se organizar ao longo de uma direção independente da primeira (correspondente ao nível de instrução dos pais). Embora haja uma nítida tendência de enfatizar a importância da excelência exigida dos padrões de ensino universitário (o número de optantes pelas alternativas "pouco importante" e "nenhuma importância" para os parâmetros dados nas perguntas 23, 24 e 25 é pequeno, o que causa inclusive o distanciamento dos respectivos pontos representativos no diagrama fatorial), nota-se a esperada tendência à correlação entre a posição dessas alternativas e o grupo que escolhe a primeira alternativa da pergunta 21.

Essas tendências gerais extraídas do diagrama fatorial podem ser verificadas, em termos qualitativos, com uma referência às porções apropriadas da matriz de correlações original,  $R_{ij}$ ; limitar-nos-emos aqui a dar, como exemplo, a tabela dos cruzamentos das opções da pergunta 5 (nível de

instrução dos pais) com as da pergunta 7 (curso em que está matriculado), que renda a maior ocupação relativa do curso de engenharia por estudantes cujo pai tem nível de instrução superior (tabela 1).

*Tabela 1*

Nível de instr. do pai	Curso	E	FD	FN	MD	MN	QD
Primário ou menos		79	20	7	37	16	14
Secundário		132	25	3	17	16	3
Superior		164	17	4	23	7	9

Embora as tendências encontradas nesta análise preliminar sejam, por sua natureza, facilmente antecipáveis e até, em alguns pontos, coincidentes com suposições de uso corrente sobre a estrutura da população estudantil, é importante notar que os métodos aqui utilizados permitem uma verificação explícita e quantitativa da sua ocorrência.

*Agradecemos ao Prof. E.W.Hamburger por fazer circular o questionário entre os estudantes de primeiro ano, e a José André Angotti por implementar essa decisão. Um de nós (AFRTP) agradece a L.C.Gomes do Centro de Informática da FIBGE por ter-lhe chamado a atenção sobre a primeira referência.*

#### LEGENDA DAS FIGURAS

Figs. 1 e 2 - Diagrama fatorial para o questionário discutido no texto. Cada ponto é identificado por dois ou três dígitos. O último identifica a alternativa dentro de cada pergunta e o (s) restante (s) correspondem ao número da pergunta, cada uma das quais é além disso identificada por um símbolo diferente no gráfico. Por conveniência, os pontos foram divididos em dois grupos correspondentes às duas

figuras. A escala é, para ambas, a mesma.

*LEGENDA PARA O QUADRO 1*

Quadro 1 - Questionário de cuja análise trata o texto.

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- 1) LEBART, L. e TABARD, N. - *Recherches sur la Description Automatique des Données Socio-Économiques* - Centre de Recherches et de Documentation sur la Consommation (França), 1973.
- 2) FLORES JR, R.G. - *Análise de Correspondências: Uma Introdução*. Publicação 01/75 do Departamento de Projeto do Centro de Informática FIBGE, 1975.
- 3) WATANABE, Satosi - *Knowing and Guessing* - Wiley 1969.

QUADRO I

Este questionário representa uma tentativa de conhecer mais objetivamente alguns fatores que têm sido considerados, explícita ou implicitamente, na organização dos cursos básicos. Ele é facultativo e anônimo: A sua colaboração respondendo-o, poderá contribuir para melhorar o curso. Responda a cada uma das perguntas escolhendo a alternativa que melhor se aplique a você. Depois de responder todas as perguntas, transcreva o número das alternativas escolhidas para cada pergunta no espaço para isso indicado na folha de respostas.

1 - *Situação Pessoal:*

1. Idade

- 1) menos de 18 anos; 2) de 18 a 20 anos; 3) de 20 a 25 anos;
- 4) mais de 25 anos.

2. Sexo:

- 1) feminino; 2) masculino.

3. Estado civil:

- 1) casado; 2) solteiro; 3) viúvo; 4) desquitado.

4. Número de dependentes econômicos (inclusive você mesmo):

- 1) zero (dependente da família); 2) um; 3) dois; 4) três;
- 5) quatro ou mais.

5. Nível de instrução do pai:

- 1) primário ou menos; 2) secundário; 3) universitário.

6. Nível de instrução da mãe:

- 1) primário ou menos; 2) secundário; 3) universitário.

7. Curso em que está matriculado:

- 1) Engenharia; 2) Física diurno; 3) Física noturno; 4) Matemática diurno; 5) Matemática noturno; 6) Química diurno; 7) Química noturno; 8) Geologia diurno.

8. Exerce trabalho remunerado?

- 1) sim, e vivo basicamente de renda proveniente dele;

- 2) Sim, mas não dependo basicamente dessa renda; 3) Não.
9. Em média você trabalhou por semana durante o ano letivo (75).

1) zero; 2) - 12h; 3) de 13 a 24h; 4) 25 a 40h; 5) 40h.

II - *Colégio, Vestibular e Cursinho:*

10. Frequentou colégio:

1) Estadual em São Paulo; 2) Particular em São Paulo; 3) Técnico em São Paulo; 4) Estadual no interior ou outro estado; 5) Particular no interior ou outro estado; 6) Técnico no interior ou outro estado.

11. Fez cursinho?

1) Sim, uma vez; 2) Sim, mais de uma vez; 3) Não.

12. Teve bolsa total ou parcial alguma vez no cursinho?

1) Sim; 2) Não

13. Quantas vezes fez vestibular para conseguir vaga no curso atual?

1) Uma; 2) Duas com opções diferentes; 3) Duas com a mesma opção; 4) Três ou mais com opções diferentes; 5) Três ou mais com a mesma opção.

14. Ano de aprovação:

1) antes de 1973; 2) 1973; 3) 1974; 4) 1975.

15. O curso em que você está matriculado representa:

1) Primeira opção no vestibular; 2) Segunda opção no vestibular; 3) Terceira opção no vestibular; 4) Quarta opção no vestibular.

16. Na escolha das opções no vestibular, a razão "predominante" que orientou você foi:

1) Preferência pessoal pelos assuntos envolvidos no curso; 2) Status social de profissão; 3) Situação do mercado de trabalho; 4) Indicação (ou influência) de parentes e amigos.

17. Você pretende fazer novo vestibular em 76?

1) Não; 2) Sim, para física; 3) Sim, para engenharia; 4) Sim, para matemática; 5) Sim, para química; 6) Sim, para geologia; 7) Sim, para outros cursos.

18. Você cursa outra escola superior atualmente?

III- *Atitude diante do curso:*

A sua opinião sobre o *curso* visto como o conjunto de todas as disciplinas estudadas até este final de semestre é:

19. Ele preenche e/ou promete preencher as suas expectativas quanto a relevância e interesse do conteúdo:  
1) Sim; 2) Precariamente; 3) Não.
20. É ou promete ser adequado do ponto de vista da formação profissional?  
1) Sim; 2) Precariamente; 3) Não.
21. Você vê o curso apenas como um caminho para uma posição social ou economia adequada?  
1) Sim; 2) Predominantemente; 3) Não.

No julgamento de um curso, vários fatores influem, tais como: os métodos de ensino, o currículo, o nível de conhecimento e didática dos professores. Na sua opinião, indique a importância de cada um dos fatores abaixo, que você atribuiu no julgamento das perguntas anteriores.

*Código:* 1) Nenhuma importância; \* Para as questões 22 a 25

2) Pouca importância;

3) Importante;

4) Muito importante.

22. Métodos e sistemas de ensino
23. Currículo (conjunto de matérias) e programas de ensino.
24. Nível de conhecimento dos professores.
25. Qualidades didáticas dos professores.
26. Qual a sua situação no conjunto das matérias do seu curso, em termos de nota?  
1) Acima da média 2) Na média; 3) Abaixo da média.
27. Como você avaliaria o seu aproveitamento (independente de notas) do material oferecido pelo curso.  
1) Muito bem; 2) Regular; 3) Pequeno ou Nenhum.
28. Que parte do material oferecido pelo curso era novo para você? (isto é, não uma repetição de coisas conhecidas).

a) zero% a 25%; 2) 26% a 50%; 3) 51% a 75%; 4) 76% a 100%.

IV - *Opinião a respeito das disciplinas Física 1 e Física 2:*

29. Comparada com outras disciplinas na Universidade, Física 1 e Física 2 foram:
  - 1) muito melhores; 2) melhores; 3) regulares; 4) piores; 5) muito piores.
30. Comparada com suas expectativas quando entrou na Universidade Física 1 e Física 2 foram:
  - 1) acima da expectativa; 2) o que esperava; 3) abaixo da expectativa
31. As aulas de discussão foram:
  - 1) úteis e interessantes; 2) úteis; 3) pouco úteis; 4) inúteis; 5) perda de tempo.
32. As aulas de laboratório foram:
  - 1) úteis e interessantes; 2) úteis; 3) pouco úteis; 4) inúteis; 5) perda de tempo.
33. O tópico mais interessante de Física 1 foi:
  - 1) Radioatividade; 2) Cinemática; 3) Dinâmica; 4) Trabalho e Energia; 5) Momento Linear; 6) Movimento Relativo.
34. O tópico menos interessante de Física 1, foi:
  - 1) Radioatividade; 2) Cinemática; 3) Dinâmica; 4) Trabalho e Energia; 5) Momento Linear; 6) Movimento Relativo.
35. O tópico mais interessante de Física 2, foi:
  - 1) Momento Angular; 2) Oscilações; 3) Relatividade; 4) Termodinâmica
36. O tópico menos interessante de Física 2, foi:
  - 1) Momento Angular; 2) Oscilações; 3) Relatividade; 4) Termodinâmica
37. O livro texto adotado é na sua opinião:
  - 1) Ótimo; 2) bom; 3) regular; 4) mau; 5) péssimo.
38. Os guias de estudo para Física 1 e Física 2, foram:
  - 1) muito úteis; 2) úteis; 3) inúteis.
39. As experiências da prateleira de demonstrações, foram:
  - 1) realizadas em classe e valiosas; 2) realizadas em

classe e pouco importantes; 3) não realizadas em classe, foram vistas na sala e são valiosas; 4) não realizadas em classe foram vistas na sala e são pouco importantes; 5) não realizadas em classe nem vistas na sala.

40. Você estudou Física 1 e 2 de aula em média, por semana:  
1) nada; 2) até 4 horas; 3) de 4 a 7 horas; 4) de 7 a 10 horas; 5) mais de 10 horas.
41. Você acha que as notas atribuídas até agora em Física 2 para suas provas e relatórios refletem o aproveitamento que você tem do curso?  
1) Sim; 2) Em parte; 3) Não.
42. O professor de discussão de Física 2; foi:  
1) Ótimo; 2) bom; 3) regular; 4) mau; 5) péssimo
43. O professor de laboratório de Física 2 foi:  
1) Ótimo; 2) bom; 3) regular; 4) mau; 5) péssimo.
44. Indique na folha de respostas o número e letra de sua turma.

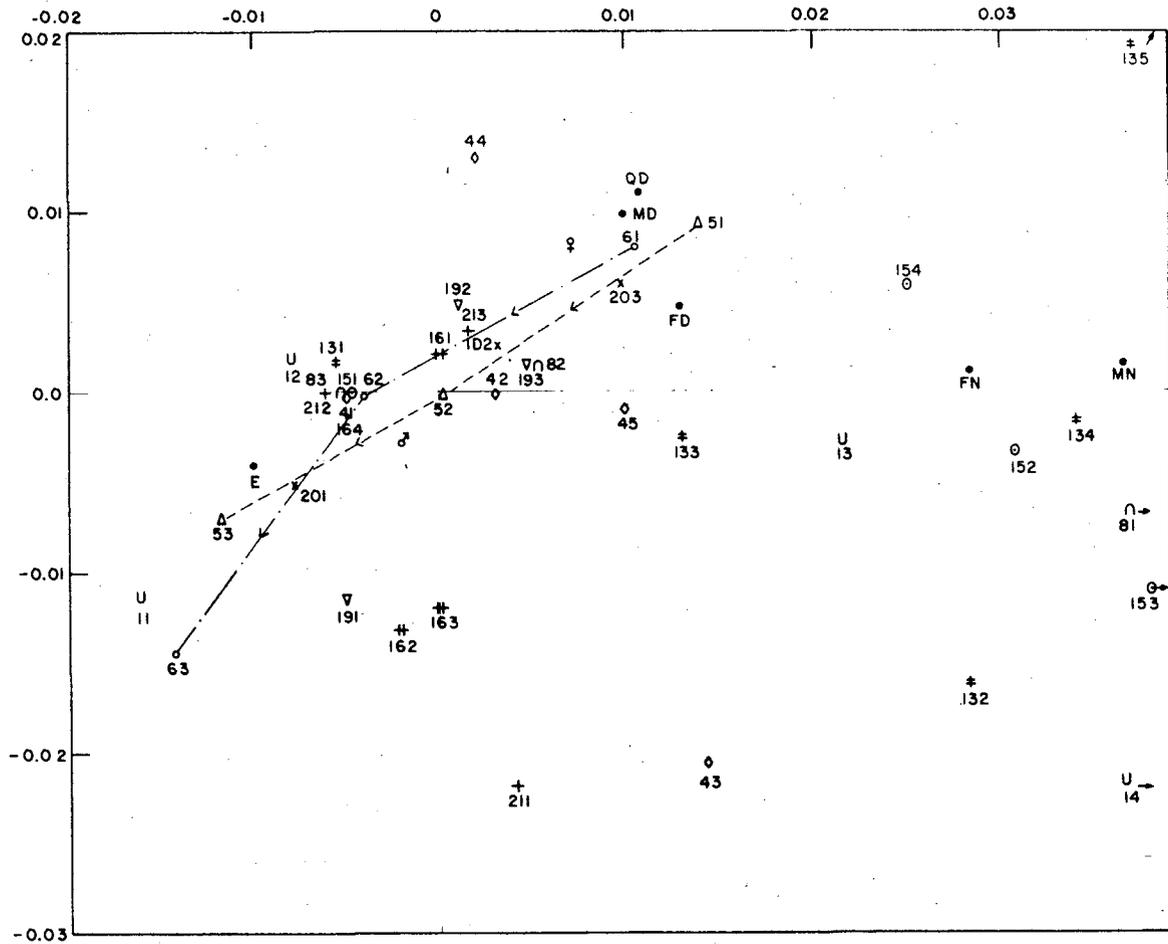


FIG. 1

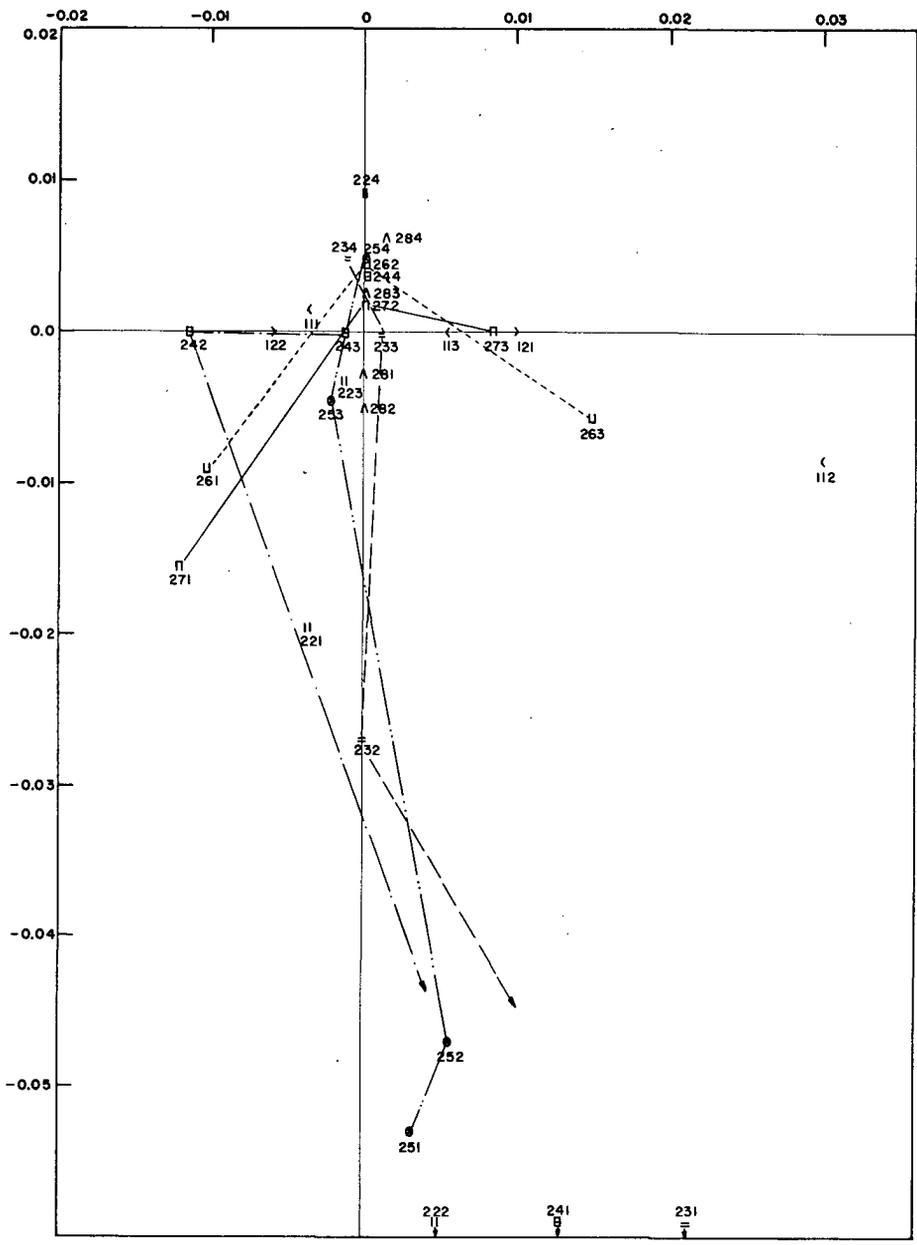


FIG. 2

**F<sub>5</sub> – INFLUÊNCIAS AMBIENTAIS SOBRE A APRENDIZAGEM EM  
CURSO INTRODUTÓRIO DE FÍSICA NA UNIVERSIDADE\***

SERPA, Bela Szaniecki Perret – Faculdade de Educação – UFBA

O trabalho estuda a influência de variáveis ambientais (escolaridade, nível de aspiração, ambiente familiar, ambiente extra-familiar e aspectos sócio-econômicos) sobre a aprendizagem de Física segundo uma taxonomia inspirada em Nedelsky.

A população constituiu-se de 180 alunos, em um curso introdutório de Mecânica na Universidade de Brasília, usando-se o Sistema de Instrução Personalizada.

Para a caracterização das variáveis ambientais aplicou-se um questionário aos alunos, constituído de 84 perguntas, usando-se a frequência de respostas para classificar os alunos.

Para a definição da aprendizagem de cada aluno usou-se gráficos de unidade tempo para cada tipo de aprendizagem, gráficos esses que definem a curva de aprendizagem do aluno no processo.

Os resultados indicam que as variáveis escolaridade e nível de aspiração influenciam as curvas de aprendizagem em maior grau do que as outras variáveis. A variável aspectos sócio-econômicos não mostrou, praticamente influência sobre as curvas de aprendizagem.

Conclui-se que as contingências do programa não foram igualmente eficientes para todos os tipos de alunos, sugerindo-se uma variação de contingências para um curso de Instrução Personalizada para um grande número de alunos.

---

\*Trabalho baseado na tese de mestrado apresentada ao Departamento de Física da Universidade de Brasília em 21/03/75, orientada pelo Dr. Fausto Alvim Jr. do Departamento de Matemática da Universidade de Brasília.

O presente artigo visa escrever possíveis influências ambientais sobre a aprendizagem. Assim, analisamos a relação tipo de aluno x aprendizagem, segundo a metodologia de Serpa<sup>2</sup>.

Com o chamado ciclo geral de estudos, criado pela lei da Reforma Universitária, um número crescente de alunos chega aos cursos introdutórios de Física. Inúmeras experiências de ensino têm sido realizadas no ensino de Física no ciclo básico com o intuito de atender o grande número de alunos que o procuram; no entanto, a diversidade de características dos alunos, a nosso ver, é muito relevante, formando o problema mais qualitativo do que quantitativo.

As Pesquisas enfatizando a necessidade de reestruturar o ensino no intuito de atender a um grupo heterogêneo de estudantes, em termos ambientais<sup>3,4</sup> mostram a necessidade de se atender ao aprendiz, respeitando-o como indivíduo.

Nossas hipóteses básicas são:

- I-1 Na população de alunos de um curso é possível introduzir classificações segundo as características ambientais do aluno.
- I-2 É possível planejar um curso discriminando diferentes tipos de aprendizagem, relacionados com atividades diversas.
- I-3 Chamando  $E_i$  as características da hipótese I-1, durante o período do curso e  $I_j$  o desempenho acadêmico nos diferentes tipos de aprendizagem, afirmamos que os  $I_j$  dependem dos  $E_i$ .

## PLANEJAMENTO DO CURSO

O planejamento foi estruturado no período janeiro-fevereiro de 1974 por uma equipe de 12 professores e se destinava a alunos do primeiro curso de Física da área de Ciências da Unb. O livro texto foi o de Física Vol I (Mecânica) - SEARS ZEMANSKY. A duração do curso foi de 15 semanas com 3 aulas de 2 horas (sessões de sala de aula) e 1

de 4 horas (laboratório); o corpo docente se constituiu de 1 professor coordenador, 4 instrutores e 12 monitores (4 turmas, com 50 alunos cada).

Nosso trabalho se restringiu às quatro turmas em que foi utilizado o Sistema Keller de Ensino, pois esse oferecia um controle sistemático do desempenho de cada aluno, desde que o parâmetro tempo não é fixo, permitindo relacioná-lo com características ambientais do aluno.

As bases do planejamento estão na taxonomia de Nedelsky, com objetivos instrucionais escritos segundo Magger; e laboramos atividades de conhecimento, de compreensão e de laboratório. As atividades na competência compreensão sucediam às atividades da competência conhecimento, relacionadas com o mesmo conteúdo. No laboratório haviam atividades com objetivos de integração relacionados com as atividades de conhecimento e compreensão da unidade antecedente, e atividades de grupo com o objetivo de desenvolver no estudante a capacidade de auto-aprendizagem em grupo.

A distribuição das atividades pode ser vista na tabela que se segue:

UNIDADE	ATIVIDADE	CONTEÚDO	COMPETÊNCIA
0	I	Vetores	Conhecimento
0	II	Vetores	Compreensão
0	III	Vetores	Compreensão
1	I	Condições de equilíbrio e 1a. e 3a. leis de Newton	Conhecimento
	II	Condições de equilíbrio e 1a. e 3a. leis de Newton	Compreensão
2		LABORATÓRIO	
3	I	Cinemática	Conhecimento
3	II	2a. lei de Newton	Compreensão
3	III	e aplicações	Conhecimento
3	IV		Compreensão
3	V		Conhecimento
3	VI		Compreensão
4		LABORATÓRIO	
5	I	Trabalho, energia,	Conhecimento
5	II	momentum linear	Compreensão
5	III	e momentum angular	Conhecimento
5	IV		Compreensão
5	V		Conhecimento
5	VI		Compreensão
6		LABORATÓRIO	
7	I		Conhecimento
7	II	Oscilações	Compreensão
8		LABORATÓRIO	
9	I	Hidrostática e	Conhecimento
9	II	Hidrodinâmica	Conhecimento
9	III		Compreensão

A cada uma dessas atividades sucedia uma avaliação . Para a competência conhecimento, as avaliações eram através de testes objetivos com 20 ou 15 questões e o critério mínimo de aceitação se estabeleceu em 80% de acertos.

Na competência compreensão os alunos eram avaliados através de uma entrevista estruturada; nesse caso, a interação aluno monitor (ou professor) era muito importante. Algumas entrevistadas, por falta de maiores esclarecimentos para o entrevistador, apresentaram grande variabilidade <sup>5</sup>.

O apêndice I exemplifica uma atividade de laboratório; nessa, pode-se observar que os objetivos instrucionais não estão bem delineados. A avaliação do objetivo 1, cuja finalidade era a de integrar as atividades de conhecimento e compreensão da unidade 3, não apresentou dificuldades, pois foi feita através de um critério mínimo de aceitação da experiência teste (V. "procedimento", no apêndice I). Quanto ao objetivo 2, sua avaliação ocorreria ao longo do processo e visava correlacionar as características especificadas no apêndice I, com o desempenho do estudante. Sob o ponto de vista qualitativo, observa-se que as características estão claras, embora difíceis de serem avaliadas, pois o grande número de alunos no laboratório e estudantes realizando diferentes atividades ou etapas diversas da mesma atividade impossibilitaram o acompanhamento ao longo do trabalho. Assim, a reproducibilidade da avaliação qualitativa ficou prejudicada e, conseqüentemente, a avaliação da capacidade de formular e trocar idéias em grupo <sup>5</sup>. Embora não avaliada quantitativamente, com critério aceitável, a habilidade foi desenvolvida no decorrer da atividade.

Pretendíamos também analisar a capacidade de auto-aprendizagem em termos individuais. Isso seria feito através de "atividades livres" que não influiriam na menção. Nosso controle se efetuaria pelo número de solicitações de filmes de 8 mm e experiências e pela frequência aos filmes de 16 mm. Como o número de solicitações e a frequência

foram baixos (menos de 5% da população), esse tipo de atividade foi também prejudicada quanto à avaliação<sup>5</sup>.

Em suma, serão consideradas neste trabalho as atividades das competências conhecimento e compreensão e as de integração (no laboratório) relacionadas com aquelas competências.

## CARACTERÍSTICAS AMBIENTAIS DO ALUNO

A necessidade de conhecer a população que entra na UnB, em termos ambientais, levou-nos à confecção de um questionário, (apêndice II) posteriormente aplicado às 4 classes já mencionadas. Cento e oitenta desses questionários foram devolvidos e os estudantes correspondentes constituirão a nossa população-amostra, denominada *população-total*. Esta foi estudada segundo cinco aspectos (características): escolaridade, nível de aspiração, ambiente familiar, ambiente extra-familiar e aspectos sócio-econômicos. A escolha dessas características foi arbitrária e pessoal já que na literatura pertinente, o pesquisador estuda a influência ambiental, sob o ângulo que mais lhe convém.

Não consideramos *a priori* um *perfil ideal* para o aluno recém ingresso na UnB, pois não existem critérios únicos para se estabelecer um *perfil ideal*. Isso depende do objetivo do trabalho e do contexto em que se vai trabalhar. Por isso, para a quantificação do questionário, que nos levaria a conhecer o estudante, utilizamos a frequência de respostas às alternativas das perguntas como índice associado a cada alternativa. A amostragem foi então ordenada, somando-se os índices obtidos em cada pergunta.

Denominamos de aluno típico aquele que apresenta a maioria de sua respostas dentre as alternativas mais frequentemente escolhidas e de aluno atípico o que apresenta respostas de menor frequência às alternativas das perguntas. Considerando-se todas as perguntas do

questionário, obtivemos os estudantes típicos e atípicos da população total. A partir das 84 perguntas do questionário, escolhemos subconjuntos que definam uma característica e obtivemos os alunos típicos e atípicos por característica. O levantamento estatístico global, ou por característica, distribuiu os alunos segundo uma gaussiana. De cada tercil, uma grande homogeneidade de respostas é obtida com um grupo de 10 alunos o que nos levou a considerar, em cada caso, 10 típicos e 10 atípicos, a fim de assegurar uma diferenciação significativa.

A cada uma das características escolhidas corresponde um sub-conjunto de perguntas do questionário. A interseção de dois sub-conjuntos associados a duas características distintas não é necessariamente vazia e o número de perguntas da interseção influi no grau de dependência das duas características consideradas.

Do exposto podemos resumir, para cada característica, os perfis como se segue:

- a) Escolaridade - *aluno típico*:aquele que tem escolaridade regular  
- *aluno atípico*:aquele que tem escolaridade irregular.
- b) Nível de Aspiração - *aluno típico*: Nível de aspiração ajustado à sua realidade acadêmica.  
- *aluno atípico* - oposto ao típico.

Queremos chamar a atenção que a definição dessa característica foi feita a partir de sete questões que não comparecem em nenhuma outra característica. Tais questões foram encadeadas de maneira a constatar coerência entre a escolha profissional, desde o momento em que o estudante pensou em escolher uma profissão, até suas aspirações depois da graduação.

- c) Ambiente familiar: *aluno típico*: O ambiente familiar favorece o desempenho escolar.

*aluno atípico*: O ambiente familiar é desfavorável ao desempenho escolar.

d) Ambiente extra-familiar:*aluno típico*: É uma pessoa de pouca relação fora de casa.

*aluno atípico*: tem boa relação com o ambiente fora de casa.

e) Aspectos sócio-econômicos:*aluno típico*: Pertence à classe média alta.

*aluno atípico*: Pertence à classe média.

#### ANÁLISE DA RELAÇÃO: CARACTERÍSTICA DO ALUNO X APRENDIZAGEM

Passamos a analisar o comportamento da nossa população com relação às nossas hipóteses de trabalho:

a) Hipótese I: As interseções de dois conjuntos de estudantes (formados por elementos de duas características) têm poucos elementos em comum; desse modo, numa população de 100 estudantes (10 típicos e 10 atípicos por característica) foram estudados 78 casos distintos. Também verificamos que o conjunto de elementos que compõem o perfil típico geral é constituído por elementos dos conjuntos estruturados a partir dos perfis típicos das 5 características; o mesmo ocorre com o atípico da população total. Esses dados nos dão a garantia de que as características têm um bom grau de independência.

b) Hipótese II: Necessitamos verificar se a discriminação das competências no planejamento é significativa. Essa análise será feita conjuntamente com a hipótese III. Para estudar a relação entre as característi -

cas ambientais do aluno ( $E_i$ ) e o desempenho do estudante para as diferentes competências ( $I_j$ ) foram utilizados dois parâmetros do Sistema Keller:

1º) Taxa média de sucesso por competência:  $TMS(C) = \frac{1}{n_k} \sum_k$

$$\frac{\sum_i AT(a_k, S_e)}{\sum_i Sol(a_k, se)}$$

Onde  $A(a_k, S_e)$  é o número de aprovados na atividade  $a_k$  e na sessão  $S_e$ ;  $Sol(a_k, se)$  é o número de solicitações na atividade  $a_k$  e sessão  $S_e$ ;  $n_k$  é o número de atividades correspondentes à competência  $C$ .

2º) Intervalo médio de permanência nas atividades de uma competência:

$TM(C) = \frac{\sum_k \Delta t(a_k)}{n_k}$  com  $\Delta t$  a defasagem entre o 1º e

o último aluno que solicitaram avaliação de uma dada atividade; e  $n_k$  o número de atividades correspondentes a competência  $C$ .

A escolha do par:  $TMS(C)$  que representa a probabilidade de aprendizagem de um grupo numa competência e  $TM(C)$  que mostra as diferenças exibidas pelos elementos de um grupo em termos temporais, como indicadores do comportamento de um dado grupo numa competência durante o processo, pareceu-nos a mais indicada para nossos propósitos. Outras variáveis como retenção, número de aprovados, menção no exame final, procrastinação etc., poderiam ser usadas, porém estão de alguma forma relacionadas com as duas escolhidas.

Tabulados os dados, obtidos através desses parâmetros, para os grupos típico e atípico, por competência, chegamos aos resultados que se seguem:

1) É possível distinguir os  $I_j$ , porém essa distinção depende dos  $E_i$ . Para os alunos típicos os  $I_j$  dependem, fortemente, dos  $E_i$ ; no entanto, para os atípicos essa diferenciação é, praticamente, inexistente.

II) Em termos da influência sobre os  $I_j$ , podemos dizer que a escolaridade e o nível de aspiração são mais relevantes, seguidas de ambiente familiar e ambiente extra-familiar; aspectos sócio-econômicos não influem nos  $I_j$ . Nessa característica as TMS (C) e os TM (C) são iguais para os alunos típicos e atípicos.

Foram utilizados ainda gráficos de atividade x sessão, por grupo típico ou atípico, em cada característica. Esses gráficos, denominados curvas de aprendizagem, indicam os percursos de aprendizagem de cada elemento de um grupo, permitindo analisar o grau de dificuldade do curso para os diferentes grupos e a homogeneidade de desempenho de cada grupo. (Ap. III).

Numa análise dessa espécie, seria desejável conhecer o comportamento de entrada do aprendiz. Devido a dificuldades de acesso a dados que dariam maiores esclarecimentos quanto a esse comportamento de entrada, utilizamos a última pergunta do questionário: uma composição sobre Brasília ressaltando o que mais agradava e o que menos agradava ao estudante na cidade. Como consideramos o planejamento do curso bastante verbal (livro texto, guias de estudo), acreditamos que uma capacidade razoável de ler e interpretar textos seria um bom indicador, daí escolhermos uma composição no sentido de aferir grosseiramente a verbalização do aluno; o critério de quantificação (contagem de verbos, substantivos, adjetivos) não apresentou diferenças significantes; então, consideramos, apesar das restrições apresentadas anteriormente, que todos os estudantes têm o mesmo comportamento de entrada, em relação a verbalização.

Assim, o estudo da evolução do aluno em um gráfico atividade x sessão (ap. III) resultou:

- a) Para escolaridade, o grupo típico não teve dificuldade com o curso (grau de dificuldade 0 e homogeneidade razoável nos percursos); o grupo atípico apresentou grau de dificuldade 0,90 (somente 1 aluno fez todas as atividades do curso) e homogeneidade de percursos

bem menor que o típico, o que implica diferenças individuais bem maiores que as dos elementos do grupo típico.

- b) Para a característica nível de aspiração: o grau de dificuldade foi zero para o grupo típico e 0,50 para o atípico. Quanto aos percursos de aprendizagem, comparativamente com a característica escolaridade, a homogeneidade é maior (diferenças individuais entre os elementos do grupo são menores) para os alunos típicos e maior heterogeneidade para os atípicos.
- c) Para ambiente familiar: os graus de dificuldades foram, respectivamente, 0 e 0,80 para típicos e atípicos. Os percursos dos alunos típicos não apresentam homogeneidade acentuada, implicando em diferenças individuais razoáveis dentro do próprio grupo; mais uma vez, continuam relevantes as diferenças individuais dos atípicos.
- d) Na característica ambiente familiar: o grau de dificuldade foi zero para os estudantes típicos e 0,40 para os atípicos. As diferenças individuais, nas curvas de aprendizagem, não são tão grandes como em escolaridade e nível de aspiração porém, são maiores que em ambiente familiar.
- e) Para aspectos sócio-econômicos o grau de dificuldades é 0 para os estudantes típicos e 0,20 para os atípicos; as curvas de aprendizagem do típico e do atípico, praticamente não diferem.

## CONCLUSÕES

Um dos pontos criticáveis nesse trabalho é que, de acordo com a metodologia por nós utilizada, os resultados estão restritos à amostra estudada de 180 alunos.

A ausência de um instrumental estatístico mais sofisticado foi devida à constatação do fato que variáveis extra-curso poderiam influir na aprendizagem e, assim teríamos

necessidade de olhar o estudante como indivíduo, dentro do contexto ambiental. Agrupamos alunos segundo a homogeneidade apresentada em uma dada característica, estudando-os individualmente (gráficos). Dessa forma a estatística usada em nosso estudo, foi um instrumento para conseguirmos esse agrupamento e para calcularmos a TMS (C) e o TM (C). Esse trabalho poderia fornecer subsídios para, em uma pesquisa a mais longo prazo, buscar-se uma relação estatística, entre os  $I_j$  e os  $E_i$ .

Para tanto, teríamos que repetir a experiência, com o mesmo planejamento, em outros semestres na UnB e também em cursos equivalentes em outras Universidades. Em seguida utilizar-se-ia a estatística no intuito de se buscar uma relação mais geral de dependência entre os  $E_i$  e os  $I_j$ .

Pelo estudo descrito no decorrer desse trabalho somos levados a algumas conclusões, que mostram a importância de que sejam levados em conta as características ambientais do aluno em um curso introdutório de Física na Universidade.

- 1) As características ambientais afetam a aprendizagem com intensidades diferentes.
- 2) Os alunos típicos apresentam desempenhos diferentes para os diversos tipos de aprendizagem, o mesmo não ocorrendo com os atípicos.
- 3) Para a competência conhecimento a TMS (C) é a mesma para os alunos típicos e atípicos em todas as características, com TM (C) numa razão 2 o que significa que a reprodução de informações é possível tanto para o grupo típico quanto para o atípico, desde que não se fixe o tempo. Para compreensão e integração, em geral, os TMS (C) e os TM (C) são bem diferenciados.
- 4) A heterogeneidade dos alunos atípicos evidencia a inviabilidade de um único planejamento.

Os quatro aspectos acima revelam que os reforços utilizados não foram igualmente eficazes para todos os alunos, especialmente para os atípicos. Pensamos que as teo-

I<sub>2</sub> – SOBRE O ENSINO HIPOTÉTICO – EXPERIMENTAL  
MOTOYAMA, Shozo – F. F. L. Ch. da USP

Em 1967, Itakura propôs um novo tipo de ensino de Ciências, chamado por ele próprio de *Hipotético-experimental*. Originariamente um historiador de Ciências, Itakura aproveitou-se das suas pesquisas históricas para propor um tipo revolucionário de ensino de Ciências por quanto pressupõe uma mudança quase radical na organização do material na administração de aulas e na forma de atividade discente. Fundamentalmente, são dois os seus princípios básicos: (1) A Ciência tem como objetivo o conhecimento de um objeto em forma de teorias e de leis de modo a ser aceito tranquilamente pelas pessoas. (2) Um tal conhecimento científico só pode ser obtido quando as pessoas, depois de terem formulados previsões e hipóteses sobre o projeto, realizam experimentos (e observações) com o propósito declarado de verificar as suas veracidades ou falsidades. É preciso notar que nesses dois princípios complementares está implícita a convicção de que *só* com um tal *comportamento* é possível *aprender* ciência - justamente onde reside a novidade da sua tese. Itakura não ficou apenas na teorização e com a ajuda de outros professores, principalmente primários, testou na prática a sua teoria educacional em várias escolas japonesas obtendo resultados excelentes. Estatisticamente, a amostra não é numerosa mas significativa. Todavia apesar de ser uma reformulação original com resultados promissores, o ensino hipotético-experimental parece apresentar alguns problemas ao nível teórico e prático. Nesse nosso trabalho, apenas nós referiremos aos problemas teóricos pois não temos elementos para analisar os práticos. Em primeiro lugar, a com-

Cultura 27(7), pg. 736.

6. "As Universidades e a formação de recursos humanos para área de ciência e tecnologia" - Ciência e Cultura 25(11), 1056-1067.
7. A escolha dos estudantes de engenharia é óbvia já que constituem a grande maioria dos alunos dos professores de Física das universidades além de sentirem de mais perto as consequências da industrialização; as citações não pretendem emitir as conclusões do Seminário, que inclusive tem outro caráter e por isso são evidentemente parciais.
8. "A educação geral, exigida em nossos dias, requer que se adapte as energias, a mente e o comportamento humanos aos critérios de pensamento, às formas de saber e ao mundo da ciência e da tecnologia científica" - "Universidade Brasileira: reforma ou revolução?" Editora Alfa - Omega, 1975 - pg. 245.
9. "Tecnologia da Educação" - Claudio Zaki Dib - Pioneira, 1974.
10. Para dar um exemplo conhecido, o índice de reprovação em 1974 na UFBA, em Física 3 e 4 foi respectivamente, 83,8% e 79,8%.
11. "Autoritarismo e Democratização", Editora Paz e Terra 1975, pg. 163.

## NOTAS

1. Acordo Mec-Usaid de Outubro de 1966, cuja finalidade era "o lançamento de bases sólidas para uma rápida expansão e uma fundamental melhoria do atual sistema de ensino brasileiro" e que se propunha entre outras coisas à "determinação do que poderia constituir o sistema ideal de ensino superior do Brasil". E continua.
2. Ver as lúcidas análises de Luís Antonio Rodrigues Cunha em "A Profissionalização do Ensino Médio"-Eldorado-1974, em "O Milagre Brasileiro e a Política Educacional" - Revista Argumento - novembro de 1973 e "A expansão do ensino superior: causas e consequências" - Debate & Crítica nº 5.
3. Vale citar algumas conclusões do relatório: a respeito da liberdade de cátedra-" outro ponto crítico no sistema educacional brasileiro, com reflexo na crise de autoridade que já se tornou pública e notória, é resultante de ampla autonomia administrativa e disciplinar conferida às universidades ..."; e a respeito do regime de créditos -" o sistema se caracteriza por enorme flexibilidade, menos tempo, possibilitando assim aos estudantes de nível econômico mais modesto o acesso a um diploma superior intermediário..."
4. L.A.C.R. Cunha mostra que o crescimento das matrículas no período 1960-73 foi de 107,3% no primário, 391,7% no ginasial, 455,3% no colegial e 797,5% no superior e que "foi o setor privado o responsável pela maior parte do substancial aumento da oferta de ensino superior no período em questão" Debate & Crítica nº 5, pg.30.
5. Vale assinalar a horizontalidade do exodo para as zonas industriais o qual "atingiu as pequenas cidades e as cidades médias do interior do País, retirando seus elementos mais instruídos, mais ambiciosos, mais hábeis, que foram engrossar os efetivos de pequenos empregados e pequenos funcionários das grandes cidades industrializadas" - Classes Sociais no Brasil: 1950-1960 - Ciências e

duzindo objetos perfeitamente adaptados às suas funções utilitárias, fragmentadas e perfeitamente racionalizadas. Dessa forma o sistema se reproduz: cada qual no seu caminho pré-escrito antes do nascimento e de acordo com as condições em que este se deu. É essa a opção vislumbrada pelos novos tutores e a única capaz, aceitos os pressupostos expressos por Florestan Fernandes, o qual "neutraliza" a ciência e tecnologia, de conformar a quem continua pensando como era no começo: "Liberdade, Igualdade e Fraternidade". Ao tentar especificar os objetivos de seu curso para os alunos, acabam fazendo-os seus; ao tentar personalizar o seu curso acabam conferindo função a seu aluno e se convencendo de que está na sua.

Mas na República da Bruzundanga nem tudo são maravilhas e a adoção de tal modelo esbarra em dificuldades as quais os tutores gostam de chamar "baixo nível", poucas verbas, "muitos alunos", "falta de livros", etc e se reúnem em Simpósios para se lamentarem e consolarem. O baixo índice de aprovação<sup>10</sup> os obriga a tomar medidas contendoras de insatisfação, normalizando nota e se adaptando de uma forma ou outra, ao que eles consideram seus encargos.

Cabe então ver as coisas aqui e agora não pela ótica dos dominadores, melhor dizendo, colonizadores, e se reconhecer como tupiniquim, usando o que se chama de conquistas da ciência e da tecnologia não como produtos, mas meios e instrumentos da nossa condição e assim procurarmos nossa verdadeira função de classe média muito bem expressa por Fernando Henrique Cardoso<sup>11</sup> "A ativação da sociedade urbano-industrial requer, mais do que nada, a substituição da ideologia do compromisso por outra que rotinize o conflito e que permita legitimar socialmente a idéia de que sem movimento, luta e tensão será impossível fazer uma genuína transformação política". A medida em que encararmos nosso trabalho como criação e não como adaptação é que poderemos dimensionar o mundo tal qual é, e não como querem que ele seja. Criação se traduz hoje por participação.

sociedade, acreditamos que tal relação deva existir. Porém esta não deve ser de dependência da Universidade aos interesses das indústrias".

Não é outra a verdadeira angústia de classe dos professores destes alunos. Tentando pôr em prática a nova proposta do que deva constituir a educação aqui e agora, muito bem colocada por Florestan Fernandes, quando não adotam as teses de "contribuição ao desenvolvimento do país", "ensino crítico", "o objetivo deste curso é fazê-los pensar" ou se acomodam aos seus cargos e salários, caem na solução importada e portanto frustrante quando aplicada aqui e agora, da *tecnologia educacional*, acabando inclusive por conquistar alguns dos seus alunos. Surgindo como solução para a massificação do ensino e pretendendo resolver o problema da educação, acabando dessa forma com ela, a tecnologia educacional é apresentada" como uma área de pesquisa e desenvolvimento caracterizada pela aplicação, *de modo sistemático*, de conhecimentos científicos e tecnológicos à solução de problemas educacionais. Fundamentando-se em psicologia, teoria de sistemas, teoria da comunicação e em trabalhos recentes relativos ao *desenvolvimento de recursos humanos nas áreas empresarial e militar*, a tecnologia de educação procura desenvolver estratégias mais *eficientes* e mais *adequadas* ao processo de aprendizagem"<sup>9</sup>. Mas a massificação do ensino não se caracteriza pelo número de estudantes, mas sim pela sua homogeneização quanto às aspirações, pela incerteza e dúvida de sua função, bem como pela inadaptação dos responsáveis pelo ensino às suas funções. Essa coisificação permite se pensar a Universidade como empresa: e qual é a maneira de aumentar sua taxa de lucro: através da tecnologia. Do mesmo modo que o positivismo é a ideologia das atuais formas de ciência e tecnologia, o behaviorismo aparece como ideologia capaz de prover a necessária "racionalidade" às instituições educacionais. Somente através do controle do estudante, inserindo-o desde a escola na divisão social do trabalho, é que a máquina espantosa da educação, assim lubrificada, funciona em paz e harmonia, com segurança, pro-

mais do que nunca se reconhecem e competem entre si em cada oportunidade, a todo momento e em todo lugar (veja-se por exemplo o vestibular) o que provoca uma conscientização do papel elitizante das instituições, conscientização falsa, imposta, de que há cada vez mais gente disputando menos oportunidades. Como formas concretas de impedimentos "irracionais" se destacam o vestibular, a profissionalização do ensino médio (que tenta transferir a seleção para o ensino médio), o 477, o jubramento, a pós-graduação (cada vez mais exigida do profissional), a resolução 30 (espécie de institucionalização de seleção interna já existente entre bacharéis e licenciados) e mais decretos e mais pareceres. A tônica do movimento estudantil atual é a denúncia dessa imposição do modelo de desenvolvimento, de "ver garantida sua participação no mercado de trabalho", através da tentativa de corrigir distorções (que, nem por mero acaso, nem por mera necessidade, já eram apontadas no Acordo Mec-Usaid) e a procura de algo nebuloso e informe: o ensino crítico. Como por exemplo, vejamos algumas teses apresentadas no Seminário Nacional dos Estudantes de Engenharia, realizado em setembro e que refletem de forma clara sua consciência do problema: "para isso se pregava bastante a idéia de que o país para sair de sub-desenvolvimento em que se encontrava, necessitava de grande número de técnicos e profissionais de nível superior" para "manter viva a possibilidade ilusória de ascensão": "impõe assim nossa universidade um autêntico aprendizado através do medo", "o caráter massificante do ensino é fonte do conflito do estudante, pois este esperava encontrar na Universidade, um meio de se desenvolver em todos os sentidos"; "assim o jubramento para solucionar problemas de vagas e verbas na Universidade tem como consequência a elitização desta" -- e também as aspirações impostas---"não lhe interessa portanto formar pessoas críticas, que possam apontar as falhas da estrutura, mas pessoas que as aceitem prontamente de uma maneira dogmática"; não queremos dizer aqui que a Universidade não deva ter relação com a empresa. Sendo função da Universidade servir à

nifica essa classificação, já que a autora faz a mesma classificação para a população do estado), onde se vê de maneira clara a insignificante participação na universidade do estrato mais numeroso: aquele que a autora chama de baixo (mas é claro que para fazer vestibular é necessário, entre outras coisas, ser alfabetizado):

	Vestibulando	Composição da População
Alto	22,1%	1,9%
Médio	54,6%	11,2%
Baixo	23,3%	86,9%

E para quem não gosta de generalizar, sem consultar as leis, refira-se ao trabalho de Maria Isaura Pereira de Queiróz, o qual mostra que a composição social das cidades brasileiras industrializadas ou tradicionais na década de 50 era basicamente a mesma<sup>5</sup>. Outra não era a aspiração dos candidatos aprovados: apenas 20,5% pensava trabalhar por conta própria enquanto o restante já perseguia o seu futuro constantemente lembrado pela televisão, de trabalhar como assalariado nas instituições públicas e privadas, o que por si só já é uma indicação segura da inadequação da universidade liberal. Feita a reforma e consentida a expansão, o que os aprovados deparavam era, segundo Heitor Gurgulino de Souza, um aumento de 173% de 65 a 70 no número de alunos nas instituições de ensino federais e aumento de professores de 64%, e a total evidência de acúmulo de problemas no curso básico onde a relação professor/aluno é extremamente baixa, tanto é que o próprio autor enfatizava um programa de aumento do número de monitores, que em 1971 somavam a 3.000.

Passando de uma situação em que o profissional liberal ou o pequeno homem de negócios constituíam peças de utilidade para o sistema, o atual modelo econômico "sugere" que o estudante brasileiro se preocupe com seu papel nas grandes empresas privadas ou estatais.

A consequência clara desta situação é a pauperização, aproximação do proletariado, das classes médias que agora,

ensino deficiente, um aproveitamento limitado e a poucas atividades de pesquisa; g) insuficiência de espaço e equipamento; h) livros de texto e materiais de consulta limitados; i) concentração de alunos em cursos que não se relacionam à demanda de mão de obra no Brasil; j) estrutura obsoleta de organização e processos administrativos; k) ausência de um planejamento global de longo alcance que norteie a futura expansão e o aperfeiçoamento do sistema de ensino superior no Brasil<sup>1</sup>, todos esses itens; qualquer tratamento não poderia deixar de levar em conta 1º) a contenção de despesas em educação, por esta não ser prioritária naquele período; 2º) a necessidade da educação para poder competir (os 10%) aos novos tipos de emprego criados, os quais acenavam e de forma monopolista com a possibilidade de ascensão e 3º) a inércia do sistema educacional presente naquele momento nas Universidades<sup>2</sup>. Foi necessário o momento político de 1968, caracterizado muito bem pela fermentação estudantil, para que se constituísse uma comissão "criada objetivando emitir pareceres sobre as reivindicações, teses e sugestões referentes às atividades estudantis ..." a qual conclui seu trabalho emitindo o assim chamado Relatório Meira Matos (abril de 1968) que resolvia de um modo político a 1º e 3º dificuldades apontadas acima (esta última caracterizada principalmente pela liberdade de cátedra), que se apresentavam como impecilhos solúveis naquela ocasião<sup>3</sup>. Pode-se então formar o Grupo de Trabalho encarregado da reforma universitária ainda em 1968. *Para satisfazer as classes médias foi feita uma expansão descontrolada do ensino superior* a qual contou com a colaboração providencial do empresariado do setor educacional. Para ilustrar essa situação vejamos alguns dados da tese de mestrado de Marileide de Carvalho Costa sobre: "O acesso à Universidade: condicionantes sociais" apresentada à Universidade Federal de Pernambuco em 1975. Os vestibulandos de 1967 daquela Universidade procediam 51,6% da capital e 40,0% de *idades* do interior. A tabela abaixo mostra a procedência segundo estrato social dos vestibulandos (sem se perguntar o que sig-

*atual desenvolvimento do Brasil.* Com cerca de 90% da população arcando com suor e lágrimas por *este estado de coisas*, o gigante brasileiro continua com seu trabalho escravo pensando com os 10% de sua cabeça em imitar e *realizar o sonho de seus dominadores*. Nos últimos 15 anos ele vende a sua força de outro modo, o seu trabalho é diferente, às vezes sua cabeça hesita e custa a aprender as novas ordens. Como em matéria de política, todas as doenças são mentais ou cerebrais, a psiquiatria do acordo Mec-Usaid ocorreu para corrigir os possíveis desajustamentos e *adaptar o cidadão a viver em paz e harmonia*. Para quem ainda não se acostumou ao exercício das metáforas (vã esperança...) e por que se cansa de exercê-las, os 10% são as chamadas classes alta e média e o gigante é escravo da dominação estrangeira, sendo da tribo do Terceiro Mundo. Suas novas tarefas exigem sua educação, isto é, a *preparação de pessoal necessário* para acompanhar as mudanças decorrentes da produção de coisas diferentes feitas graças aos verdadeiros transplantes de mutinacionais, que trazem impregnada a sofisticação tecnológica. Imagine-se o escravo operando um trator na Transamazônica: como os sentidos ficam na cabeça (exceto o tato) necessitam ser satisfeitos, não só antes da fome que gera o consumo, mas após saciada principalmente, já que o sonho do desenvolvimento, de ser assalariado dirigente, executivo, é preciso ser acalentado. Tal é o modelo que se impõe e violenta a todo momento seus anseios.

Não é possível ver a educação, mesmo para quem a determina, desligada de todas suas implicações: basta ver a atual aparente parafernália provocada por resoluções e decretos. Desse modo, o diagnóstico do psiquiatra, que incluía: a) baixo índice de matrículas- apenas 2% da faixa etária de 18 a 24 anos acham-se matriculados em instituições de ensino superior; b) baixo rendimento; c) requisitos rigorosos de admissão; d) currículo pouco flexível; e) ausência de um sistema de testes e serviços de orientação e de informação aos estudantes; f) corpos docente e discente funcionando em regime de tempo parcial o que conduz a um

## 1, - TECNOLOGIA EDUCACIONAL: NOVA FORMA DE DOMINAÇÃO

KULESZA, Wojciech - Universidade Federal de Pernambuco.

A industrialização crescente no Brasil, aliada à necessidade política da satisfação de ascensão das classes médias, levou por um lado, à reforma universitária orientada para a formação de quadros necessários à efetivação desta mudança estrutural e por outro, a uma expansão descontrolada do ensino superior. A eletrização do ensino, em sentido amplo, daí decorrente (basicamente uma expressão de dominação de classes) é exercida a curto prazo por instrumentos de exceção (dos quais o jubramento é consequência imediata) e a longo prazo por um modo muito mais de acordo ao sistema econômico vigente na periferia: a tecnologia e ciência educacionais de fundo behaviorista que conferem "racionalidade" ao sistema. É o controle de qualidade da Universidade Empresa: do mesmo modo que a produção em escala uniformiza o produto, a tecnologia educacional, fragmentando o conhecimento, produz profissionais completamente inadaptados e incapazes de exercer outra função, a não ser aquela preescrita na bula que é o diploma. É justamente no ensino de ciências que essa ideologia tem campo fértil e como tal tenta se desenvolver. Tentando ver, de acordo com Walter Benjamin, a proletarização crescente e a importância das massas como aspectos do mesmo processo histórico são analisadas neste trabalho as contradições atuais da política educacional do governo e suas consequências sobre estudantes e professores.

A televisão a cores, os complexos petroquímicos, os automóveis, principalmente os automóveis *Made in Brazil*, etc, são para os brasileiros os resultados concretos do que se chama

# **Abordagens**

## **6 COMUNICAÇÕES**

de Física com a finalidade de obter licença para lecionar, que muitas vezes é concedida mediante a simples apresentação de um atestado de matrícula. Uma análise mais significativa só seria possível mediante contacto pessoal com esses alunos, o que será tentado a seguir.

**F<sub>9</sub> – LEVANTAMENTO DA SITUAÇÃO DOS ALUNOS QUE SE MATRICULAM E NÃO COMPARECEM NO CURSO DE FÍSICA DA USP.**

AMARAL, L. Q. & HAMBURGER, E. W. – Instituto de Física da USP.

Um dos problemas que se coloca na programação do curso de Física é o de alunos que se matriculam e não comparecem durante o curso. Para localizar as causas possíveis desse problema foi feito um levantamento da situação dos alunos do curso de Física, matriculados na disciplina Física I no 1º semestre de 1975, relativo a: frequência às provas, ano de entrada na faculdade, situação em relação aos dois anos anteriores, outra faculdade que o aluno porventura frequente, pedidos de dispensa ou revalidação.

Dos 334 alunos matriculados em Física I, 256 eram vestibulandos de 1975, 43 de 1974, 15 de 1973 e 20 distribuídos até 1964. Dos 260 vestibulandos de 1975, 36 (14%) pediram dispensa dessa cadeira, o que indica estarem cursando outra faculdade; 55 matriculados nunca compareceram, dentre os quais 22 haviam pedido dispensa. Dentre os 78 vestibulandos de anos anteriores, pelo menos 27 (34%) cursam outra faculdade; 32 matriculados nunca compareceram, dos quais apenas 5 haviam pedido dispensa. Dentre esses 78, 68 já haviam se matriculado em 1974 e 23 em 1973.

Existe um número bastante grande de alunos que vêm se matriculando há mais de um ano sem jamais comparecerem. Descontando os casos de dispensa, sobram em situação bastante irregular cerca de 20% do total de alunos matriculados em Física I. Podemos destacar duas causas para esse problema: alunos que entram no curso de Física e depois o abandonam por outra faculdade ou por outro motivo, e alunos de outras faculdades que entram no curso

ANEXO I

DISCIPLINAS DO 1º CICLO		CRÉDITOS
MAT-003	Fundamentos de Matemática	6
FIS-101	Elementos de Física	5
QUI-002	Fundamentos de Química	6
QUI-001	Métodos Experimentais	4
MAT-007	Geometria Analítica e Cálculo Vetorial	6
MAT-004	Cálculo Diferencial e Integral I	6
MAT-005	Cálculo Diferencial e Integral II	6
MAT-006	Cálculo Diferencial e Integral III	6
FIS-103	Física Geral I	7
FIS-104	Física Geral II	7
FIS-105	Física Geral III	7
FIS-106	Física Geral IV	7
MAT-020	Cálculo Numérico e Diferenças Finitas	6
MAT-008	Espaços Vetoriais Teoria das Matizes e Funções Ortogonais	6
QUI-003	Química Geral I	6
HEB-301	Estudo de Problemas Brasileiros	4
ECO-001	Introdução à Economia I	4
MAT-019	Fundamentos de Estatística	6

TOTAL DE CRÉDITOS DO 1º CICLO	
Bacharelado Física .....	95
Licenciatura Física .....	89
Bacharelado Matemática .....	94
Licenciatura Matemática .....	93
Bacharelado Química .....	98
Licenciatura Química .....	92
Estatística .....	84
Arquitetura .....	86
Engenharia Civil .....	93
Engenharia Elétrica .....	99
Engenharia Química .....	93

## COMENTÁRIOS FINAIS

- 1) QUESTÃO 20
- 2) QUESTÃO 21
- 3) QUESTÃO 22
- 4) QUESTÃO 23
- 5) QUESTÃO 25
- 6) QUESTÃO 26
- 7) QUESTÃO 28
- 8) QUESTÃO 29
- 9) QUESTÃO 31
- 10) SISTEMA DE AVALIAÇÃO
- 11) AULAS DE LABORATÓRIO
- 12) OUTRAS OBSERVAÇÕES

As questões 27/28/29 referem-se a *Física I*

27. Você acha que o Professor domina (dominava) o conteúdo teórico da disciplina?  
(a) (b) (c) (alternativas de 24)
28. As aulas expositivas despertam (despertavam) o seu interesse e a sua atenção?  
(a) (b) (c) (alternativas de 25)
29. Você considera (considerava) a sua participação às mesmas como uma experiência agradável?  
(a) (b) (c) (alternativas de 25)

As questões 30/31/32 referem-se a *Física II*

30. Você acha que o Professor domina (dominava) o conteúdo teórico da disciplina?  
(a) (b) (c) (alternativas de 21)
31. As aulas expositivas despertam (despertavam) o seu interesse e a sua atenção?  
(a) (b) (c) (alternativas de 25)
32. Você considera (considerava) a sua participação às mesmas como uma experiência agradável?  
(a) (b) (c) (alternativas de 25)

As questões 33/34/35 referem-se a *Física III*

33. Você acha que o Professor domina o conteúdo teórico da disciplina?  
(a) (b) (c) (alternativas de 24)
34. As aulas expositivas despertam o seu interesse e a sua atenção?  
(a) (b) (c) (alternativas de 25)
35. Você considera a sua participação às mesmas como uma experiência agradável?  
(a) (b) (c) (alternativas de 25)

### III – AVALIAÇÃO DO ENSINO NO DEPARTAMENTO DE FÍSICA

As Questões 20/21/22/23 devem ser respondidas conforme as seguintes alternativas:

- a) Acima de sua Expectativa
- b) Correspondendo a sua Expectativa
- c) Abaixo da sua Expectativa

20. Em relação ao que você esperava a disciplina *Elementos de Física* encontra-se:

- (a)
- (b)
- (c)

21. Idem com relação a *Física Geral I*

- (a)
- (b)
- (c)

22. *Física Geral II*

- (a)
- (b)
- (c)

23. *Física Geral III*

- (a)
- (b)
- (c)

As questões 24/25/26 referem-se apenas a elementos de Física.

24. Você acha que o Professor domina (ou dominava) o conteúdo teórico da disciplina?

- a) sim
- b) não
- c) mais ou menos

25. As aulas expositivas despertam (despertavam) o seu interesse e a sua atenção?

- a) sim
- b) não
- c) às vezes

26. Você considera (considerava) a sua participação às mesmas como uma experiência agradável?

- (a)
- (b)
- (c) (alternativas de 25)

As questões que se seguem referem-se a reprovação por disciplina:

6. Física I

- a) Nenhuma
- b) 1
- c) 2
- d) 3
- e) Mais de 3

7. Física II

- a) Nenhuma
- b) 1
- c) 2
- d) 3
- e) Mais de 3

8. Física III

- a) Nenhuma
- b) 1
- c) 2
- d) 3
- e) Mais de 3

9. *Neste semestre* em quantos créditos você se matriculou?

- a) Menos de 10
- b) Entre 11 e 20
- c) Entre 21 e 25
- d) Entre 26 e 30
- e) Mais de 30

10. Quantos créditos você cancelou?

- a) Menos de 4
- b) De 4 a 6
- c) De 7 a 10
- d) De 11 a 14
- e) Mais de 14

Para responder as questões 22, 30, 31 e 32 ele deverá escolher o atual semestre, e no final comentar o 1º semestre de 75.

## I – SITUAÇÃO ACADÊMICA

### SEU CURSO É:

1.
  - a) Engenharia Civil
  - b) Engenharia Elétrica
  - c) Engenharia Química
  - d) Arquitetura
  
2.
  - a) Física
  - b) Química
  - c) Matemática
  - d) Estatística
  - e) Licenciatura em Ciências

### 3. ANO DO VESTIBULAR

- a) Anterior a 1972
  - b) 1972
  - c) 1973
  - d) 1974
  - e) 1975
- 
4. O curso que você está frequentando, foi a
- a) 1ª. opção
  - b) 2ª. opção
  - c) 3ª. opção
  - d) outras formas
- 
5. Você está cursando
- a) Elementos de Física
  - b) Física I
  - c) Física II
  - d) Física III
  - e) Física IV

## INSTRUÇÕES

- 1 - Algumas informações sobre número de créditos das disciplinas 1º ciclo e total de créditos do 1º ciclo para cada curso são fornecidas nas tabelas em anexo.
- 2 - A questão 14 necessita alguns esclarecimentos:
  - a) Se você é solteiro, a família em questão é a dos pais, incluindo-se *todas* as pessoas que participam da sua vida econômica, como por exemplo primos, avós, tios, etc., que porventura compartilhem da renda familiar.
  - b) Se você é casado e não contribui para a renda familiar dos pais, a questão 14 refere-se apenas a sua família (esposa, filhos, etc.)
- 3 - Os comentários solicitados no final do questionário, sobre as questões 20 a 23 e 25, 26, 28, 29 e 31, devem incluir *principalmente* uma justificativa da sua resposta.
- 4 - Se você cursou uma disciplina mais de uma vez, deverá escolher uma delas para responder *TODAS* as questões do tipo 21, 27, 28, 29.
- 5 - Se você está cursando a atual disciplina pela 2a. ou 3a. vez deverá considerar o corrente semestre para responder às questões do tipo 21, 27, 28, 29. No final do questionário, você poderá fazer observações sobre *todas* as oportunidades que você teve.

Ex: Um determinado aluno tentou Física I no 1º semestre de 1974, mas foi reprovado. Conseguiu ser aprovado no 2º semestre de 1974.

Matriculou-se em Física II no 1º semestre de 1975 e foi reprovado. Atualmente (2º Semestre de 1975) está cursando Física II novamente. Então, ele *po-*  
*de* proceder assim:

Para responder as questões 21, 27, 28 e 29 ele escolhe o 1º semestre de 74 e no final do questionário faz observações sobre o 2º semestre de 74.

Com relação à Física, isto está expresso no resultado 5.

Os estudantes que são classificados em 2a. ou 3a. opção, em algum curso de Ciência, têm uma tendência a fazer outro vestibular.

O primeiro ano na Universidade lhes possibilita um amadurecimento intelectual e, na nova tentativa, ele leva alguma *vantagem* sobre os candidatos que apenas concluíram o 2º grau. Dessa forma, o número *efetivo* de vagas nos cursos ditos de elite é menor do que o estipulado. Temos assim o verdadeiro "cursinho universitário".

- 3 - 80% matricularam-se em mais de 25 créditos.
- 4 - A atividade predominante é o ensino médio.
- 5 - 5% dos alunos do curso de Física são de 1a. opção.
- 6 - Apenas 10% dos alunos do curso de Física concluíram as disciplinas básicas de Física (\*).
- 7 - Um grande número de alunos que são classificados em segunda ou terceira opção, tentam vestibular em outras oportunidades.

A conjugação dos resultados 2 e 3 parece-nos ser uma das principais causas do alto índice de reprovações no ciclo básico. Isso implica num congestionamento nas disciplinas básicas.

Um aluno matriculado em 25 créditos, tem 25 horas semanais de atividades acadêmicas na Universidade. Por outro lado, se o ensino é do tipo tradicional (aulas expositivas) mais algumas horas serão necessárias para fixação dos conceitos transmitidos em sala de aula.

Por outro lado, se esse mesmo aluno trabalha 20 horas por semana, torna-se evidente a enorme dificuldade que ele terá de satisfazer as exigências acadêmicas.

O fato é que os alunos realmente precisam trabalhar para sua manutenção. Assim sendo poderíamos pensar em reduzir sua carga acadêmica, diminuindo o número de créditos matriculados. Mas, isso também seria uma injustiça social, já que o tempo necessário para a conclusão do curso aumentaria. Parece-nos que a solução está em se tornarem mais úteis as 25 horas que ele dedica à Universidade. Certamente não é com as aulas expositivas que vamos conseguir isso. Talvez, com um sistema de Ensino Personalizado.

O resultado 7 tem uma consequência muito interessante que passaremos a discutir. Sabe-se que os cursos de preferência (aqueles que possibilitam melhor situação econômica e prestígio social) são Engenharia Elétrica e Civil. Os cursos de Física, Química, Matemática, enfim as Ciências Exatas e Naturais, são relegadas à 2a. e 3a. opções.

---

(\*) a percentagem acima refere-se aos alunos em "condições cronológicas" de concluir as referidas disciplinas.

É nesse contexto que nos propusemos a realizar esse trabalho.

## COLETA DE DADOS

Utilizou-se um questionário com 35 questões abordando os seguintes aspectos:

- Situação Acadêmica
- Situação sócio-econômica
- Avaliação do ensino no Departamento de Física.

O questionário em anexo apresenta esses aspectos com maiores detalhes.

A população alvo era constituída de alunos que cursavam disciplinas básicas do Departamento de Física (Elementos de Física, Física I, Física II e Física III).

Por diversas razões, a aplicação do questionário só foi possível no final de 1975, quando todos os alunos já haviam feito as últimas avaliações. Isso nos obrigou a tomar uma atitude negativa: as notas da última avaliação só eram fornecidas após o aluno responder ao questionário.

As consequências negativas resultantes foram:

- os alunos desistentes não responderam o questionário.
- os comentários solicitados no final, para complementar as questões objetivas, só foram expressos por uma minoria (10%).

## CONCLUSÕES

O trabalho encontra-se ainda na fase de processamento de dados, o que nos impede de emitir qualquer conclusão a respeito. No entanto, durante a fase de testagem, nos foi possível colher alguns dados que permitirão algumas especulações que serão confirmadas ou não, no final do trabalho.

Os dados relevantes obtidos foram:

- 1 - Engenharia Elétrica e Civil são os cursos preferidos pelos estudantes.
- 2 - 70% dos estudantes têm uma carga horária semanal com atividades extra-curriculares de aproximadamente 20 horas.

**F<sub>8</sub> – A SITUAÇÃO DO ENSINO DE FÍSICA NO 1º CICLO DA UFRN**  
SANTOS, Carlos Alberto dos; SANTIAGO, Neide Varela; FERREIRA,  
Eraldo Costa e PEREIRA, José Oscar.

Apresentam-se os resultados de uma pesquisa na área de Ensino de Física. O principal objetivo do trabalho é obter um diagnóstico da realidade do 1º Ciclo da UFRN, no que se refere ao ensino da Física.

Tenta-se também correlacionar situação sócio-econômica, desenvolvimento escolar, escolha de profissão e expectativas do estudante quanto ao curso universitário.

Para obtenção dos dados, estão sendo elaborados 3 questionários assim discriminados:

- Situação Acadêmica
- Situação Sócio-Econômica
- O Curso Universitário e a Expectativa do Estudante.

A situação caótica em que se encontra o ensino básico na área de Ciências, principalmente na área de Física, parece comum à todas as Universidades brasileiras. Por outro lado, as causas poderão ou não estar relacionadas com peculiaridades de cada região.

A grande maioria dos professores que trabalham nessa área tem alguma idéia a respeito. Muitas vezes suas idéias são reforçadas por argumentos coerentes. No entanto, seria interessante que num dado momento obtivéssemos uma "fotografia" da situação nas diversas Universidades, de modo a permitir: a) um diagnóstico mais objetivo dessa situação ; b) comparações dos resultados para analisar a relação causa/efeito; c) avaliações de novas metodologias ou outra mudança qualquer na estrutura do sistema educacional, uma vez que uma e/ou outra alternativa deverá mudar o aspecto da "fotografia".

## ANEXO II

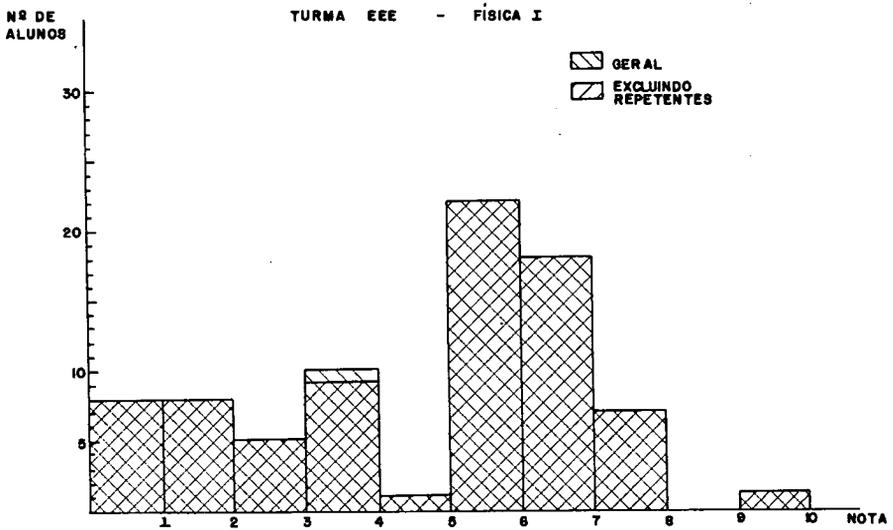
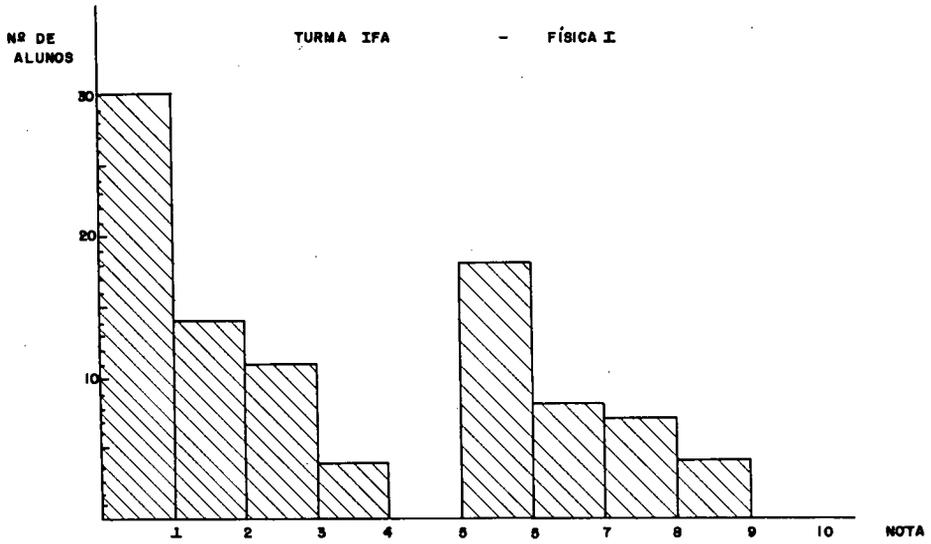
Exemplo de justificativa para a escolha de um tópic considerado importante: AS TRANSFORMAÇÕES DE GALILEU.

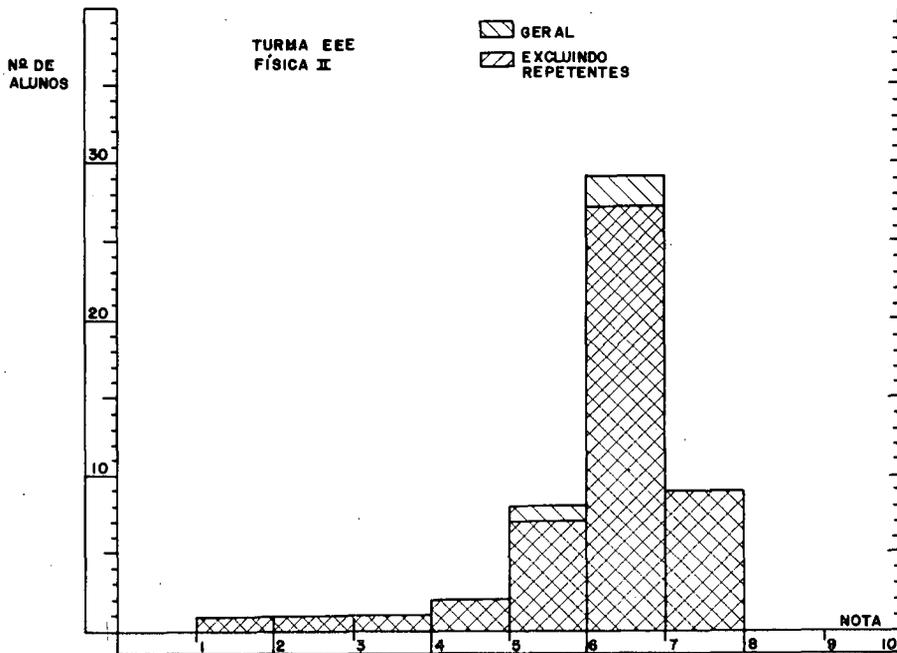
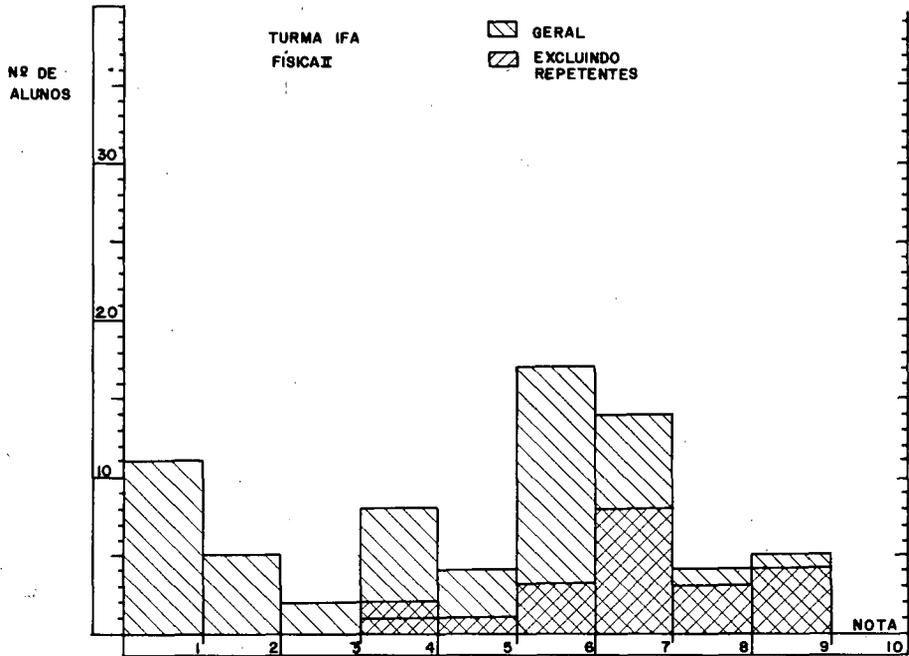
Um dos pontos básicos desenvolvidos no decorrer do curso, pautando todo o enfoque dado às diferentes fases, foi o de tornar clara a importância das transformações de Galileu.

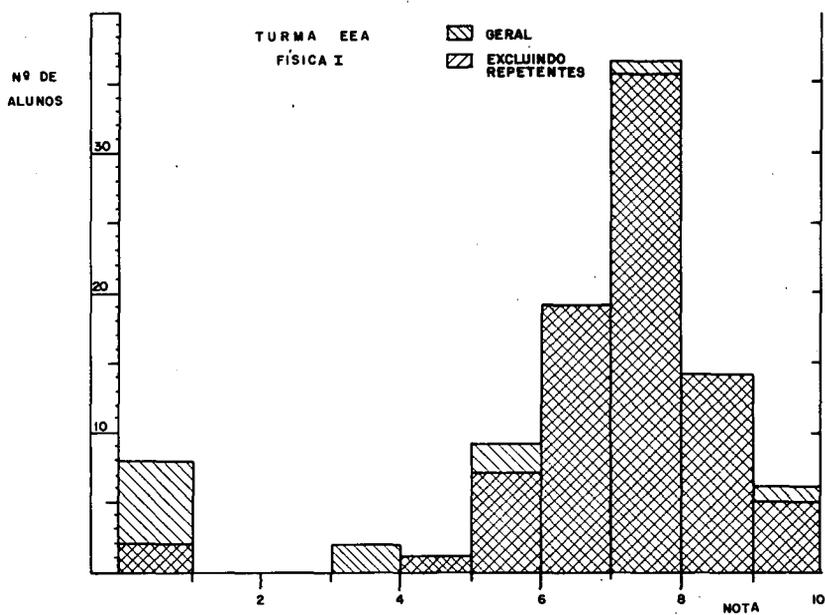
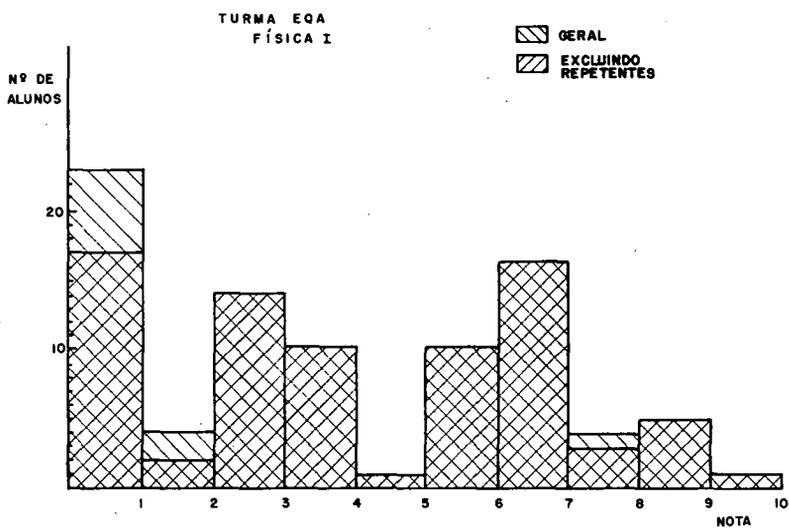
Além de seu interesse intrínseco, como expressão que permite relacionar posições (velocidades e acelerações) medidas em sistemas de referência que se movem com velocidade constante, um relativamente ao outro, ressaltamos principalmente nas transformações de Galileu, suas implicações físicas. Citemos por exemplo:

- a) A invariância de forma das leis físicas sob uma transformação de Galileu ( campo não relativístico ).
- b) O fato da invariância Galileana restringir a forma das leis físicas.
- c) A dedução da conservação do momento utilizando apenas invariância Galileana e conservação da energia.
- d) Operacionalmente, a importância de se passar, na solução de certos problemas, de um sistema de referência a outro (sistema de centro de massa por exemplo).

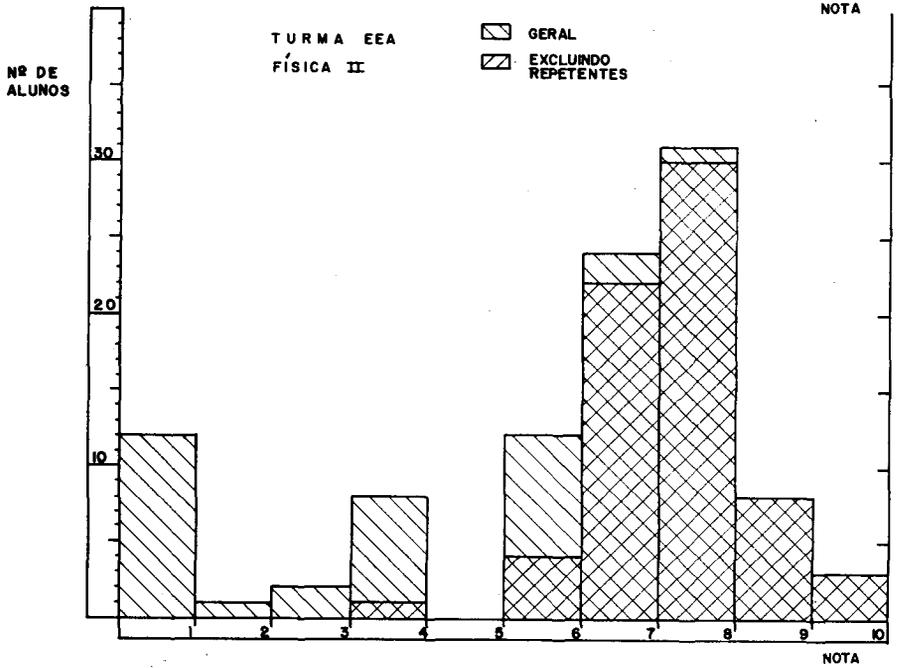
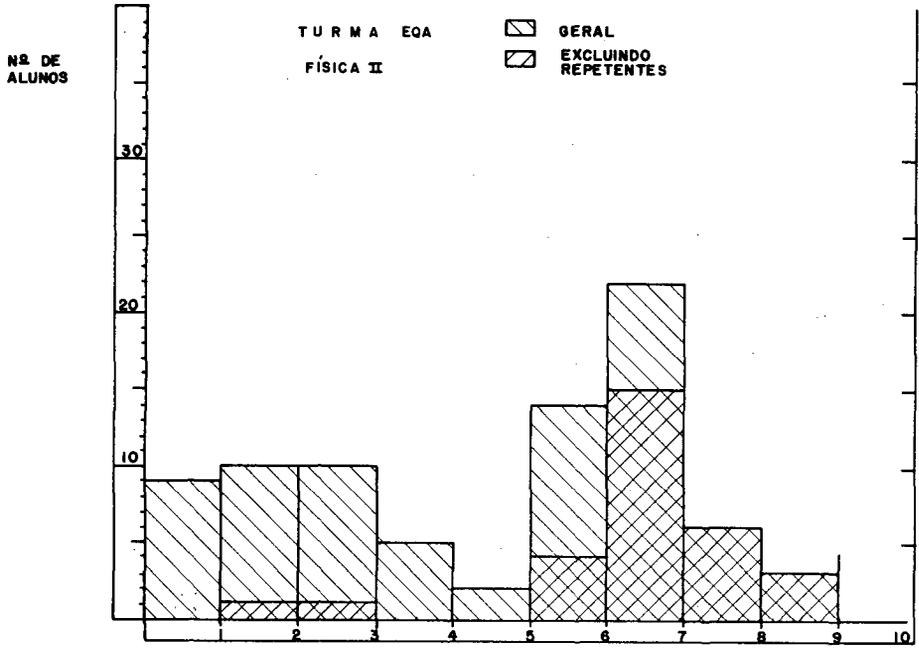
De maneira geral, intimamente ligado a isso, e que mereceu nossa cuidadosa atenção, está o papel de cada uma das invariâncias em Física, sua expressão como simetria e como lei de conservação.







ANEXO I



ram aprovados e os alunos que cursaram Física I em outros anos, seguindo cursos tradicionais, e que foram reprovados em Física II no semestre anterior.

zados, na localização dos objetivos mais específicos do estudo, apontando problemas e contradições na caracterização dos conceitos fundamentais da Física.

- d) Comunicar aos estudantes informações a respeito da organização do curso.
- e) Apresentar provas tipo e problemas característicos, de modo a reiterar aos estudantes os tópicos que a equipe considerava mais relevantes.

### COMPOSIÇÃO DA EQUIPE

Curso de Física I: 8 professores com tempo integral e  
2 professores com tempo parcial  
( 1400 alunos ).

Curso de Física II: 6 professores com tempo integral e  
2 professores com tempo parcial  
( 940 alunos ).

Nota: O número dominante de professores com tempo integral deve-se às numerosas contratações realizadas pelo Instituto em consequência do convênio com a FINEP.

### ÍNDICES DE APROVAÇÃO

Em anexo são apresentados os histogramas relativos aos resultados das provas do primeiro e do segundo semestre.

- a) Foram escolhidas algumas turmas representativas: EEA e EEE da Escola de Engenharia, EQA da Escola de Engenharia Química e a turma IFA do Instituto de Física.
- b) Os alunos da turma IFA, no curso de Física I são todos matriculados pela primeira vez. O grande número de notas entre zero e um é devido em grande parte a alunos que não compareceram às provas ou frequentaram o curso muito irregularmente, o mesmo acontecendo com as outras turmas que no entanto contam com alguns alunos repetentes.
- c) Os resultados das provas do curso de Física II mostram uma clara diferença entre o aproveitamento dos alunos que frequentando no mesmo ano o curso de Física I, fo-

Convém ressaltar que a equipe considerou a possibilidade e mesmo a necessidade de alterar vários parâmetros característicos do ensino no departamento, no entanto ficou estabelecido que sua alteração seria proposta em um segundo momento da organização do curso, principalmente após ter estabelecido as prioridades e enfoque da Física ensinada.

Entre os problemas que deverão ser discutidos pela coordenação no preparo do próximo curso mencionamos:

- a) Coordenação com as aulas de Física Experimental.
- b) Coordenação com as aulas de cálculo.
- c) Equilíbrio entre as aulas expositivas e aulas de discussão e exercícios.
- d) Utilização de filmes e experiências demonstrativas.
- e) Maior atenção à verificação do processo de aprendizagem através de questionários e provas (quinzenais). Neste sentido já no 2º semestre de 1975, no curso de Física II, a introdução de listas de exercícios, distribuídas, semanalmente, mostrou ser um recurso eficiente.
- f) Discussão da validade de manter uma prova única para todas turmas.

## OS ROTEIROS DE AULA

Em anexo são apresentados onze roteiros de aula (de aproximadamente 20 páginas cada). Sua função é a de orientar os estudantes e coordenar o trabalho dos professores.

Os principais objetivos dos roteiros foram:

- a) Apresentar os principais tópicos lecionados, através de enfoques diferentes aos do Halliday - Resnick. O propósito é o de encontrar maior clareza e profundidade em alguns itens fundamentais.
- b) Fornecer bibliografias e comentários a respeito da História da Ciência, Sociologia da Ciência e Epistemologia da Física. Alguns breves trechos *clássicos* foram transcritos.
- c) Contribuir, através das discussões dos tópicos focali -

- 4 - Preparar uma ementa por objetivos, mostrando o caráter unificador dos conceitos de Física, além de indicar os *leit-motivs* que acompanham o desenvolvimento do estudo dos diferentes tópicos.
- 5 - Estimular a curiosidade dos estudantes pela História da Ciência, Epistemologia da Física, Sociologia da Ciência e Educação.
- 6 - Estimular o estudo dos tópicos focalizados no curso através de vários textos. É uma hipótese do trabalho da equipe que a comparação de diferentes enfoques favorece a melhor compreensão de determinados problemas.
- 7 - Favorecer o desenvolvimento do espírito crítico, particularmente em relação ao texto utilizado, apontando-lhe falhas e incoerências.
- 8 - Favorecer o processo de aprendizagem através da formulação de perguntas, abrindo em aula, espaços que permitam discussões e questionamentos.
- 9 - Permitir em aula discussões sobre o andamento do curso, da didática e enfoques do professor, eventualmente com a presença do coordenador e de outros colegas da equipe.
- 10 - Incentivar o estudo em pequenos grupos, enfatizando a importância da discussão e da troca de dúvidas entre os alunos.
- 11 - Evitar o estabelecimento prematuro de objetivos operacionais, favorecendo no entanto a individualização dos problemas abordados através de um processo de aproximações sucessivas. (Nisto mostram-se de grande utilidade os princípios de simetria e as super-leis).
- 12 - Transformar (tentativa) a prova em um momento didático, particularmente através da discussão das questões e da sua relevância.
- 13 - Colher dados, através de periódicas discussões com os representantes de turma, a respeito da situação do curso, do amadurecimento do processo de aprendizagem, e sua colocação no conjunto de experiências vividas pelos estudantes.

no mesmo ano, 2º semestre, 940.

As atividades de ensino no Departamento caracteriza - ram-se, até 1974, pela colaboração de professores a tempo parcial e pela inexistência de atividades de pesquisa, em Física ou em ensino.

Usualmente, as aulas têm caráter expositivo, as turmas são numerosas (100 alunos), sendo previstas 6 horas semanais de aula com valor de 5 créditos.

O texto adotado (Halliday e Resnik) tem sido apresen - tado repetitivamente.

Os professores, até 1974, elaboravam suas provas (duas + um exame) não havendo coordenação efetiva das atividades, ou discussão entre os professores a respeito das prioridades e conteúdos da matéria lecionada.

A partir de 1974 foi estabelecida a prova única para todas as turmas.

As provas não são devolvidas aos alunos que, no entan - to, podem pleitear através de um requerimento a revisão da correção. A revisão não é necessariamente realizada na pre - sença do aluno.

A coordenação dos cursos nas áreas de Engenharia e Ciências Naturais permite um acúmulo de disciplinas nos pri - meiros quatro semestres de modo que os estudantes, em cer - tos casos têm mais de 35 horas de aula semanais.

O tempo médio de condução dos estudantes é de 3 horas diárias, não existindo ônibus interno ao campus universitá - rio.

## OBJETIVOS E DIRETRIZES DA EQUIPE

- 1 - Coordenar a atividade de ensino dos professores, através de reuniões semanais e de um detalhado planejamento do curso.
- 2 - Encaminhar um processo de discussão, entre os professo - res, sobre os principais tópicos lecionados e elaborar roteiros de aula.
- 3 - Estabelecer prioridades, e enfoques comuns, particular - mente com vistas ao estudo de tópicos de Física moderna.

## **F<sub>7</sub> - O CURSO DE FÍSICA GERAL I E II NO INSTITUTO DE FÍSICA DA UFRJ EM 1975.**

CANDOTTI, Ennio, LOPES NETO, Joaquim, HARO JUNIOR, Raphael, NAZARETH, Rui A. Mira e SANTOS, Samuel.

Instituto de Física da UFRJ.

Os principais tópicos lecionados no curso são delineados, discutindo a ênfase dada a determinados itens.

As condições docentes e discentes do ciclo básico no Instituto de Física da UFRJ são apresentadas, particularmente na sua relação com o problema da aferição da aprendizagem.

O material de ensino complementar ao livro texto (HR) é apresentado, sendo discutidos os conteúdos, a utilização e os objetivos dos roteiros de aula elaborados pela equipe e distribuídos aos estudantes.

São apresentadas as diretrizes e hipóteses de trabalho da equipe responsável pelo curso de Física I (1º semestre) e Física II (2º semestre) em 1975 no IF da UFRJ.

O objetivo é o de discutir com os colegas as premissas e os métodos de trabalho, apresentando-lhes as ricas experiências acumuladas, alguns primeiros resultados e obter críticas e sugestões que nos permitam aperfeiçoar o curso no seu planejamento para 1976.

### **ALGUNS ASPECTOS DA SITUAÇÃO DO ENSINO DA FÍSICA BÁSICA NO IFUFRJ.**

O Departamento de Física Geral é responsável pelo ensino dos aspectos teóricos da Física Básica, para os quatro primeiros semestres das Escolas de Engenharia e dos Institutos de Ciências Naturais.

O total de alunos inscritos nas disciplinas do Departamento é de 3200, sendo que o número de turmas é de aproximadamente 30. No curso de Física I em 1975 inscreveram-se no 1º semestre 1396 alunos, enquanto que no de Física II,

necessária para a entrada nela, uma soma mínima de conhecimentos específicos, perfeitamente adquiríveis durante o ensino médio. E remanejar suas vagas aumentando as das Escolas de Engenharia e de Química e reduzindo as demais. Que esperança de emprego podem ter 30 astrônomos por ano, só no Rio de Janeiro? É razoável, face ao mercado de trabalho no país, admitir 480 candidatos a engenheiro ao mesmo tempo que 120 a físico? Mesmo com eventuais acordos nucleares, a desproporção é flagrante. Alegar que, desses 120, formam-se apenas uns 30, é reforçar a observação de que é socialmente oneroso e individualmente enganador admitir os 120..

A primeira medida parece-nos porém a mais importante e a mais urgente a adotar.

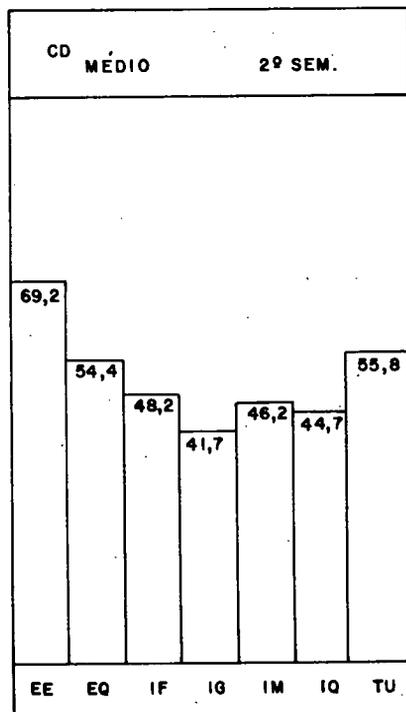
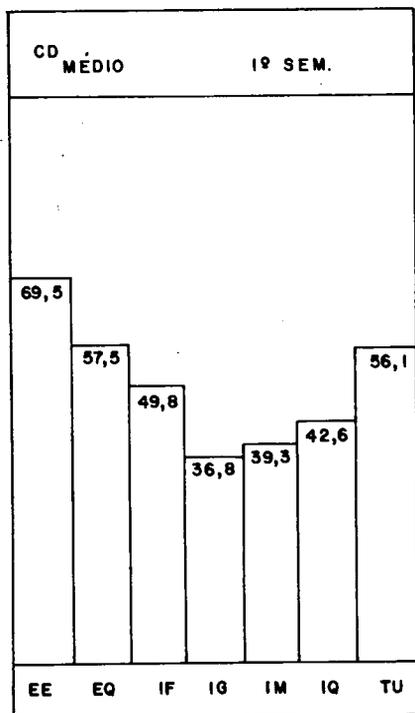
mercado de trabalho (V.Quadro 1) tem alunos com tão baixo coeficiente de rendimento. Ou até que ponto os 60 alunos iniciais dos cursos de Astronomia e Meteorologia, de baixíssima procura por parte dos vestibulandos, reduzem o coeficiente de rendimentos dos Institutos de Geociências, onde é ministrado, com 40 vagas, o curso de Geologia, proporciona - dor de um diploma bastante valorizado naquele mercado.

Embora essa correlação minuciosa ainda não tenha sido feita, é evidente já deste nosso levantamento, que os alunos provenientes de uma boa classificação no Vestibular têm muito mais nível que os classificados para os cursos de pouca disputa. Com o Vestibular Unificado instituído na área do Grande Rio, essa diferença se acentuou, pois os candidatos obtêm suas vagas de acordo, em primeiro lugar com sua opção de carreira, e só depois de acordo com o total de pontos obtidos. Assim, dá-se o fato já citado de alunos com média superior a 5 serem preteridos na UFRJ em favor de outros com média, por exemplo, de 1,5, menor do que a que obteria quem respondesse ao acaso às questões de múltipla escolha.

É de se prever que em 1976 o aproveitamento dos alunos nas disciplinas iniciais dos seus cursos seja ainda menor que o atual. De fato, como o referido Vestibular Unificado baixou ainda mais o seu nível de exigências, eliminando do programa até mesmo assuntos como limite e derivada, resultados desastrosos podem ser esperados em Física I. A menos naturalmente, que se resolva baixar também o nível de exigências dentro do Ciclo Básico, transferindo-se o problema para os responsáveis pelo Ciclo Profissional. Ou que se resolva alongar a duração dos cursos superiores, ensinando aos estudantes aquilo que lhes deveria ter sido ministrado nos seus cursos colegiais, e fazendo a sociedade pagar duas vezes pelo mesmo serviço.

A solução mais adequada para a Universidade parece ser retirar-se do Vestibular Unificado. Voltar a exercer o seu direito de escolher o próprio alunado. Exigir como condição

Q U A D R O I X					
CENTRO	UNIDADE	CD médio		CD modal	
		1º SEM.	2º SEM.	1º SEM.	2º SEM.
C T	E E	69,5%	69,2%	75%	75%
	E Q	57,5%	54,4%	50%	50%
C C M N	I F	49,8%	48,2%	50%	50%
	I G	36,8%	41,7%	25%	25%
	I M	39,3%	46,2%	25%	50%
	I Q	42,6%	44,7%	50%	50%
T U	T U	56,1%	55,8%	50%	50%



II, donde se vê que são justamente os Institutos de Geociências, Matemática e Química os que apresentam os maiores índices de evasão de repetentes na Física I, do primeiro para o segundo semestre (27%, 22% e 16%, respectivamente) enquanto que a evasão de futuros engenheiros é a menor (4,5%).

### COEFICIENTE DE DESEMPENHO

É interessante completar esta discussão introduzindo uma quantidade que chamaremos *coeficiente de desempenho*-CD- definida por:

$$CD = \frac{\text{tempo de residência máximo} - \text{tempo de residência}}{\text{tempo de residência máximo} - \text{tempo de residência mínimo}} 100\%$$

Em termos dessa variável, um aluno que completa as quatro disciplinas de Física em 4 semestres tem um coeficiente de desempenho de 100%. Outro que leva 8 semestres para desempenhar a mesma tarefa o tem igual a 0%.

Usando o tempo de residência médio e modal de cada unidade, obtemos os coeficientes de desempenho médio e modal para essa Unidade. Esses números são os que se vêem no Quadro IX e nos gráficos seguintes.

Os coeficientes de desempenho médio e modal se completam, e enriquecem as informações. Ficam confirmadas as observações anteriores, sobre o melhor desempenho dos alunos do Centro de Tecnologia, em particular os da Escola de Engenharia, que têm os coeficientes bem acima do global. Os alunos dos Institutos de Geociências e de Matemática tiveram no primeiro semestre um desempenho modal 2 vezes pior que o dos alunos considerados globalmente, e 3 vezes pior do da Engenharia.

### ALGUMAS CONCLUSÕES

Será bastante interessante calcular a correlação entre os resultados obtidos na disciplina de Física I, para os diferentes cursos, e a classificação dos alunos no Concurso Vestibular. Poderíamos talvez esclarecer porque um Instituto como o de Matemática, que oferece 5 cursos de razoável

Q U A D R O V I I I		
EVENTOS MAIS PROVÁVEIS, POR UNIDADES		
UNIDADE	1º SEMESTRE	2º SEMESTRE
E E	a b c d = 22,0%	a b c d = 22,6%
E Q	ā b c d = 17,2%	ā b c d = 14,0%
I F	ā B c d = 19,0%	ā b c̄ d = 18,4%
I G	ā B c̄ d = 25,6%	ā B c̄ d = 29,4%
I M	ā B c̄ d = 30,8%	ā B c̄ d = 13,7%
I Q	ā B c̄ d = 33,0%	ā B c̄ d = 23,1%
T U	ā B c d = 16,7% (ā b c d = 12,2%)	ā b c d = 16,4% (ā b c̄ d = 14,3%)

Nesse quadro, vê-se que o evento mais provável para um aluno da Escola de Engenharia é ser aprovado nas quatro disciplinas. Para um da Escola de Química, é sofrer dificuldades na primeira delas, mas sair-se bem em seguida nas outras três. Ambos estão em melhor situação que a média (TU).

Os alunos do C.C.M.N. já se localizam abaixo da média. Os do Instituto de Física mais provavelmente repetem duas disciplinas, e todos os demais as três primeiras, chegando essa probabilidade a 1/3 para os alunos do Instituto de Química. Para todos os alunos, tanto do C.T. como do C.C.M.N. a maior dificuldade, em ambos os semestres, é a Física I.

Embora o tempo de residência médio tenha aumentado ligeiramente, no global, do primeiro para o segundo semestre letivo, as três Unidades que estavam com os maiores tempos de residência no primeiro semestre tiveram-nos diminuídos no segundo, conforme se observa no Quadro VII. Uma possível explicação para essa melhoria pode ser encontrada no Quadro

da Universidade em que desejam entrar e da carreira que pretendem seguir. Por isso mesmo, são os alunos mais bem preparados, ou pelo menos com treinamento mais intenso. Como isso em geral implica também um nível econômico mais elevado, são alunos que não precisam trabalhar, e dispõem de mais tempo para estudar. Os alunos de Engenharia Química classificam-se no Vestibular logo em seguida aos anteriores: são também os seguintes, em tempo de residência médio. Os alunos do Centro de Tecnologia têm maior probabilidade de completar o Ciclo Básico em 4 semestres, do que em 8. No caso da Escola de Engenharia, a primeira probabilidade é cerca de 30 vezes maior que a última.

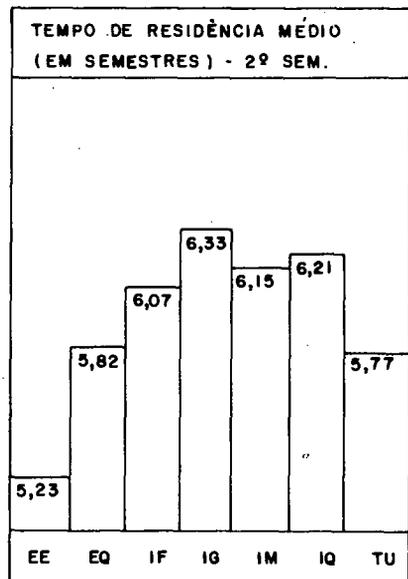
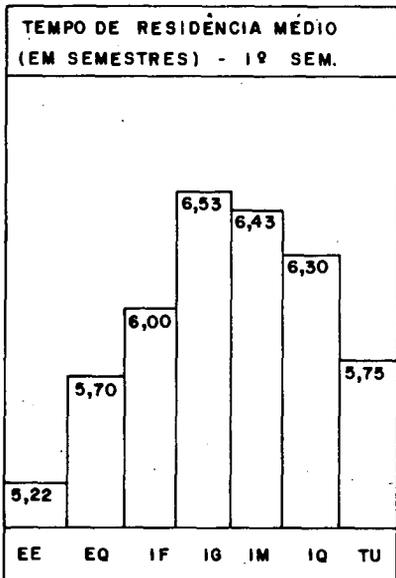
Esta tendência se inverte para os alunos do Centro de Ciências Matemáticas e da Natureza, chegando a ser 14 vezes mais provável, no primeiro semestre, que um aluno de Geociências gaste 8 semestres fazendo o curso, do que consiga terminá-lo nos 4 previstos. Os alunos destas Unidades, em grande parte, entraram na Universidade com muito baixa colocação nas provas do Vestibular. Isso foi possível graças ao mecanismo antididático, antipedagógico, anômalo e aberrante do Vestibular Unificado, que deixa entrar nesses cursos um aluno com média real da ordem de 1,5 enquanto que rejeita para os cursos de Engenharia candidatos com média acima de 5. Os resultados obtidos pelos alunos do Instituto de Física parecem mais animadores que os dos demais Institutos, mas deixam de sê-lo assim que nos lembramos de que, afinal de contas, as disciplinas cujos resultados estamos discutindo são as de Física.

Tais observações se corroboram quando comparamos as diversas parcelas usadas para calcular os tempos de residência e identificamos os eventos mais prováveis para os alunos das diferentes Unidades: é o Quadro VIII.

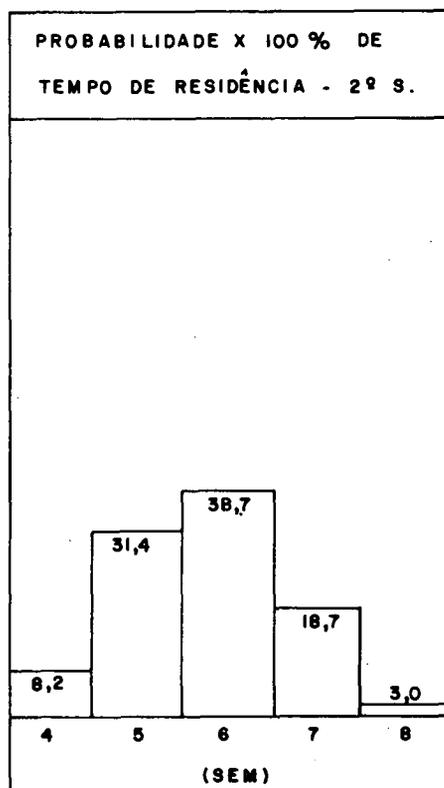
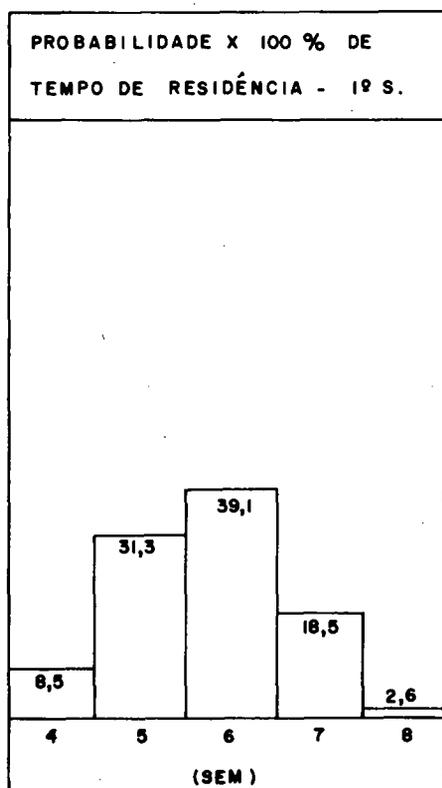
Q U A D R O V I I

TEMPO DE RESIDÊNCIA POR UNIDADES

UNIDADE	SEM.	4 SEM. (%)	5 SEM. (%)	6 SEM. (%)	7 SEM. (%)	8 SEM. (%)	MÉDIO (SEM.)	MODAL (SEM.)
E E	1º	22,0	42,5	27,5	7,3	0,7	5,22	5
	2º	22,5	41,3	27,5	7,9	0,8	5,23	5
E Q	1º	8,3	32,8	40,5	17,2	1,2	5,70	6
	2º	7,5	29,7	39,2	20,3	3,3	5,82	6
I F	1º	4,7	24,3	41,1	25,4	4,5	6,00	6
	2º	3,7	22,5	41,5	27,5	4,8	6,07	6
I G	1º	0,9	10,4	35,9	40,5	12,3	6,53	7
	2º	1,6	14,5	39,6	37,6	6,7	6,33	6
I M	1º	1,4	12,3	37,1	40,4	8,8	6,43	7
	2º	3,6	21,0	39,2	29,0	7,2	6,15	6
I Q	1º	1,4	14,5	41,3	38,3	4,5	6,30	6
	2º	2,5	18,0	41,4	32,3	5,8	6,21	6
T U	1º	8,5	31,3	39,1	18,5	2,6	5,75	6
	2º	8,2	31,4	38,7	18,7	3,0	5,77	6



Q U A D R O V I		
TEMPO DE RESIDÊNCIA GLOBAL	PROBABILIDADE X 100%	
	1º SEMESTRE	2º SEMESTRE
4 SEMESTRES	8,5	8,2
5 SEMESTRES	31,3	31,4
6 SEMESTRES	39,1	38,7
7 SEMESTRES	18,5	18,7
8 SEMESTRES	2,6	3,0
TEMPO MÉDIO	1º SEMESTRE	5,75 SEMESTRES
	2º SEMESTRE	5,77 SEMESTRES
TEMPO MODAL	1º SEMESTRE	6 SEMESTRES
	2º SEMESTRE	6 SEMESTRES



4 semestres: a b c d

5 semestres:  $\bar{a} b c d + a \bar{b} c d + a b \bar{c} d + a b c \bar{d}$

6 semestres:  $\bar{a} \bar{b} c d + \bar{a} b \bar{c} d + \bar{a} b c \bar{d} + a \bar{b} \bar{c} d + a \bar{b} c \bar{d} +$   
 $+ a b \bar{c} \bar{d}$

7 semestres:  $a \bar{b} \bar{c} \bar{d} + \bar{a} b \bar{c} \bar{d} + \bar{a} \bar{b} c \bar{d} + \bar{a} \bar{b} \bar{c} d$

8 semestres:  $\bar{a} \bar{b} \bar{c} \bar{d}$

Os resultados globais, para todas as Unidades formam o Quadro VI.

Esse quadro, já tão negro, seria ainda mais escurecido com a correção, antes mencionada, introduzindo as repetências múltiplas, que aumentariam o tempo médio de residência. O fato é que um aluno médio precisa de 6 semestres para completar um curso previsto para 4. O tempo médio de residência está portanto 50% acima do tempo normal, ou seja, são muito grandes as dificuldades que os alunos encontram para passar através do Departamento.

É interessante observar que, apesar de a taxa de aprovação global no segundo semestre ter sido maior que no primeiro, o tempo de residência no segundo também é maior que no primeiro. Isso se dá porque, não havendo alunos novos no meio do ano, os repetentes pesam mais neste semestre que no anterior.

#### TEMPO DE RESIDÊNCIA POR UNIDADES

A situação se esclarece quando se desdobra o Quadro VI, e se mostram os tempos de residência para os alunos de cada Escola ou Instituto. É o Quadro VII, seguidos dos gráficos dos tempos médios.

Começa a aparecer aqui, com maior nitidez, a diferença entre os alunos da Escola de Engenharia e os demais. Essa diferença é sentida por todos os professores que já lecionaram para os alunos dos dois conjuntos, e reflete diretamente sua colocação no Concurso Vestibular.

Realmente, os alunos de Engenharia são, na sua totalidade, primeiros optantes, isto é, candidatos cuja classificação no Vestibular lhes dá o direito de escolha soberana

de residência dos alunos no Departamento de Física Geral, englobando inicialmente todos os inscritos em todas as turmas, e indicando alguns prós e contras das hipóteses usadas.

O tempo mínimo de residência de um aluno no Departamento é de quatro semestres. Embora, conforme já dissemos, seja possível cursar ao mesmo tempo Física II e Física III, nenhum aluno pode fazer as quatro disciplinas em três semestres, pois a inscrição em Física III está condicionada à aprovação em dois semestres consecutivos de Cálculo.

O tempo máximo de residência é ilimitado, pois não está em vigor ainda o processo de jubilação. No entanto, face aos dados de que dispomos, com os quais só podemos calcular a taxa de uma reprovação em cada disciplina, limitá-lo-emos a oito semestres. O tempo máximo é certamente maior, mas seguramente não muito maior, pois um levantamento do número de alunos inscritos em Física IV no segundo semestre de 1975 e que ingressaram na Universidade em 1971 e antes disso, nos mostrou uma taxa de apenas 5,2% englobando todas as Unidades.

O tempo médio de residência do aluno no Departamento é o número de semestres, que, em média, o estudante gasta para obter aprovação nas quatro disciplinas. Tomaremos a taxa de aprovação numa disciplina como estimativa satisfatória da probabilidade de um aluno qualquer ser aprovado nessa disciplina, tendo sido aprovado na anterior. Suporemos que a probabilidade de aprovação numa disciplina é independente da probabilidade de aprovação em qualquer das outras disciplinas. Isso é discutível, pois, conforme já vimos, as taxas de reprovação entre os repetentes são bastante maiores que as médias, mas na impossibilidade de obtermos informações numéricas completas, usaremos essa hipótese como primeira aproximação.

Chamaremos de  $a$ ,  $b$ ,  $c$  e  $d$  às taxas percentuais de aprovação em Física I, II, III e IV, respectivamente, e  $\bar{a}$ ,  $\bar{b}$ ,  $\bar{c}$  e  $\bar{d}$  aos seus complementos, isto é, às taxas percentuais de reprovação: são os números constantes das duas últimas colunas dos Quadros II a V.

Assim, os tempos de residência serão obtidos através das expressões:

alunos mais fracos permaneceram em Física I, e a fração ponderável do alunado era a *normal* do semestre.

A taxa de aprovação em Física III diminuiu no segundo semestre em relação ao primeiro, mas o decréscimo se tornará desprezível se considerarmos que a disciplina é ímpar e o semestre par.

A taxa de aprovação em Física IV no segundo semestre foi novamente muito alta, embora ligeiramente menor que a do semestre anterior. As provas estiveram no nível costumeiro, e parece portanto que nessa disciplina, os alunos se esforçam excepcionalmente, para liberar-se do ciclo básico.

A taxa global de aprovação no primeiro semestre foi de 51,4%, enquanto que no segundo foi um pouco maior, de 55,7%. Em parte porque nem todos os alunos reprovados voltam a inscrever-se no Departamento no período seguinte. Isso é facilmente observável no Quadro II, onde se vê que, dos 823 alunos reprovados em Física I no primeiro semestre, apenas 690 voltaram a inscrever-se nela no segundo, evadindo-se portanto, nesse caso, 16% dos alunos.

Dessas observações, vemos essencialmente que há uma inversão positiva no aproveitamento escolar do aluno ao passar do primeiro para o segundo ano (de Física I e II para Física III e IV). Com as devidas cautelas, parece razoável supor que tal fenômeno reflete o impacto do aluno que, após ultrapassar a barreira de potencial do Vestibular, se defronta com a Universidade, com suas exigências e com seu nível, a lhe cobrar uma maturidade que ainda não tem. O esforço para obtê-la parece levar um ano, em média.

Observa-se também daqueles Quadros, que as turmas da Escola de Engenharia são as que apresentam as maiores taxas de aprovação, seguidas das da Escola de Química. Discutiremos adiante mais detalhadamente as diferenças entre as diversas turmas.

#### TEMPO DE RESIDÊNCIA GLOBAL

Com os dados numéricos que estão resumidos nos Quadros II a V, vamos calcular uma primeira aproximação para o tempo

que pertenceram. Em seguida a cada quadro, os gráficos das taxas percentuais de aprovação, por Unidade e por semestre. A sigla TU representa "todas as Unidades".

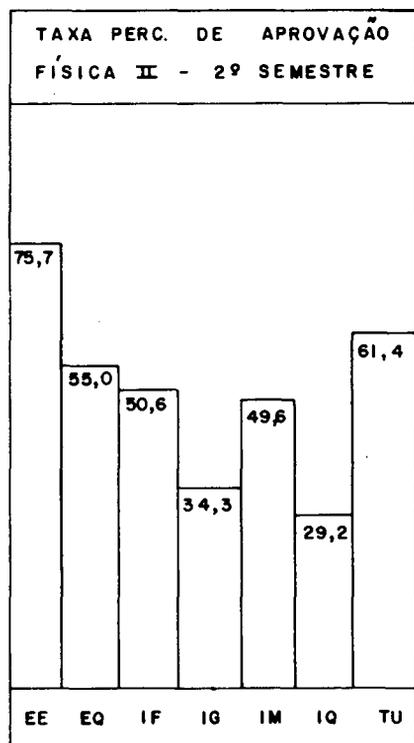
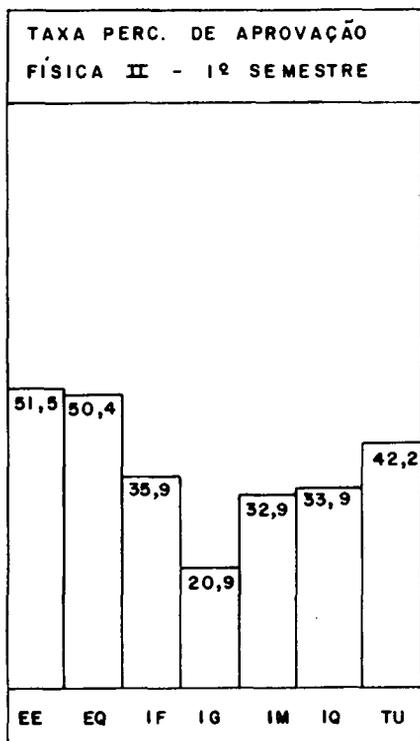
Comparando-se as linhas TU, onde se apresentam os índices globais, observamos que são extraordinariamente elevadas no primeiro semestre as taxas de reprovação nas duas disciplinas iniciais, Física I e Física II, invertendo-se quase exatamente a tendência quando se passa para a Física III. A reprovação em Física I é alarmante, pois essa disciplina é a normal do semestre, sendo cursada principalmente por estudantes que acabaram de entrar na Universidade. De fato, foi possível nesse caso identificar os alunos que a cursavam pela primeira vez, e o levantamento mostrou que pelo menos 81% dos inscritos estavam nesse caso. Além disso, como já dissemos, os alunos nela inscritos foram objeto de cuidados especiais, através de roteiros de estudo complementares ao livro texto, e a sistemáticas aulas extras de exercícios. É de se notar que, entre os repetentes, o índice de reprovação foi de 81% enquanto que, entre os calouros, foi de 54% (dando o global já visto de 59%).

É da mesma forma preocupante o índice de reprovação no primeiro semestre em Física II, pois, não havendo ingresso de alunos no meio do ano, os ali inscritos eram todos repetentes, pelo menos uma vez. As provas de Física IV foram deliberadamente abrandadas pelos professores que ministraram o curso no primeiro semestre. Daí, as taxas de aprovação comparativamente altas apresentadas nessa disciplina.

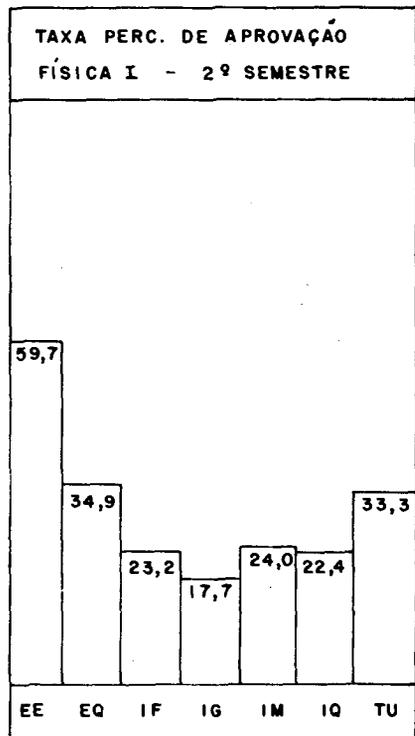
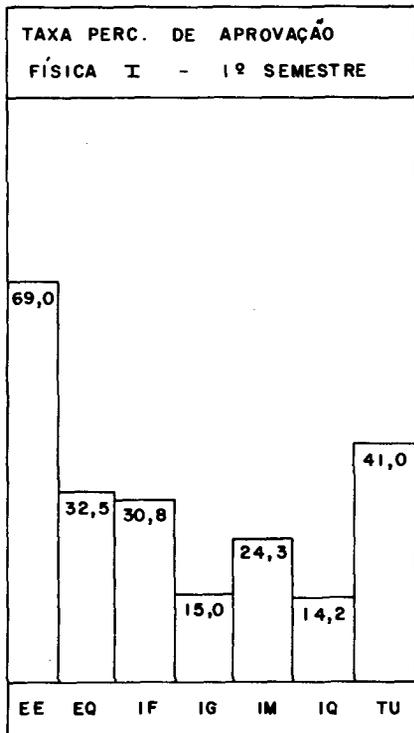
A mais alta taxa de reprovação é a que aparece em Física I no segundo semestre, onde exatamente 2/3 dos alunos inscritos foram mal sucedidos. Tendo em vista que eram todos repetentes, o índice se torna muito mais gritante. De fato, há não poucos alunos tentando aprovação em Física I pela quinta ou sexta vez.

As taxas de aprovação e reprovação em Física II no segundo semestre se invertem, tanto em relação à da mesma disciplina no primeiro semestre, como em comparação com as de Física II naquele semestre. Provavelmente por que os

Q U A D R O I I I						
F Í S I C A II		TOTAL	APR.	REPR.	% APR.	% REPR.
E E	1º Sem.	198	102	96	51,5	48,5
	2º Sem.	469	355	114	75,7	24,3
E Q	1º Sem.	141	71	70	50,4	49,6
	2º Sem.	149	82	67	55,0	45,0
I F	1º Sem.	64	23	41	35,9	64,1
	2º Sem.	79	40	39	50,6	49,4
I G	1º Sem.	67	14	53	20,9	79,1
	2º Sem.	70	24	46	34,3	65,7
I M	1º Sem.	79	26	53	32,9	67,1
	2º Sem.	125	62	63	49,6	50,4
I Q	1º Sem.	56	19	37	33,9	66,1
	2º Sem.	48	14	34	29,2	70,8
T U	1º Sem.	605	255	350	42,2	57,8
	2º Sem.	940	577	363	61,4	38,6



Q U A D R O I I						
F Í S I C A I		TOTAL	APR.	REPR.	% APR.	% REPR.
E E	1º Sem.	504	348	156	69,0	31,0
	2º Sem.	149	89	60	59,7	40,3
E Q	1º Sem.	274	89	185	32,5	67,5
	2º Sem.	166	58	108	34,9	65,1
I F	1º Sem.	159	49	110	30,8	69,2
	2º Sem.	99	23	76	23,2	76,8
I G	1º Sem.	147	22	125	15,0	85,0
	2º Sem.	79	14	65	17,7	82,3
I M	1º Sem.	206	50	156	24,3	75,7
	2º Sem.	121	29	92	24,0	76,0
I Q	1º Sem.	106	15	91	14,2	85,8
	2º Sem.	76	17	59	22,4	77,6
T U	1º Sem.	1396	573	823	41,0	59,0
	2º Sem.	690	230	460	33,3	66,7



pontos (num total possível de 10,0) estão aprovados por média. Imediatamente após a segunda prova, aplica-se aos alunos ainda não aprovados uma terceira prova - o exame - sobre toda a matéria lecionada no semestre, com o que o estudante é aprovado se consegue média aritmética igual ou superior a 5,0 calculada abandonando-se a menor das três notas por ele obtidas. Não conseguindo satisfazer a essas exigências, ele é reprovado. Não comparecendo a uma prova, recebe nota zero.

O Departamento não faz diferença entre o aluno que cursa uma disciplina pela primeira vez ou pela enésima, no que se refere quer ao ensino a ele ministrado, quer às exigências a ele feitas, quer à assistência que lhes dispensa.

Até cerca de metade do semestre, o aluno pode "trancar a inscrição" em uma disciplina, medida legal que lhe omite a palavra "reprovado" no histórico escolar. Como, qualquer que tenha sido a razão desse trancamento, o resultado didático é o seu insucesso naquela disciplina, estamos chamando aqui indiferentemente de reprovado o estudante que tentou a aprovação sem êxito até o fim, ou que desistiu dela logo ao começo do curso.

O Departamento não cobra dos alunos a frequência às aulas. Com isso, os alunos inscritos em uma turma podem assistir às aulas em qualquer das outras, e muitos realmente assim o fazem, pelos mais diversos motivos, contribuindo para uma homogeneização maior do ensino recebido.

Em suma: procura o Departamento o mais possível ministrar um ensino de mesmo conteúdo e mesmo nível para todos os alunos de uma mesma disciplina, e faz a todos eles as mesmas exigências, ignorando intencionalmente as diferentes destinações profissionais.

## TAXAS DE APROVAÇÃO E DE REPROVAÇÃO

Nos quadros II, III, IV e V, apresentamos primeiramente os dados numéricos referentes aos alunos que cursaram respectivamente as disciplinas Física I, II, III e IV nos dois semestres letivos de 1975, divididos pelas Unidades a

## A ORGANIZAÇÃO DIDÁTICA

Cada uma das quatro disciplinas tem uma carga horária semanal de 6 horas de aula expositiva, envolvendo teoria, problemas e exercícios, tendo a Física I, no primeiro semestre e a Física II no segundo, oferecido mais 2 horas semanais de exercícios. À exceção dessas disciplinas que, nos mesmos semestres, complementaram o curso com notas mimeografadas de distribuição geral, os programas são ministrados e cobrados estritamente de acordo com o livro-texto adotado, Halliday Resnick. A Física I é requisito para a Física II. Esta e a Física III são requisitos para a Física IV. Os alunos regulares, no entanto, jamais cursam simultaneamente a II e III. Os repetentes, porém, fazem - no com uma certa frequência, tentando recuperar-se do atraso.

Cada turma ou grupo de turmas, a cargo de um mesmo professor, engloba em média um pouco menos de 100 alunos, com um mínimo de 50 e um máximo de 140, mas ambos os extremos são raros. Os trabalhos de uma disciplina são harmonizados por um Coordenador, que unifica o ensino ministrado às diferentes turmas.

Essa unidade didática é conseguida principalmente através de uma prova única, aplicada simultaneamente a todos os alunos inscritos na disciplina. Para maior uniformidade na atribuição das notas, uma questão de uma prova é sempre corrigida por um mesmo professor. Eventualmente, como foi o caso da disciplina Física I no primeiro semestre, quando o excessivo número de alunos - 1400 - impediu a realização simultânea de uma só prova, esta foi aplicada separadamente, para os alunos do Centro de Tecnologia e para os do Centro de Matemáticas e da Natureza, porém os professores tiveram o cuidado de nivelar o mais possível a dificuldade das duas provas.

A aferição da aprendizagem é feita mediante duas provas, realizadas no meio e no fim do semestre, cobrindo cada uma cerca de metade do programa da disciplina. Os alunos que obtêm média aritmética igual ou superior a 6,0

Q U A D R O I

CENTRO	UNIDADE	CURSO
CT	ESCOLA DE ENGENHARIA	ENGENHARIA CIVIL ENGENHARIA ELÉTRICA ENGENHARIA ELETRÔNICA ENGENHARIA MECÂNICA ENGENHARIA METALÚRGICA ENGENHARIA NAVAL ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
	ESCOLA DE QUÍMICA	ENGENHARIA QUÍMICA
CCMN	INSTITUTO DE FÍSICA	BACHARELADO EM FÍSICA LICENCIATURA EM FÍSICA
	INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS	ASTRONOMIA GEOLOGIA METEOROLOGIA
	INSTITUTO DE MATEMÁTICA	ATUÁRIA BACHARELADO EM MATEMÁTICA ESTATÍSTICA INFORMÁTICA LICENCIATURA EM MATEMÁTICA
	INSTITUTO DE QUÍMICA	BACHARELADO EM QUÍMICA LICENCIATURA EM QUÍMICA

OBS: CT = Centro de Tecnologia  
CCMN= Centro de Ciências Matemáticas e da Natureza

60 do Instituto de Química são separados por ordem alfabética e juntados nas duas turmas da Escola de Química.

Isso no que refere às turmas "normais" do período, isto é, às Físicas Ímpares (pares) nos semestres Ímpares (pares). Quanto aos alunos repetentes que se defasam, há um só critério: as turmas são formadas de acordo com as unidades, e podem ser só de repetentes ou mistas, conforme o seu número.

Obtém-se facilmente, mas raramente se pede, transferência de uma Unidade muito procurada (Escola de Engenharia, por exemplo), para outra menos disputada (como o Instituto de Física), mas no sentido oposto a migração é impossível sem novo vestibular.

A consequência dessas informações que mais diretamente importa para este trabalho é a seguinte: os alunos se separam, automática e permanentemente, em turmas ou grupos de turmas, de acordo com a Unidade para a qual se classificaram com o Concurso Vestibular.

Os dados se referem aos dois semestres letivos de 1975, e constituem, portanto, dois instantâneos da situação geral dos estudantes durante um ano escolar. Como, porém, os resultados tanto parciais como globais foram muito semelhantes, é possível que se possam tomar como razoavelmente representativos da situação geral média. De qualquer forma, as considerações aqui feitas devem ser encaradas como uma primeira tentativa de esboçar o contorno ainda esmaecido da situação desse Departamento, e portanto do ensino básico de Física na UFRJ.

### A ALOCAÇÃO DOS ALUNOS NAS TURMAS

O Departamento de Física Geral é o responsável pelo ensino das quatro disciplinas semestrais teóricas - Física I, Física II, Física III e Física IV - que fazem parte do Ciclo Básico de estudo dos alunos matriculados nas Unidades relacionadas no Quadro I, donde constam também os respectivos cursos de sua futura destinação.

Devido a peculiaridades de organização da Universidade, os alunos são matriculados já de início nas unidades de acordo com critérios de classificação estabelecidos pelo concurso vestibular, com entrada de alunos novos apenas no primeiro semestre de cada ano.

Quando, como é o caso da Escola de Engenharia, o número inicial de alunos é muito grande - 480 vagas anuais - são eles divididos inicialmente em 6 turmas, também de acordo com a classificação no vestibular, e não segundo o Curso que eventualmente seguirão após terminar o Ciclo Básico. No caso dos alunos da Escola de Química, em menor número - 200 vagas por ano - a divisão em duas turmas é feita mais ou menos por ordem alfabética. Os 100 alunos iniciais do Instituto de Geociências, apesar de destinados desde o vestibular a um dos três Cursos oferecidos, que diferem grandemente quanto ao mercado de trabalho futuro, formam nas disciplinas de Ciclo Básico uma só turma. O mesmo acontece com os 120 alunos iniciais do Instituto de Física e os 120 do de Matemática. Os

## F<sub>6</sub> – TEMPO DE RESIDÊNCIA E COEFICIENTE DE DESEMPENHO DOS ALUNOS DO CICLO BÁSICO DE FÍSICA

MACEDO, Annita e AUGUSTO, Olenir – Instituto de Física da UFRJ.

Neste trabalho, os autores têm por fim medir, numa primeira aproximação, o tempo de residência e o coeficiente de desempenho dos alunos nas disciplinas do ciclo básico do Departamento de Física Geral do Instituto de Física da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Faz-se inicialmente uma exposição sobre o funcionamento didático do Departamento, a fim de esclarecer o significado das variáveis medidas e calculadas, e a seguir apresentam-se as taxas de aprovação e reprovação nas disciplinas. A partir desses dados, calculam-se os tempos de residência, médio e modal, por destinação profissional do aluno, e em média. E, com base nesses tempos de residência, obtêm-se os coeficientes de desempenho, médio e modal, para as mesmas categorias.

As conclusões confirmam as idéias intuitivas que professores mais experimentados já tinham sobre o problema, mas que não se haviam podido ainda quantificar e comparar completamente: os alunos que se destinam às carreiras de maior mercado e maior prestígio social têm um tempo de residência menor e um coeficiente de desempenho maior que os de destinação diversa. Incidentalmente, observa-se a forte correlação dessa classificação com a obtida pelos alunos no concurso vestibular que lhes permitiu o ingresso na Universidade.

Este trabalho tem por fim medir, numa primeira aproximação, o tempo de residência e o coeficiente de desempenho dos alunos nas disciplinas de Ciclo Básico do Departamento de Física Geral do Instituto de Física da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

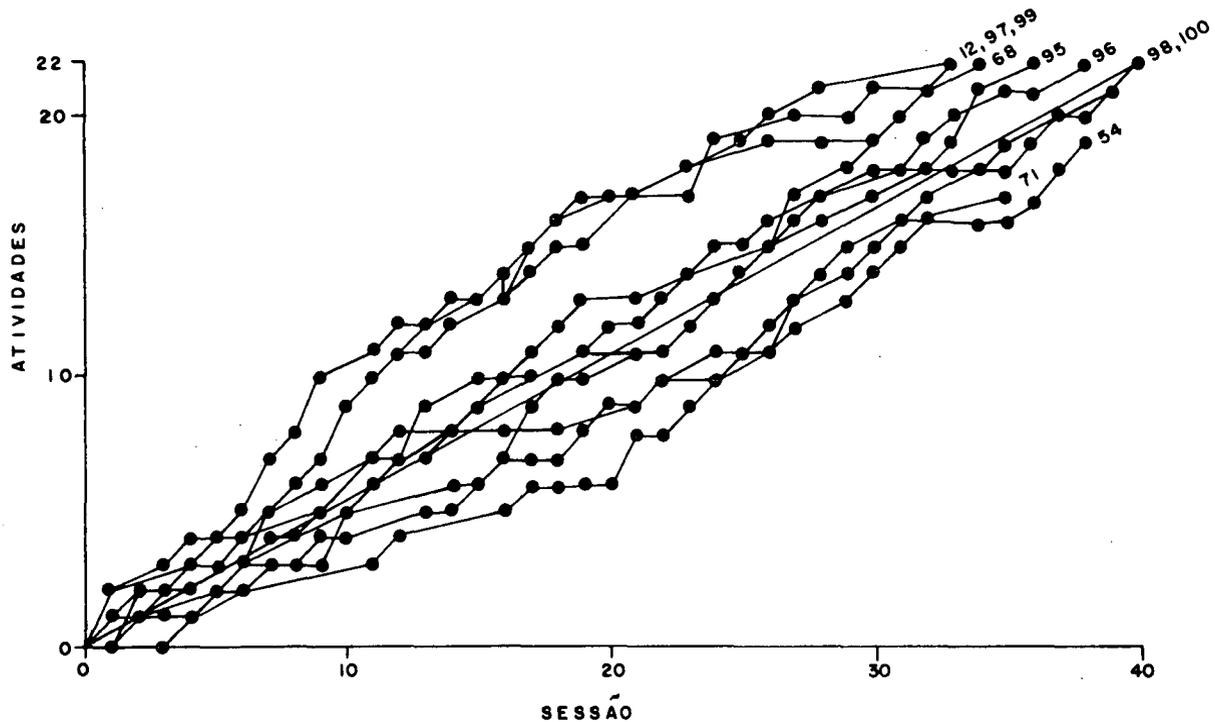


FIG. 9 - GRÁFICO DO PERCURSO DE APRENDIZAGEM NAS ATIVIDADES DE CONHECIMENTO E COMPREENSÃO DO GRUPO ATÍPICO NA CARACTERÍSTICA ASPECTOS SÓCIO-ECONÔMICOS. OS NÚMEROS FINAIS INDICAM OS ALUNOS. A RETA  $ATIVIDADE = 0,55 \times SESSÃO$  É O PERCURSO ESPERADO.

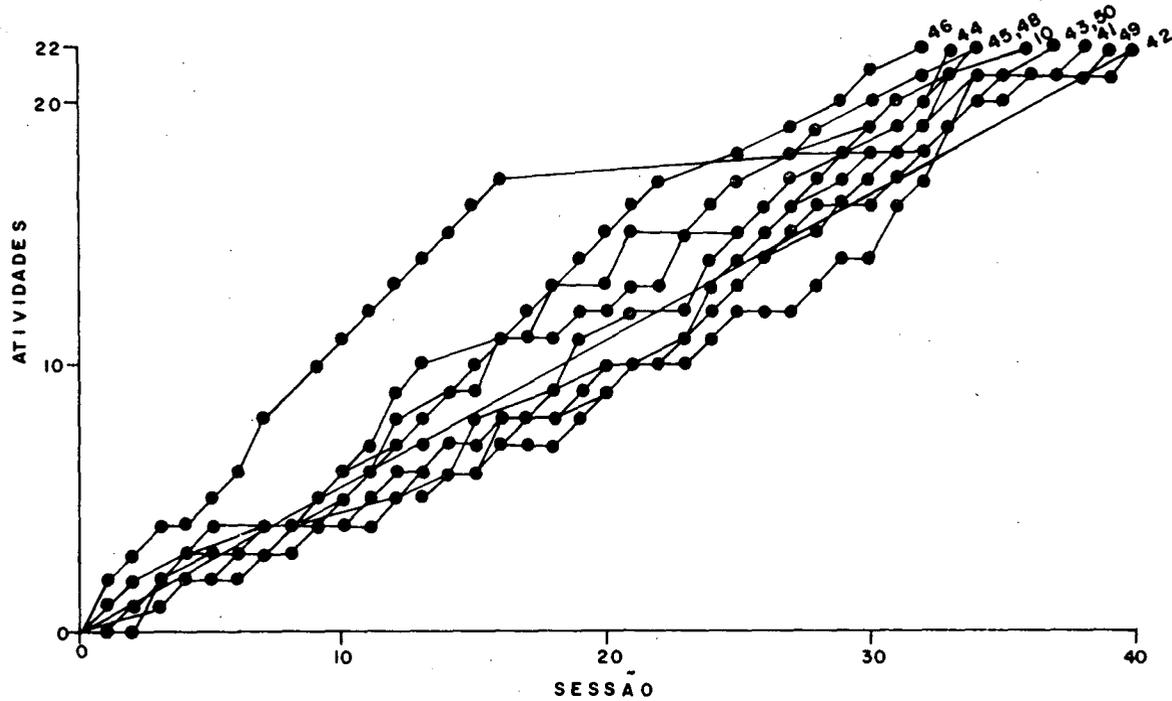


FIG. 8 - GRÁFICO DO PERCURSO DE APRENDIZAGEM NAS ATIVIDADES DE CONHECIMENTO E COMPREENSÃO DO GRUPO TÍPICO NA CARACTERÍSTICA ASPECTOS SÓCIO-ECONÔMICOS. OS NÚMEROS FINAIS INDICAM OS ALUNOS. A RETA  $ATIVIDADE = 0,55 \times SESSÃO$  É O PERCURSO ESPERADO.

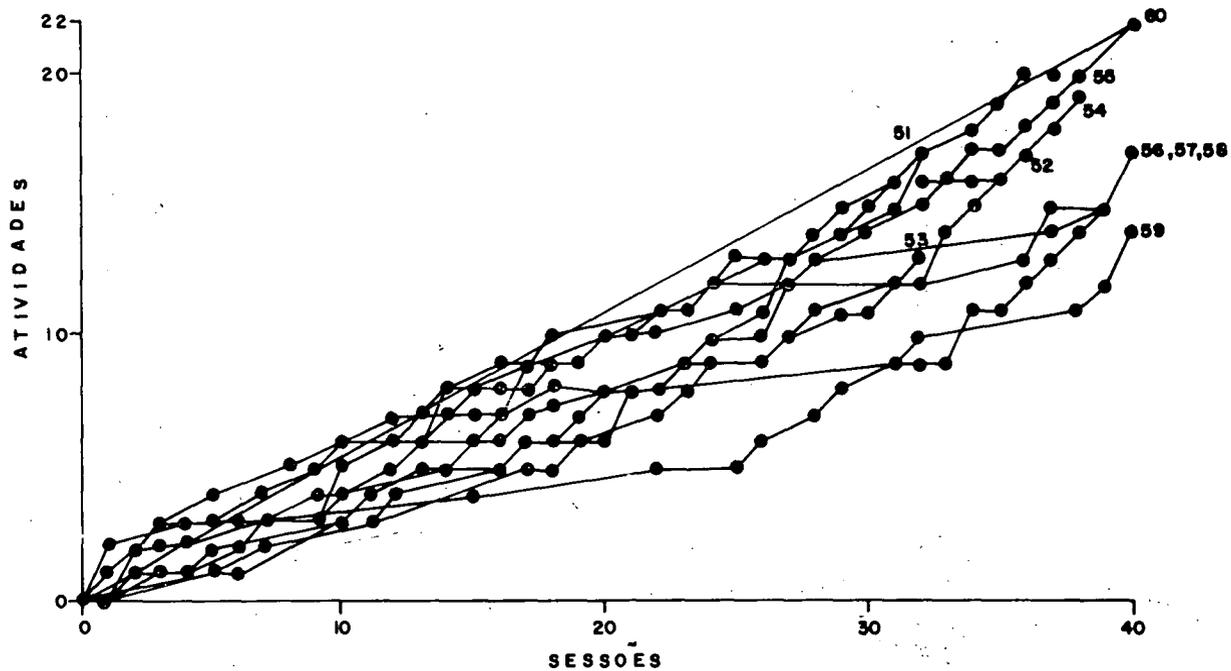


FIG. 1 - GRÁFICO DO PERCURSO DE APRENDIZAGEM NAS ATIVIDADES DE CONHECIMENTO E COMPREENSÃO DO GRUPO ATÍPICO NA CARACTERÍSTICA ESCOLARIDADE. OS NÚMEROS FINAIS INDICAM OS ALUNOS. A RETA ATIVIDADE = 0,55 x SESSÃO É O PERCURSO ESPERADO.

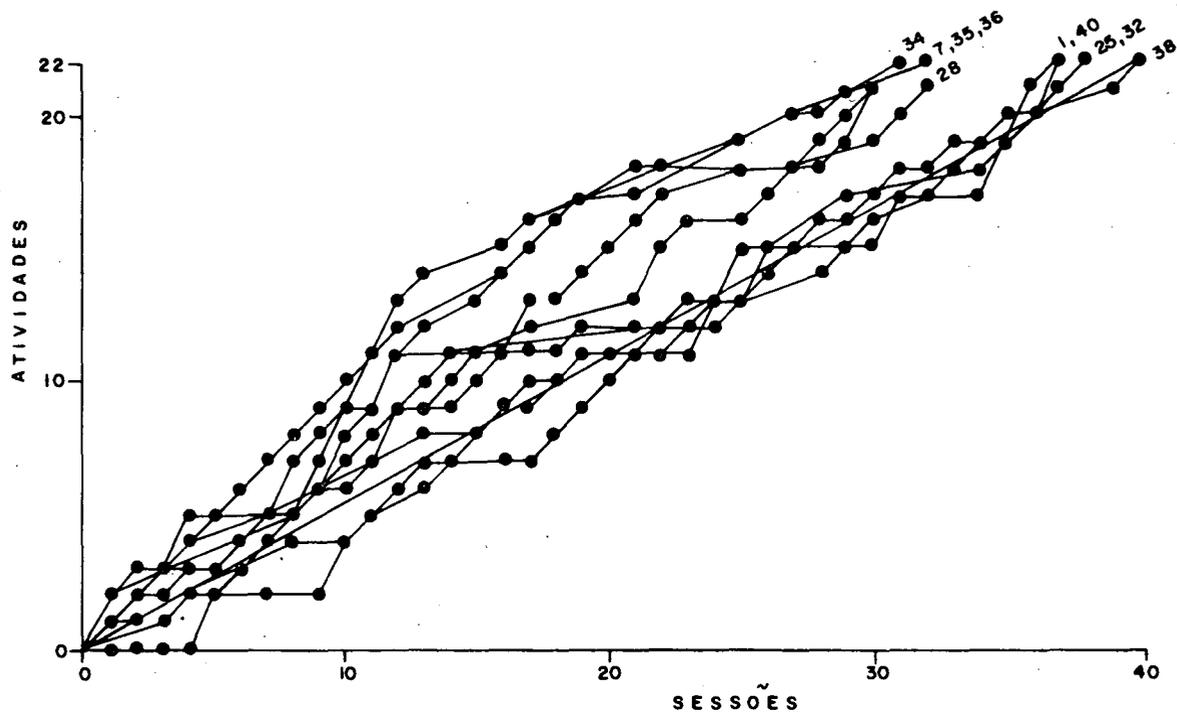


FIG. 6 - GRÁFICO DO PERCURSO DE APRENDIZAGEM NAS ATIVIDADES DE CONHECIMENTO E COMPREENSÃO DO GRUPO TÍPICO NA CARACTERÍSTICA AMBIENTE EXTRA-FAMILIAR. OS NUMEROS FINAIS INDICAM OS ALUNOS. A RETA  $ATIVIDADE = 0,55 \times SESSÃO$  É O PERCURSO ESPERADO.

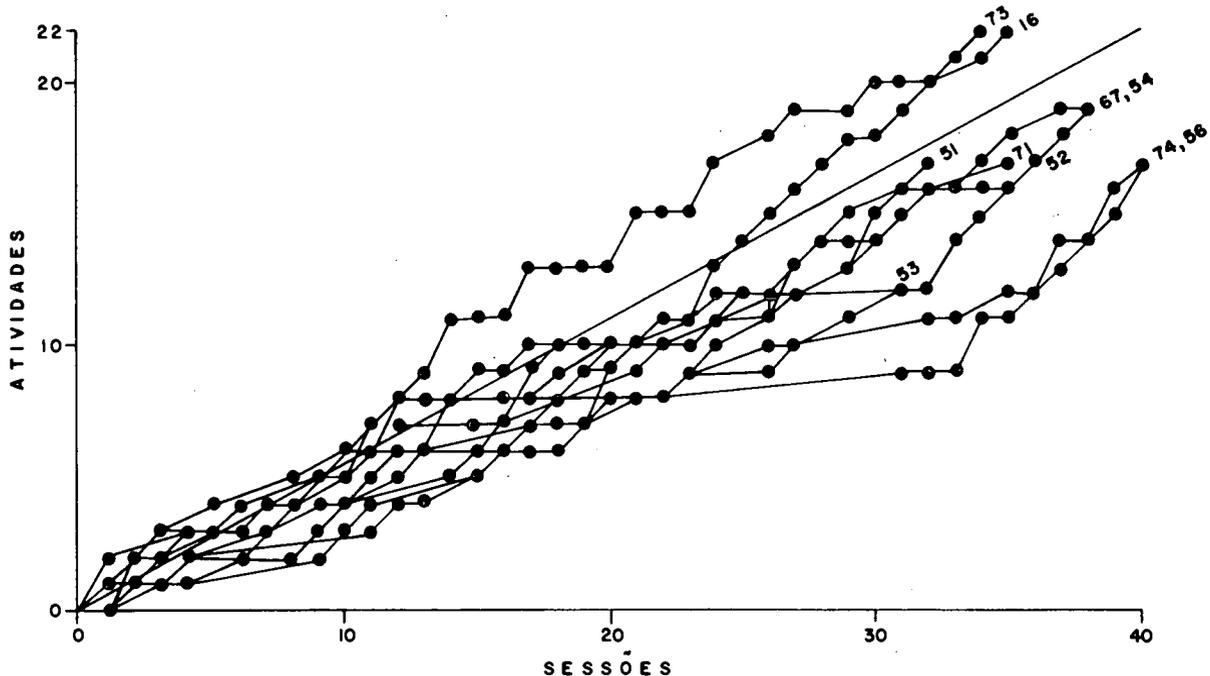


FIG. 5 - GRÁFICO DO PERCURSO DE APRENDIZAGEM NAS ATIVIDADES DE CONHECIMENTO E COMPREENSÃO DO GRUPO ATÍPICO NA CARACTERÍSTICA AMBIENTE FAMILIAR. OS NÚMEROS FINAIS INDICAM OS ALUNOS. A RETA  $ATIVIDADE = 0,55 \times SESSÃO$  É O PERCURSO ESPERADO.

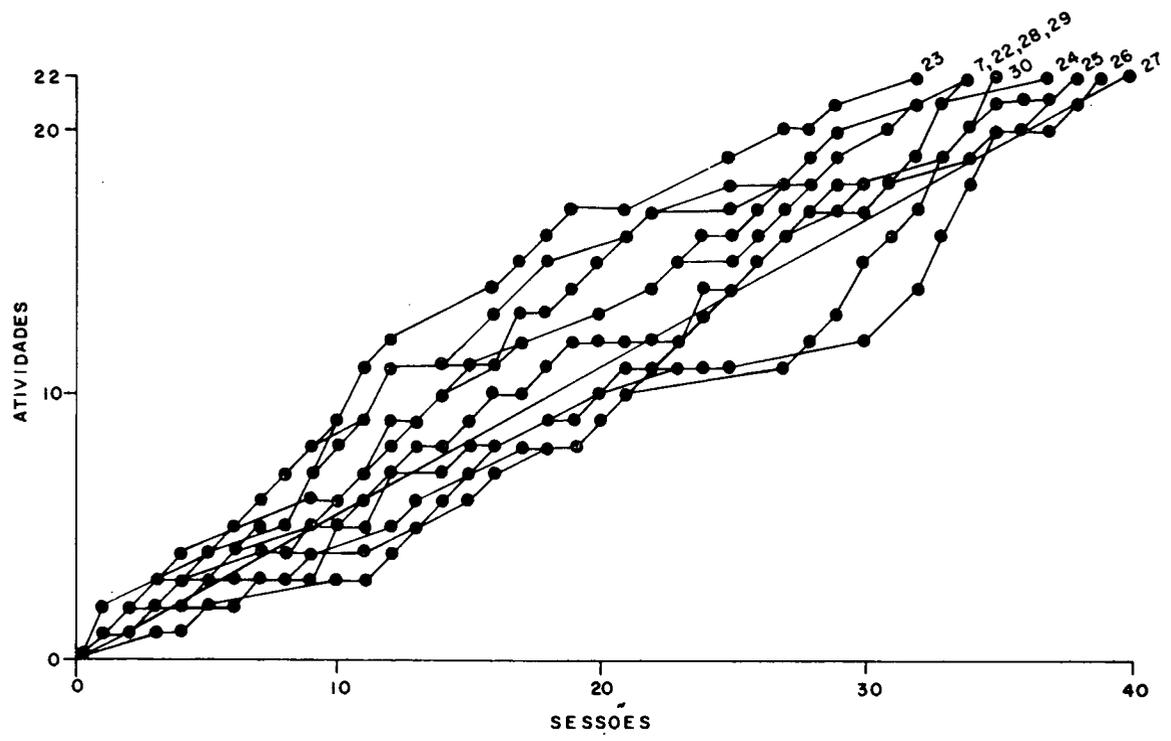
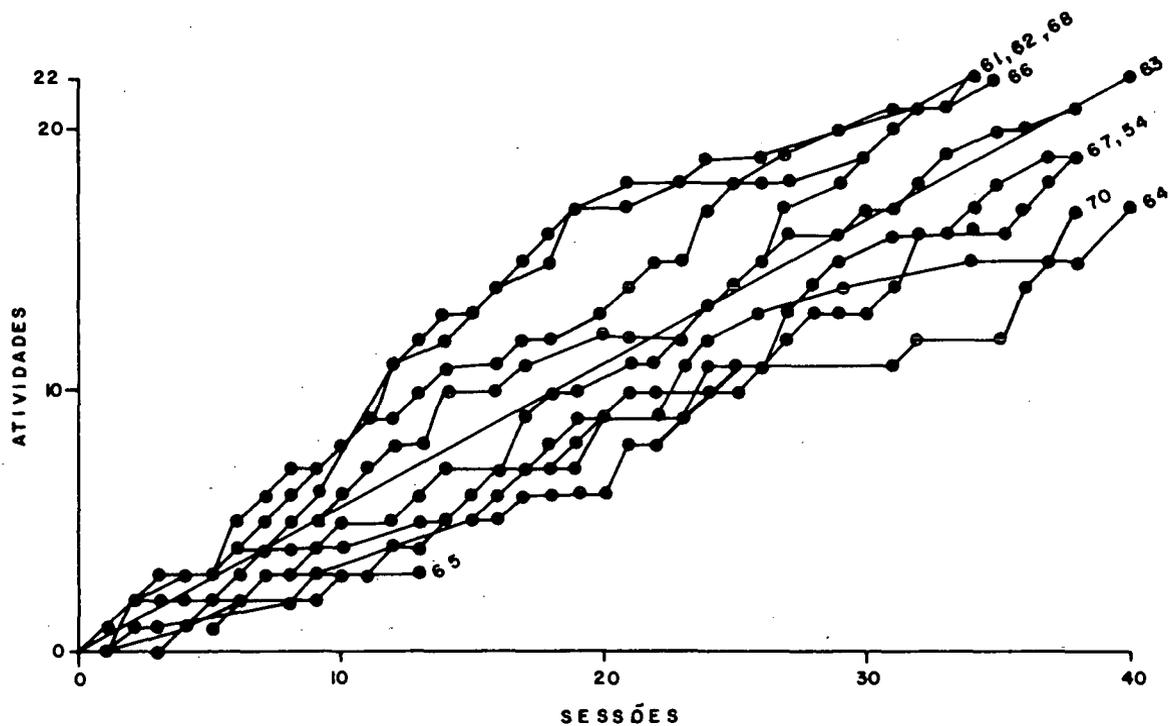


FIG. 4 - GRÁFICO DO PERCURSO DE APRENDIZAGEM NAS ATIVIDADES DE CONHECIMENTO E COMPREENSÃO DO GRUPO TÍPICO NA CARACTERÍSTICA AMBIENTE FAMILIAR. OS NÚMEROS FINAIS INDICAM OS ALUNOS. A RETA ATIVIDADE = 0,55 x SESSÃO É O PERCURSO ESPERADO.



**FIG. 3 - GRÁFICO DO PERCURSO DE APRENDIZAGEM NAS ATIVIDADES DE CONHECIMENTO E COMPREENSÃO DO GRUPO ATÍPICO NA CARACTERÍSTICA NÍVEL DA ASPIRAÇÃO. OS NÚMEROS FINAIS INDICAM OS ALUNOS. A RETA  $= 0,55 \times$  SESSÃO É O PERCURSO ESPERADO.**

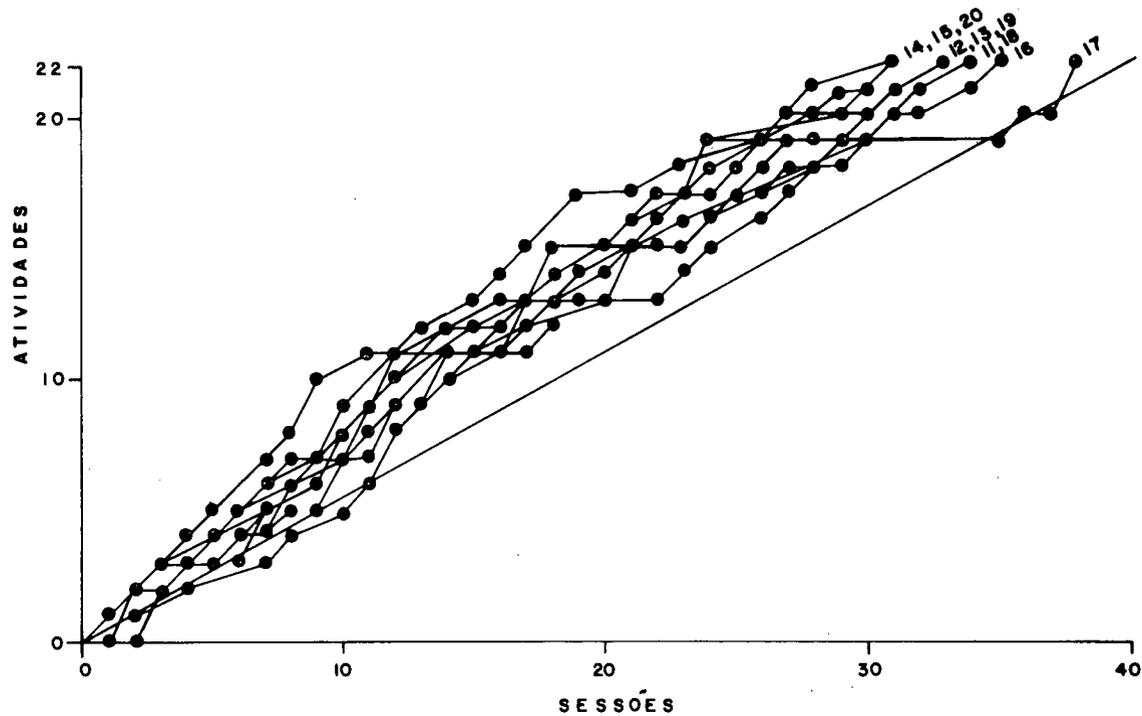


FIG. 2 - GRÁFICO DO PERCURSO DE APRENDIZAGEM NAS ATIVIDADES DE CONHECIMENTO E COMPREENSÃO DO GRUPO TÍPICO NA CARACTERÍSTICA NÍVEL DE ASPIRAÇÃO. OS NÚMEROS FINAIS INDICAM OS ALUNOS. A RETA  $=0,55 \times \text{SESSÃO}$  É O PERCURSO ESPERADO.

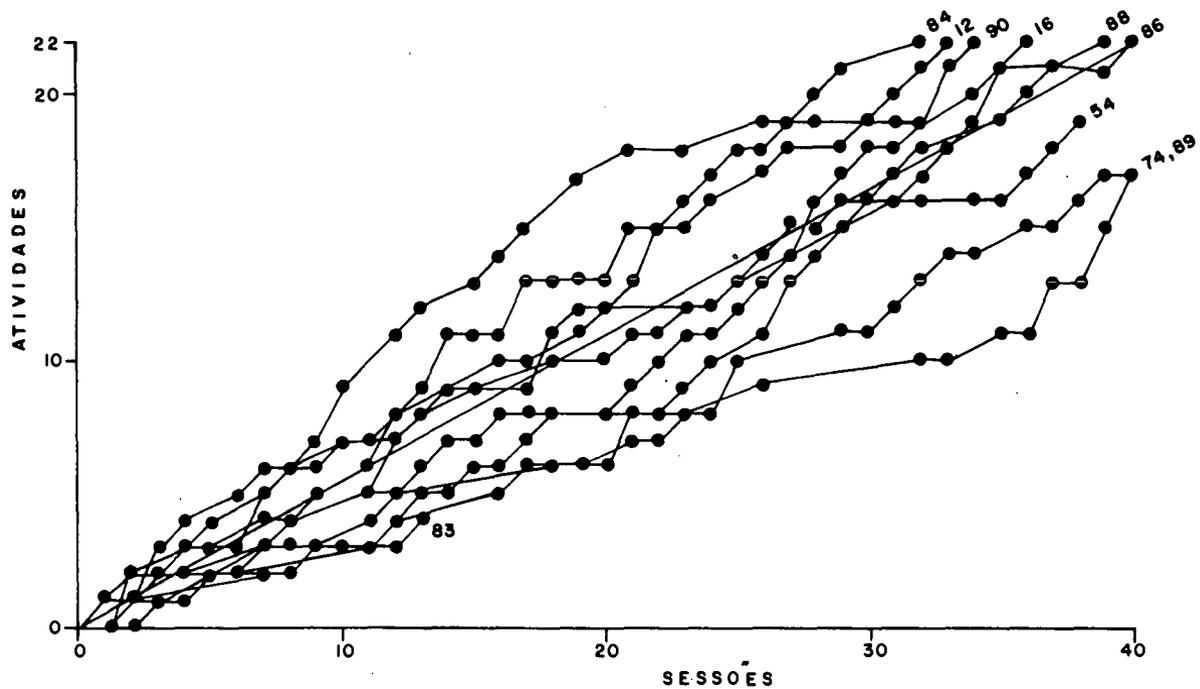


FIG. 7 - GRÁFICO DO PERCURSO DE APRENDIZAGEM NAS ATIVIDADES DE CONHECIMENTO E COMPREENSÃO DO GRUPO ATÍPICO DA CARACTERÍSTICA AMBIENTE EXTRA-FAMILIAR. OS NÚMEROS FINAIS INDICAM OS ALUNOS. A RETA ATIVIDADE = 0,55 x SESSÃO É O PERCURSO ESPERADO.

NÃO ESCREVA  
NESTA PARTE

81. A razão predominante da resposta anterior é:  <input type="checkbox"/> 1. Os hábitos de casa <input type="checkbox"/> 2. Ambiente extra-casa <input type="checkbox"/> 3. Meus propósitos pessoais	<input type="checkbox"/>  78
82. Nos próximos 3 anos como você pretende distribuir seu tempo entre trabalho, diversões e atividades sociais? (trabalho e estudo são equivalentes)  <input type="checkbox"/> 1. Equitativamente <input type="checkbox"/> 2. Predominantemente trabalho <input type="checkbox"/> 3. Predominantemente diversões <input type="checkbox"/> 4. Predominantemente atividades sociais	<input type="checkbox"/>  79
83. A razão principal da resposta anterior é  <input type="checkbox"/> 1. Os hábitos de casa <input type="checkbox"/> 2. Ambiente extra-casa <input type="checkbox"/> 3. Meus propósitos pessoais	<input type="checkbox"/>  80

84. Escreva 10 linhas sobre o tema:  
"Brasília", dizendo o que mais lhe agrada e o que menos lhe agrada.

NÃO ESCREVA  
NESTA PARTE

75. Quanto ao seu desempenho escolar, seus pais se preocupam:

1. pouco     2. indife-     3. muito  
te

70

76. Outras pessoas que vivem com você (em seu ambiente) se preocupam com seu desempenho escolar?

1. Sim     2. Não

71

77: Se a resposta anterior foi SIM, qual a relação dessas pessoas com você?

1. parentes     2. amigos

72

78. No futuro você pretende ser monitor?

1. Sim     2. Não

73

79. Se a resposta à questão anterior foi SIM, ordene com o código da coluna da esquerda as razões de sua pretensão.

Códigos (letras)

1. Porque terei auxílio financeiro  
2. Porque melhorarei meu conhecimento  
3. Porque terei maiores oportunidades na minha vida acadêmica

Código

1a. razão

2a. razão

3a. razão

74

75

76

80. Nos últimos 3 anos como você distribuiu seu tempo entre o trabalho, diversões e atividades sociais (considere trabalho equivalente a estudo)

1. Equitativamente  
 2. Predominantemente trabalho  
 3. Predominantemente diversões  
 4. Predominantemente atividades sociais

77

NÃO ESCREVA  
NESTA PARTE

70. Como você se diverte? (escolha na coluna da esquerda 5 códigos e escreva-os no quadro da direita).

	código	
<input type="checkbox"/> 1. cinema	1a. diversão	<input type="checkbox"/> 61
<input type="checkbox"/> 2. bares	2a. diversão	<input type="checkbox"/> 62
<input type="checkbox"/> 3. boite	3a. diversão	<input type="checkbox"/> 63
<input type="checkbox"/> 4. concertos de música, balê, canto, etc.	4a. diversão	<input type="checkbox"/> 64
<input type="checkbox"/> 5. TV	5a. diversão	<input type="checkbox"/> 65
<input type="checkbox"/> 6. prática de esporte		
<input type="checkbox"/> 7. frequenta exposições de arte		
<input type="checkbox"/> 8. clubes		
<input type="checkbox"/> 9. festas em casas de amigos		
<input type="checkbox"/> 10. visitas a colegas		
<input type="checkbox"/> 11. bailes		
<input type="checkbox"/> 12. passeios pela cidade e arredores		

71. Você possui religião ou credo?

1. Sim  2. Não

66

72. Se você respondeu SIM, qual sua religião ou credo? (marque um quadro apenas)

<input type="checkbox"/> 1. católico	<input type="checkbox"/> 6. candomblé	<input type="checkbox"/> 67
<input type="checkbox"/> 2. protestante	<input type="checkbox"/> 7. israelita	
<input type="checkbox"/> 3. umbanda	<input type="checkbox"/> 8. islamismo	
<input type="checkbox"/> 4. espiritismo	<input type="checkbox"/> 9. budismo	
<input type="checkbox"/> 5. bramanismo	<input type="checkbox"/> 10. outra	

73. Você frequenta a prática de sua religião ou credo?

1. Regularmente  3. raramente

2. às vezes

68

74. Ao longo de sua vida escolar, você foi um aluno:

1. médio  2. média  3. da média

69

NÃO ESCREVA  
NESTA PARTE

62. Você goza de boa saúde?(tem boa disposição?)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> 1. Sim		<input type="checkbox"/> 2. Não	47
63. Você ouve bem?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> 1. Sim		<input type="checkbox"/> 2. Não	48
64. Você enxerga bem?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> 1. Sim		<input type="checkbox"/> 2. Não	49
65. Se respondeu NÃO à questão anterior, você usa óculos de "grau"?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> 1. Sim		<input type="checkbox"/> 2. Não	50
66. Quando você está estudando sentado, sente dores na coluna (nas costas) ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> 1. Sim		<input type="checkbox"/> 2. Não	51
67. Você tem dentes estragados (cariados) que doam e perturbem o estudo?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> 1. Sim		<input type="checkbox"/> 2. Não	52
68. Você toma conhecimento das notícias através de: (Use o código da coluna da esquerda)	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> 1. Jornal	<input type="checkbox"/>	1º meio	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> 2. Rádio	<input type="checkbox"/>	2º meio	54
<input type="checkbox"/> 3. TV	<input type="checkbox"/>	3º meio	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> 4. Revistas	<input type="checkbox"/>		55
<input type="checkbox"/> 5. De outras pessoas (colegas de trabalho, amigos, etc.)	<input type="checkbox"/>		
<input type="checkbox"/> 6. UnB (professores, colegas, etc.)	<input type="checkbox"/>		
69. Quais os assuntos de noticiário que mais lhe interessam (escolha pela ordem de preferência 5 códigos da coluna da esquerda).	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> 1. Futebol	<input type="checkbox"/>		56
<input type="checkbox"/> 2. Outros esportes (lutas, basquete, etc.)	<input type="checkbox"/>	1º assunto	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> 3. Noticiário internacional	<input type="checkbox"/>	2º assunto	57
<input type="checkbox"/> 4. Política	<input type="checkbox"/>	3º assunto	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> 5. Horóscopos	<input type="checkbox"/>	4º assunto	58
<input type="checkbox"/> 6. Assuntos culturais (literários, artísticos, musicais, etc.)	<input type="checkbox"/>	5º assunto	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> 7. Concursos (misses, festivais)	<input type="checkbox"/>		59
<input type="checkbox"/> 8. Noticiário sobre pessoas notáveis (artistas, desportistas, políticos, etc.)	<input type="checkbox"/>		60

NÃO ESCREVA  
NESTA PARTE

59. Se trabalha, antes de ir para a UnB, você vai à sua casa?

1. Sim

2. Não

14

60. Quais as suas principais dificuldades durante a preparação para o vestibular? (Escolha pela ordem de importância, 4 códigos-números da coluna da esquerda, correspondentes às dificuldades e escreva-os no quadro da direita).

1. Falta de dinheiro para comprar livros

2. Falta de dinheiro para pagar cursinho

15

3. Ineficiência dos professores

4. Falta de condições na escola

16

5. Número excessivo de alunos na sala de aula

6. Falta de local para estudo

17

7. Falta de companhia para estudo

8. Cansaço físico ou mental decorrentes do tipo de trabalho que desempenha

18

9. Falta de professores na escola

10. Mudança constante de professor.

61. Marque os alimentos que você utiliza 3 ou mais vezes por semana.

1. arroz

8. frutas

2. feijão

9. peixes ou mariscos

3. legumes (cenoura, etc)

10. ovos

4. verduras (couve, etc.)

11. massas

5. manteiga

12. pão

6. carne de gado

13. doces

7. carne de frango

14. leite

<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
----------------------	----------------------	----------------------	----------------------

19 20 33 34

<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
----------------------	----------------------	----------------------	----------------------

21 22 35 36

<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
----------------------	----------------------	----------------------	----------------------

23 24 37 38

<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
----------------------	----------------------	----------------------	----------------------

25 26 39 40

<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
----------------------	----------------------	----------------------	----------------------

27 28 41 42

<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
----------------------	----------------------	----------------------	----------------------

29 30 43 44

<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
----------------------	----------------------	----------------------	----------------------

31 32 45 46





NÃO ESCREVA  
NESTA PARTE

43. Quais as pessoas que influenciaram quanto à escolha da sua profissão (por ordem decrescente de importância - Relacionamento) (amigo, namorado (a) ocupação dessas pessoas ou Parentesco (pai, primo, etc.) Use o código do final desse questionário

35	36	37

38	39	40

41	42	43

1. \_\_\_\_\_
2. \_\_\_\_\_
3. \_\_\_\_\_

44. O que você pretende, segundo os seus planos de estudo?

--

44

1. Concluir apenas a graduação
2. Complementar a graduação com especialização
3. Complementar a graduação com pós-graduação

45. Qual a ocupação de seu pai? (o que ele faz atualmente; se aposentado ou falecido, qual foi a última atividade que exerceu) - Use o código de ocupações.

45	46	47

\_\_\_\_\_ código

46. Qual a ocupação de sua mãe? (o que ela faz, atualmente; se aposentada ou falecida, qual foi sua última ocupação) - Use o código de ocupações.

48	49	50

\_\_\_\_\_ código

47. Qual o nível de instrução de seus pais? (Use o código, de número da coluna da esquerda no quadro da direita).

código

1. Não cursou o primário
2. Primário incompleto
3. Primário completo
4. 1º Ciclo incompleto
5. 1º Ciclo completo
6. 2º Ciclo incompleto
7. 2º Ciclo completo
8. Superior incompleto
9. Superior completo

	código
Pai	_____
Mãe	_____

--

51

--

52

NÃO ESCREVA  
NESTA PARTE

37. Indique a sua fonte de manutenção e o seu valor mensal

1. Mesada Cr\$ \_\_\_\_\_
2. \_\_\_\_\_  
outra (especificar)

15	16	17	18	19

38. Indique, especificamente, as principais profissões que já pensou seguir (seriamente) desde que começou o 2º ciclo - Use o código de profissões no fim do questionário.

1. \_\_\_\_\_  3. \_\_\_\_\_
2. \_\_\_\_\_  4. \_\_\_\_\_

20	21	22
23	24	25
26	27	28
29	30	31

39. Qual sua escolha atual? (Use o código da UnB)

\_\_\_\_\_ carreira

40. Quanto a esta sua escolha atual

1. Está muito inseguro quanto à decisão
2. Tem algumas dúvidas
3. Está definitivamente decidido

32

41. Quanto à escolha dessa profissão, seus pais

1. Tentaram demovê-lo ou desencorajá-lo
2. Não estão de acordo mas não tentaram demovê-lo
3. Estão de acordo sem encorajá-lo
4. São indiferentes
4. Sempre o encorajaram

33

42. Porque escolheu essa profissão?

1. porque gosta
2. porque oferece um maior mercado trabalho
3. 1 e 2 conjuntamente
4. obter promoção no emprego
5. mudar para emprego melhor
6. outro motivo \_\_\_\_\_

especificar

34



NÃO ESCREVA  
NESTA PARTE

18. Último curso que concluiu (curso de origem)

- |  |  |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> 1. Agrícola                     | <input type="checkbox"/> 7. Seminário            |
| <input type="checkbox"/> 2. Madureza ou Suple-<br>tivo   | <input type="checkbox"/> 8. Comercial            |
| <input type="checkbox"/> 3. 2º Grau (reforma)            | <input type="checkbox"/> 9. Militar (mê-<br>dio) |
| <input type="checkbox"/> 4. 2º Ciclo                     | <input type="checkbox"/> 10. Normal              |
| <input type="checkbox"/> 5. Curso Médio no ex-<br>terior | <input type="checkbox"/> 11. Super. Civil        |
| <input type="checkbox"/> 6. Industrial                   | <input type="checkbox"/> 12. Sup. Militar        |

56 57

19. A escola onde você concluiu o curso anterior  
mente referido era:

- |  |  |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> 1. Pública Federal  | <input type="checkbox"/> 3. Púb. Municíp |
| <input type="checkbox"/> 2. Pública Estadual | <input type="checkbox"/> 4. Particular   |

58

20. Ano de conclusão do curso de origem:

59 60

21. Local onde concluiu o curso de origem:

cidade

estado

61 62 63 64

22. Você fez todo o 2º Grau (2º ciclo) no DF?

- |                                 |                                 |
|---------------------------------|---------------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1. Sim | <input type="checkbox"/> 2. Não |
|---------------------------------|---------------------------------|

65

23. Se a sua resposta à pergunta anterior for  
NÃO: Quantos anos frequentou o 2º Ciclo  
(2º Grau) no DF? \_\_\_\_\_

66

24. Frequentou algum cursinho de preparação pa-  
ra o vestibular?

- |                                 |                                 |
|---------------------------------|---------------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1. Sim | <input type="checkbox"/> 2. Não |
|---------------------------------|---------------------------------|

67

25. Se a sua resposta à questão anterior foi  
SIM, você fez o "cursinho":

- |                                       |                                       |
|---------------------------------------|---------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1. Com bolsa | <input type="checkbox"/> 2. Sem bolsa |
|---------------------------------------|---------------------------------------|

68

26. Quantas vezes fez o vestibular antes do atu-  
al?

- |  |  |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> 1. Nenhuma    | <input type="checkbox"/> 4. Três vezes |
| <input type="checkbox"/> 2. Uma vez    | <input type="checkbox"/> 5. Mais de    |
| <input type="checkbox"/> 3. Duas vezes | 3 vezes                                |

69



4. Você tem:	NÃO ESCREVA NESTA PARTE
<input type="checkbox"/> 1. 17 a 20 anos <input type="checkbox"/> 3. Mais que 25 anos	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> 2. mais de 20 e menos que 25 anos.	
5. Estado Civil:	<input type="checkbox"/> 10
<input type="checkbox"/> 1. Solteiro <input type="checkbox"/> 2. casado <input type="checkbox"/> 3. viuvo <input type="checkbox"/> 4. desquitado <input type="checkbox"/> 5. outro	
6. Tem filhos?	<input type="checkbox"/> 11
<input type="checkbox"/> 1. Sim <input type="checkbox"/> 2. Não      Quantos? _____	
7. Há quanto tempo reside no D.F.?	<input type="checkbox"/> 12
<input type="checkbox"/> 1. Menos de 1 ano <input type="checkbox"/> 3. mais que 3 anos	
<input type="checkbox"/> 2. mais de 1 ano e menos que 3 anos	
8. Sua vinda ao D.F. se deve:	<input type="checkbox"/> 13
<input type="checkbox"/> 1. Transferência da família ou responsáveis por motivos de emprego	
<input type="checkbox"/> 2. Transferência da família ou responsáveis em busca de novo emprego	
<input type="checkbox"/> 3. Transferência da família ou responsáveis no intuito de se estabelecerem por conta própria	
<input type="checkbox"/> 4. Sua própria transferência por motivos de emprego	
<input type="checkbox"/> 5. Sua própria transferência em busca de novo emprego	
<input type="checkbox"/> 6. Sua própria transferência no intuito de se estabelecer por conta própria	
<input type="checkbox"/> 7. Unicamente para cursar a Universidade	
9. Local de residência no D.F.:	<input type="checkbox"/> 14 15
<input type="checkbox"/> 1. Plano Piloto <input type="checkbox"/> 8. Brazlândia	
<input type="checkbox"/> 2. Cruzeiro <input type="checkbox"/> 9. Sobradinho	
<input type="checkbox"/> 3. Taquatinga <input type="checkbox"/> 10. Paranoá	
<input type="checkbox"/> 4. Guarã <input type="checkbox"/> 11. Planaltina	
<input type="checkbox"/> 5. SIA <input type="checkbox"/> 12. Zona Rural	
<input type="checkbox"/> 6. Gama <input type="checkbox"/> 13. Vila Planalto	
<input type="checkbox"/> 7. Núcleo Bandeirante	

## APÊNDICE II

### CURSO DE FÍSICA I

#### QUESTIONÁRIO AO ALUNO

O Departamento de Física da UnB, visando a melhoria do seu ensino básico, instalou um grupo de pesquisas nessa área. Esse questionário é parte desse trabalho e, por isso, pedimos a sua colaboração no sentido de preenchê-lo cuidadosamente.

Assim, 1. Use letra legível

2. Responda a todas as perguntas pertinentes
3. Confira o questionário, depois de preenchê-lo para verificar se não faltou alguma pergunta, ou mesmo páginas inteiras
4. Responda, sem ajuda de outros, informações referentes a sua pessoa.
5. Toda vez que usar um código, verifique cuidadosamente se está fazendo corretamente.
6. Os quadros reservados para números devem ser preenchidos como nos exemplos.

o número 2: 

2
---

 para um quadro

0	2
---	---

 para 2 quadros

0	0	2
---	---	---

 para 3 quadros

o número 43: 

4	3
---	---

 para 2 quadros

0	4	3
---	---	---

 para 3 quadros

o número 305: 

3	0	5
---	---	---

 para 3 quadros etc

7. Os quadros das questões devem ser preenchidos com um x.
8. No final desse questionário existem 2 listas: uma para códigos de ocupações e outra para o código dos estados.

#### QUESTIONÁRIO

1. NOME COMPLETO:

NÃO ESCREVA  
NESSA PARTE

2. Número de inscrição na UnB

1	2	3	4	5	6	7

3. Sexo:  1. Masculino  2. Feminino

8

## AVALIAÇÃO

A avaliação ocorrerá ao longo do processo. Se o aluno realizou todos os quatro estágios, não precisará repetí-los, a menos que não satisfaça o critério mínimo estabelecido.

O objetivo da avaliação ao longo do processo é no sentido de compará-la ao desenvolvimento do aluno no domínio cognitivo.

O instrutor usará a mesma ficha da Unidade 2. Nessa Unidade as características são:

- 1 - *Habilidade manual*: início do 1º e 3º estágios e na obtenção das medidas.
- 2 - *Habilidade na construção de gráficos*: ao longo do 1º estágio.
- 3 - *Habilidade no uso dos dados para previsão*: ao longo do 1º estágio.
- 4 - *Capacidade de liderança* - ao longo do 2º e 4º estágios.
- 5 - *Conformidade com o grupo* - ao longo do 3º estágio.

Agora você fará a massa cair dentro de um tubo de vidro com água, colocando-a logo abaixo da superfície livre da água. Trace um gráfico de  $v \times t$  para essa situação. Repita o procedimento para as outras quatro massas e trace gráficos de  $v \times t$ . Todos estes gráficos podem ser colocados em uma mesma folha de papel milimetrado.

*Problema:* Como você usará esses dados para obter um medidor de massa?

2º Estágio: Grupo (aproximadamente 30 minutos)

Você discutirá com um grupo de colegas os seguintes itens:

- a - Os gráficos de cada elemento do grupo
- b - A solução de cada um ao problema proposto.

Essa discussão conduzirá a uma conclusão do grupo.

3º Estágio: Individual (aproximadamente 30 minutos)

Você agora irá testar seu medidor de massa. Para isso receberá uma massa desconhecida e determinará seu valor usando o seu medidor.

4º Estágio: Grupo (aproximadamente 30 minutos)

Compare com seus colegas o erro cometido pelo seu sistema de medida em relação ao valor da massa medida por outro processo (balança, por exemplo). O erro aceitável é de 20%.

Além disso, o grupo deve discutir os seguintes itens:

- a - O medidor é de massa inercial ou massa gravitacional? Justifique.
- b - Como vocês usariam os dados para determinar o coeficiente da força de resistência da água? Esse coeficiente dependerá da forma geométrica do corpo que se deslocará no meio? Justificativa.

O grupo deve chegar a uma conclusão.

## APÊNDICE I I

Esta unidade constará somente de uma atividade que se realizará na sessão de laboratório.

Analogamente à unidade 2, esta será dividida em estágios.

### OBJETIVOS

- 1 - Usar resultados de uma experiência para prever novos resultados.
- 2 - Interagir em grupos.

### PROCEDIMENTO

#### 1 - 1ª Estágio

Individual (aproximadamente 90 minutos). Esse estágio visa obter resultados experimentais que serão usados para novas previsões em outras situações. Você trabalhará no laboratório com uma pista de ar, onde os carrinhos se deslocam praticamente sem atrito. As pistas já estão calibradas. Solicite de seu professor explicações para manuseio da pista e montagem da experiência. Você usará um carrinho na pista ligado a uma massa que se deslocará verticalmente até ao solo. Essa ligação é feita por um fio que passa por uma roldana colocada em uma das extremidades da pista. Um marcador de tempo, ligado ao carrinho, indicará em uma fita, colocada na parte lateral da pista, pontos em intervalos iguais de tempo.

Primeiramente, marque na fita a queda livre da massa. Trace um gráfico de  $v \times t$ .

Você receberá mais quatro massas e repetirá a experiência de queda livre e traçará os gráficos  $v \times t$  correspondentes.

*Problema:* Sabe-se que em queda livre, a aceleração é constante. Como você explica os resultados dos seus gráficos?

rias do reforço, quando aplicadas ao ensino, devem levar em conta os aspectos sócio-culturais do aluno. Assim a Psicologia Social exerceria papel importante no aperfeiçoamento das técnicas de ensino, particularmente no Sistema Keller.

No trabalho de análise desse planejamento, realizado na UnB é sugerida a participação do aluno no planejamento: alunos do semestre anterior auxiliando na elaboração de procedimentos diferentes a fim de alcançar-se o mesmo objetivo. Com a constatação da influência de características ambientais na aprendizagem, acrescentamos que esses alunos deveriam ser representantes dos grupos típicos e atípicos das diversas características. Supondo-se pequenas diferenças sócio-culturais em 2 semestres consecutivos, teríamos um planejamento diversificado e dinâmico, pois haveriam mudanças gradativas de procedimentos geradas pelas variações das características ambientais das populações.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1) SERPA, B.S.P.: *Influências ambientais sobre a aprendizagem e um curso introdutório de Física na Universidade* ; Depto. de Física, UnB, Brasília, D.F. Tese de Mestrado , fevereiro de 1975.
- 2) PERRET SERPA, L.F.: *Uma Metodologia de pesquisa em ensino de Ciências*, Rev. Bras. de Física, vol.2, nº 3, 1972.
- 3) BLOOM B.S.: *Stability and change in human characteristics*, John Willey & Sons, Inc New York - 1964.
- 4) *Unesco 21 pontos para uma nova estratégia de Educação*; O Correio, an 1, nº 1, 1973.
- 5) PERRET SERPA, L.F. - *Sobre o planejamento de Ensino na Universidade para um curso de 500 alunos* - Depto. de Física, UnB Brasília, D.F. 1974.

préensão da ciência na forma do ítem (1) é mais ideal do que real. Em segundo lugar, não existe nenhuma garantia epistemológica para que aconteça o ítem (2). De qualquer modo a teoria de Itakura parece uma tentativa válida, principalmente no sentido de uma mudança de mentalidade no meio educacional.

I<sub>3</sub> – HISTÓRIA DA CIÊNCIA E ENSINO DE FÍSICA  
MOTOYAMA, Shozo – F. F. L. Ch. da USP

O papel da História da Ciência no ensino de Física e da Ciência em geral foi muito ressaltado desde a proposição de "Case History" por Conant em 1946. Entretanto, passados 30 anos, certo desencantô parece tomar conta dos meios educacionais quanto à eficiência de compreender a Ciência através do acesso histórico. A razão disso provém do fato da História da Ciência não ter conseguido *resultados concretos* em termos de eficiência do ensino. Para os alunos pragmáticos do pragmático mundo atual, as nuances e os meandros históricos parecem-lhes superfluidades inúteis atazando a sua vida escolar. E para aqueles que imaginavam encontrar na História da Ciência técnicas pedagógicas para facilitar a tarefa do professor ficaram certamente decepcionados. Mas isto era de se esperar, pois pela sua própria natureza, essa disciplina tem uma função mais *estratégica* do que *tática* dentro do ensino de Ciências. Este tem múltiplas facetas de acordo com o objetivo em mente. O estudo do desenvolvimento histórico confrontado com a estrutura lógica da ciência, poderia fornecer ao educador estratégias em íntima correlação com o objetivo educacional. As técnicas educacionais, de acordo com a ocasião poderiam ser inclusive históricas, seriam adequadamente escolhidas e dosadas dentro da perspectiva estratégica adotada. O fundamental no caso, é que sendo ocupação da história da ciência análise dos diversos elementos estruturais complexamente emaranhados no processo histórico, ela poderia fornecer campo de reflexão para o planejamento estratégico do ensino de Ciências em geral e da Física em particular.

#### I<sub>4</sub> – UN ENFOQUE DIFERENTE PARA ALGUNOS CONCEPTOS BÁSICOS DE FÍSICA

GONZÁLEZ, Claudio – Facultad de Ciencias Físicas Y Matemáticas –  
Universidad de Chile

Se analiza la secuencia usual en que se presentan diversos temas de la física en cursos de nivel básico y medio: cinemática, leyes de Newton, trabajo y energía, calor y termodinámica, electricidad y magnetismo. Se destacan la falta de unidad y de coherencia de los cursos resultantes y el escaso interés que presentan para la mayoría de los alumnos.

Se muestra cómo se podrían mejorar las cosas sin cambiar mayormente el orden ni el contenido de estas materias, pero variando en forma radical su enfoque. Para ello, se propone centrar todo curso de física en dos conceptos clave e interrelacionados: el concepto de interacción y el concepto de transferencia de energía. Se muestra que el curso resultante sería más unificado y comprensible para los alumnos que la sucesión de temas aislados que constituyen la mayoría de los cursos actuales.

**I<sub>5</sub> – ENSINO DE FUNDAMENTAÇÃO DE MODELOS FÍSICOS**  
MARTINS, Roberto de Andrade – Departamento de Física – Universidade Estadual de Londrina – PR

Com o objetivo de desenvolver em alunos universitários um espírito crítico em relação a modelos físicos, foi criado um material didático auto-instrutivo, destinados a 30 horas de estudo. Utilizou-se como assunto de estudo os modelos atômicos clássicos, de átomos indivisíveis, por ser este tipo de modelo o que exige menor número de pré-requisitos. Cada afirmação do modelo era comparada com outras possibilidades, examinava-se fatos experimentais que pudessem indicar qual das alternativas é mais válida; e eram então fornecidas descrições ou dados experimentais a partir dos quais o estudante pudesse tomar uma decisão. Por motivos práticos, o estudo não incluía trabalho de laboratório, diretamente.

O estudo era limitado a características qualitativas e semi-quantitativas dos modelos-isto é, previa-se, por meio dos modelos, se uma certa grandeza teria uma relação crescente ou decrescente com outra grandeza; mas não se previa a equação que relaciona as grandezas.

Aplicou-se este material a 50 alunos de um curso de Licenciatura em Ciências da Universidade Estadual de Londrina, obtendo-se bons resultados em termos de motivação e aproveitamento.

Considera-se inovador o enfoque utilizado ao estudo de modelos, pela introdução de comparações e críticas de alternativas mutuamente exclusivas; em cursos tradicionais nos quais se dá ênfase a modelos, procura-se quase que exclusivamente apresentar provas de validade do modelo comumente aceito.

Nos cursos de Física dá-se grande ênfase ao estudo de modelos, em algumas disciplinas, como Estrutura da Matéria.

É no entanto muito limitado o objetivo desejado, na maior parte das vezes: limita-se ao ensino do modelo atualmente aceito - muitas vezes citando-se os modelos antigos ou alternativos apenas para mostrar que são absurdos; e cita-se algumas experiências comprobatórias do modelo, que muitas vezes não são realmente comprobatórias; dificilmente se cita dificuldades existentes nos modelos comumente aceitos.

O estudante não costuma adquirir um bom conhecimento nem da metodologia de trabalho com modelos físicos, nem da situação real dos modelos referentes a um determinado grupo de fenômenos: não obtém uma compreensão da relação profunda entre experiência e modelos, nem se torna ciente das possíveis modificações que alguns modelos importantes terão que sofrer, futuramente. Assim, o aluno passa a aceitar o modelo que lhe foi ensinado como algo indubitável, e, se lhe for citada uma experiência capaz de desmentir aquele modelo, ele se recusará ou a aceitar a experiência, ou a aceitar que a experiência contraria o modelo. O julgamento ou comparação de modelos deixa de ser uma atividade científica, e passa a ter um grande conteúdo emocional-torna-se quase uma "questão de honra" defender o modelo aprendido, e em que o aluno tem uma convicção inabalável.

O cientista deve ser capaz de descrever detalhadamente os modelos aceitos comumente, e de utilizá-los para fazer previsões ou explicar fenômenos; mas, além disso, deve conhecer sua fundamentação e seus limites. O modelo só tem real valor científico quando se correlaciona suas hipóteses a dados experimentais, de um modo tão rigoroso quanto permitem os modelos. Deve-se conhecer não só as experiências que são capazes de confirmá-lo (ou que o confirmaram) mas também as experiências que poderiam desmentí-lo; saber em que campo ele pode ser legitimamente aplicado, e em que campo sua aplicação é extrapolada. Como, em cursos comuns de Estrutura da Matéria, o professor pode ter muita pressa em chegar às equações, pode passar por cima de todos esses aspectos, e desenvolver apenas o aspecto mais mecânico da aplicação dos modelos estudados.

Antes de prosseguir, é importante esclarecer o tipo de modelos a que nos referimos, pois alguém poderia objetar: "há modelos puramente matemáticos". Isso que muitos chamam de modelos matemáticos são teorias axiomáticas, e não modelos. Modelo, no sentido aqui utilizado, é algo possível de descrição qualitativa (pelo menos em linhas gerais) e passível de ser imaginado. Inclui-se portanto aí algo como o modelo ondulatório da luz, modelo do éter, modelo dos fótons virtuais, etc.

Embora a falta de compreensão dos modelos físicos já nos tivesse chamado a atenção desde nossa época de estudante, ela só se tornou realmente um problema prático quatro anos atrás, ao lecionar Química no curso secundário. Os alunos não conheciam a natureza real do modelo atômico: acreditavam que os átomos eram observáveis, e sua existência tinha sido estabelecida de modo direto e irrefutável; os desenhos mais elaborados de orbitais e núcleos atômicos, existentes nos livros-texto, eram considerados como fotografias realmente tiradas do interior do átomo alguns alunos ainda afirmavam categoricamente: fotografado com um microscópio eletrônico - pois isso lhes havia sido contado pelo professor anterior). Foi um choque para esses alunos saber que nada disso era verdade. Alguns perderam toda a confiança no novo professor, e só a recuperaram depois de várias semanas.

Mas não bastava destruir ilusões: para que os estudantes não passassem ao polo oposto, de incredulidade total, era preciso explicar-lhes como se pode falar tanto sobre algo que não pode ser observado diretamente. Empreendemos então nossa primeira tentativa de justificar, de modo simples e qualitativo, as suposições do modelo atômico clássico. Compreendemos por esse nome o modelo em que o átomo é concebido como indivisível - incluindo o estudo das leis ponderais das reações químicas, idéias sobre mudanças de estado, teoria cinética da matéria, conceito de molécula, etc. Foi desenvolvido um material para estudo dirigido, em nível qualitativo (sem equações e cálculos).

Mas tarde, na Universidade Estadual de Londrina, a

mesma idéia foi desenvolvida sob a forma de um material auto-instrutivo mais extenso e detalhado, e que pode ser estudado por um calouro médio do curso universitário em cerca de 30 horas de trabalho - preferivelmente, utilizando-se estudo em grupos.

Desejávamos que os alunos sentissem a precariedade dos modelos: compreendessem que estes, ao contrário das teorias axiomáticas de origem empírica, não são acumulativos. Um modelo pode sofrer transformações profundas, em suas próprias bases, pelo acúmulo de dados experimentais que já não se consegue explicar e prever adequadamente com seu auxílio.

Ao mesmo tempo, precisam compreender que os modelos não são construções mentais arbitrárias, mas que procuram representar simbolicamente as relações observadas na natureza. A importância dos modelos não se baseia em uma convenção aceita por todos os físicos, nem na beleza ou simplicidade do modelo (embora esses sejam critérios secundários), mas em sua capacidade explicativa e previsiva. Os entes utilizados nos modelos (átomos, elétrons, fótons, etc) são construções mentais, e nunca se poderá responder de modo universalmente satisfatório a uma pergunta do tipo: "existem elétrons?" ou "existem fótons?"; mas pode-se especificar uma série de fenômenos que se enquadram no modelo eletrônico da condução de correntes elétricas nos metais, etc. Dizer, por exemplo, que o estudo do movimento browniano "provou" a existência de átomos, é uma proposição incorreta.

Cada modelo tem um grande número de detalhes, pois pode ser dividido em muitas proposições independentes: os elétrons são entes dotados de carga elétrica negativa; a carga elétrica de todos eles é igual, invariável; todos eles possuem a mesma massa de repouso; são os constituintes da radiação beta emitida por materiais radioativos; são os responsáveis pela condução elétrica nos metais; fazem parte da constituição de todos os átomos; etc. Para se compreender bem o modelo eletrônico é necessário conhecer os fatos experimentais relacionados a cada uma desses proposições. Ao estudar-se a evolução de um modelo, seria preciso

que cada nova hipótese fosse justificada experimentalmente, e que, além disso, se fizesse previsões com o uso dos modelos, e que essas previsões fossem comparadas com a experiência. Isso não costuma ser feito nem no ensino nem na pesquisa científica. Depois que as pessoas estão convencidas de uma parte de um modelo, extrapolam sua confiança a todos os outros detalhes do mesmo modelo.

Mas, além de conhecer as justificativas experimentais das proposições de um modelo, os estudantes devem ser capazes de verificar se um novo fenômeno está de acordo com o modelo ou não; e ser capazes de negar um modelo lenta e trabalhosamente construído, sempre que necessário; não se prender ao passado.

Deveriam verificar que cada fenômeno, isoladamente, é passível de inúmeros modelos diferentes; e ser capaz de escolher cientificamente o modelo mais conveniente.

Além de admitir a modificação dos modelos, é desejável, em estudantes que se dirijam a uma carreira científica, que eles até mesmo se habituem a duvidar dos modelos (não gratuitamente; mas justificadamente). Isso é difícil; e cria grande insegurança entre alunos. Não se deseja aqui desenvolver o ceticismo - a idéia de que nada se sabe, e que os modelos não possuem valor algum - mas um espírito científico crítico. Deseja-se simplesmente aplicar a idéia de que, embora nunca se possa provar que um modelo está correto, pode-se muitas vezes provar que ele está incorreto - e que isso é um tipo de importante contribuição científica.

Tudo isso, é claro, são idéias interessantes; mas não é muito fácil transformar essas idéias em um curso que não seja apenas um estudo filosófico, mas algo bem próximo à atividade do cientista. O material que foi desenvolvido é extremamente limitado - tanto em conteúdo científico informativo, quanto pelas capacidades desenvolvidas - e era apenas a parte inicial de um projeto muito mais ambicioso - tão ambicioso, que nem vale a pena descrevê-lo. Apesar dessas limitações, parece-nos um bom começo.

O material auto-instrutivo era constituído por ele-

mentos de duas grandes classes: blocos de informações e séries de questões. Os blocos de informações eram pequenos textos (dez linhas, em média) ou tabelas. Ao todo, havia cerca de 50 desses blocos. Após cada um deles, era fornecida uma série de questões. As primeiras eram simplesmente proposições que o aluno deveria julgar (dizer se são corretas ou não) com base nos textos anteriores. Após cada questão era fornecida uma explicação detalhada de sua resposta, a fim de que o aluno não só verificasse se acertou ou errou, mas também verificasse se o raciocínio que utilizara estava correto ou não. Embora a forma dessas questões se mantivesse na maior parte do material, a complexidade das operações mentais exigidas crescia rapidamente, passando de simples interpretação de textos a atividades de julgamento de modelos. Na parte final do material, utilizava-se gráficos e cálculos simples. Ia-se portanto modificando o enfoque dado ao estudo de modelos: desde modelos totalmente qualitativos, a raciocínios semi-quantitativos (em que se procurava estudar se duas grandezas deveriam estar relacionadas, e se a relação deveria ser crescente ou decrescente) até um princípio de uso de modelos quantitativos. Na fase semi-quantitativa procurava-se também comparar características de átomos de diferentes elementos (indicar, por exemplo, se a massa de um certo elemento deve ser maior ou menor do que a de um outro) e na quantitativa, avaliar aproximadamente as relações entre essas características.

As 261 questões do material auto-instrutivo dividiam-se em 14 partes, que podem ser descritas aproximadamente da seguinte forma:

- I- Conceito de átomo e de modelo
- II- Existência de um limite na divisibilidade da matéria
- III- Os átomos não possuem cores
- IV- O tamanho dos átomos é invariável
- V- Espaços vazios entre os átomos; gases
- VI- Movimentos atômicos e expansibilidade dos gases
- VII- Difusão e movimento browniano
- VIII- Existem átomos de diferentes tipos

- IX- Os átomos se atraem; fusão, ruptura, dureza
- X- Tensão superficial e dilatação dos corpos
- XI- Massa e volume dos átomos, e densidade
- XII- Tamanhos dos átomos dos metais - ligas
- XIII- Velocidades moleculares nos gases
- XIV- Princípio de Avogadro; massas moleculares

É inútil tentar descrever mais detalhadamente o material desenvolvido; é muito mais fácil compreendê-lo examinando o próprio material didático do que através de uma descrição de suas próprias características. Todos os interessados poderão obter uma cópia do "Modelo atômico-clássico" para exame. Mas é preciso advertir sobre o modo como esse material deve ser examinado.

Como já foi citado, um aluno médio necessita de 30 horas de trabalho para estudar as 14 partes, corretamente. Durante uma boa parte desse tempo, ele se torna confuso, tenso, intrigado e espantado. Não se pode avaliar o material corretamente sem observar alunos utilizando-o. A simples leitura dos textos, questões e respostas não dá uma boa idéia sobre o efeito que o material produz nos alunos.

O material didático utilizado não incluía laboratório nem audio-visuais. Essa foi uma importante falha, em um aspecto: nem sempre os alunos compreendiam corretamente as experiências descritas nem tinham um conceito concreto sobre as grandezas citadas. Não havia no entanto possibilidade de desenvolvimento de material experimental. Pelo objetivo do estudo, a melhor solução seria o desenvolvimento de uma série de "loops" ilustrativos; pois o objetivo não era que os alunos obtivessem generalizações experimentais, ou leis empíricas; mas que as usassem no estudo de modelos, Embora um contato direto com aparelhos seja sempre desejável, não era absolutamente necessário, neste caso.

**I<sub>6</sub> – UM CURSO DE FÍSICA APLICADA À POLUIÇÃO DO AR**  
ORSINI, Celso Maria de Queiroz – Instituto de Física da USP

1. *Introdução*

Descreve-se uma experiência realizada no IFUSP: um curso semestral sobre Física da Poluição do Ar.

Os problemas do nosso meio ambiente são tratados, quase exclusivamente, de um ponto de vista tecnocrata, sem preocupações de ordem científica. A mudança desse estado de coisas depende de um melhor entendimento do papel das ciências no assunto.

A física tem forte interação com os problemas ambientais. É necessário difundir-se cursos em "física ambiental" visando a formação de pessoal para pesquisas científicas e atividades educacionais.

2.0 *curso e seu objetivo*

O objetivo imediato foi despertar físicos e químicos para os problemas do meio ambiente, particularizados para o caso da poluição do ar. O programa do curso foi o seguinte: a) Parte introdutória: A Biosfera e o balanço da energia solar; o intercâmbio de matéria e energia entre os reservatórios; poluições da atmosfera na escala global; poluições da atmosfera na escala urbana - os poluentes, meteorologia da poluição do ar, efeitos dos poluentes, padrões de qualidade do ar, monitoramento e controle, situação da Grande São Paulo (incluiu visita aos laboratórios da CETESB); b) Tópicos especiais: os aerossóis; emprêgo de métodos nucleares de análise; problemas de poluição ambiental consequentes da exploração da energia nuclear.

Deu-se ênfase especial à discussão dos nossos problemas específicos. A bibliografia utilizada

será apresentada no trabalho. O curso foi ministrado na forma tradicional e avaliação da aprendizagem foi feita através das atividades dos alunos em seminários, preparação de apostilas e relatório de uma visita à CETESB.

### 3. *Avaliação do curso*

O curso foi avaliado pelos alunos por meio de um questionário fornecido pela CEG do IFUSP. Os resultados dessa consulta serão utilizados no curso de 1976.

Este trabalho tem por objetivo apresentar a experiência que realizamos de lecionar um curso sobre Poluição do Ar para físicos e químicos. O curso apareceu como um complemento das atividades de um grupo de pesquisas em poluição do ar a partir de um método nuclear de análise elementar (método PIXE -- Proton Induced X-Ray Emission), recentemente instalado no IFUSP. O curso, de um modo geral, foi ministrado da forma tradicional, e a avaliação dos alunos se deu através de suas atividades em seminários, preparação de apostilas e relatório da visita aos laboratórios da CETESB.

Os resultados alcançados nessa experiência animam-nos a sugerir a implantação de tais cursos em outros cursos de Física.

### **JUSTIFICAÇÃO PARA A EXISTÊNCIA DO CURSO**

Os nossos problemas de Poluição do Ar têm sido considerados quase exclusivamente de um ponto de vista tecnocrático, portanto sem maiores preocupações de ordem científica. Isso aliás, não constitui novidade, uma vez que se trata simplesmente de um exemplo específico do nosso comportamento geral em praticamente todas as atividades. Neste caso particular, temos a nossa "Engenharia de Poluição do Ar" que se limita a procurar resolver os problemas que aparecem com a utilização de *know-how* e equipamentos importados, sem se preocupar devidamente com os aspectos científicos, educa-

cionais e outros que eles possam, eventualmente, comportar.

Tal atitude, se justificável em alguns casos, parece-nos insustentável nos problemas de manutenção do meio ambiente. Algumas razões para isso são:

- a) Fatores físicos e sociológicos locais, que dificilmente são considerados em modelos preparados no estrangeiro.
- b) Formação de elementos, que são indispensáveis para se atingir um conveniente grau de preservação do meio ambiente. É necessário existir um número suficiente de especialistas atuando nas várias áreas que compõem o assunto, assim como a população envolvida deve ser ecologicamente conscientizada.

Do que ficou dito, concluímos que não podemos esperar que soluções satisfatórias dos nossos problemas ambientais possam decorrer do atual tratamento tecnocrático que lhes vem sendo dispensado. Os cientistas brasileiros, e em particular os físicos, não têm dispensado o devido interesse ao assunto, fato que, além de deplorável, é incompreensível, uma vez que as investigações científicas nessas áreas apresentam, via de regra, viabilidade muito maior que em outras onde tradicionalmente operam os nossos investigadores. Compare-se, por exemplo, as dificuldades que normalmente enfrentamos para desenvolver pesquisas sobre radiações cósmicas, com as sobre meteorologia; e, no entanto, as primeiras são realizadas há mais de trinta e cinco anos, enquanto que as segundas ainda não foram praticamente iniciadas, a despeito do seu interesse à agricultura, navegação, e, mais recentemente, na solução de problemas de poluição do ar.

Por tudo isso, parece mais do que justificável, vital mesmo, que se incentive a criação de cursos sobre Física aplicada a problemas do meio ambiente.

#### **O CURSO: OBJETIVOS, PROGRAMA E BIBLIOGRAFIA**

Os objetivos principais do curso podem ser inferidos do que foi dito na seção anterior. O objetivo imediato foi despertar físicos e químicos para os problemas do nosso meio ambiente, em particular, para a poluição do ar.

O programa foi dividido em duas partes principais:

Introdução à Poluição do Ar e Tópicos Especiais. Essas partes compreendem o seguinte material:

Parte introdutória:

A biosfera e o equilíbrio da energia solar,  
O intercâmbio de matéria e energia entre os grandes reservatórios terrestres (solo, mar e atmosfera),  
Poluições da atmosfera em escala global,  
Poluições da atmosfera em escala urbana:

Os poluentes

Critérios e padrões de qualidade do ar

Monitoramento da PA

Controle da PA

Situação da Grande São Paulo

Visita à CETESB

Parte de tópicos especiais:

Os aerossóis,

Emprego de métodos nucleares de análise elementar,

Problemas de poluição ambiental decorrentes da exploração da energia nuclear.

Durante o decorrer do curso, procuramos enfatizar aqueles problemas que nos dizem respeito mais de perto, como é o caso, por exemplo, do *smog* (a névoa das cidades), um dos efeitos mais importantes da poluição do ar em grandes concentrações urbanas. Na parte final da primeira parte do curso foi incluída uma visita ao laboratório do órgão oficial de controle de poluição em São Paulo (CETESB). Finalmente, os dois itens do programa também receberam especial consideração, o primeiro por tratar do método de pesquisas que está sendo implantado no IFUSP, e o segundo devido à atualidade do tema para nós.

A principal bibliografia utilizada para o desenvolvimento do curso foi a seguinte:

Environmental Geoscience - A.N.Stahler,

editado por Hamilton Publishing, Ca, USA, 1973.

Fundamentals of Air Pollution - A.C.Stern, H.C.

Wohlens, R.W.Bonbel and W.P.Lowry, editado por Academic Press, 1973.

Meteorology and Atomic Energy - 1968, editado por  
USAEC Office Information Service.

Environmental Chemistry - L.Pryde, editado por  
Cummings Publishing, Ca, USA, 1973.

Air Pollution Technology - D.E.Painter, ed. por  
Reston Publishing Co., 1973

Devido à escassez do material bibliográfico, foram elaboradas oito apostilas, quatro delas por grupos de alunos, complementando as aulas dadas.

### **AVALIAÇÃO DO CURSO PELOS ALUNOS**

Uma avaliação parcial do curso foi feita por meio de questionários distribuídos pela Comissão de Ensino de graduação do IFUSP, e respondidos por vinte alunos do curso. Foram atribuídas notas de 0 a 10 a vários quesitos, dentre os quais alguns nos parecem pertinentes a este trabalho e, por essa razão, os apresentamos abaixo com as respectivas médias e desvios padrão obtidos:

P.: Quanto este curso contribuiu para a sua formação?

R.:  $7,9 \pm 1,9$

P.: Que nota você daria ao curso?

R.:  $7,8 \pm 1,5$

P.: Se se trata de um curso optativo, por que razão o escolheu?

R.: Por interesse pela matéria .....85

Algumas sugestões foram também apresentadas, principalmente no sentido de que sejam incluídas aulas práticas no curso.

### **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Lecionar este curso foi uma experiência interessante e que me proporcionou uma confortadora sensação de participar nos problemas comunitários. Isto ainda não é muito comum nas nossas atividades em Física no Brasil.

Por outro lado, os estudantes a despeito do interesse que indubitavelmente têm pelo assunto, revelaram um desconcertante desconhecimento de problemas básicos relacionados

com a matéria, tais como: o equilíbrio da energia solar na Terra, noções de termodinâmica da atmosfera, as trocas de energia e matéria entre os reservatórios terrestres, estruturas físicas e químicas da atmosfera, oceanos e litosfera.

O que foi exposto me induz fortemente a recomendar aos colegas a organização de cursos de Física aplicada a problemas do meio ambiente em suas escolas.

Registro os meus agradecimentos à srta. Ruth Loewenstein, ex-aluna do curso, pela colaboração que prestou à elaboração deste trabalho.

17 - A PERCEPÇÃO NA FÍSICA - UM CURSO EXPERIMENTAL  
SEALE, Wayne; PERNAMBUCO, Marta M. C. A.; LOEWEINSTEIN, Ruth  
e RUDINGER, Erik - instituto de Física da USP

A programação dos cursos de física dificilmente oferece aos alunos a oportunidade de pensar sem imposições e tomar decisões levando em conta as influências (que as dirigem) internas e externas que os levam a certas escolhas.

Foi, então, oferecido um curso experimental de férias, a partir das idéias contidas no livro *The Anatomy of Judgment* de M.L.J. Abercrombie, estudado durante o curso dado pelo Prof. L.R.B. Elton (IFUSP-75).

A importância da percepção em um julgamento é refletida por cinco sessões (em 9) em que se discutem exemplos de percepção visual, verbal e matemática. As outras quatro sessões são discussões de problemas concretos de física, de um artigo publicado na Revista Brasileira de Física e avaliação do curso pelos alunos. As nove reuniões foram planejadas para proporcionar um ambiente de discussão livre, com grupos pequenos (~10 alunos) e o mínimo de intervenção dos observadores.

Como resultados, temos as opiniões escritas dos alunos e as anotações dos observadores.

Durante o preparo do curso contamos com a valiosa colaboração da Profa. Amália Magalhães.

Criar e julgar são habilidades indispensáveis a qualquer cidadão, especialmente a um físico, pois são ferramentas importantes de seu trabalho. Esse aspecto da formação dos alunos de Física no IFUSP não mereceu até agora atenção especial. Por isso, durante um dos cursos de Pós-Graduação em Ensino de Física do IFUSP dado pelo Prof. L.R.B. Elton (julho/75), baseando-nos no livro "The anatomy of Judgment" de M.L.J. Abercrombie, formamos uma equipe de trabalho para

organização de um curso. O objetivo principal era desenvolver a capacidade de julgamento dos alunos, e nisso incluímos fatores como: poder de observação, capacidade de dispor e interpretar fatos, de diferenciar evidências de conclusões e descrições de inferências; e ter precisão no uso de palavras. Paralelamente, quisemos dar condições para a interação entre os alunos e desenvolver sua expressão verbal.

Usamos o método de discussões em grupo porque permite ao estudante ter consciência mais clara da sua atuação numa situação de julgamento. Já foi verificado que estudantes submetidos a um curso desse tipo se tornaram<sup>1</sup> "mais objetivos e flexíveis em seu comportamento, tirando menos conclusões errôneas, considerando mais de uma solução para um problema e sendo menos negativamente influenciados na abordagem de um problema devido a sua experiência anterior".

Testamos esse curso experimental, que não valeu créditos, em duas turmas de alunos da USP, com um total de vinte e um elementos: dezoito primeiranistas de Física, um segundanista, um aluno da Poli e um da Matemática. Os estudantes se reuniram diariamente por períodos de uma hora e meia, de 19 a 11 de dezembro de 1975.

No começo das sessões, recebiam o material para as discussões e escreviam individualmente suas opiniões, por aproximadamente quinze minutos. Expunham, um por vez, o que haviam escrito e com isso iniciavam a discussão. Os observadores, um em cada classe, não interferiam no debate, mesmo nos momentos de silêncio, apenas anotavam as opiniões e argumentos.

A primeira discussão foi baseada na tradução parcial de um artigo<sup>2</sup>, descrevendo os problemas enfrentados por um estudante africano que fez uma descoberta sobre a taxa de resfriamento de água quente num congelador. Os alunos debateram os aspectos humanos e a Física envolvidos na questão. Os observadores verificaram que havia insegurança por parte dos alunos na discussão dos aspectos de Física.

A segunda e a terceira sessões trataram de percepção visual. Na segunda os alunos receberam três reproduções de

desenhos de M. Escher e o desenho de um triângulo de Penrose (fig. 1) e uma fotografia de um objeto parecido com o triângulo. Discutiram a perspectiva das figuras e as várias maneiras de se encará-las. Alguns alunos propuseram a solução correta para o problema da fotografia do triângulo.

No dia seguinte, dedicado à percepção visual ligada à Física, os alunos tentaram resolver a natureza de um choque de dois pucks, mostrado numa fotografia estroboscópica. Alguns sugeriram soluções possíveis. Ao final da sessão viram também, com um dos olhos atrás de um filtro escuro, um pêndulo oscilando num plano dando a ilusão de um movimento elíptico.

Na quarta discussão os alunos leram um texto que continha a palavra "fundamental" duas vezes. Depois de um pouco de humor (é "fundamental" começar), iniciaram a discussão de como haviam interpretado essa palavra, especialmente na expressão Física fundamental, e os outros sentidos que ela poderia apresentar.

A palavra "conservação", tema da quinta sessão, levou atenção dos alunos para perguntas sobre os fundamentos da Física - as leis de conservação. Fornecemos como texto a primeira página do capítulo sobre a lei de conservação de energia do curso de Berkeley.

Na sexta discussão os alunos receberam algumas folhas com dezoito tabelas de dados. Para encaminhar a discussão, os observadores sugeriram perguntas no início da sessão. Num dos dois grupos um dos alunos surpreendeu os colegas questionando o fato assumido por todos de que se tratava de fontes radioativas. Nos dois grupos os alunos buscaram relações entre os dados e entre as tabelas, procurando obter informações a partir do que haviam recebido.

A tentativa de compreender e descrever fenômenos aparentemente simples como o rolar de uma moeda e um reco-reco que faz girar uma hélice desnor-teou os alunos durante a sétima sessão. Discutiram animadamente em pequenos grupos em torno dos objetos sem chegar a conclusões finais.

Na oitava sessão os alunos leram o artigo "O cronôme-

metro barato<sup>13</sup> descrevendo o cronômetro de areia usado no PEF. Depois da leitura, foram convidados a discutir qualquer aspecto do artigo. Entre outros assuntos, debateram a precisão, o tamanho do aparelho, o funcionamento da mola, o tempo de reação do observador, o preço e a manutenção do aparelho.

Na última sessão os alunos escreveram suas impressões sobre o curso, que serviram de base para os comentários que seguem. Depois dessa sessão as duas turmas se reuniram e fizeram perguntas, satisfazendo algumas dúvidas levantadas pelo curso.

### **AVALIAÇÃO E CONCLUSÕES**

Além dos comentários dos alunos, usamos também o material que escreveram antes das discussões para conseguir uma visão geral dos resultados.

Uma análise do que foi escrito na sessão final, inteiramente dedicada à avaliação, nos mostra que os alunos haviam sentido que os objetivos eram vagos; que a possibilidade de discutir livremente, trocar idéias e defender opiniões havia influenciado seu comportamento. Quarenta por cento disseram explicitamente haver gostado ou se interessado pelo curso. Levando em conta que três alunos começaram o curso após a terceira sessão, a presença média foi superior a 85% e, apesar de o curso ter sido oferecido no período das férias, apenas um aluno desistiu.

Dada a curta duração do curso e a impossibilidade de posterior contato com os alunos, não podemos constatar se todos os objetivos propostos haviam sido atingidos. Tais objetivos não são restritos, dando ampla margem para um desenvolvimento posterior.

Analisando as anotações dos observadores, inferimos que houve interação entre os alunos, garantida pela não intervenção. Percebemos que alguns alunos já tomavam mais cuidado no uso das evidências disponíveis nas discussões e pela frequência e pela atitude dos alunos, parece-nos que o curso preenche uma das lacunas de sua formação. Daí concluí-

mos que os objetivos são suficientemente válidos para se tentar manter a continuidade dessa experiência.

Ficou claro que parte do material poderia ter sido mais bem escolhida: outros textos para as palavras discutidas, abordagem mais específica na discussão do artigo, demonstrações mais fáceis. Poderíamos incluir como parte das sessões algumas análises de como se desenvolve a interação dos alunos em grupo. As reuniões deveriam ser semanais, para que eles pudessem assimilar melhor o resultado das discussões e amadurecer o relacionamento. Uma possibilidade seria associar as sessões a um curso já em andamento, para não chamar a atenção sobre seu caráter especial.

Críticas cabíveis seriam as de estar o curso ainda muito semelhante ao original, e de nossa falta de experiência em dinâmica de grupo. Acreditamos que somente depois de trabalhar com grupos nossos é que poderemos nos aproximar melhor das condições locais, adquirindo também maior maturidade no estudo da interação dos elementos dentro de um grupo.

Contamos com a colaboração de Amália Magalhães e L.R. B. Elton.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1- ABERCROMBIE, M.L.J.; (1960) *The Anatomy of Judgement*. - Hutchinson, London.
- 2- MPEMBA, E.B. e OSBORNE, P.G. "Cool?" 1960 - *Physics Education*. vol 4, pg. 172.
- 3- SANTOS, P.U.M. et al *Revista Brasileira de Física*, vol.1, nº 1. pag.187.

## 18 - A PERCEPÇÃO FÍSICA

COSTA FILHO, José Geraldo de - Departamento de Física da UFPE

Durante o curto período em que ensinamos, um fato nos intriga bastante: qual o motivo que leva um estudante a perceber claro e rapidamente um assunto exposto? Será que é única e exclusivamente a inteligência ou outro fator contribui para um maior entendimento? Para exemplificar: quando é exposto o conceito de aceleração para uma turma, por que um aluno capta integralmente e mais rapidamente, de que outro, o assunto em foco e que foi observado, na teoria e no laboratório igualmente pelos dois? A razão desta facilidade com que o aluno capta o assunto exposto é o que denominamos "PERCEPÇÃO FÍSICA". Galileu possuía-a para interpretar a queda dos corpos. A percepção de Newton "ajudou-o" na observação da queda da maçã ligando-a à gravitação. Será, entretanto, esta faculdade um dom ou pode ser desenvolvida através de um certo método? Existe em jornais e revistas um passatempo que consiste em achar pequenas diferenças entre dois quadros aparentemente iguais. Nota-se neste passatempo a necessidade de se possuir um alto grau de percepção para encontrar as alterações entre os dois quadros. Nosso trabalho consiste na utilização deste passatempo como método, rápido e simples, para o desenvolvimento da "PERCEPÇÃO FÍSICA" dos alunos do curso secundário. A melhor maneira de desenvolver este método é iniciar tomando quadros em que os erros sejam apenas dois e o aluno leve apenas um minuto entre a observação de um quadro e outro. Após vários testes 2.1 (dois erros e um minuto), passamos o aluno para o teste 3.1 e daí para 3.2, e assim sucessivamente, chegando o tempo entre a observação

de um quadro e outro até dias. Este método deve ter o início de sua aplicação nas duas últimas séries do 1º grau, fazendo com que o aluno desenvolva tanto a percepção como a atenção, já que este passatempo necessita do máximo de concentração, que é tão importante a observação em física. Os resultados (que só podemos antever, já que não nos foi possível experiências) quando da aplicação deste método, é da facilitação do entendimento do aluno, tornando-o mais rápido e claro, além de desenvolver a atenção que tanta falta faz aos estudantes do curso secundário. Este método de comparação de erros é utilizado para o desenvolvimento da percepção dedutiva (Arquimedes), porém outros testes, temos observado, servem para desenvolver a percepção indutiva (Galileu). Talvez estejamos completamente errados, porém só uma experiência com um grupo de alunos servirá para confirmarmos nossa hipótese, o que só será possível se ...

## 19 - FORMAÇÃO DE PESQUISADORES NUM CAMPO UNIFICADO DE FÍSICA FUNDAMENTAL

MESQUITA, Paulo Ferraz - Universidade de São Paulo (USP)

Comunicações básicas necessárias ao ensino em nível universitário para estimular a formação de pesquisadores em um Campo Unificado de Física Fundamental, sonho inacabado de Albert Einstein.

Eis a seguir as últimas palavras ( traduzidas para o Português) com as quais o próprio A. Einstein encerra sua obra fundamental intitulada "O Significado da Relatividade" (op. cit.) sugerindo tentativa para a descrição da realidade fora de sua teoria do "Continuum spatii et temporis est absolutum". Diz ele:

*"Pode-se dar boas razões porque a realidade não pode de jeito algum ser representada por um campo contínuo. Dos fenômenos do quantum resulta com certeza que um sistema de energia finita pode ser completamente descrito por um conjunto finito de números (números quânticos). Isto não parece estar de acordo com uma teoria do "continuum" e deve conduzir a uma tentativa de encontrar uma teoria puramente algébrica para a descrição da realidade. Mas ninguém sabe como obter a base de uma tal teoria.*

No entanto, hoje em dia já é conhecida a base de nova teoria essencialmente quântica - a Teoria da Impulsão do falecido Engenheiro Esteve Erdélyi - apoiada num conjunto finito de três números quânticos experimentalmente determinados:

- o "quantum" (mínimo) de energia radiante  
 $h' = 6,6 \dots \times 10^{-27} \text{ erg} = 1 \text{ "h'erg"}$
- o "quantum" (mínimo) de massa radiante  
 $m' = h'/c^2 = 0,737 \dots \times 10^{-47} \text{ g} = 1 \text{ "bras"}$
- o "quantum" (mínimo) de impulsão radiante

$$j' = m' c^{-2,2} \dots \times 10^{-37} = 1 \text{ "jed"}$$

( $h = h'$  seg a constante de Planck e  $c$  a velocidade da luz)

cuja divulgação mais uma vez se impõe neste 3º Simpósio Nacional de Ensino de Física bem como a divulgação de seu Princípio de Conservação Fundamental que se expressa por  $m\vec{v} = \Sigma m'\vec{c}$  isto é, toda impulsão  $m\vec{v}$  é uma somatória (vetorial) de impulsões quânticas ("jeds" vetoriais).

Este conjunto mínimo de 3 números quânticos conduz o pesquisador, coerente com a análise dimensional, a encontrar uma Teoria puramente algébrica, a referida Teoria da Impulsão, *necessária e suficiente* que torna *possível* a descrição da realidade física de sistema unificado de energia finita como por exemplo o Sistema solar (no macrocosmo) e o Eletron-Pósitron (no microcosmo).

Nas "ATAS DO II SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA" - Belo Horizonte (pgs.131 a 134 foram publicados 2 Resumos apresentados sob os títulos:1) "A Lei de Newton obedece ao Postulado de Planck" é o que revela a Teoria de Impulsão: e 2) "As Constantes Fundamentais de Física Moderna atualizada num Campo Unificado" é uma forma elementar e didática de se apresentar o conjunto daqueles 3 números quânticos indicados como dados experimentais que sustentam a Teoria da Impulsão.

Ficou faltando junto àqueles 2 resumos publicados nas "ATAS" o texto da exposição de motivos apresentados sob o título "AS FALHAS DO ENSINO DA FÍSICA CAUSADAS POR DIDÁTICA DEFEITUOSA AO APRESENTAR OS FUNDAMENTOS DA FÍSICA MODERNA PREJUDICA O ESTÍMULO E O PROGRESSO NECESSÁRIO A FORMAÇÃO DE NOVOS PESQUISADORES" o que se encontra atualmente em opúsculo intitulado "NECESSIDADE DA FÍSICA UNIFICADA" com diversos resumos de Comunicações apresentadas em Reuniões anuais da Socie-

dade Brasileira para o Progresso da Ciência, (SBPC), desde julho de 1966.

Por volta de 1905, ALBERT EINSTEIN lançou a chamada Teoria da *Relatividade Restrita* a qual cuida de relação entre a constituição da matéria e fenômenos elétricos e magnéticos. Por volta de 1915, EINSTEIN lançou a sua intitulada Teoria Geral da Relatividade que cuida exclusivamente da Gravitação Universal. Somente depois de 1915, é que EINSTEIN dedicou sua atividade de Pesquisador até o fim da vida (1955) à sua "Teoria do Campo Unitário" em que pretendia abranger, num só campo, a Eletricidade, o Magnetismo e a Gravitação Universal, o que havia sido também uma intuição alimentada por FARADAY em seus diários de 1849. Mas segundo o testemunho de GEORGE GAMOW (op.cit. Biografia de la Física)

"... como Faraday, Albert Einstein morreu sem haver podido consegui-lo". A propósito do ensino, as falhas da Física e de muitos físicos, quando a defendem cegamente, são frequentemente causadas pela forma didática defeituosa no apresentar seus fundamentos, repetindo, sem admitir discussões ou reparos, certos chavões de autoria do homem de gênio, *cranio* em sua época, como se imperasse ainda na Ciência o *magister dixit*.

Se, por um lado, um homem genial como ALBERT EINSTEIN fez a Física progredir extraordinariamente a partir do início do Século XX, por outro lado, um decuido do homem de gênio pode ter consequências prejudiciais senão desastrosas, embora a longo prazo, para a continuação do progresso pela superestima do gênio, devido ao efeito de inércia do espírito de seus partidários.

ALBERT EINSTEIN, em sua obra intitulada "O significado da Relatividade", à página 46 da última edição inglesa/Princeton University Press - 1955 - New Jersey escreve:

$$(1) \quad " E = \frac{m}{\sqrt{1 - q^2}} \quad " \quad (\text{onde } q = \frac{v}{c} )$$

e à página 47 declara, textualmente:

"Massa e energia são portanto essencialmente iguais;

são somente expressões diferentes para a mesma coisa".

**NOTA:**

Aquela expressão (1), devido à falta de homogeneidade dimensional, torna-se um contrasenso.

E, ainda, na mesma página 46 (op.cit.) EINSTEIN declara textualmente:

"Para grandes velocidades a impulsão ("the momentum") cresce mais rapidamente do que linearmente com a velocidade, de modo a tornar infinita aproximando-se da velocidade da luz!"

E, assim, nesse caso  $v = c$  e a energia  $E$  seria infinita o que experimentalmente não tem significado físico, logo a interpretação se torna defeituosa o que leva o estudioso ou o estudante de Física a sérias dúvidas.

No entanto, muitos físicos declaram que EINSTEIN provocou uma verdadeira revolução conceitual criando uma nova Filosofia da Física mediante novos conceitos de espaço, tempo e massa, falando em espaço curvo, tempo e massa relativista, confundindo, frequentemente, Física com o linguajar da Matemática.

E para expressá-los, os físicos utilizam uma Matemática avançada e simbologias abstrusas que levam o estudioso e o estudante a novas e sérias dúvidas, o que os desanima e os faz descreer da própria inteligência e do próprio poder de criatividade, frustrando suas esperanças de pesquisador.

O desânimo do estudante da chamada Física Moderna (Relativista) aumenta quando ouve falar que a massa de um fóton de luz é zero. E a esperança de seu poder criador cai a zero... passa a decorar a matemática dos professores de Física (frequentemente também decoradores) para não ser tido por pouco inteligente, ou começa a filosofar com entidade abstratas sem o suficiente controle físico da experiência ainda não adquirida.

Professores de Física ensinam que, em virtude da célebre expressão da transformação de LORENZ, a massa

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

deve ser tratada como "massa relativista" e a ficção científica fala seriamente que, assim, um simples elétron de velocidade  $v$  adquirindo a velocidade da luz ( $c$ ) pode virar uma Galaxia, confundindo a causa (que é o aumento de massa) com o efeito que é o aumento da velocidade.

Falam ainda os professores de Física em tempo relativista depois de haver, o falecido cientista francês PAUL LANGEVIN, num Congresso de Cientistas em Bologne, 1911, talvez por "piada", lançado a ser levado a sério, o célebre paradoxo do viajante cósmico que animado da velocidade próxima à velocidade da luz não envelheceria como os habitantes na Terra, em relativo repouso.

A propósito da Teoria da Relatividade Geral, esta só cuida da Gravitação Universal, no entanto, os professores da Física Relativista, sobre a Gravitação não se lembram da advertência do próprio EINSTEIN, quando à página 79 da obra citada, declara textualmente:

"... Nenhuma tentativa será feita nesta apresentação, de maneira sistemática"... "Uma tal apresentação é mais apropriada ao presente estado provisório de nossos conhecimentos".

Os professores de Física tornam-se, assim, mais realistas que o Rei, frustrando o poder criador do estudioso ou estudante, desencorajando-os da realização de novas pesquisas originais.

Eis, ainda a seguir, como EINSTEIN se manifesta claramente no seguinte trecho de sua obra (escrita com INFELD) intitulada "A Evolução da Física", à página 200 (2a. edição Zahar, Edits, - Rio de Janeiro):

"A teoria da relatividade acentua a importância do conceito de campo em Física. Mas, ainda não conseguimos formular uma Física de campo puro. No presente, devemos ainda admitir a existência de ambos: campo e matéria.

Como vimos antes, é conhecida a tentativa, que não vingou, de ALBERT EINSTEIN, no sentido de construir uma Teoria unificada de puro campo para toda a Física fundamental. É o próprio EINSTEIN que o declara no trecho acima

transcrito textualmente.

No entanto, em Física moderna atual se verifica que EINSTEIN quando falava em massa pensava em matéria confundindo assim o conceito de massa ( $m$ ) com o de energia da matéria ( $mc^2$ ), prejudicando inadvertidamente o estudioso e o estudante atual, por desencorajá-lo de meditar em novas pesquisas originais.

O propósito do dualismo *onda e corpúsculo*, que o próprio Einstein introduziu, eis como ele se manifesta (op.cit. pg.213):

"Aqui novamente, temos um problema para cuja solução são necessários novos princípios".

Por isso, com o fim de estudar e debater vários tópicos fundamentais da Física moderna atual, organizamos e ministramos na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, durante o ano letivo de 1970, um "Curso de Formação de Pesquisadores Avançados" sob a forma de Extensão Universitária prevista em seus Estatutos e destinado a professores, cientistas e pesquisadores ou divulgadores da Ciência. A título de informação, a justificativa, o programa e a vasta bibliografia utilizada nesse Curso se encontram em opúsculo sob o título "Os Fundamentos da Física Moderna evoluem e já se atualizam na Universidade de São Paulo" que está sendo distribuído a todas as pessoas interessadas em Física atual e que nos solicitarem.

Devido ao interesse despertado entre engenheiros, um Curso idêntico de "Formação de Pesquisadores Avançados" foi realizado em 1971 no auditório da "Indústria de Automóveis Volkswagen do Brasil S/A em São Bernardo do Campo, no Estado de São Paulo, a pedido de engenheiros daquela Indústria.

Sob o mesmo título foi realizado um Curso rápido (resumido) sob os auspícios da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC) durante a sua XXIV Reunião Anual em São Paulo, julho de 1972.

Ainda sob o mesmo título, fizemos e temos reiterado uma proposta ao Instituto de Física da USP para ministrar aquela disciplina em Curso de Pós-Graduação de domínio co-

nexo de qualquer área de concentração de estudos na qual o problema da formação de pesquisadores avançados é enfrentado de maneira objetiva em nível universitário e aquela disciplina é oferecida sem ônus para a Instituição por Professor de categoria de Titular em RDIDP.

# **Audiovisuais e Profissões afins**

## **7 COMUNICAÇÕES**

## J<sub>1</sub> – GALÁXIAS: UM AUDIO-VISUAL EM ASTRONOMIA

DOMINELI NETO, Augusto; STEINER, João E. e SODRÉ JUNIOR,  
Laerte – Instituto Astronômico e Geofísico – USP

"Galáxias" é o primeiro de uma série projetada de audio-visuais em astronomia e destina-se ao segundo grau. A duração prevista de projeção é de cerca de 30 minutos, tornando possível sua aplicação em classe, seguida de discussão. Com a apresentação de slides que ilustram desde o sistema solar até aglomerados de galáxias, este audio-visual tem por objetivo mostrar que o universo possui diversos níveis de organização e que cada nível envolve tempos e dimensões características. Mostra-se como se determina a distância de uma galáxia pela relação luminosidade-período das estrelas "Cefeidas". Discutem-se os diversos tipos morfológicos e a evolução das galáxias.

"Galáxias" é o primeiro de uma série projetada de audiovisuais em Astronomia. Essa série visa suprir, em parte, a falta de material sobre Astronomia nas escolas brasileiras. Este material pode ser utilizado como material complementar aos cursos de Ciências ou de Física.

Usamos material audiovisual por acharmos que este método se adapta muito bem ao ensino introdutório de Astronomia, quer pela própria natureza da disciplina, que se presta a esse tipo de ensino, quer pelo despreparo do professor brasileiro para tratar desta matéria.

O presente audiovisual é destinado basicamente ao 2º grau, e tem duração de cerca de 30 minutos.

Seu objetivo é mostrar ao aluno os diversos níveis de organização do Universo (em sua escala astronômica) bem como as distintas dimensões características correspondentes. Seu conteúdo é o seguinte:

### 1) Escalas de distâncias

- Medidas das grandes distâncias

- Dimensões e organização do sistema solar
- 2) Métodos de determinação de distâncias
  - Método da paralaxe
  - Método das estrelas cefeidas
- 3) Forma da Galáxia
  - Aspectos observacionais
  - Os braços e o núcleo
  - Dimensões
- 4) As galáxias próximas
  - Determinação das distâncias
  - Aspecto das galáxias mais representativas
- 5) Tipos morfológicos
- 6) Distribuição das galáxias
  - O Sistema local
  - A organização dos aglomerados
  - As dimensões dos aglomerados de galáxias
- 7) Objetos compactos
  - Galáxias Seifert-Quasars
  - Energética dos objetos compactos
  - As distâncias e as idades
  - Aspectos evolutivos dos sistemas galácticos
- 8) Conclusão

Na medida do possível, a cada apresentação do audiovisual deve seguir-se uma discussão na sala de aula. Devido às características do tema, sua apresentação pode eventualmente ser feita de forma independente da rede escolar tradicional. Estão em preparação textos de apoio ao audiovisual.

## J<sub>2</sub> – ILUSÃO DE ÓTICA NO ENSINO DE FÍSICA IV

BORGES, José Carlos – Instituto de Física – UFRJ, COPPE-UFRJ

Este trabalho resume tentativas de se motivar estudantes de Física IV no aprendizado da ótica. Procuramos levar até os alunos os fenômenos de ilusão de ótica mais comuns, quer através de figuras distribuídas em sala, quer através de projeções de "slides". Nessas tentativas, introduzimos também o ensino das cores e os problemas de sua percepção. Intercaladamente é apresentada a teoria da visão chamando-se então a atenção para o fato de considerarmos "fantástico o primeiro contato com o inexplicável". Procuramos assim abrir um pouco mais a visão dos estudantes para o mundo que os cerca, aproveitando para fundamentar intuitivamente conceitos de relatividade. Em função dos bons resultados obtidos, propomos alterações no ensino da ótica em Física IV.

O ensino da Ótica em nossas universidades, é na sua maioria feito dentro do curso de Física IV, sendo o livro de Física dos autores Halliday-Resnick comumente adotado. A nosso ver os assuntos tratados na Ótica Geométrica, são uma repetição de assuntos que os estudantes já viram no secundário (ou cursinho) além de não levarem, pelo nível em que são tratados, a alguma aplicação realmente prática.

### ALTERAÇÕES PROPOSTAS

Propomos que se mantenha nesses cursos, apenas a discussão *conceitual* dos Princípios de Huygens e Fermat, introduzindo o ensino dos tópicos.

- Teoria das cores

- Percepção ótica (percepções humana e não humana)

o que achamos que pode ser feito de uma maneira bastante atrativa para o estudante, sob a forma de ilusões de ótica.

### RESULTADOS

Nos vários anos em que estes tópicos foram ministra-

dos em cursos do IF/UFRJ, pudemos observar um interesse dos alunos bem maior do que em relação ao resto da ementa do curso. Isto, por si só já justificaria sua inclusão.

Pudemos observar também, que as discussões surgidas das tentativas de decifrar as ilusões provocadas pelas figuras, levaram os estudantes a se interessar por fenômenos de relatividade (variações de espaço, tempo, massa) chegando mesmo algumas turmas a levantar problemas de metafísica (como universos paralelos) e a questionar conceitos básicos da Física (energia, velocidade). Algumas vezes os estudantes chegaram a se interessar por raciocínios de lógica (científica ou não) e nestas turmas foram aplicados alguns testes de enigmas (verbais ou matemáticos) tais como:

(a) Uma pessoa diz:

- "O que estou falando é falso"

A pessoa está mentindo ou não?

Estes testes embora sejam mais de raciocínio, podem ser adaptados para situações físicas.

## CONCLUSÕES

Dos resultados obtidos, cremos que esta alteração, além de motivar os estudantes para aquilo que a escola lhes fornece, lhes oferece também uma ferramenta não apenas para aceitar mais facilmente os novos conceitos da Física (a intuição se torna mais *malleável* e *experiente*) como também cremos que lhes possibilita compreender um pouco melhor o mundo que nos cerca. (Esta última observação se prende ao fato de serem nossos olhos, inegavelmente o maior fornecedor de informações para nosso cérebro).

## OBSERVAÇÕES

Neste trabalho não incluímos a parte de cores, por dificuldades de impressão → pelo mesmo motivo não incluímos também algumas figuras cujo efeito depende de gradações cinza (pretendemos incluí-las em um trabalho posterior).

Algumas das figuras são de nossa autoria, mas a maioria foi retirada da bibliografia fornecida.

Algumas figuras não possuem legenda, por serem auto explicativas, e pedimos excusas por termos introduzido outras com legenda na língua original do livro fonte.

- 1) *Partes de uma figura* - O objetivo deste teste de percepção é completar as partes que faltam para que surja uma figura familiar. Se a figura, a uma distância normal de leitura, parece enigmática, tente de novo a distâncias cada vez maiores.
- 2) *São nós ou não são nós?* - As figuras de A a F representam uma corda entrelaçada de várias formas, sendo que algumas são realmente nós, outras não. Imagine suas mãos puxando as duas pontas da corda e veja se consegue descobrir quais as figuras que são realmente nós.
- 3) *Qual círculo é maior?* - O furo interno do papelão em cima do copo, ou a base do copo? Devido ao seu formato cônico, a base B do copo parece ser maior do que o orifício A.
- 4) *Qual linha é maior AB ou CD?* - Como a figura de paredes convexas é maior do que a de paredes côncavas, AB parece ser maior que CD.
- 5) *Teste de astigmatismo* - O astigmatismo é em geral, causado pela deformação da córnea, que provoca a distorção da imagem, refratando a luz em maior grau num plano do que em outro - por exemplo, na vertical ou na horizontal. Feche um dos olhos e observe a figura. Caso você tenha astigmatismo, linhas em direções diferentes, terão nitidez diferentes.
- 6) *Formato da cartola* - As distâncias AC e BD (altura da cartola) parecem ser maiores do que EF (largura da cartola). A seção vertical, copa, corta a aba da cartola, reduzindo sua largura aparente. O que ajuda mais a dar essa ilusão de altura, é o maior tamanho da copa em comparação com a aba. (Para que a copa e a aba parecessem iguais, a aba deveria ser 25% mais larga que a do desenho).
- 7) *Qual linha é maior?* - A linha  $\overline{AB}$  parece ser maior do que a linha  $\overline{AC}$ , porque associamos intuitivamente à

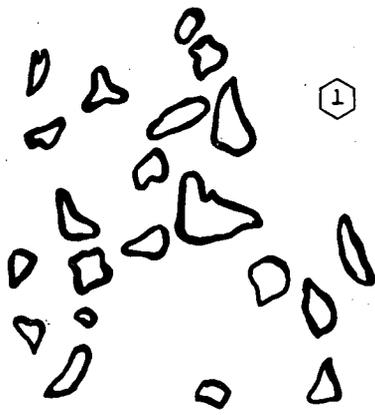
figura, uma percepção em perspectiva.

- 8) A coluna de linhas verticais A parece ser mais larga e mais baixa do que a pilha B de linhas horizontais, também devido à interpretação em perspectiva que damos às duas figuras. Além disto, somamos ao tamanho de cada figura, os espaços entre as linhas. É exatamente por esta razão que a figura 11 parece ser mais alta do que larga.
- 9) *Pato - Coelho* - Usado por Wittgenstein para demonstrar suas idéias sobre percepção. A probabilidade de vermos qualquer dos aspectos é praticamente quase igual, mas como toda figura ambígua, só é possível uma interpretação de cada vez. (Este mesmo efeito ocorre nas figuras *rosto-vaso, blocos de tijolos etc ...*).
- 10) *Ponto Cego* - Para ver o seu ponto cego, coloque a página a uns 20 cm. Cubra o olho esquerdo e focalize o direito no círculo com a cruz. Aproximando a página do seu rosto, haverá um momento em que o círculo negro desaparecerá (isso indica que sua imagem incidiu na pupila ótica, ponto onde o nervo ótico corta a retina).
- 11) Vide comentário em 8.
- 12) *Agulhas Móveis* - Colocando um olho (depois de fechar o outro) no ponto de intersecção das *prolongações* destas linhas, podemos ver uma série de agulhas fincadas no papel. Se movemos a figura de um lado para outro, as agulhas parecem balançar.
- 13) *Qual homem é maior?* - Respondemos imediatamente que o homem C é maior do que B, que por sua vez é maior do que A. Entretanto, os tres são do mesmo tamanho. Esta ilusão se deve ao fato das paredes e da calçada estarem desenhadas em perspectiva projetiva, e os homens não estarem desenhados em perspectiva.
- 14) A linha CD parece maior do que AB porque AB está perto de EF que realmente é muito maior.
- 15) *Triângulo Impossível* - Apesar deste triângulo poder ser desenhado, ele não pode existir e ser visto como um

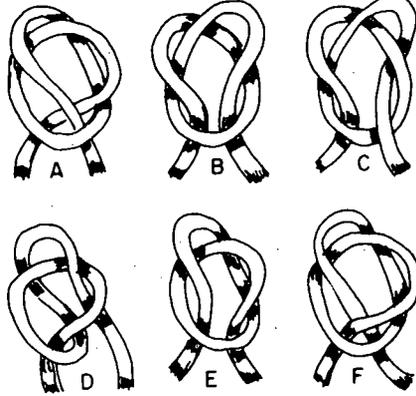
único objeto. A razão é ter nosso sistema de percepção de construir um mundo a três dimensões a partir de informação incompatível quanto à terceira dimensão.

- 16) *Ilusão de Ponzo* - A figura nos parece os trilhos e os dormentes de uma estrada de ferro. Desta forma, como vemos o mundo em perspectiva, achamos que as linhas horizontais (dormentes) são de tamanhos diferentes - na realidade elas são do mesmo tamanho.
- 17) *Cubo de Necker* - A linha traçada através do canto F do cubo, parece ser ligeiramente curva. Parecerá também, no mesmo sentido, quando visualizamos o cubo invertido em profundidade (ABCD seria a face em primeiro plano). Portanto a curvatura *aparente* não depende da profundidade aparente. Em alguns instantes, temos também a impressão que são duas linhas pertencentes às faces EFGH e FBCG (independente da profundidade associada). O pequeno círculo, da mesma forma, pode nos parecer tanto pertencendo à face EFGH, como à ABCD, como também podemos interpretá-lo como interno ou externo ao cubo.
- 18) Quem está mais próximo do leitor, as linhas  $\overline{AB}$  e  $\overline{CD}$  ou a linha  $\overline{FG}$ ? Normalmente associamos a esta figura, a imagem de um livro, que poderá estar aberto para nós ( $\overline{FG}$  estará mais longe) ou aberto contra nós ( $\overline{FG}$  estará mais perto).
- 19) *Ilusão de muller-Lyer* - A linha  $\overline{CD}$  parece maior do que  $\overline{AB}$  devido à posição divergente das setas nas suas extremidades. Poderíamos interpretar esta ilusão, se associarmos a  $\overline{AB}$ , a quina de duas paredes em uma esquina, e a  $\overline{CD}$  a quina de duas paredes de uma sala visualizada do seu interior. Assim, linhas com pontas divergentes (CD) estariam mais longe do que linhas com pontas convergentes, e nosso cérebro a elas *associaria* um tamanho maior quando as imagens chegassem aos nossos olhos com um mesmo tamanho.
- 20) As linhas x e y oblíquas às duas retas paralelas R e S parecem *não se* encontrar em A (ponto onde a oblíqua x encontra a paralela R) embora se encontrem.

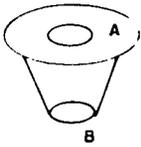
- 21) O comprimento das linhas horizontais na pilha A, parece ser maior do que o comprimento das linhas em B, e assim por diante. Isto acontece porque a distância entre os lados verticais de A. vai diminuindo de A para E. Como as linhas horizontais estão entre estes lados *verticais*, achamos que elas também vão diminuindo.
- 22) As distâncias *internas* entre A e B ou A e C, parecem maiores do que a distância *externa* B e C. (Isto acontece porque as distâncias externa e interna entre A e B são respectivamente maiores do que as entre B e C)..
- 23) *Letras? Não, só sombras* - Todavia vemos os objetivos que produziriam tais sombras. Olhemos com atenção: não existem letras em relevo para produzir as sombras, embora nós *vejamos* essas letras. (Talvez isto explique porque algumas pessoas vêem fantasmas, discos voadores etc).



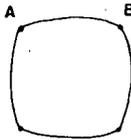
1



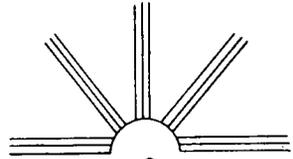
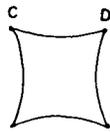
2



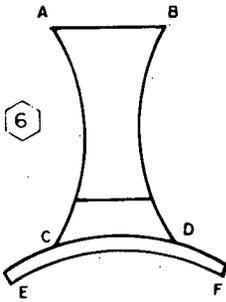
3



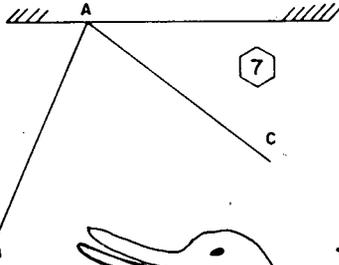
4



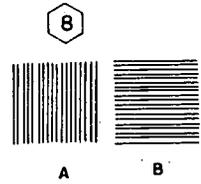
5



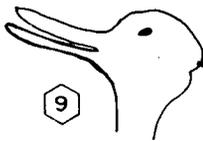
6



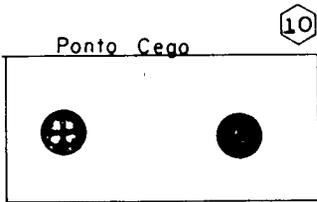
7



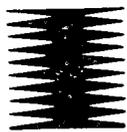
8



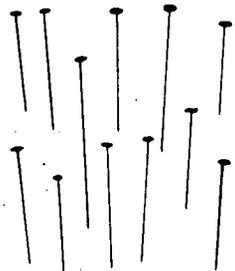
9



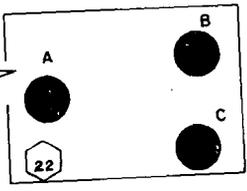
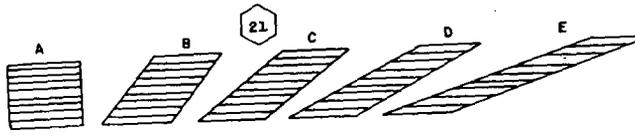
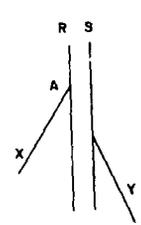
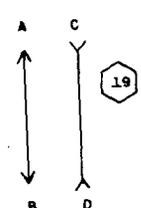
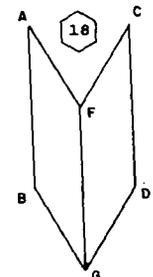
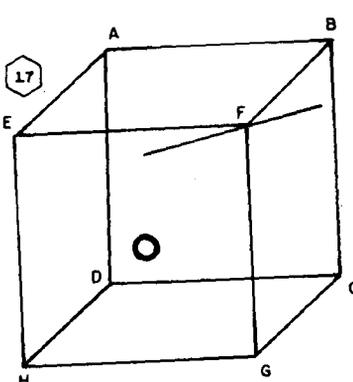
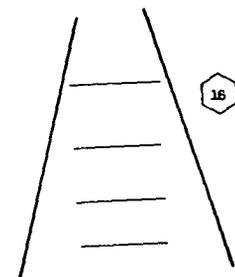
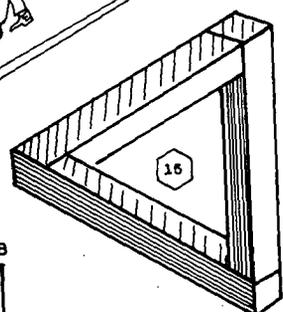
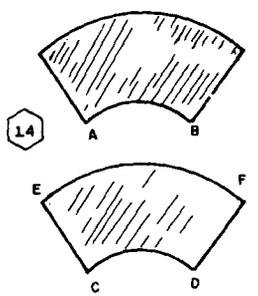
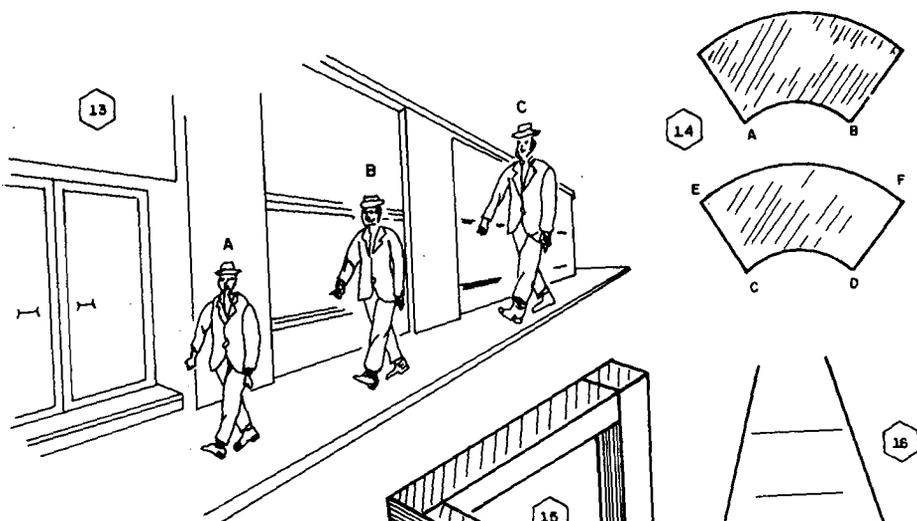
10



11



12



23  
**СОИЕРА**

### J<sub>3</sub> – AUDIOVISUAL SOBRE O CAMPO MAGNÉTICO

SANTOS, Carlos Alberto dos & ROCHA, João de Oliveira – Departamento de Física Teórica e Experimental – UFRN

Além da exibição do audiovisual, serão apresentados:

- Equipamento necessário
- Técnicas de produção
- Resultados de uma experiência montada para avaliar sua aplicação.

Este é o primeiro de uma série de audiovisuais para utilização num curso introdutório (1º semestre do ciclo básico). Como instrumento de motivação ele se prende aos aspectos gerais e aos fatos históricos.

As fotografias apresentadas são na grande maioria, experiências que serão realizadas também pelos alunos. A idéia aqui não é substituir as atividades de laboratório por uma passividade de audiovisual. O propósito aqui é utilizar um instrumento de motivação bastante eficaz para introduzir o assunto que será desenvolvido.

As experiências para verificação da eficiência educacional são muito limitadas, de modo que não se sabe exatamente a influência da música, da apresentação gráfica, do maior ou menor intervalo entre os slides, da narração, etc. Acreditamos que outros trabalhos dessa natureza venham elucidar essa questão.

Acredita-se que um audiovisual não deve conter muitas informações, e sua duração não deve exceder os 15 minutos. O audiovisual sobre o campo magnético tem uma duração de 10 minutos.

O trabalho de elaboração e execução foi bastante gratificante, e quando os alunos auxiliam, ele torna-se uma boa oportunidade para aprofundar o conteúdo teórico dos alunos.

O ensino médio apresenta-se também como uma oportunidade de utilização dos audiovisuais. Nesse caso, os futu-

ros professores poderiam iniciar suas atividades de elaboração e execução dos mesmos, durante um curso de Instrumentação para o ensino. E novamente surge a oportunidade de reciclagem quanto ao conteúdo dos licenciados.

A produção de um audiovisual envolve basicamente quatro etapas:

#### *Elaboração do Roteiro e do Texto*

A tarefa inicial consiste na escolha do assunto e o tipo de abordagem que se deseja. Em seguida parte-se para a elaboração de um texto adequado, ao mesmo tempo que se inicia o processo de fotografias e/ou experiências que serão fotografadas, bem como das músicas que servirão como fundo musical.

#### *Elaboração do Script*

Para facilitar o trabalho de quem irá gravar, é conveniente colocar o texto numa forma semelhante ao *script* utilizado na televisão.

#### *Obtenção das Fotografias*

#### *Gravação*

Talvez esta seja a parte mais delicada do processo, pois qualquer falha pode anular o trabalho. Normalmente se faz necessário inúmeras repetições devido a gravações inconvenientes. Esta é com certeza a etapa mais cansativa.

<i>SLIDES</i>	<i>Nº</i>	<i>Audio</i>
<i>Modelo</i>	<i>28</i>	... quando se aproxima um ímã desse material, a tendência dos ímãs microscópicos é se <i>alinharem</i> de um modo que os polos contrários fiquem o mais próximo possível ...

#### *Indução*

<i>Magnética</i>	<i>29</i>	... esse efeito é denominado <i>indução magnética</i> ...
------------------	-----------	---

*Música:* Música do sec. XVIII - FM4 -  
Anônimo

- Gravura 30 ... até início do século XIX, o estudo do magnetismo esteve restrito aos fenômenos observados com o uso de ímãs naturais e permanentes que acabamos de apresentar...
- Pilha de Volta 31 ... por outro lado, a eletricidade referia-se apenas às interações entre cargas elétricas fixas ... A invenção da *pilha* de volta em 1790 deu início ao estudo das correntes elétricas...
- Exp. de OERSTED 32 ... em 1819 o físico dinamarquês HANS CHRISTIAN OERSTED descobriu que uma *corrente* elétrica era capaz de *movimentar* uma agulha imantada ...
- Exp. de FARADAY 34 ... em 1831 MICHEL FARADAY descobriu que o movimento de um ímã se aproximando ou se afastando de uma bobina produzia uma *corrente* elétrica...

*Música:* CONCERTO Nº 1 - FM5  
(Tchaikowsky)

- Cargas em Movimento 36 ...portanto, o trabalho de OERSTED *demonstrou* que os efeitos magnéticos também podiam ser produzidos por cargas em movimento...

#### J<sub>4</sub> – ENSINO DE FÍSICA PELA TELEVISÃO

LUCENA, Liacir dos Santos; AZEVEDO, Juarez Pascoal de; FERREIRA, Eraldo Costa; SANTOS, Carlos Alberto dos & SAMPAIO, Ray Viana – Departamento de Física da UFRN – Natal

Uma experiência de ensino de Física através da televisão foi por nós realizada na Universidade Federal do Rio Grande do Norte, com a produção de programas educativos destinados aos vestibulandos e transmitidos pela TV UNIVERSITÁRIA de Natal nos meses de outubro e novembro de 1974.

A experiência revelou-se interessante pelos seguintes motivos:

- 1) Os programas tiveram grande audiência, despertando a atenção não só de estudantes, mas de diversos setores da população.
- 2) Os resultados foram satisfatórios, apesar de os recursos disponíveis terem sido modestos.
- 3) Todas as tarefas, incluindo a preparação dos scripts e a apresentação no vídeo, foram executadas por professores e alunos do Departamento de Física.
- 4) Algumas das técnicas desenvolvidas poderão ser aplicadas em outras atividades de ensino, como produção de filmes educativos, demonstrações experimentais e até mesmo nas aulas.

Em nosso trabalho discutimos todas as fases da experiência, desde a programação, elaboração dos scripts, preparação do material, interação com a equipe técnica da TV e demais passos até a gravação dos programas em vídeo-tape. São analisados os problemas e dificuldades surgidos bem como as soluções encontradas.

Usar a televisão como instrumento de ensino, para a maioria dos professores, parece algo inatingível, reservado apenas a grandes equipes de centros adiantados. E isto em parte é verdade, devido à complexidade das tarefas de pro-

dução dos programas educativos de televisão e dos recursos técnicos exigidos.

Por este motivo, quando, em 1974, a Pró-Reitoria de Extensão Universitária da UFRN nos pediu a preparação de programas da Física pela TV, para orientação aos vestibulandos, houve hesitação. Apesar de um de nós haver participado da experiência pioneira sobre ensino de Física pela televisão no Brasil, do Projeto Piloto da UNESCO<sup>1</sup>, julgávamos arriscada uma tentativa nesse sentido no Rio Grande do Norte, pelo fato de contarmos com escassos equipamentos e recursos materiais, além da natural falta de tempo para um trabalho extra.

A Pré-Reitoria, entretanto, colocou a coisa em termos de desafio ... E o desafio foi aceito.

## OBJETIVOS GERAIS

Logo de saída, decidimos que os programas deveriam se preocupar mais em orientar do que em ensinar aos estudantes. A televisão teria de ser usada como um meio auxiliar de ensino, para complementar o trabalho desenvolvido pelos estudantes. Os métodos usualmente utilizados pelos chamados *cursinhos*, no ensino de Física, provavelmente no objetivo principal de levar o estudante a obter apenas aprovação no vestibular, impunham certas deformações no processo da aprendizagem. Queríamos convencê-los de que a Física pode e deve ser aprendida mediante processos didático-pedagógicos tecnicamente corretos.

Em geral, face à carência de professores realmente capacitados, em conteúdo e em didática, para ministrarem Física no Curso Secundário, o aluno que se candidata ao vestibular tem sempre em mente que a Física está associada com um conjunto de cálculos, mais ou menos laboriosos, ou com a aplicação de fórmulas, que o estudante decora e só sabe aplicá-las com as mesmas letras e disposição que estudou. Também, como acontece com outras matérias, o estudo da Física elementar é encarado como ciência que é aprendida através das habilidades de alunos entendidos em *macetes*, que

cumprem ser apreendidos para que o aluno consiga seu alvo principal, que é passar de classe.

Pretendeu-se com os programas elaborados, mostrar que a Física é aprendida através da observação, da experiência, do bom senso, que o estudante médio, seja ele quem for, tem sempre dentro de si.

Assim é que se deu ênfase:

- a) às estruturas fundamentais da Física, suas Teorias e Leis Gerais, procurando-se redescobri-las através de fenômenos simples, usuais, evitando-se, assim, a instrumentação complicada dos laboratórios especializados.
- b) Ao encadeamento lógico que mantêm, entre si, as diferentes partes da Física.
- c) À resolução de problemas de Física a partir de situações simples, tiradas da vida real.
- d) Às ilustrações e experiências fáceis de laboratório, principalmente aquelas que possam ser realizadas com material improvisado, de modo a poder ser repetida, em casa, pelo aluno.
- e) À consulta a livros textos, de modo a habituar o aluno a manuseá-los. Cada programa foi seguido da apresentação da respectiva bibliografia de orientação.
- f) Ao procedimento da repetição, para maior fixação dos conceitos ensinados, e recapitulação, ao fim de cada programa.

#### TÉCNICAS DE APRESENTAÇÃO

Na apresentação foram obedecidas as seguintes técnicas:

- a) Evitar, tanto quanto possível, a *aula televisionada*.
- b) Tornar os programas agradáveis e bem humorados, com a utilização de charges e situações hilariantes.
- c) Evitar exposições do professor, substituindo-as por diálogos.
- d) Tornar o programa essencialmente visual, com as imagens falando por si mesmas.
- e) Usar linguagem coloquial

- f) Acompanhar o programa com um fundo musical.
- g) Introduzir bastante movimentação no programa com a realização de experiências ao vivo, experiências pré-filmadas, projeção de slides e de trechos de filmes.

### RECURSOS TÉCNICOS DISPONÍVEIS

A Televisão Universitária de Natal, Canal 5, dispunha das seguintes instalações e equipamentos, postos à nossa disposição, na medida do possível:

- a) Um estúdio com duas câmeras.
- b) Um aparelho de *video-tape*.
- c) Um projetor de filmes de 16mm e dois projetores de slides.
- d) Um laboratório fotográfico capaz de preparar filmes de 16mm e slides, embora em quantidade limitada.
- e) Um auxiliar-técnico, para a parte de desenho.

### DIFICULDADES

A grande dificuldade com que nos defrontamos, foi o pouco tempo disponível para gravação em *video-tape*. Podíamos dispor do estúdio apenas uma ou duas vezes por semana, durante um período de 3 horas. Por isso, as gravações foram com poucas interrupções e de modo apressado, desaparecendo, assim, a grande vantagem do *video-tape*, que é permitir a regravação, repetindo-se a cena tantas vezes quantas necessárias até atingir-se um nível de apresentação julgado perfeitamente aceitável.

Por outro lado, a equipe da TV: operadores, controlistas e técnicos, apesar da reconhecida boa vontade, nunca havia participado da produção de programas tão movimentados quanto os nossos, onde imagens partidas de várias fontes necessitavam de ser sincronizadas e coordenadas.

Finalmente, tivemos de lançar mão, como autores, de professores e alunos do Departamento de Física, sem a necessária experiência nos misteres da arte cênica.

### PROCEDIMENTOS PARA A SUPERAÇÃO DAS DIFICULDADES

A maneira encontrada para superar dificuldades foi:

- 1) Elaborar os *scripts* da forma mais completa possível e

com bastante clareza.

- 2) Preparar os cartazes, slides, filmes e materiais para experiências com cuidado, testando-os antes da utilização. Para exemplificar a importância deste procedimento, citamos apenas um fato: muitos slides tiveram de ser refeitos, pois, no teste na TV, não era produzida a parte da imagem próxima aos bordos.
- 3) Ensaiar, em separado, as experiências que teriam de ser realizadas ao vivo, verificando se elas são captadas com nitidez pelas câmaras.
- 4) Filmar, com antecedência, no laboratório, as experiências mais complicadas e que duvidávamos pudessem ser repetidas frente às câmeras.
- 5) Submeter os atores improvisados a intensos ensaios, de modo a conseguir a naturalidade dos diálogos.
- 6) Manter, durante a gravação, um professor de Física acompanhando o andamento do trabalho, junto à mesa de controle, para orientar o processo, observando o entrosamento entre a técnica e os procedimentos didático-pedagógicos.

### PREPARAÇÃO DOS SCRIPTS

O *script*, para um programa de televisão, deve conter todas as informações que os atores, operadores de câmeras, controlistas e técnicos precisam saber para a execução do programa. Se o *script* está feito, cada um sabe exatamente sua função, em cada instante, garantindo a sequência do programa e a sincronização das diversas operações.

Não é exagero afirmar que um bom *script* não assegura um bom programa, mas é meio caminho andado.

Em geral, o *script* de TV tem a forma mostrada abaixo, onde, na coluna intitulada VÍDEO, dizemos que imagem vai aparecer na tela, como deve aparecer e em que tempo. No outro lado, temos a parte de AUDIO, descrevendo os sons que o espectador deverá ouvir e a forma de obtê-los. Todos os diálogos, músicas e ruídos são aí citados.

### Formato dos *scripts*

VÍDEO	AUDIO

Uma inovação que introduzimos no *script* e facilitou muito a identificação de cada trecho do programa e um acompanhamento rápido, por parte de qualquer pessoa, foi a de colocar, na coluna de VÍDEO, uma cópia da figura contida em cada slide ou cartaz. Desse modo, evita-se a confusão causada quando os slides e cartazes são apenas numerados.

### RESULTADOS E CONCLUSÕES

- 1) Nossa experiência mostrou que é possível produzir programas de televisão educativos, mesmo sob condições pouco favoráveis como foram as que encontramos.
- 2) A nossa fórmula, de programa movimentado, com certa dose de humor, com diálogos e fugindo ao esquema das chamadas "aulas televisionadas", revelou-se motivadora, tanto para os vestibulandos como para todos os espectadores.
- 3) Estamos convencidos de que o verdadeiro papel da televisão no ensino é complementar o estudo regular feito nas escolas, para orientação de alunos.
- 4) Uma amostragem feita, em pequena escala, evidenciou que, no horário do Programa de Física, entre 21:30 e 22:00 horas, a TV Universitária tinha audiência superior a outra emissora comercial. Embora não possamos creditar todos os méritos aos nossos programas, pois, hoje em dia, tudo o que se relaciona com vestibular tem audiência garantida,

este resultado não deixa de ser significativo.

Outro indício da grande penetração foi que a Bibliografia recomendada nos programas passou a ser intensamente vendida nas livrarias da cidade, como foi o caso do livro da Beatriz Alvarenga. Também, os livretos do PEF, acabados de chegar a Natal, e, totalmente desconhecidos para o estudante, naquela época, tiveram seu estoque esgotado, após a recomendação que fizemos nos finais dos programas.

- 5) Um ponto interessante é chegarmos à conclusão de que algumas das técnicas desenvolvidas podem ser aplicadas perfeitamente a outras atividades relacionadas com ensino, em que se procure dar ênfase aos aspectos da comunicação.

Queremos, com a divulgação de nossa experiência, estimular outros Departamentos de Física de Universidades que possuam estação de TV a tentarem produzir programas sobre Física.

#### **ANEXO**

- a) Cópias de trechos de *scripts*
- b) Cópias de algumas das charges utilizadas.

#### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- 1) Guias dos Programas de Televisão - *Projeto Piloto da UNESCO Sobre o Ensino da Física* - São Paulo, 1964

Cartaz:

$$\frac{\text{Força elétrica}}{\text{Força gravitacional}} = 10^{36}$$

Continua cartaz no vídeo

Câmera focaliza Catarina

Cartaz:

FORÇAS CONHECIDAS  
DA NATUREZA

Cartaz:

ELETROMAGNÉTICAS  
GRAVITACIONAIS  
NUCLEARES  
FRACAS

Câmera focaliza Catarina

atração gravitacional entre dois prótons é aproximadamente dez elevado à potência trinta e seis, ou seja, 1 BILHÃO vezes 1 BILHÃO vezes 1 BILHÃO vezes 1 BILHÃO ... o produto de quatro fatores iguais a 1 BILHÃO..

MÚSICA

*CATARINA:* Existem outros tipos de forças na Natureza?

*PROFESSOR:* Sim, conhecemos atualmente na Natureza quatro tipos de forças:

:: ... forças eletromagnéticas.

... forças gravitacionais....

... forças nucleares ... e ...

... as forças chamadas forças fracas

*CATARINA:* E as forças de atrito, por que não foram incluídas?

*PROFESSOR:* As forças de atrito não constituem realmente um tipo diferente de forças. Elas são do tipo eletromagnético ...

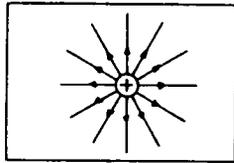
... Quando se tenta fazer deslizar um objeto sobre outro exercendo pressão, as partículas desses materiais ficam

*PROFESSOR:* Sim, é a mesma coisa.

*LÚCIA:* Podemos desenhar estas linhas no caso do campo elétrico?

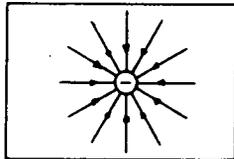
*PROFESSOR:* Sim: Basta que as linhas em cada ponto tangenciem o vetor campo elétrico. Por exemplo, as linhas de campo elétrico devido a uma carga isolada têm esta forma ...

Slide nº 30



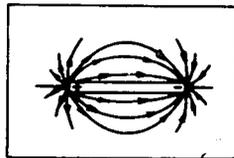
MÚSICA

Slide nº 31



... As linhas de campo elétrico correspondentes a duas cargas de mesmo módulo, sendo uma positiva e outra negativa têm esta forma...

Slide nº 32



MÚSICA

... Notem que esta figura é muito parecida com a do campo magnético de um ímã. Isto evidencia uma diferença fundamental que há entre um campo elétrico e um campo magnético. Num campo magnético, sempre temos linhas fechadas, pois os polos do ímã são inseparáveis. Se que-

brarmos um ímã, não ficaremos com dois polos separados. Obteremos dois ímãs menores, cada um com dois polos. Isto significa que não há MONOPOLOS MAGNÉTICOS, isto é, nunca podemos ter polos magnéticos isolados.

*LÚCIA* : Nem o Super-homem poderia isolar um polo de um ímã?

*PROFESSOR*: O Super-homem seria derrotado se tentasse tal coisa ...

Slide nº 33

(Charge)

MÚSICA

*TÍTULOS DAS CHARGES DO PROGRAMA DE TELEVISÃO*

- nº 1 - "Não há monopolos magnéticos" ou "A derrota do Super-Homem"
- nº 2 - "Ímã, o inimigo nº 1 das novelas"
- nº 3 - "Qual é a fórmula"
- nº 4 - "Uma questão de Física"
- nº 5 - "Os exageros do Mecanismo"
- nº 6 - "Ondas eletromagnéticas" ou "O transmissor de rádio de Cr\$1,00"





$$\vec{F} = m\vec{a} \quad u = u_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$$

$$E_c = \frac{1}{2} m v^2$$

$$E_p = mgh$$

$$p = mv$$

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

$$Q = mc\Delta\theta$$

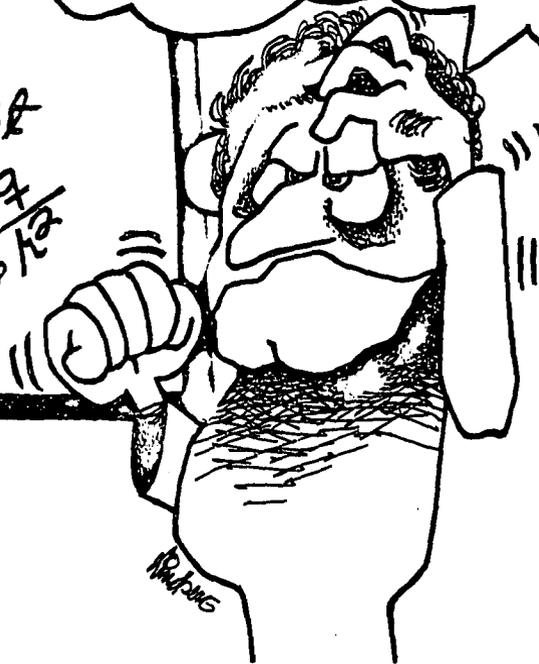
$$V = Ri$$

$$V = Ri^2 R$$

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2}$$

$h = 5000 \text{ m}; Fe = 1500 \text{ Kg}$   
 $T = -10^\circ \text{C}; v = 900 \text{ Km/h}$   
 $m = 10.000 \text{ Kg. DIABO!}$

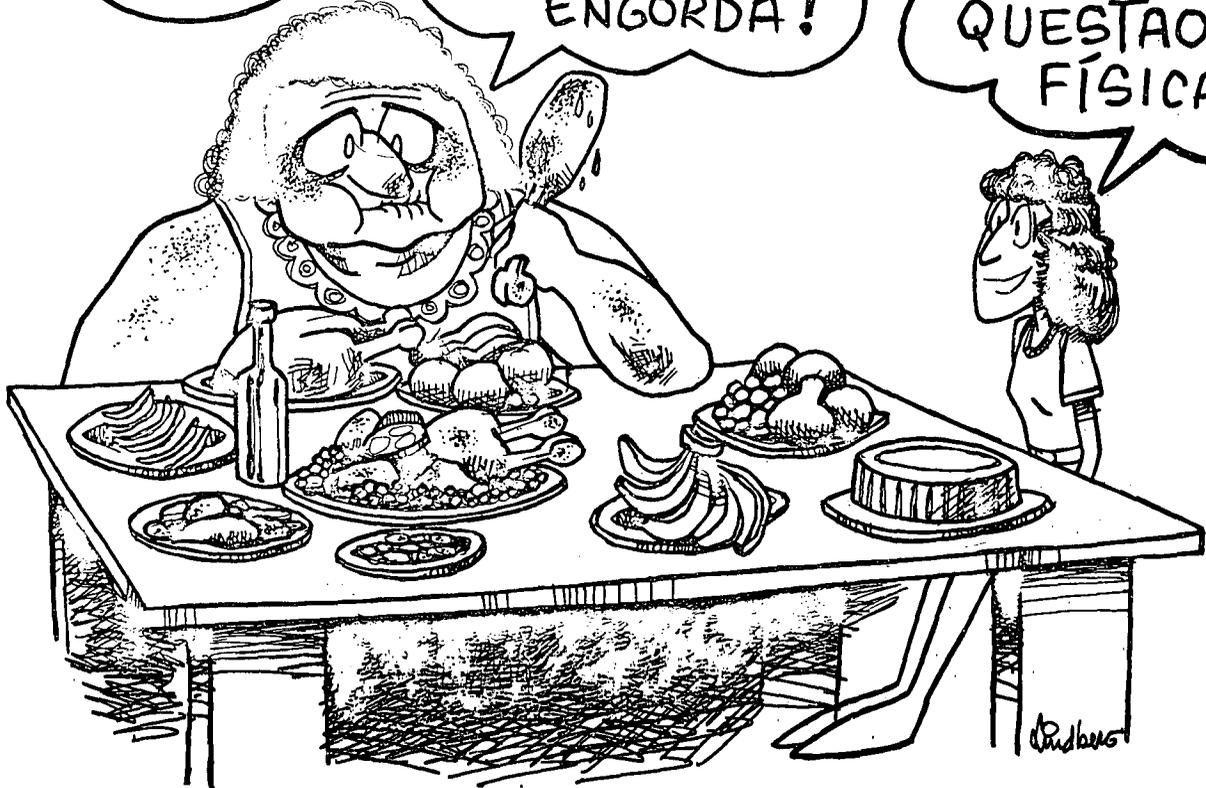
QUAL É A FÓRMULA?

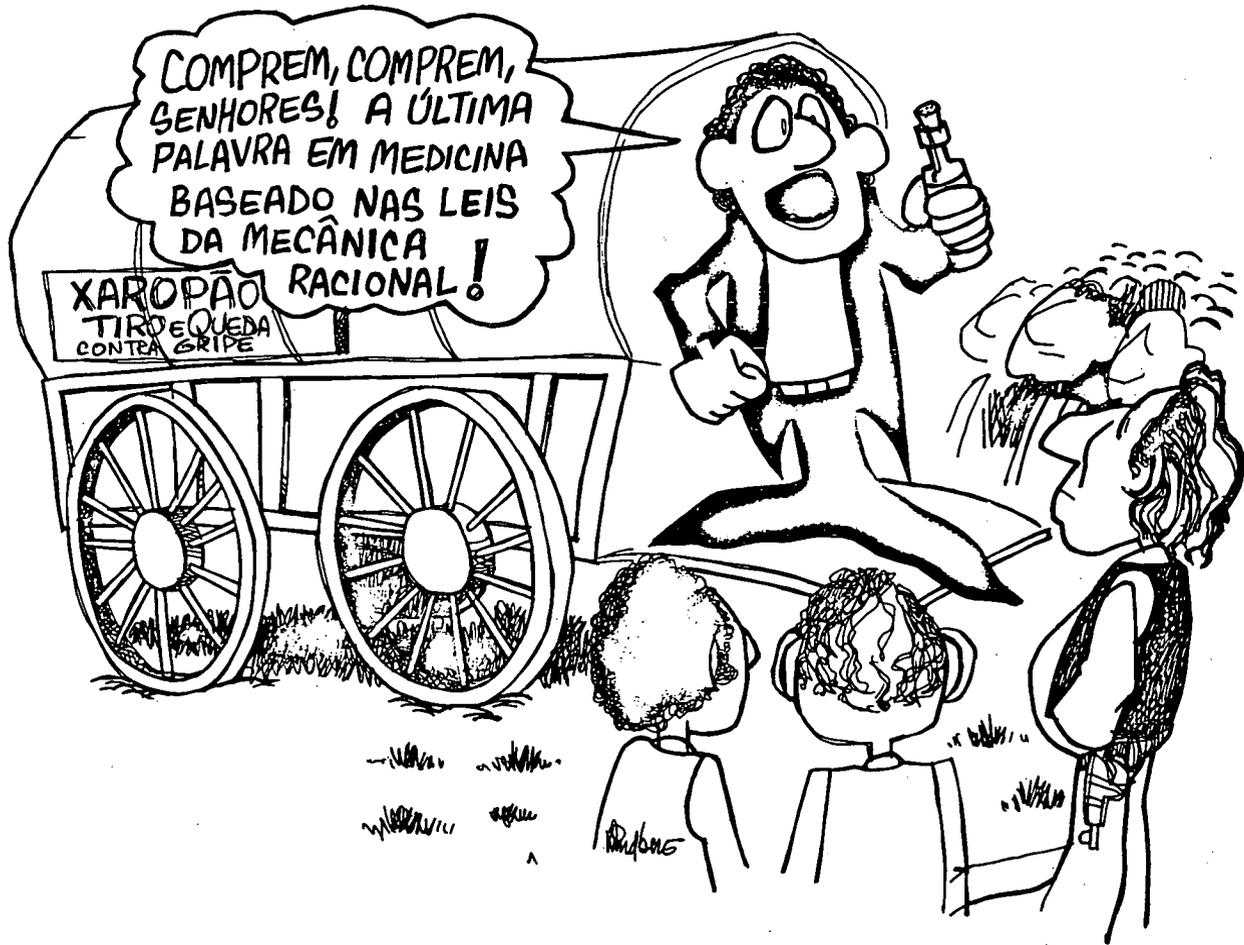


Robins

NÃO ENTENDO! O BEIJA-FLOR  
VIVE COMENDO E NÃO  
ENGORDA!

É  
UMA  
QUESTÃO DE  
FÍSICA!







**J<sub>5</sub> - UM CURSO DE FÍSICA PARA GEÓLOGOS-LEVANTAMENTO DE PARÂMETROS E PLANEJAMENTO DE PROGRAMA**  
MACEDO, Arlei Benedito<sup>1</sup>; MANIAKAS, Sergio<sup>2</sup>; LIMA, Paulo Alves de<sup>3</sup>; RIBEIRO, José Henrique M.<sup>3</sup>; BELLO, Rosa M. S.<sup>3</sup>

O curso de Física ministrado aos alunos de Geologia da Universidade de São Paulo tem-se revelado insatisfatório, em relação ao rendimento acadêmico e às atitudes dos alunos. O problema foi estudado por um grupo constituído de docentes de Física e Geologia e alunos de graduação e pós-graduação. Foram levantados os parâmetros condicionantes do curso: situação inicial dos alunos (em relação a conhecimentos básicos de Física e disciplinas necessárias para acompanhamento do curso), recursos disponíveis e necessidades dos alunos em relação à Física. As necessidades foram levantadas em relação aos tópicos de Física necessários para o acompanhamento de disciplinas profissionalizantes do curso de Geologia e para o desempenho profissional, através de questionários aplicados aos professores, geólogos formados e formandos e da análise da literatura especializada, bem como através da incorporação dos resultados de trabalho semelhante efetuado na FFCL de Rio Claro. A partir do levantamento destes parâmetros foi proposto um programa que visa fornecer aos futuros geólogos os conhecimentos mais necessários à sua vida profissional, levando em conta sua formação inicial e os recursos disponíveis no caso concreto do IFUSP.

O curso de Física ministrado aos alunos de Geologia da Universidade de São Paulo não tem conseguido alcançar um

---

1 IG/USP

2 FFCL - Rio Claro

3 IF/USP

rendimento acadêmico satisfatório, gerando alto índice de reprovação e atitudes negativas dos alunos em relação ao curso.

Para estudar o problema, constituiu-se uma equipe, composta por um professor do Instituto de Geociências, dois professores da Física, encarregados de cursos de geólogos no IFUSP e na FFCL de Rio Claro, um aluno de Graduação de Geologia e uma aluna do curso de Pós-Graduação em Geociências do IG/USP, licenciada em Física.

O estudo realizou-se nas seguintes etapas:

- a - levantamento das atitudes dos alunos em relação ao curso,
- b - levantamento das necessidades de Física para os geólogos, dos pontos-de-vista de formação básica, utilidade para acompanhamento de disciplinas no curso de Geologia e utilização prática.
- c - levantamento do comportamento de entrada dos alunos, principalmente no que se refere a conhecimentos básicos de Física, adquiridos no curso secundário.
- d - a partir dos dados fornecidos pelas etapas anteriores, estabelecimento de objetivos gerais e elaboração de uma sugestão de programa, exequível dentro do tempo reservado à disciplina.

## ATITUDES DOS ALUNOS

A pesquisa de atitudes dos alunos foi realizada junto a geólogos e formandos em Geologia. Preferimos esta abordagem a uma pesquisa direta junto aos alunos que cursavam Física este ano devido a que:

- suas respostas seriam mais objetivas e menos emocionais;
- seria possível saber quais dos tópicos seriam mais lembrados pelos estudantes após algum tempo;
- os geólogos poderiam contribuir para o conhecimento das necessidades de Física para os profissionais.

O questionário foi aplicado a 31 sujeitos, sendo 20 formandos e 11 formados entre os anos de 1968 e 1974. Dos sujeitos, 16 já tinham experiência de trabalho em Geologia.

O questionário mostrou um forte descontentamento dos geólogos com o curso que lhes tinha sido ministrado. Sendo-lhes perguntada a qualidade do curso, nenhum respondeu *ótimo*, 5 responderam *bom*, 12 *mau* e 14 *péssimo*. Na parte do questionário destinada a "Observações", os alunos registraram como pontos mais negativos do curso:

- os tópicos ministrados não foram considerados relevantes para o curso de Geologia (principalmente a grande ênfase em Mecânica),
- a maneira como o curso é ministrado, sem ligação com as aplicações geológicas, leva os alunos ao desinteresse e baixo rendimento,

No ítem "Tópicos tratados no curso", que se destinava a verificar de quais tópicos ministrados os alunos mais se lembravam, as respostas mais frequentes foram: Mecânica(31) Eletricidade (30) e Óptica (26).

#### NECESSIDADES DE FÍSICA PARA GEÓLOGOS

O levantamento das necessidades de Física para geólogos foi efetuado através de:

- questionários e entrevistas com professores dos cursos de Geologia do IG/USP e da FFCL de Rio Claro,
- pesquisas em livros-textos de Geologia e Geofísica,
- ítems inseridos no questionário de atitudes.

Os trabalhos realizados na FFCL de Rio Claro já foram relatados em Maniakas (1975). Eles levaram ao estabelecimento de um programa de Física para geólogos, já aplicado há 2 anos na FFCL de Rio Claro, com bons resultados acadêmicos e ótima receptividade por parte dos alunos.

Houve uma grande concordância entre as necessidades encontradas a partir da pesquisa em livros-textos, entrevistas com professores e o questionário, bem como concordância entre os tópicos apontados como úteis para a formação básica, para o acompanhamento de disciplinas profissionalizantes e para utilização prática profissional (TABELA 1).

Assim sendo, foram considerados como os tópicos de Física mais necessários para a formação dos geólogos os se-

guintes:

Mecânica ondulatória

Óptica

Eletricidade

Magnetismo

Gravitação

Radioatividade

Calor

A subdivisão destes tópicos e sua ordenação em programa serão apresentados posteriormente neste trabalho.

### COMPORTAMENTOS DE ENTRADA

A situação dos alunos em relação aos conhecimentos básicos de Física foi examinada analisando-se os resultados do exame vestibular de 1975, preparado pelo MAPOFEI. A distribuição de notas de Física dos alunos do curso de Geologia é mostrada pelo histograma da Figura 1.

As notas apresentadas são calculadas atribuindo até o máximo de 2 pontos para cada resposta correta, em 50 questões.

Além desta distribuição pudemos analisar a tabela (TABELA 2) das proporções dos alunos de geologia com nota 0, 1 e 2 para cada questão do exame de Física e as mesmas proporções para os 5.729 primeiros alunos (primeira lista de classificação) e os 14.928 alunos com nota superior a zero em todas as provas.

Como meio de comparar estes dados, calculamos um índice composto.

$$I = N_1 + 2N_2$$

sendo  $N_1$  e  $N_2$  as proporções dos alunos que receberam nota 1 e 2, respectivamente, em cada questão. Os índices para as questões respondidas pelos três grupos, foram lançados em histogramas (Figuras 2, 3 e 4), fornecendo-nos um meio de comparação (precário, mas único a nós disponível) entre os vestibulandos selecionados para a Geologia, os componentes da primeira lista e o total dos vestibulandos do MAPOFEI.

Embora estas comparações devam ser tomadas com reserva, face ao modo de cálculo, estes histogramas mostraram-nos uma ligeira superioridade nas proporções de acerto dos geólogos em relação aos componentes da primeira lista e uma grande superioridade em relação ao total dos vestibulandos.

Analisando as questões da prova, observamos:

- a - Há uma predominância de questões de Mecânica (22), seguidas de Eletricidade (8), Óptica (5), Hidrostática (6), Termologia (5), Medidas (2) e Acústica (2). Conforme pudemos observar em provas anteriores, esta é uma tendência constante nos vestibulares de Física.
- b - Há uma correspondência entre os resultados médios dos alunos e frequência das questões no vestibular, para cada tópico de Física, conforme observado na Tabela 3. Assim sendo, o desempenho dos alunos é melhor nas questões de Mecânica e Eletricidade, que nas referentes a outros tópicos de Física. Provavelmente isto se deve à maior ênfase dada na preparação dos candidatos nestes tópicos, motivada pela maior frequência de ocorrência nas questões dos vestibulares.

#### CONDICIONANTES DO PROGRAMA

Um esboço de programa para o ensino de Física para geólogos deve atender os parâmetros apontados acima, em resumo:

- necessidade de conhecimento, a nível de aplicação de princípios básicos de Mecânica Ondulatória, Óptica, Gravitação, Eletricidade, Magnetismo, Radioatividade e Calor.
- os tópicos deverão ser tratados com ênfase à aplicação em problemas geológicos concretos visando principalmente a motivação dos estudantes, tendo em vista o preconceito muito forte contra a disciplina. Este preconceito, mostrado claramente nas *Observações* do questionário e nos comentários dos alunos, julga os tópicos de Física ensinados no curso tradicional como *inúteis, não objetivos e não atendendo as necessidades dos geólogos*. Caberá aos professores encarregados da disciplina e quebra do pre-

- conceito, principalmente usando casos concretos que ilustrem a aplicação em Geologia.
- os conhecimentos básicos de Mecânica, já apresentados pelos estudantes no vestibular, são suficientes para o acompanhamento dos outros tópicos de Física e de outras disciplinas do curso de Geologia. Não são suficientes para aplicação, mas seu desenvolvimento até este nível tomaria um tempo muito grande, que pode ser melhor aplicado nos tópicos dos quais os geólogos têm mais necessidade e quase nenhum conhecimento. Assim sendo, não será reservada carga horária específica para Mecânica no programa, cabendo ao professor da disciplina testar os alunos sobre os conhecimentos relativos a cada tópico, quando eles se fizerem necessários e fornecendo-os quando se mostrarem deficientes. Este tipo de abordagem vem sendo levado a efeito no curso de Geologia da FFCL de Rio Claro, com bons resultados.

Tendo em vista estes condicionantes, consideramos como válidos os seguintes

#### **OBJETIVOS GERAIS**

1. Compreender os principais conceitos de Física relevantes para um geólogo.
2. Compreender as leis e princípios gerais da Física relevantes para um geólogo.
3. Fazer observações e medidas com instrumentos simples de laboratório, obtendo generalizações a partir dos dados.
4. Analisar e construir gráficos referentes a grandezas físicas utilizadas pela Geofísica.
5. Aplicar os princípios gerais da Física para a elaboração dos modelos que expliquem a ocorrência de anomalias na superfície terrestre.
6. Avaliar algumas implicações dos modelos geofísicos para fenômenos terrestres naturais.
7. Sintetizar os aspectos físicos fundamentais da Geofísica Aplicada.
8. Aplicar os princípios gerais da Física na Geofísica Apli-

cada.

9. Interpretar criticamente dados físicos relacionados com Geofísica Aplicada.

Para alcançar estes objetivos sugerimos o seguinte esboço de programa, dividido em três semestres, conforme a destinação de carga horária do novo currículo para o curso de Geologia:

1º Semestre: Mecânica Ondulatória, Óptica e Gravitação

2º Semestre: Eletricidade e Magnetismo

3º Semestre: Radioatividade e Calor

A subdivisão destes tópicos é sugerida abaixo. Evidentemente os professores encarregados deverão adaptar esta subdivisão às classes concretas que encontrarem. A subdivisão apresentada é uma adaptação da seguida durante o último ano no curso de Geologia da FFCL de Rio Claro.

#### **SUBDIVISÃO DOS TÓPICOS**

##### *Mecânica Ondulatória*

- Propriedades de ondas em uma dimensão
  - Dinâmica de um pulso
  - Ondas estacionárias
- Propriedades de ondas em duas dimensões
  - Velocidade, refração e profundidade
  - Ondas estacionárias
- As constantes elásticas
  - Ondas tridimensionais - comportamento
  - Ondas sísmicas: velocidade
  - Trajetórias
  - A estrutura da Terra
  - Oscilações livres da Terra (esfera)
- Ondas em oceanos - causas e efeitos
  - Espectro das ondas marítimas
  - Sonar

##### *Óptica*

- O modelo ondulatório e a luz
- O espectro eletromagnético

Polarização linear - aplicações em Microscopia Petrográfica

Dupla refração

Cristais - Difração de Bragg - aplicações em raios X

### *Gravitação*

- O movimento circular

Lei de Kepler

Lei de Newton

Campo gravitacional

Aplicação da Lei de Newton para grandes massas

Variações de gravitação com altitude e latitude

Gravidade no interior da Terra - Densidade

Anomalias gravimétricas e aplicação geológica

A forma da Terra

As marés

Pêndulo e gravímetro

### *Eletricidade*

- Campo elétrico

Linhas equipotenciais

Eletrodinâmica - principais conceitos

Medidas elétricas e equipamentos

Resistividade

### *Magnetismo*

- O campo magnético

Propriedades magnéticas dos materiais: polos, momento, intensidade, susceptibilidade, permeabilidade, magnetismo residual

Eletromagnetismo - princípios gerais

Variações locais do campo magnético - causas

Origem do campo magnético terrestre (hipóteses)

Reversão do campo magnético

### *Radioatividade*

- Princípios fundamentais

A estrutura nuclear

Radiações  $\alpha$ ,  $\beta$  e  $\gamma$ : Descrição e propriedades  
Detecção de radiação  
Lei de decaimento  
Séries de desintegração  
Equilíbrio radioativo  
Técnicas radiométricas de prospecção mineral  
A datação radiométrica - métodos  
Fontes de radiação  
Calor interno da Terra

#### *Calor*

- Condutividade térmica
- Leis da Termodinâmica
- Equilíbrio de fase - diagramas

Para o desenvolvimento do programa, e principalmente para sua montagem, nas primeiras aplicações, é necessário que seja dada aos professores autonomia na escolha de métodos, recursos e livros-textos, bem como na avaliação. É recomendável que os professores que ministram aulas aos geólogos sejam mantidos com estes alunos em turmas sucessivas, de modo a poderem aperfeiçoar o curso a partir da experiência.

O presente trabalho será apresentado às Comissões de Graduação do IG/USP e do IFUSP, como contribuição à reforma do currículo de Geologia.

#### **BIBLIOGRAFIA**

MANIAKAS, Sérgio - *Um curso de Física básica para geólogos* - Congresso da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, Belo Horizonte, MG, 1975.

**ANEXO 1**

**DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA GERAL – SETOR DE ENSINO BÁSICO**

**PROJETO: CURSO DE FÍSICA PARA GEÓLOGOS**

**QUESTIONÁRIO**

Ano de entrada no curso .....

Ano de formatura .....

Quantos semestres cursou de Física?.....

Tópicos tratados no curso .....

.....

.....

.....

Dos tópicos tratados no curso, quais você julgou necessário para o acompanhamento das disciplinas do curso de Geologia?

.....

.....

.....

Dos tópicos tratados no curso, quais você teve oportunidade de empregar diretamente na vida profissional? .....

.....

Área de trabalho: .....

Tipo de instituição: .....

Mesmo não empregando na vida profissional, quais tópicos de Física você julga necessários para o geólogo? .....

.....

Como você definiria a qualidade do curso de Física que lhe foi ministrado durante o curso de Geologia?

..... Ótimo

..... Bom

..... Mau

..... Pêssimo

**OBSERVAÇÕES:**

Questão	Aprovados para Geologia			Primeiros 5.759			Primeiros 14.928		
	...0...	...1...	...2...	...0...	...1...	...2...	...0...	...1...	...2...
1	16,0%	16,0%	68,0%	24,4%	24,3%	51,3%	50,2%	23,9%	25,9%
2	80,0%	6,0%	14,0%	85,3%	2,0%	12,7%	92,6%	1,2%	6,2%
3	80,0%	12,0%	8,0%	84,2%	8,7%	7,1%	91,9%	5,3%	2,8%
4	16,0%	4,0%	80,0%	20,1%	1,8%	78,1%	36,6%	1,6%	61,8%
5	74,0%	6,0%	20,0%	85,3%	3,5%	11,2%	93,7%	1,6%	4,7%
6	44,0%		56,0%	66,1%	1,4%	32,5%	80,9%	0,9%	18,2%
7	64,0%	10,0%	26,0%	73,5%	6,9%	19,6%	88,5%	3,1%	8,4%
8	58,0%	16,0%	26,0%	69,3%	12,2%	18,5%	85,3%	6,3%	8,4%
9	64,0%	16,0%	20,0%	78,0%	11,0%	11,0%	90,5%	5,0%	4,5%
10	28,0%	18,0%	54,0%	42,3%	16,0%	41,7%	69,7%	9,8%	20,5%
11	38,0%	38,0%	24,0%	60,6%	30,1%	9,3%	72,5%	22,6%	4,9%
12	18,0%	12,0%	70,0%	29,4%	11,9%	58,7%	60,5%	8,0%	31,5%
13	52,0%	34,0%	14,0%	68,4%	24,8%	6,8%	85,4%	11,7%	2,9%
14	50,0%	22,0%	28,0%	71,6%	13,9%	14,5%	87,2%	6,3%	6,5%
15	20,0%	8,0%	72,0%	17,2%	9,3%	73,5%	49,6%	7,5%	42,9%
16	74,0%	10,0%	16,0%	81,8%	5,4%	12,8%	91,4%	3,1%	5,5%
17	8,0%	16,0%	76,0%	19,2%	14,5%	66,3%	54,7%	12,2%	33,1%
18	70,0%	14,0%	16,0%	82,8%	7,0%	10,2%	92,8%	3,0%	4,2%
19	44,0%	2,0%	54,0%	58,2%	2,4%	39,4%	79,6%	1,3%	19,1%
20	4,0%	2,0%	94,0%	17,1%	4,0%	78,9%	49,2%	3,3%	47,5%
21	64,0%	24,0%	12,0%	58,1%	24,8%	17,1%	79,6%	12,9%	7,5%
22	76,0%	8,0%	16,0%	83,9%	6,1%	10,0%	93,3%	2,7%	4,0%
23	42,0%	32,0%	26,0%	66,4%	18,4%	15,2%	84,6%	8,9%	6,5%
24	18,0%	46,0%	36,0%	32,7%	39,4%	27,9%	50,7%	35,9%	13,4%

25	86,0%	4,0%	10,0%	89,3%	5,1%	5,6%	93,5%	3,6%	2,9%
26	44,0%		56,0%	58,9%		41,1%	78,9%		21,1%
27	84,0%	16,0%		89,6%	9,0%	1,4%	94,6%	4,8%	0,6%
28	4,0%	16,0%	80,0%	5,9%	19,7%	74,4%	30,0%	21,8%	48,2%
29	2,0%	42,0%	56,0%	10,3%	42,0%	47,7%	34,6%	37,0%	28,4%
30	56,0%	14,0%	30,0%	71,4%	2,8%	25,8%	84,3%	1,6%	14,1%
31	82,0%	16,0%	2,0%	92,2%	5,8%	2,0%	97,0%	2,3%	0,7%
32	70,0%	30,0%		74,4%	25,0%	0,6%	86,9%	12,9%	0,2%
33	76,0%	2,0%	22,0%	88,7%	0,9%	10,4%	95,3%	0,4%	4,3%
34	70,0%	6,0%	24,0%	82,5%	2,6%	14,9%	92,3%	1,4%	6,3%
35	50,0%	14,0%	36,0%	63,4%	6,4%	30,2%	84,2%	3,0%	12,8%
36	58,0%	22,0%	20,0%	60,3%	18,8%	20,9%	81,4%	9,4%	9,2%
37	16,0%	48,0%	36,0%	32,9%	35,0%	32,1%	58,2%	25,6%	16,2%
38	48,0%	22,0%	30,0%	49,1%	14,8%	36,1%	75,5%	8,1%	16,4%
39	90,0%	2,0%	8,0%	90,9%	2,4%	6,7%	96,3%	1,0%	2,7%
40	90,0%	10,0%		94,3%	2,8%	2,9%	97,8%	1,1%	1,1%
41	14,0%	8,0%	78,0%	24,6%	3,3%	72,1%	40,8%	4,4%	54,8%
42	88,0%		12,0%	83,6%	2,2%	14,2%	92,0%	1,9%	6,1%
43	60,0%	6,0%	34,0%	64,1%	8,4%	27,4%	83,9%	4,4%	11,7%
44	56,0%	2,0%	42,0%	70,0%	1,7%	28,3%	84,8%	1,0%	14,2%
45	26,0%	8,0%	66,0%	21,6%	6,1%	72,3%	45,7%	7,9%	46,4%
46	54,0%	34,0%	12,0%	61,0%	27,9%	11,1%	79,8%	14,7%	5,5%
47	86,0%	2,0%	12,0%	89,0%	4,4%	6,5%	93,4%	3,4%	3,2%
48	80,0%	16,0%	4,0%	80,4%	17,1%	2,5%	88,8%	10,1%	1,1%
49	52,0%	2,0%	46,0%	70,3%	1,8%	27,9%	86,3%	0,9%	12,8%
50	14,0%	18,0%	68,0%	9,5%	15,2%	75,3%	36,2%	15,7%	48,1%
			50			5759			14928

TABELA 2: Estatística de notas no exame de Física do MAPOFEI, 1975.

Tópicos	Necessários para acompanhamento de disciplinas	Utilizados na prática	necessários para formação básica
Óptica	11	2	12
Elettricidade	11	6	12
Mecânica	4	2	2
Magnetismo	4	1	7
Radioatividade	1	1	1
Calor	1	1	2

TABELA 1: Tópicos de Física com maior frequência de respostas, para as diversas categorias do questionário de atitudes.

Tópicos	Número de Questões	Média
Elettricidade	5	100,4
Eletromagnetismo	3	57,3
Mecânica	21	108,2
Termologia	5	62,8
Hidrostática	6	61,7
Óptica	5	33,6
Acústica	2	103,0
Medidas	2	30,0
<b>MÉDIA GERAL</b>		<b>83,4</b>

TABELA 3: Divisão de questões e média de índice I, por tópico de Física, para alunos aprovados no vestibular de Geologia em 1975.

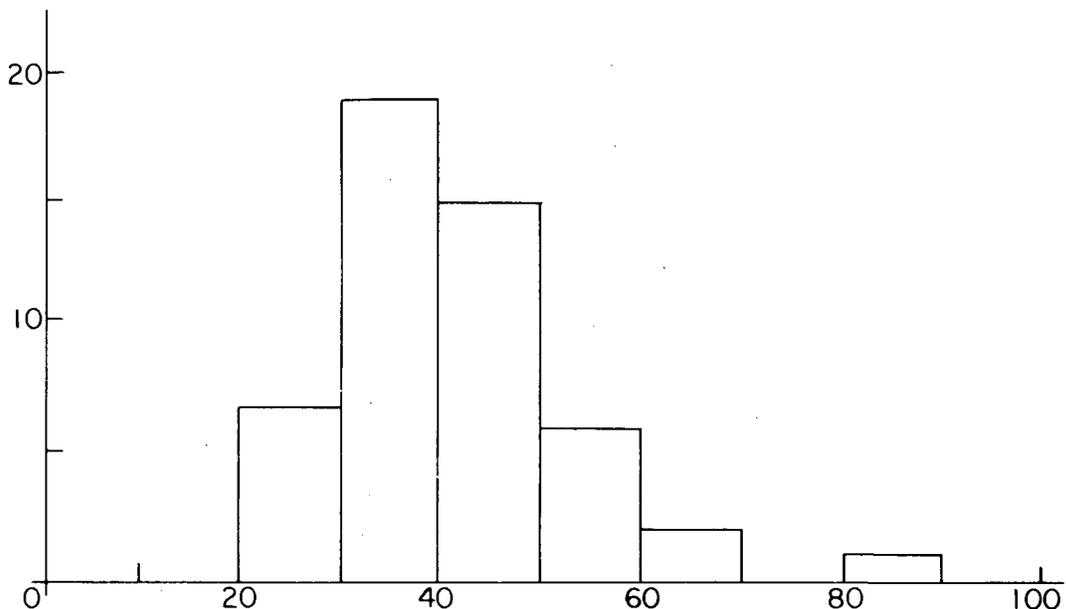


Fig. 1 : Histograma de notas brutas na prova de Física do MAPOFEI de 1975, para os alunos selecionados para Geologia.

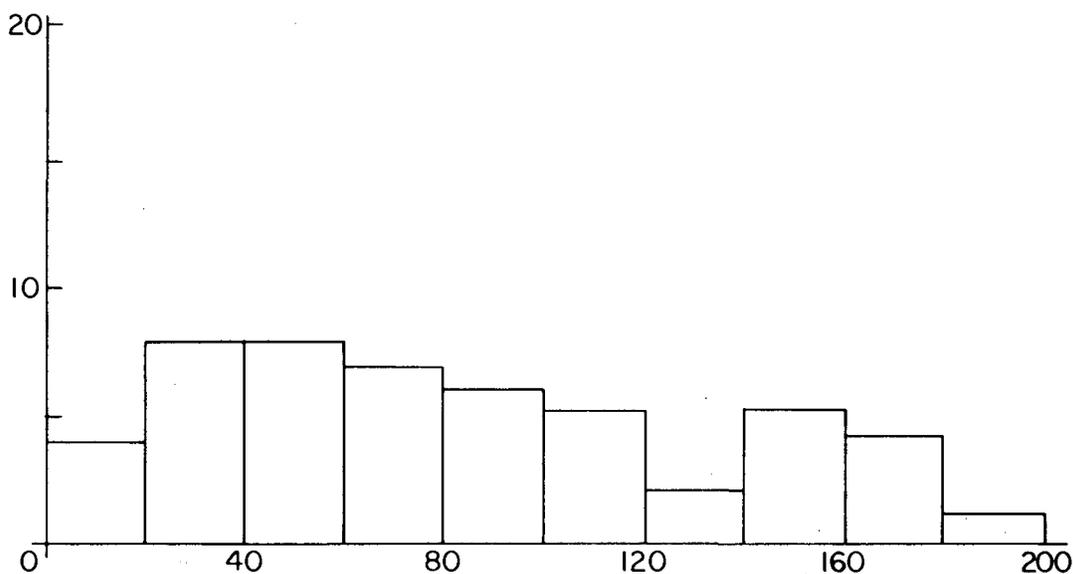


Fig. 2 : Histograma de distribuição do índice I, para os alunos selecionados para Geologia no MAPOFEI, nas 50 questões da prova de Física.

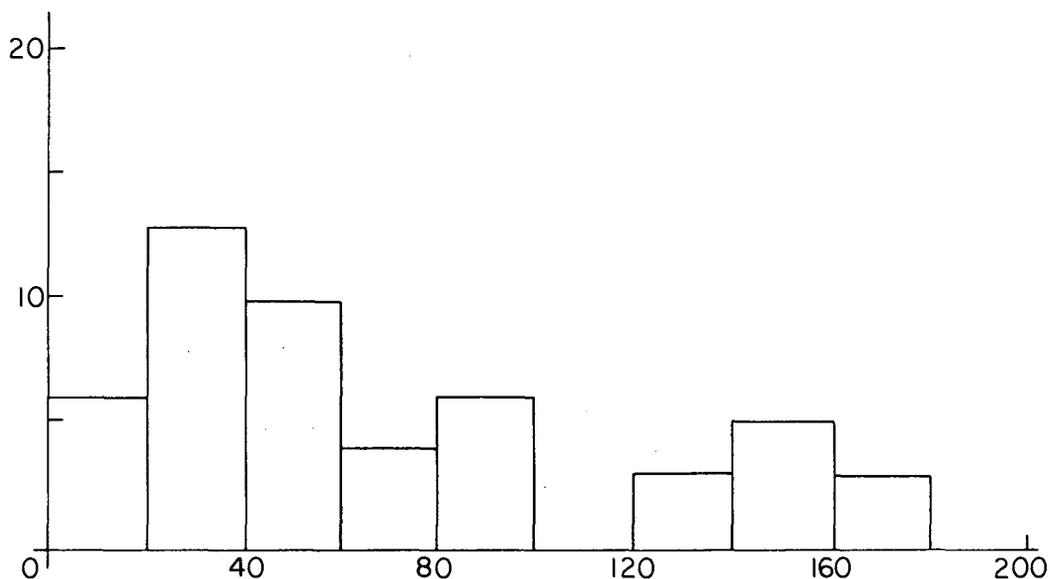


Fig. 3: Histograma de distribuição do índice I, para os 5.759 primeiros alunos do MAPOFEI, nas 50 questões da prova de Física.

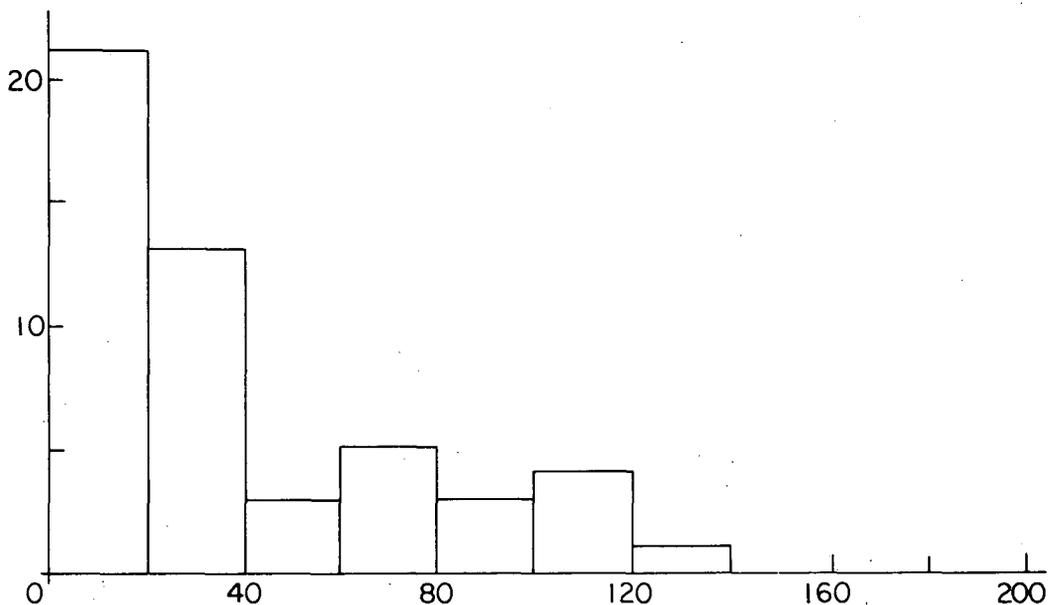


Fig. 4: Histograma de distribuição do índice I, para os alunos com todas as notas acima de zero (14.928) no MAPOFEI, nas 50 questões da prova de Física.

## J<sub>6</sub> — FORMAÇÃO DE PESSOAL E ESTUDOS RADIOECOLÓGICOS PARA O PROGRAMA NUCLEAR BRASILEIRO

PASCHOA, Anselmo Salles — Departamento de Física — PUC/Rio de Janeiro

A importância de considerações de ordem ecológica desde o início de um programa nuclear para a produção de energia elétrica é comentada. As motivações que levaram a Radioecologia vir a ser reconhecida como parte de um campo científico interdisciplinar são discutidas de modo sucinto. As recomendações do relatório B.E.I.R. (1972) são examinadas no que dizem respeito à sua influência em estudos radioecológicos. As questões a serem levantadas e, tanto quanto possível, respondidas por estudos radioecológicos são arroladas para efeito de discussão. As recomendações da Agência de Proteção ao Meio-Ambiente dos Estados Unidos (E.P.A., 1972) para estudos radioecológicos nas fases pré-operacional e operacional de usinas nucleares são parafraseadas a título de ilustração, para a discussão sobre a necessidade de formação de pessoal adequado para um programa radioecológico brasileiro. Um currículo é apresentado como base de discussão sobre a formação de equipe (s) interdisciplinar (es) para a realização de estudos radioecológicos associados ao programa nuclear brasileiro. O mecanismo de composição da (s)equipe(s) para estudos radioecológicos no Brasil é abordado, tendo em vista a importância da credibilidade do trabalho junto à comunidade científica brasileira e à opinião pública em geral.

### REFERÊNCIAS

B.E.I.R - 1972 - *"The effects on Populations of Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation"*. Report of the Advisory Committee on the Biological Effects of Ionizing Radiations, National Academy of

Sciences - National Research Council, 1 - 217.  
E.P.A. - 1972- U.S. Environmental Protection Agency, Office of Radiation Programs, "Environmental Radioactivity Surveillance Guide," Report Report ORP/SID 72-2, June 1972.

Considerações de ordem ecológica são importantes desde a fase inicial de planejamento de qualquer programa para a produção de energia. Em particular, especialistas em Ecologia deveriam ser convocados para assessorar tecnicamente outros cientistas, engenheiros, legisladores e autoridades responsáveis pelo planejamento e implantação de um programa nuclear para a produção de energia elétrica, bem como para esclarecer o público em geral. No Brasil, entre outros obstáculos para a consulta prévia a especialistas em Ecologia, arrola-se a dificuldade de serem encontradas pessoas com formação adequada e conhecimentos de Ecologia que sejam relevantes para um programa nuclear e, que estejam disponíveis para consulta.

Este trabalho tem como objetivo principal delinear alguns aspectos a serem considerados na formação de especialistas em Radioecologia\* que possam contribuir a curto e longo prazo para a implementação do programa nuclear brasileiro, no que diz respeito à proteção ao meio-ambiente. Para que a tarefa de formar especialistas em Radioecologia no Brasil tenha sentido, é necessário que aceitemos o fato de que é nossa a responsabilidade de proteger o meio-ambiente nas cercanias de instalações nucleares existentes, ou por existir. Tal responsabilidade não pode ser delegada a estrangeiros, porque a motivação natural para a preservação do meio-ambiente é, obviamente de quem está obrigado a nele viver de modo permanente e dele depender para a própria sobrevivência.

---

\*O termo *Radioecologia* passou a ser usado quase simultaneamente, em 1956, nos Estados Unidos e na União Soviética - (Krumholz, 1956), (Peredl'skiy, 1962), para denotar estudos referentes a atmosfera, água, fauna e flora contaminadas com substâncias radioativas originadas em operações industriais e militares.

## CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE RADIOECOLOGIA

Partindo de estudos acumulados até a década de 60, a Comissão Internacional de Proteção Radiológica, I.C.R.P., recomendou limites máximos, ocupacionais e não-ocupacionais, para a concentração de radionuclídeos naturais e artificiais permissíveis na água e no ar (I.C.R.P., 1959, 1966a, 1966b). As recomendações do I.C.R.P. correspondiam ao consenso alcançado por um grupo internacional de cientistas, tendo como base a aceitação das relações desses versus resposta apresentadas nos relatórios científicos das Nações Unidas (U.N.S.C.E.A.R, 1958, 1962, 1964, 1966). As razões históricas que inspiraram as recomendações da I.C.R.P. podem ser revistas em Morgan (1967), por exemplo, que afirma ser o objetivo do estabelecimento das concentrações máximas permissíveis, C.P.M., o de "evitar toda e qualquer exposição desnecessária à radiação e aceitar exposição à radiação quando - e somente quando - os benefícios esperados de tal exposição excederem as prováveis consequências danosas provenientes desta exposição à radiação". Até recentemente era aceito de modo passivo que as prováveis consequências danosas provenientes da exposição à radiação, a que se referiu Morgan, seriam pequenas em comparação com outros riscos, ocupacionais e não-ocupacionais, inerentes à vida humana. Contudo, desde a implantação definitiva da indústria nuclear para a geração de energia elétrica, esta comparação tem sido (e, provavelmente, continuará a ser nos próximos anos) objeto de discussão com pontos de vista conflitantes.

Reconhecemos que foge aos objetivos promordiais deste trabalho abordar aqui os diversos aspectos da discussão sobre a relação entre C.P.M. e efeitos da radiação ionizantes sobre seres humanos. Entretanto, é importante entender que as doses máximas permissíveis, D.P.M., para seres humanos (corpo inteiro e órgãos críticos) que deram origem às C.P.M. no ar e na água, não implicam em segurança absoluta contra os efeitos da radiação.

Deve-se ter em mente que existe um mecanismo de repa-

ro para células do corpo danificadas pela radiação, mas também existe uma mudança residual no corpo que, com o tempo, pode manifestar-se sob forma de dano produzido pela radiação, tal como o câncer. Também não pode ser ignorado que existem dificuldades na interpretação dos efeitos da radiação ionizante ao nível celular e que, segundo alguns autores (vide Cole e Nowell, 1965 - por exemplo), "a radiação não deve ser considerada a causa única para o aparecimento de um câncer, uma vez que o câncer é, provavelmente, originado por uma série múltipla de eventos causais, incluindo talvez mutações pré-zigóticas (herdadas) de aberrações cromossômicas acionadas por mecanismos de disparo tais como vírus, bactérias, agentes químicos, etc..."

Hoje existe disputa quanto ao modelo de curva, dose versus resposta, que deve ser utilizado para cálculo de riscos inerentes às radiações ionizantes no que diz respeito a produção de câncer. Trata-se, essencialmente, de escolher entre um modelo linear que passa pela origem e, um modelo sigmóide que apresenta um limiar inferior, abaixo do qual nenhum efeito seria observado. Admite-se em geral que o modelo linear seja o mais conservador, porém Morgan (1973) mostrou que isto não é necessariamente verdade.

É importante pois, que acima das disputas sobre os modelos de curvas de dose versus resposta, os regulamentos a serem seguidos pela indústria nuclear assegurem que os riscos provenientes da exposição à radiação sejam mantidos tão baixos quanto possível. Sobretudo, entendemos não ser ético que para justificar riscos desnecessários, compare-se riscos normalmente aceitos, voluntariamente ou não, pela sociedade, com riscos associados à exposição à radiação.

O relatório B.E.I.R. (1972) estimou os riscos de morte associados a irradiação da população dos Estados Unidos, a razão de 170 mrem/ano e sugeriu que tais riscos poderiam ser considerados desprezíveis quando comparados aos riscos de morte devido a todas as outras causas. Contudo deve ser enfatizado que nenhum risco, ainda que pequeno, tem de ser aceito caso possa ser evitado, mesmo quando se sabe que os

riscos aos quais está sujeita a população americana (1 morto em 100, para a população média; e 1 morto em 46 para menores de 1 ano de idade, por exemplo) são obviamente menores que os riscos a que está submetida a população brasileira.

Populações de regiões do Brasil e da Índia que vivem expostas a baixos níveis de radiação, porém acima de 170 mrem/ano, tem sido estudados em busca de efeitos deletérios que possam ser imputados à radiação. A tarefa de estimar riscos e detectar efeitos estatisticamente significantes em populações com pobres registros médicos, constitui porém um exercício que continua a desafiar a engenhosidade dos epidemiologistas.

As recomendações do relatório B.E.I.R. não podem ser aplicadas indiscriminadamente ao caso brasileiro. Em particular, não tem qualquer fundamento aplicar aqui estimativas de análises de riscos versus benefícios e eficiência de custos baseados em conceitos que perdem a significação, se é que a tem, ao mudarem de fronteira. Por outro lado, deve-se reconhecer que algumas recomendações do relatório B.E.I.R. são válidas de um modo mais geral. Assim, por exemplo, deve ser observado que o relatório mencionado chama a atenção para o fato de que existem razões ponderáveis que recomendam o fomento a estudos ecológicos. Os métodos e conclusões alcançados em estudos ecológicos e radioecológicos podem ser generalizados dentro de determinadas circunstâncias, apesar da validade acentuadamente local desses estudos.

As questões a serem levantadas e, tanto quanto possível, respondidas por estudos radioecológicos são essencialmente as mesmas, independentes do país onde tais são efetuadas. No quadro 1 estão enunciadas, de forma sucinta, as questões que consideramos pertinentes a estudos de Radioecologia. Os estudos de radioatividade no meio-ambiente começaram com a descoberta do fenômeno da radioatividade no final do século XIX, entretanto, as questões básicas a serem respondidas para que se começasse a entender os problemas ecológicos ligados a produção de energia elétrica via

nuclear só começaram a ser levantadas de modo sistemático a partir de 1961 (Wolfe, 1963).

Deve ser observado que os resíduos de baixa atividade provenientes da indústria nuclear para a geração de energia elétrica são descarregados de maneira intermitente no meio ambiente, em concentrações em geral bem abaixo das C.P.M. ( $< C.P.M./30$ ). O meio-ambiente serviria assim como um diluidor adicional dos resíduos eliminados. Contudo, não pode ser desprezada a possibilidade de reconcentração de radio-nuclídeos em algum ponto da cadeia a ser seguida no meio-ambiente e ocorrer aí uma interação com seres humanos. Assim, para que o impacto ecológico de um programa nuclear sobre o meio-ambiente e sobre os seres que nele vivem seja adequadamente avaliado é necessário um levantamento cuidadoso das condições radioecológicas nas cercanias das instalações nucleares desde a fase pré-operacional.

No quadro 2 estão parafraseadas, a título de ilustração, as recomendações da Agência de Proteção ao Meio-Ambiente dos Estados Unidos (E.P.A., 1972) para programas radioecológicos nas fases pré-operacional e operacional de usinas nucleares. As recomendações da E.P.A. podem ser encaradas como um ponto de partida para a formulação de um programa de estudos radioecológicos com vistas ao programa nuclear brasileiro.

#### **FORMAÇÃO DE PESSOAL PARA ESTUDOS RADIOECOLÓGICOS NO BRASIL**

É premente a necessidade de criação de um programa brasileiro de estudos radioecológicos, tendo em vista a rápida implementação do acordo nuclear Brasil-Alemanha prevista para os próximos anos. Entretanto, é fato bastante conhecido que existe, no país, escassez de pessoas com a formação adequada para levar adiante os estudos radioecológicos necessários.

A formação adequada para a realização de estudos radioecológicos associados ao programa nuclear, deveria incluir, entre outras, as seguintes disciplinas: Ecologia; Biologia; Oceanografia; Meteorologia; Geologia; Análise e

Modelagem de Sistemas; Dosimetria; Engenharia Nuclear; Física e Química. Assim, uma solução viável (a partir de nosso ponto de vista) seria a constituição de pelo menos uma equipe constituída de pessoas com formações diversas que estivessem dispostas a trabalhar no programa brasileiro de Radioecologia. A formação complementar dos integrantes da equipe seria obtida em centros bem equipados que estivessem em condições de contribuir em uma ou mais áreas essenciais para o desenvolvimento de estudos radioecológicos. Simultaneamente à complementação de sua formação, os integrantes da equipe participariam de trabalhos em seus respectivos campos de ação.

O quadro 3 apresenta um currículo-base para a discussão sobre a viabilidade de formação de pelo menos uma equipe interdisciplinar para estudos radioecológicos. Entretanto, parece-nos que, exceção feita talvez às duas maiores universidades do país, não é exequível reunir numa só instituição educacional um grupo interdisciplinar capaz de formar adequadamente o pessoal necessário para estudos em Radioecologia. Assim sendo, para a efetivação da solução por nós sugerida, seria necessário alto grau de cooperação entre as instituições de ensino e pesquisa em condições de contribuir com pessoal e/ou material para estudos em Radioecologia.

#### **CREDIBILIDADE DE ESTUDOS RADIOECOLÓGICOS**

Estudos de Radioecologia devem inspirar confiança não só àquelas pessoas diretamente relacionadas com tais estudos radioecológicos, como também à comunidade científica e ao público em geral. Sem essa confiança assegurada, os estudos radioecológicos teriam sua validade posta em dúvida e dificilmente, seriam economicamente justificáveis. O quadro 4 apresenta normas que acreditamos serem essenciais para assegurar a credibilidade de um programa brasileiro de estudos radioecológicos. O respeito a normas semelhantes a aquelas apresentadas no quadro 4 é uma condição necessária para que não se torne vão o esforço a ser despendido na

formação de pessoal para o desenvolvimento de um programa radioecológico no Brasil.

### CONCLUSÕES

A constituição de pelo menos uma equipe composta de pessoal científico interdisciplinar com formação adequada para o desenvolvimento de estudos radioecológicos no Brasil é uma contribuição que os centros educacionais e de pesquisa podem, e devem, fornecer ao programa nuclear brasileiro. Para tanto, é necessário porém que haja cooperação entre as autoridades responsáveis pelo programa nuclear e o segmento da comunidade científica brasileira em condições de formar pessoal e desenvolver estudos em Radioecologia. Um currículo-base para a formação de pessoal é sugerido para discussão quanto a sua adequação aos estudos radioecológicos a serem desenvolvidos no Brasil. Um conjunto de normas de procedimento e cooperação é apresentado como condição essencial para assegurar a credibilidade perante a comunidade científica, e a opinião pública de um modo geral, dos estudos radioecológicos associados ao programa nuclear para produção de energia elétrica no Brasil.

## QUADRO 1

### QUESTÕES PERTINENTES A RADIOECOLOGIA

1. Desde quando, quanto, onde e que tipos de radioatividade existem ou foram introduzidos no meio-ambiente?
2. Como os radionuclídeos interagem com o meio-ambiente?
3. Onde os radionuclídeos são concentrados, reconcentrados ou desconcentrados nos sistemas naturais?
4. Quais os efeitos dos radionuclídeos no meio-ambiente?
5. Quais os caminhos e quanto tempo demora até que ocorra a interação entre radionuclídeos do meio-ambiente e seres humanos?
6. Como as informações obtidas podem indicar problemas em potencial e contribuir para evitá-los?
7. Como as informações obtidas podem contribuir para melhor compreensão da natureza?

## QUADRO 2

### RECOMENDAÇÃO PARA PROGRAMAS RADIOECOLÓGICOS EM INSTALAÇÕES NUCLEARES PARAFRASEADAS DA E. P. A. (1972)

#### *Fase pré-operacional*

1. Medidas da taxa de dose externa de radiação no local e vizinhanças (filme, TLD, câmara de ionização, etc.).
2. Partição da dose gama total entre os diversos componentes (espectrometria gama "in situ" usando NaI e/ou Ge (Li)).
3. Atividade beta total e espectrometria gama em filtros de ar.
4. Espectrometria gama de amostras de água, alimentos, flora e fauna do local e cercanias.
5. Atividade alfa total de diversas amostras do local e cercanias.

#### OBSERVAÇÕES

- a) importância da amostragem  $\geq$  importância das medidas.
- b) identificação de cadeias críticas: descarga  $\rightarrow$  meio-ambiente  $\rightarrow$  homem (o uso de elementos estáveis congêneres de

radionuclídeos é útil).

c) seleção de organismos indicadores.

#### *Fase operacional*

1. Basear estudos na análise de cadeias críticas da fase pré-operacional.
2. Verificar a possibilidade de acumulação de radionuclídeos de meia vida longa.
3. Os dados obtidos devem permitir uma estimativa de doses para o público.
4. Os níveis radioativos medidos no meio-ambiente devem permitir estimar as descargas radioativas da instalação e vice-versa.
5. Os dados devem estar disponíveis para o público interessado.
6. Os dados devem ser colhidos de acordo com a legislação e facilitar a fiscalização.
7. As previsões da fase pré-operacional devem ser confirmadas.
8. É importante a verificação contínua das cadeias críticas.
9. \*Cumprir o "Appendix I"\*\*\*a ser implementado.

### QUADRO 3

#### CURRÍCULO-BASE PARA FORMAÇÃO COMPLEMENTAR DE COMPONENTES DE EQUIPE PARA ESTUDOS RADIOECOLÓGICOS\*\*\*

1. *Noções básicas*
  - a) Nomenclatura atômica e nuclear.
  - b) Tipos de radiação (alfa, beta e eletromagnética).
  - c) Estrutura nuclear e estabilidade.

---

\*Este item não consta das recomendações da E.P.A. (1972), mas foi sugerido por Budnitz (1974).

\*\*O chamado "Appendix I" foi proposto inicialmente pela U.S.A.E.C. (1971) para ser anexado ao 10CFR20 e, finalmente, foi regulamentado em maio de 1975 (NRC, 1975), de acordo com o relatório WASH-1258 a que se refere U.S.A.E.C. (1973).

\*\*\* Para efeito de discussão.

- d) Reações nucleares.
- e) Modos de desintegração.
- f) Equações de ativação e desintegração.
- g) Perda de energia por unidade de comprimento, LET, ionização específica, alcance e energia de partículas carregadas.
- h) Interações de ftons com a matéria.
- i) Interações de neutrons.
- j) Radioatividade do meio-ambiente (natural e artificial).
- k) Processos de detecção da radiação (inclusive calorimétricos, químicos e biológicos).
- l) Radioquímica.

## 2. *Dosimetria*

- a) Quantidade e unidades.
- b) Campos externos de radiação gama.
- c) Dosimetria de neutrons.
- d) Partículas pesadas carregadas.
- e) Dosimetria interna.
- f) Dose de radionuclídeos inalados.
- g) Padrões e critérios.

## 3. *Estatística de Contagem*

- a) Natureza aleatória do processo de desintegração nuclear.
- b) Natureza das distribuições de contagem.
- c) Distribuição de frequência (Bernoulli, Gauss e Poisson).
- d) Caracterização de dados estatísticos (valor médio, desvio padrão, erro padrão, erro provável e nível de confiança).
- e) Precisão das medidas de radiação (medida simples, efeito da relação sinal-ruído sobre a precisão, precisão da razão de duas medidas, atividade mínima detectável, atividade mínima significativa).

## 4. *Elementos de Radiobiologia*

- a) Radiólise da água.
- b) Efeitos moleculares.
- c) Aberrações cromossômicas.

- d) Estrutura celular.
- e) Efeitos em orgânulos.
- f) Sobrevivência celular.
- g) Teorias de sensibilidade celular
- h) Modelo de renovação celular.
- i) Hematopoeese.
- j) Sistema digestivo.
- k) Efeitos de corpo inteiro.

#### 5. *Meteorologia*

- a) Radiação solar e equilíbrio de energia na Terra.
- b) Circulação geral de massas atmosféricas.
- c) Uso e coleta de dados meteorológicos.
- d) Estrutura vertical da temperatura da baixa atmosfera.
- e) Ventos locais.
- f) Teorias de difusão e transporte atmosférico.
- g) Cálculos de dose em nuvem radioativa.

#### 6. *Análise e modelagem de sistemas*

- a) Modelos para cadeias alimentares.
- b) Amostragem no espaço.
- c) Amostragem com o tempo.
- d) Amostragem do sistema.
- e) Análise de erros de modelos ecológicos.
- f) Modelos lineares versus não-lineares.

#### 7. *Ecologia*

- a) Efeitos de temperatura, salinidade, disponibilidade e utilização de energia em sistemas.
- b) Radionuclídeos em ecossistemas terrestres.
- c) Radionuclídeos em ecossistemas aquáticos.
- d) Efeitos da radiação ionizante sobre plantas, animais, comunidades e populações.
- e) Levantamentos pré-operacionais e operacionais.

### QUADRO 4

**NORMAS A SEREM RESPEITADAS PARA ASSEGURAR A CREDIBILIDADE DE ESTUDOS RADIOECOLÓGICOS**

1. Formação de um grupo interdisciplinar de trabalho para planejar estudos radioecológicos, integrado por representantes das autoridades diretamente responsáveis pela execução do programa nuclear e, entre outras, das seguintes entidades: C.N.E.N.; CNPq; S.E.M.A.; C.E.T.E.S.B.; S.B.P.C. e S.B.F.\*
2. O plano de estudos radioecológicos a ser sugerido pelo grupo de trabalho deverá merecer a aprovação da C.N.E.N.
3. A escolha de uma coordenação científica para levar a efeito o plano aprovado deverá ser aceita pelos integrantes do grupo de trabalho.
4. O tempo de duração dos estudos radioecológicos não deverá ser inferior a 5 anos; sendo 3 na fase pré-operacional das instalações nucleares.
5. A colaboração das autoridades responsáveis pelo programa nuclear sem interferência no plano aprovado, a não ser através de seus representantes no grupo interdisciplinar, é essencial para a execução dos estudos radioecológicos e manutenção da credibilidade desejada.
6. Projetos específicos, constantes do plano geral, poderão obter recursos através dos órgãos usuais de financiamento de pesquisa, sendo que as prestações de contas obedeceriam os trâmites a que são submetidos outros recursos aprovados pelos referidos órgãos.
7. Resultados parciais obtidos poderão ser apresentados livremente no país, ou no exterior, em congressos, simpósios ou publicações especializadas, a critério dos autores.

---

\*  
C.N.E.N. - Comissão Nacional de Energia Nuclear  
C.N.P.q. - Conselho de Desenvolvimento Científico e Tecnológico  
S.E.M.A. - Secretaria Especial para o Meio-Ambiente  
C.E.T.E.S.B. - Centro Tecnológico de Saneamento Básico  
S.B.P.C. - Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência  
S.B.F. - Sociedade Brasileira de Física.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. KRUMHOLZ, L.A. - *Observations on the Fish Population of a Lake Contaminated by Radioactive Wastes* - Bull. Ass. Mus. Nat. Hist. (N.Y.), 110, 281.
2. PEREDEL'SKIY, A.A. - 1962 - *Voprosy ekologii* 4: (publicado em inglês em: *Radioecology*, J.P.R.S. 19 466, pp. 6-9, 1963).
3. I.C.R.P. - 1969 - *Recommendations of the International Commission on Radiological Protection* - I.C.R.P. Publ. 2, Pergamon Press, London, England.
4. I.C.R.P. - 1966a - *Recommendations of the International Commission on Radiological Protection* - I.C.R.P. Publ. 6, Pergamon Press, London England.
5. I.C.R.P. - 1966b - *Recommendations of the International Commission on Radiological Protection* - I.C.R.P. Publ. 9, Pergamon Press, London, England.
6. U.N.S.C.E.A.R. - 1958 - United Nations, General Assembly - *Report of the United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation* - (A/3838: G.A. Official records, 13th sess. suppl. 17).
7. U.N.S.C.E.A.R. - 1962 - United Nations General Assembly - *Report of the United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation* - (A/5216, G.A. Official records, 17th sess. suppl. 16).
8. U.N.S.C.E.A.R. - 1964 - United Nations, General Assembly, *Report of the United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiations* - (A/5814: G.A. Official records, 19 th sess. suppl. 14).
9. U.N.S.C.E.A.R. - 1966 - United Nations, General Assembly - *Report of the United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation* (A/6314: G.A. Official records, 21st sess., suppl. 14).
10. MORGAN, K.Z. - 1967 - *Maximum Permissible Exposure Levels- External and Internal, Principles of Radiation Protection* - A Textbook of Health Physics, Cap. 14, (Morgan, K.Z. e Turner, J.E., eds.) John Wiley and Sons, New York.
11. COLE, L.J. e NOWELL, P. C. - 1965 - *Radiation Carcinogenesis; The sequence of Events* - Science, 150, 1782 - 1786.

12. MORGAN, K.Z. - 1973 - *The Need for Radiation Protection, Radiologic Technology*, 44, 385-395.
13. B.E.I.R. - 1972 - *The Effects on Populations of Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation* - Report of the Advisory Committee on the Biological Effects of Ionizing Radiations, National Academy of Sciences National Research Council, 1-217.
14. WOLFE, J.N. - 1963 - *Impact of Atomic on the Environment and Environmental Science* - Radioecology (v. Schultz and A.W.Klement, eds.) Reinhold, New York, 746.
15. E.P.A.-1972 - U.S. Environmental Protection Agency, Office of Radiation Programs, *Environmental Radioactivity Surveillance Guide* - Report ORP/S10, 72-2, junho 1972.
16. BUONITZ, R.J. - 1974 - comunicação pessoal.
17. U.S.A.E.C. - 1971 - United States Atomic Energy Commission, 10CFR50 (Code of Federal Regulations Title 10, Part 50) *Proposed Appendix I: Proposed Supplemental Regulations* - Federal Register, vol. 36,nº 111, pp.1113, 9/6/1971.
18. 10CFR20 - (Code of Federal Regulations, Title 10, Part 20), "*Standards for Protection Against Radiation*" - Appendix B, Table II, Concentrations in Air and Water Above Natural Background.
19. N.R.C. - 1975 - Nuclear Regulatory Commission, Title 10, *Licensing of Production and Utilization Facilities, Radioactive Materials in Light-Water-Cooled Nuclear Power Reactor Effluents* (Federal Register, vol. 40,nº87,5/5/1975).
20. U.S.A.E.C. - 1973 - *Final Environmental Statement - Numerical Guides for Design Objectives and Limiting Condition for Operation to Meet the Criterion "As Low as Practicable" for Radioactive Material in Light-Water - Cooled Nuclear Power Reactor Effluents*, Report WASH-1258 vol.1, julho 1973.

## J7 - UM CURSO DE MATERIAIS ELÉTRICOS

MAMMANA, Alaide Pellegrini - Faculdade de Engenharia - UNICAMP

Apesar de Materiais Elétricos ser disciplina obrigatória do "currículo" de Engenharia Elétrica, achamos oportuno e pertinente apresentar algumas soluções propostas e resultados obtidos num curso que ministramos. Sugerimos um novo enfoque nos objetivos da disciplina, tanto nos tópicos a serem abordados como pelos trabalhos de laboratório propostos. Sugere-se a instalação de um laboratório de baixo custo, com equipamentos que, em grande parte, podem ser facilmente construídos com material nacional.

Ao invés de descrever extensiva e superficialmente o comportamento e as propriedades dos materiais optamos por desenvolver tópicos básicos de Física Moderna que proporcionem subsídios para uma compreensão conceitual das propriedades de semicondutores, metais e dielétricos, úteis às aplicações em engenharia elétrica e eletrônica. Decidimos pela segunda alternativa, ainda que em prejuízo de um tratamento mais extenso das propriedades, por acreditarmos que, na ausência de uma disciplina de Física Moderna no "currículo" de Engenharia, deva competir a Materiais Elétricos proporcionar a única oportunidade de discussão de conceitos e observação de fenômenos fundamentais importantes na formação de futuros engenheiros.

Quatro horas semanais foram empregadas em aulas de exposição, com auxílio de recursos de projeção de transparências e de filmes "loops" enquanto que outras quatro horas semanais foram dedicadas aos trabalhos de laboratório em grupos de três alunos. Antecipando-se os experimentos às

aulas de discussão e exposição de conceitos, conseguiu-se manter um elevado nível de interesse tanto nas aulas de teoria como nas de laboratório, insistindo-se muito nas limitações dos modelos propostos na interpretação dos fenômenos.

Este trabalho tem por finalidade descrever as características de uma recém implantada disciplina de Materiais Elétricos, procurando chamar atenção para sua importância como ponte de conexão entre o conhecimento dos conceitos e modelos físicos e sua utilização no campo da tecnologia.

Materiais Elétricos é disciplina obrigatória do *curriculum* de Engenharia Elétrica e Eletrônica. Como seu próprio nome sugere esta disciplina deve proporcionar o conhecimento das propriedades elétricas, magnéticas e ópticas dos materiais semicondutores, condutores e isolantes, tão importantes na engenharia elétrica e eletrônica.

Como o pré-requisito exigido é a disciplina de Física IV, pode-se supor que o aluno que vá cursar Materiais Elétricos deva estar familiarizado com os conceitos de Mecânica, Calor e Eletricidade, ministrados nas quatro disciplinas de Física Básica. Além destas, nenhuma disciplina de Física Moderna é, na maioria dos casos, oferecida ao aluno de engenharia, nem tampouco tem ele qualquer outra oportunidade de travar contato ou discutir conceitos relativos à estrutura dos materiais. Como poderá então este aluno compreender o comportamento dos materiais, como por exemplo entender a variação da resistividade em ordens de grandeza nos semicondutores se nem ao menos os níveis energéticos do átomo de Bohr este aluno conhece?

De imediato duas opções se oferecem ao professor na estruturação do curso de Materiais Elétricos: abordar extensivamente as propriedades dos materiais, descrevendo-as, ou apresentar e discutir os conceitos básicos necessários à compreensão da estrutura, estabelecendo e discutindo os modelos propostos pela Física Atômica, Mecânica Quântica, Mecânica Estatística e Física do Estado Sólido, em nível introdutório. A segunda alternativa nos parece a mais adequa-

da considerando-se a inviabilidade da introdução de uma nova disciplina de física no *currículum* de Engenharia, que viria onerar ainda mais a carga horária do estudante brasileiro, já tão sobrecarregado. A Materiais Elétricos deve competir, portanto, proporcionar subsídios para uma melhor compreensão da estrutura da matéria e de suas propriedades, ainda que em prejuízo de uma abordagem mais extensa. De posse dos conceitos básicos o aluno terá condições de completar seu conhecimento com informações mais detalhadas, e tecnológicas, à medida em que isso se fizer necessário, quer seja através de cursos futuros ou mesmo por si só, ao longo da vida profissional.

Neste trabalho pretendemos assim tecer considerações mais sobre o conteúdo a ser ministrado na disciplina do que sobre o método de ensino propriamente dito, acreditando desta forma estar contribuindo com sugestões que visem um aprimoramento do ensino de engenharia no seu aspecto formativo. Estas sugestões propostas abrangem principalmente um laboratório de baixo custo, o qual pode ser quase que totalmente implantado com equipamento nacional.

#### OBJETIVO DO CURSO

Propomos como objetivo final do curso de Materiais Elétricos o desenvolvimento no aluno de uma capacidade crítica em relação aos modelos estabelecidos para o comportamento dos materiais, no sentido de estabelecer seus limites de validade na explicação dos fenômenos observados, capacidade esta tão carente no aluno médio de engenharia.

Tendo em vista as considerações feitas, o aluno de engenharia elétrica tem em Materiais Elétricos a única oportunidade de abordagem de tópicos como: o comportamento dual da luz e da matéria; a estrutura eletrônica da eletricidade; o átomo de Bohr; a equação de Schrödinger e sua solução para potenciais simples; a tabela periódica; a molécula; sólidos cristalinos; as bandas de energia; as estatísticas de Maxwell-Boltzmann, Bose-Einstein e Fermi-Dirac; os semicondutores, os dielétricos e os metais e suas pro-

priedades.

Este curso é, pois, considerado como fundamental para as posteriores descrições dos dispositivos elétricos e eletrônicos sem pretender uma descrição tecnológica para os materiais, o que é deixado para os cursos específicos de aplicação.

## LABORATÓRIO

Ao laboratório é conferido papel importantíssimo na formação do futuro engenheiro, ao proporcionar a oportunidade de observação de fenômenos fundamentais relativos aos tópicos desenvolvidos na teoria. Os experimentos montados versaram sobre\*: comportamento ondulatório da luz; efeito fotoelétrico; efeito termoiônico; determinação da razão  $e/m$  para elétrons; espectroscopia atômica; estrutura cristalina; modelos estatísticos observação da orientação cristalina de monocristais; identificação de portadores de carga em semicondutores e medida de resistividade elétrica e de sua variação com a temperatura. Devem ser incluídos, ainda em 1976, experimentos de difração de elétrons e de raios X, tendo em vista serem ferramentas importantíssimas na investigação da estrutura dos materiais.

Estes experimentos foram montados com equipamento predominantemente nacional, em grande parte desenvolvido nas próprias oficinas da Faculdade de Engenharia de Campinas. Citamos como exemplo:

1. fendas simples, duplas e múltiplas obtidas por técnicas fotográficas;
2. filtros de cor de gelatina;
3. fontes de baixa e alta tensão, de alta e baixa corrente;
4. espectrômetro óptico;

---

\* Colaborou no projeto e construção do equipamento de laboratório a equipe de professores: Carlos Ignácio Zamitti Mammana, Furio Damiani, José Carlos Kretly, Manoel Francisco de Souza, Oseas Valente de Avilez Filho e Peter Jurgen Tastch além do chefe da oficina Mecânica Rútênio Gadelha de Meneses.

5. arranjo de bolas de ping-pong e de poliedros para o estudo do empacotamento atômico em cristais;
6. gangorra de esferas de aço para o estudo da função de distribuição binomial;
7. arranjo para a identificação do tipo de condutividade em lâminas de semicondutores;
8. arranjo para a identificação de direções cristalinas;
9. dispositivo de quatro pontas para medida de resistividade; etc.

Além do material desenvolvido na FEC, foram empregados medidores de corrente e tensão, trenas, componentes eletrônicos simples, diodos termoiônicos, lâmpadas incandescentes, termômetros, conjunto Poliopticon, material químico para limpeza, abrasivos, ferros de solda, recipientes isolantes para gelo e nitrogênio líquido e aquecedores, todos eles de fabricação nacional. Importados são o laser, o tubo de raios catódicos, as lâmpadas espectrais e as redes de difração. São ainda importados, podendo no entanto serem encontrados no comércio local, os fotodiodos e as fotocélulas a vácuo.

## TEXTO

Foram redigidos tanto o texto básico do curso<sup>1</sup> como também as apostilas de laboratório<sup>2</sup>.

## ESTRUTURAÇÃO DO CURSO

O curso de Materiais Elétricos é ministrado em duas disciplinas: Materiais Elétricos e Laboratório de Materiais Elétricos com matrículas independentes. A segunda é exigida como requisito paralelo para a matrícula da primeira. Estruturamos o curso em sessenta horas no semestre, ou quatro horas semanais, dedicadas à teoria e exercícios, e quarenta e cinco horas dedicadas ao laboratório, em sessões semanais de três horas. O número de alunos nas duas disciplinas é de aproximadamente oitenta, subdivididos em quatro turmas de laboratório.

## MÉTODO

Nas aulas de teoria empregamos o método tradicional expositivo com auxílio de retroprojetores e filmes de curta duração. Havia listas semanais de exercícios, muitos dos quais discutidos em classe.

No laboratório os trabalhos se desenvolveram em grupos de três alunos, no máximo, exigindo-se relatórios individuais sobre os experimentos efetuados. Procurou-se na medida do possível antecipar os experimentos às aulas expositivas, nas quais os conceitos eram discutidos. Conseguiu-se desta forma manter um elevado nível de interesse tanto nas aulas de teoria como nas de laboratório, insistindo-se muito nas limitações dos modelos propostos na interpretação dos fenômenos.

### **AVALIAÇÃO**

A avaliação se efetuou através de provas conceituais e dos relatórios individuais, nos quais se exigia uma análise crítica dos resultados experimentais obtidos e dos métodos de medida empregados. Efetuaram-se ainda seminários sobre alguns tópicos importantes.

### **CONCLUSÃO**

A tônica do curso foi tentar desenvolver nos alunos o espírito de investigação através da observação dos fenômenos (sempre que possível), e da elaboração de modelos para sua explicação. Para preencher estes objetivos montou-se um laboratório didático de baixo custo e compatível com as disponibilidades do comércio local, que permitisse investigar a estrutura da matéria e algumas de suas propriedades.

Apesar do bom resultado do trabalho em andamento, verificado basicamente através da atitude dos alunos diante das disciplinas de Dispositivo e Circuitos Eletrônicos das quais Materiais Elétricos é pré-requisito, consideramos esta uma primeira aproximação para a otimização do *currículo* de Engenharia Elétrica neste campo, havendo ainda muito a ser feito.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. MAMMANA, Alaide Pellegrini - "*Texto de Materiais Elétricos*" - apostila publicada na Faculdade de Engenharia de Campinas, UNICAMP, 1975.
2. "*Textos de Laboratório de Materiais Elétricos*" - Faculdade de Engenharia de Campinas, UNICAMP, 1975.

## J<sub>8</sub> – DISCIPLINAS DE FÍSICA EM CURSOS DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA

BORGES, José Carlos; FABRO, Marco Antonio; ROSA, Luiz Pinguelli;  
THOMÉ, José Carlos; FABRO, Marco Antonio; ROSA, Luiz Pinguelli;  
THOMÉ FILHO, Zieli Dutra – Instituto de Física – UFRJ

Este trabalho é uma análise dos resultados obtidos ao longo de 8 anos de ensino de disciplinas de Física para um curso de Pós-Graduação em Engenharia Nuclear, na Coordenação dos Programas de Pós-Graduação em Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (COPPE-UFRJ).

As disciplinas oferecidas são:

CON 002 - Física Clássica  
CON 003 - Física Moderna  
CON 710 - Mecânica Estatística  
CON 713 - Física de Neutrons  
CON 720 - Física Nuclear I  
CON 721 - Física Nuclear II  
Con 724 - Laboratório de Física Nuclear.

Algumas obrigatórias, outras optativas. Procuramos fazer um levantamento do rendimento dos alunos ao longo dos anos, tentando estabelecer relações entre os rendimentos e fatores tais como formação do estudante, livro texto adotado, etc.. Como essas disciplinas foram nos vários anos ministradas por diferentes professores, a interpretação dos resultados tem que ser feita com reservas.

Devido ao fato de não existir curso de graduação em Engenharia Nuclear, foi necessário introduzir-se no currículo do Programa de Engenharia Nuclear da COPPE disciplinas de Física necessárias ao entendimento dos processos nucleares.

A tabela I mostra essas diferentes disciplinas bem como as épocas em que foram oferecidas.

Observa-se que Física Clássica foi oferecida no período de preparação apenas nos anos de 70, 71 e 72, época em

que havia a opção Física Nuclear no curso de Mestrado (esta opção deixou de existir quando do início do curso de mestrado do IF/UFRJ). Física Moderna, também oferecida no período de preparação, continua sendo ministrada principalmente porque não consta dos currículos de engenharia.

O período de preparação (janeiro e fevereiro de cada ano) caracteriza-se pelo caráter de nivelamento com o objetivo final de selecionar os melhores estudantes para as bolsas de estudo. Isto gera um processo competitivo, envolvendo as outras disciplinas e os graus finais não são absolutos, não sendo por isso arquivados.

Mecânica Estatística teve sua ementa alterada nos vários anos, ou para entender pequenas turmas de formação específica (por exemplo, químicos) ou visando disciplinas posteriores (por exemplo, Mecânica Quântica).

Física de Nêutrons, inicialmente uma disciplina complementar de aplicação da Mecânica Quântica, tomou posteriormente um aspecto mais voltado às características intrínsecas dos nêutrons e seu comportamento nos fenômenos de interesse da Engenharia Nuclear.

Física Nuclear I é uma continuação de Física Moderna (que é realmente apenas Física Atômica) com ênfase nos processos nucleares (radioatividade, reações nucleares, etc.) sendo que em alguns anos, ela condensou na sua ementa os princípios básicos da mecânica quântica (anos em que a disciplina mecânica quântica não foi oferecida).

Física Nuclear II, uma disciplina mais especializada, visando desenvolvimento de teses na opção Física Nuclear, foi cancelada a partir de 73 devido ao curso do IF/UFRJ. Em 75 entretanto, foi reativada para atender alunos (essencialmente físicos) que desenvolveriam trabalhos de tese em Física de Reatores Teórica (estudos de seção de choque).

O Curso de Laboratório foi implantado em 70 visando minimizar as dificuldades encontradas no desenvolvimento de teses experimentais.

A disciplina Laboratório de Instrumentação Nuclear é obrigatória, sendo oferecida no 2º período, dando ao estu-

dante noções de Estatística, Eletrônica, Proteção Radiológica, Sistemas fundamentais para detecção de radiações nucleares e manuseio do equipamento associado.

A disciplina Laboratório de Física de Reatores é optativa, sendo oferecida no 3º período essencialmente para os estudantes interessados em trabalhos de tese experimental na opção Física de Reatores. Restringe-se basicamente ao estudo do Reator Argonauta do IEN.

## RESULTADOS

Pelos comentários anteriores, restringimos nosso levantamento estatístico às disciplinas constantes da tabela II. Achamos conveniente compor os estudantes apenas em três categorias, de acordo com sua formação: engenheiros, físicos e outros (incluídos aqui, químicos, astrônomos, matemáticos).

Na coluna I temos o número de estudantes que cursaram a disciplina (todos os anos) e na coluna II, a porcentagem em relação ao total. As colunas III, IV, V e VI apresentam respectivamente o número de alunos com graus A, B, C e D ou E, com as correspondentes porcentagens em relação ao subtotal de cada especialidade. (Lembramos que o grau A corresponde a excelente, B a bom, C a regular, e os graus D e E são reprovações).

## DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Devido ao sistema de atribuição de graus normalmente adotado pelos professores da COPPE, procurar sempre relacionar os estudantes, não se preocupando apenas com seu rendimento absoluto, a distribuição de graus tende a uma curva normal, com média B.

Pelo fato das 3 disciplinas consideradas serem oferecidas em períodos diferentes (vide tabela I), observamos um melhor rendimento dos estudantes nas disciplinas de 2º período o que pode ser atribuído a uma adaptação dos mesmos ao sistema de ensino da pós-graduação.

A disciplina de Laboratório apresenta um rendimento

melhor em relação às disciplinas teóricas, por possibilitar ao aluno demonstrar melhor durante todo o curso, o seu real aprendizado (aulas práticas, relatórios, exame oral, etc.)

Quanto à formação do estudante, vemos que em Física Nuclear I, os engenheiros mostraram rendimento um pouco melhor apesar da matéria ser apenas uma revisão para os físicos. Isto talvez possa ser explicado pelo fato dos engenheiros serem os melhores alunos do vestibular, ou então, que os melhores físicos seguem pós-graduação em Física. Em Física Nuclear II, esta vantagem desaparece pelo fato da disciplina exigir bastante o desenvolvimento de formalismos já manuseados pelos físicos (por exemplo: Mecânica Quântica).

Na disciplina de laboratório nota-se o menor rendimento dos físicos, o que evidencia uma deficiência das disciplinas experimentais dos cursos de graduação em física, enquanto que os cursos de engenharia possuem várias disciplinas práticas no período de especialização.

O bom desempenho da categoria outros, pode ser atribuído à grande presença de químicos, já com bastante vivência em trabalhos de laboratório.

## CONCLUSÕES

As discussões anteriores devem ser encaradas com bastante reserva porque os resultados analisados foram coletados em condições diferentes nos vários anos, quais sejam:

- (a) Vários foram os professores das disciplinas
- (b) Os livros textos foram diferentes
- (c) A composição anual das turmas (quanto às 3 categorias consideradas) variam bastante ao longo dos anos

Vemos finalmente que, apesar das flutuações observadas nas 3 categorias, para as 3 disciplinas analisadas com maior detalhe, os objetivos de compensar a inexistência de graduação em Engenharia Nuclear e homogeneização e embasamento dos estudantes do curso de Pós-Graduação têm sido atingidos de uma maneira satisfatória.

	A N O								P E R Í O D O			
	68	69	70	71	72	73	74	75	Preparação	1º	2º	3º
Física Clássica			X	X	X				X			
Física Moderna		X	X	X	X	X	X	X	X			
Mecânica Estatística (Termodinâmica)	X	X			*	*				X	X	
Física de Neutrons						X	X	X		X	X	
Física Nuclear I	X	X	X	X	X	X	X	X		X		
Física Nuclear II		X		*	*						X	
Laboratório				X	X	X	X	X			X	≠
*Cursos oferecidos por outras unidades da UFRJ												
≠Laboratório de Física de Reatores												

Tabela I

TABELA II

		FÍSICA NUCLEAR I					
		I	II	III	IV	V	VI
FORMAÇÃO	Nº de alunos	%	A - %	B - %	C - %	D/E - %	
Engenheiros	45	41	9 - 20	24 - 53	7 - 16	5 - 11	
Físicos	40	36	8 - 20	17 - 42	11 - 28	4 - 10	
Outros	25	23	7 - 28	7 - 28	8 - 32	3 - 12	
TOTAIS	110	100	24 - 22	48 - 44	26 - 24	12 - 10	
		Física Nuclear II					
FORMAÇÃO	Nº de alunos	%	A - %	B - %	C - %	D/E - %	
Engenheiros	12	40	3 - 25	5 - 42	3 - 25	1 - 8	
Físicos	15	50	5 - 33	6 - 40	4 - 27	=	
Outros	3	10	=	3 - 100	=	=	
TOTAIS	30	100	8 - 27	14 - 47	7 - 23	1 - 3	
		Laboratório					
FORMAÇÃO	Nº de alunos	%	A - %	B - %	C - %	D/E - %	
Engenheiros	12	21	4 - 33	6 - 50	2 - 17	=	
Físicos	24	43	3 - 13	15 - 62	5 - 21	1 - 4	
Outros	20	36	10 - 50	9 - 45	1 - 5	=	
TOTAIS	56	100	17 - 30	30 - 54	8 - 14	1 - 2	

## LIVROS TEXTOS ADOTADOS

### CON 002 - *Física Clássica*

1. Goldstein, Classical Mechanics
2. Reitz - Milford, Foundations of Eletromagnetic Theory

### CON 003 - *Física Moderna*

1. Beiser, Conceitos de Física Moderna
2. Leite Lopes, Fundamentos da Física Atômica
3. Eisberg, Fundamentals of Modern Physics
4. Koplan, Nuclear Physics
5. Semat, Introduction to Atomic and Nuclear Physics

### CON 710 - *Mecânica Estatística*

1. Alonso Finn, Vol.3, Quantum and Statistical Physics

### CON 713 *Física de Neutrons*

1. Beckurtz, Neutron Physics

### CON 720 *Física Nuclear I*

1. Evans, The Atomic Nucleus
2. Enge, Introduction to Nuclear Physics
3. Kaplan, Nuclear Physics

### CON 721 *Física Nuclear II*

1. Notas de aula

### CON 723 *Laboratório de Instrumentação Nuclear*

1. Price, Nuclear Radiation Detection
2. Notas de aula

**J<sub>9</sub> - EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DEL NIVEL DE LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA Y SUS APLICACIONES AL CAMPO AGROPECUARIO, PARA LA ELABORACIÓN DE PROGRAMAS Y ESPECIALIZADOS**

MENDOZA, Eduardo Velasquez - Universidade Nacional Agraria - Lima - Peru

El Proyecto en mención se encuentra en marcha desde el 1º de enero de este año, habiéndose concluido con la Primeira Etapa del mismo que consiste en determinar analítica y estadísticamente la realidad actual de la Física en las instituciones de Educación Agrícola Universitaria del País mediante visitas, entrevistas y aplicación de encuestas preparadas para tal fin. El informe correspondiente está terminado y está actualmente siendo mecanografiado. Paralelamente a esto se está implementando un curso para las Especialidades de Agronomía, Zootecnia Y Forestales que se espera sea analizado en la Primera Reunión Nacional sobre la Enseñanza de la Física, en las áreas de Agronomía, Zootecnia y Forestales que se celebrará en Lima, Perú, del 15 al 19 de diciembre del año en curso.

**Avaliação  
Pré-requisitos Piaget**

**8  
COMUNICAÇÕES**

## L<sub>1</sub> – AS NOÇÕES DE CONSERVAÇÃO NO SENTIDO PIAGETIANO E O ENSINO DE FÍSICA

FERREIRA, Noberto Cardoso – Instituto de Física – USP

O trabalho foi desenvolvido durante o ano de 1974 e 1º semestre de 1975 e deveu-se às dificuldades encontradas por alunos quando tratavam com conceitos básicos da Física, por exemplo massa, peso, volume, densidade etc...

Foram estudadas duas populações distintas: uma de nível colegial (76 alunos) procedentes de colégios estaduais e outra de nível superior (135 alunos) procedentes de um curso de Artes Industriais.

Para tais populações foram aplicadas variações dos testes de Piaget da conservação da massa e volume.

A análise dos resultados mostrou que parte da população analisada não estava num estágio de operações formais. Diante de tal fato, foram efetuadas mudanças de abordagem nas quais a atividade de laboratório era predominante.

## L<sub>2</sub> – TÉCNICA TRABALHO-ENTREVISTA NUM CURSO DE FÍSICA MODERNA

MARTINS, Roberto A. & MARTINS, Maria Ivanil C. Departamento de Física – Univ. Est. de Londrina – PR

No curso de licenciatura e bacharelado em Física, da Universidade Estadual de Londrina dividiu-se o ensino da física moderna em dois estágios: um deles, em caráter qualitativo, não matemático, com duração de dois semestres; e o segundo, quantitativo, equivalente às disciplinas comuns de Estrutura da Matéria em nível universitário.

Pela dificuldade em avaliar o aproveitamento dos alunos, no estágio qualitativo, através de simples provas, desenvolveu-se uma técnica mista de trabalhos individuais escritos e entrevistas orais. Além de provas com questões objetivas e dissertativas, de curta duração, os alunos eram solicitados, duas vezes por semestre, a escolher um assunto qualquer relacionado à disciplina, estudá-lo e redigir sobre ele um trabalho. Ao entregá-lo, era marcada uma entrevista individual com o professor. Este, após ler o trabalho, assinalava no mesmo todos os pontos obscuros, e tudo o que o aluno talvez tivesse escrito (ou copiado) sem compreensão completa. Durante a entrevista, cuja duração variava tipicamente de 30 a 50 minutos, o aluno era solicitado a esclarecer os pontos duvidosos, dando-se ênfase à correlação entre informações. A nota do trabalho dependia do conteúdo escrito e também do resultado da entrevista. Este sistema não produziu reações aversivas; em inquérito posterior, verificou-se que a totalidade dos alunos solicitava que os trabalhos e entrevistas fossem mantidos no semestre seguinte. Obteve-se os seguintes resultados: grande motivação; hábito de consulta a livros de divulgação científica (média de consulta a 8 livros por semestre); hábito de procurar esclarecer tudo o que não está claro em um livro; hábito de escrever com clareza. Acredita-se que o sistema trabalho-entrevista, como meio auxiliar de avaliação, e como método didático, é altamente recomendável em todo tipo de disciplina em que se dê ênfase a aspectos qualitativos da Física.

O objetivo deste trabalho é principalmente mostrar a aplicação de uma técnica especial de avaliação e estímulo de atividades, desenvolvida para o ensino de Física Moderna no curso da Universidade Estadual de Londrina. No entanto, como a citada técnica pode ser adequadamente compreendida sem o conhecimento dos outros recursos e características utilizadas, será descrito também todo o sistema de ensino-avaliação utilizado.

Ao contrário do currículo tradicionalmente utilizado nos cursos de Física das universidades brasileiras, o ensino da Física Moderna inicia-se já no primeiro ano letivo, na Universidade Estadual de Londrina. Durante os dois primeiros semestres, o aluno estuda a estrutura da matéria sob um ponto de vista histórico, em que se enfatiza aspectos qualitativos e o desenvolvimento de modelos. Nesse primeiro ano, evita-se quase completamente o uso de equações e deduções matemáticas. Há em seguida uma pausa de um ano, e, durante o quinto e sexto períodos do curso, estuda-se os mesmos assuntos, mas sob um ponto de vista matemático - como nos cursos tradicionais de Estrutura da Matéria.

Há vários motivos para adotar-se esse esquema. Primeiramente, porque os alunos, ao entrarem na Universidade, estão curiosos por saber o que é a Física atual, e desejosos de estudar algo diferente que lhes foi ensinado no colegial e cursinhos; e um início de um curso de Física em que só se estude a Física Clássica é por isso desmotivador, frustador para muitos. Observamos que o estudo de tópicos de Física Moderna, nas disciplinas de Estrutura da Matéria I e II, desde o início do curso, é altamente estimulante, e que as citadas disciplinas atraíram para o campo da Física a vários alunos que anteriormente desejavam dedicar-se à Engenharia.

Em segundo lugar, esse currículo permite uma abordagem em espiral em que cada assunto é estudado duas vezes, enquanto que, tradicionalmente o licenciado em Física não tem essa oportunidade. Quando, após o estudo de todo o assunto, em nível qualitativo, o aluno estuda detalhadamente, de modo

quantitativo, algum ponto particular, ele não se "perde" - - conserva a visão de conjunto, e situa de modo adequado cada ponto particular dentro de conjunto da Física Moderna. Possuindo essa visão geral preliminar, aumenta o interesse pelos aspectos particulares, que deixam de ser partes desconexas de uma disciplina para tornarem-se pontos cruciais de uma série de desenvolvimentos da Ciência. Parece-nos importante não só que os assuntos são estudados duas vezes, mas também ( e principalmente) que são estudados de modos diversos; pois no caso de uma única visão sequencial do assunto temos observado que, na prática, um dos dois aspectos é negligenciado: o qualitativo ou quantitativo.

Por fim um terceiro motivo é o encadeamento Física Clássica - Física Moderna: no currículo tradicional, justifica-se algumas vezes a colocação de Estrutura da Matéria apenas a partir do terceiro ano do curso, a fim de que o aluno já tenha estudado toda a Física Clássica. Ora, concordamos em que o conhecimento da Física Clássica é um pré-requisito para a compreensão da Física Moderna; mas além disso é preciso considerar duas coisas: 1) para uma compreensão dos conceitos, modelos e idéias gerais da Física Moderna não é preciso toda a Física Geral e Experimental ensinada nas Universidades; 2) para uma compreensão profunda da Física Clássica é importante um conhecimento da Física Moderna. Esta última afirmação, é paradoxal, mas de simples compreensão: a importância de certos conceitos clássicos só pode ser compreendida por contraste com os conceitos modernos correspondentes. Por exemplo: não se pode explicar a um aluno a importância de um dos postulados da Teoria Cinética dos Gases (que os átomos ou moléculas são deterministas e obedecem à mecânica newtoniana) a não ser que ele conheça mecânica não-newtonianas e fenômenos não-deterministas. Parece-me igualmente difícil mostrar a importância da relação entre massa inercial e gravitacional se o estudo da relatividade. Podem-se multiplicar os exemplos. Por esse motivo sugerimos que o estudo qualitativo da Física Moderna pode valorizar muito o estudo posterior da Física Clássica.

É claro que, nas disciplinas de Estrutura da Matéria I e II não se pode pressupor o conhecimento dos conceitos básicos de Física Clássica que precisam ser utilizados: conceito de ondas, de campo, etc. Mas todas essas idéias podem ser explicadas quando necessário, de um modo simples, e sem quebra da sequência. Preferivelmente, deve-se supor um conhecimento nulo, por parte dos alunos: obtêm-se assim melhores resultados . .

O conteúdo das disciplinas era o seguinte: em Estrutura da Matéria I (1º semestre), estudava-se o desenvolvimento das idéias sobre os constituintes do universo, até o início do século XX (até cerca de 1930, sem estudar-se, no entanto a teoria da relatividade); e em Estrutura da Matéria II continuava-se o mesmo estudo, examinando-se a estrutura nuclear e sub-nuclear, utilizando-se depois os conhecimentos obtidos ao estudo da Astrofísica.

Inicia-se a disciplina com o estudo do atomismo clássico (o átomo indivisível), chegando-se à concepção de que o mundo é constituído por átomos dotados de forças de atração e repulsão, e por espaços vazios, incluindo-se a luz como sendo de natureza atômica (concepção newtoniana do universo). Introduzia-se então conceitos sobre eletromagnetismo, a noção de campos, chegando-se à concepção de um universo em que a realidade básica é o campo, e os corpúsculos são descontinuidades ou fenômenos do campo - que seria a única substância (concepção atingida na época de Maxwell). Ao mesmo tempo explorava-se o conceito de onda, e a idéia de luz como fenômeno ondulatório eletromagnético, atingindo-se assim uma visão unificada do universo. A culminação desse modelo é atingida com a descoberta dos constituintes elétricos da matéria, resultados das investigações da condução elétrica dos gases e eletrólitos. Passava-se então ao estudo dos constituintes do átomo e do elétron, voltando então uma ênfase atomística (corpuscular); e com o estudo da luz e fenômenos quânticos, altera-se a concepção do universo como constituído por entes que não se assemelham aos modelos que se faz para objetos macroscópicos. Nesse ponto terminava o primeiro semestre do curso.

O estudo de Estrutura da Matéria II retoma o estudo do átomo, analisando o seu núcleo, decompondo-o, partindo então para o estudo das partículas elementares. Descobre-se então, os abismos da concepção atual, que evolui vertiginosamente para micro-micro entidade. Procura-se mostrar a situação atual do estudo de partículas, seus problemas e caminhos. O estudo, até agora, foi analítico - partindo-se para níveis cada vez mais "elementares". Depois, aplica-se esses conhecimentos à compreensão de fenômenos macroscópicos: estrelas, galáxias, planetas, etc. Durante esse tempo, aplica-se alguns conceitos da teoria da relatividade (principalmente relação massa-energia), mas esta só é estudada sistematicamente ao final da disciplina.

Um sério problema em cursos como esse é a bibliografia. Não podíamos indicar bibliografia em inglês, pois os alunos normalmente seriam incapazes de consultá-la; e, mesmo que conseguissem entender os textos, teriam tanta dificuldade nisso que a disciplina poderia tornar-se extremamente desagradável. A bibliografia em português sobre Física Moderna, além de limitada, é bastante desatualizada, principalmente no que se refere aos assuntos estudados em Estrutura da Matéria II. Experimentou-se inicialmente a adoção de um livro-texto básico, escolhendo-se para isso o livro "Física Moderna" de Walter Fuchs. O nível parecia adequado, e o farto material ilustrativo parecia indicá-lo. Observou-se no entanto que as divagações frequentes, em meio ao texto, tornavam seu estudo difícil, por parte dos alunos; não era suficientemente profundo, conceitualmente; e abundava em falhas científicas, em parte devidas ao próprio autor, em parte devidas à tradução. Algumas das falhas do livro (por exemplo, em relatividade), tornavam-no prejudicial; mas, acompanhado de outros livros, e com orientação adequada do professor, pode ser aproveitado. Em Estrutura da Matéria I, tentou-se adotar trechos de livros da série PSSC (final do 1º, grande parte do 2º, quase todo o 4º volume). Embora, para outros fins, essa série seja muito boa não é adequada ao uso no curso de Estrutura da Matéria, por

vários motivos: a utilização da matemática dificulta a fluidez do curso; o estudo aprofundado de certos tópicos dificulta a visão de conjunto; e o enfoque não está centralizado no estudo da estrutura do universo, mas sim na obtenção de leis físicas quantitativas. Com um certo receio, experimentamos não adotar um livro-texto básico; a cada aula ou grupo de aulas sobre o mesmo assunto, o professor indicava algumas obras existentes na biblioteca, que poderiam ser consultadas, e fornecia, quando necessário, algum apostila complementar, ou cópias de trechos de livros esgotados. O sistema deu bons resultados, e tomou-se o cuidado de não diversificar demasiadamente a bibliografia no início do curso, a fim de que os alunos se acostumassem progressivamente a consultar vários livros. Ao final do segundo semestre, os alunos descobriam por si mesmos as obras adequadas ao estudo, e a orientação do professor era muito mais sumária. No estudo de assuntos de desenvolvimento mais recente ou ainda em desenvolvimento (Astrofísica, partículas elementares) eram fornecidas apostilas, e os alunos consultavam artigos da enciclopédia Ciência Ilustrada (atualizada até 1972).

O problema bibliográfico, sob uma outra forma, atinge também o professor da disciplina; pois não é fácil desenvolver, em três horas de aula consecutivas, de modo agradável e não-matemático, um assunto como relatividade clássica ou ondas eletromagnéticas. A disciplina exige do professor um estudo muito amplo de fontes históricas e um trabalho cansativo de tradução de conceitos matemáticos em vocabulário simples. Boas fontes de estudo são as revistas *Scientific American*, *American Journal of Physics*, *Physics Today*, *Reviews of Modern Physics*. Caso o conhecimento de inglês não fosse um obstáculo, o curso poderia ser centralizado no estudo de artigos dessas revistas.

Utilizava-se em Estrutura da Matéria I e II aulas de tipo expositivo, com demonstrações experimentais e utilização do material audio-visual disponível. Não havia aulas de laboratório, por não haver equipamento suficiente. Tentava-se tor-

nar as aulas interessantes e motivadoras; utilizava-se recursos auxiliares audio-visuais em mais da metade das aulas do curso. As aulas eram concentradas em um grupo semanal de três horas consecutivas. Realizou-se experiências com aulas não-expositivas nessas disciplinas: estudo dirigido, individual, e leitura e debate de um texto em grupo. Embora o aprendizado aumentasse, com essas técnicas, reduzia-se muito o assunto que podia ser coberto pela disciplina, e a motivação reduzia - se muito, pois a disciplina "tornava-se como as outras". Por fim, resolvemos manter aulas exclusivamente expositivas, com estrutura semelhante a conferências ou aulas de curso de extensão universitária.

Além das indicações bibliográficas, os alunos recebem poucas instruções adicionais sobre o modo de estudar. Em Estrutura da Matéria II, utilizou-se com bons resultados o fornecimento de "esquemas de aula": distribuía-se aos alunos, após as aulas, uma página mimeografada contendo os tópicos expostos em aula, na sequência em que haviam sido expostos. Não se tratava de um texto para estudo, mas sim de um índice para estudo; recomendava-se aos alunos que, à medida que estudassem os tópicos mencionados no esquema, riscassem-nos da folha, a fim de verificar facilmente o que já haviam ou não haviam estudado.

A avaliação da disciplina era parcialmente efetuada por meio de provas escritas. Durante as mesmas, era permitida a consulta livre a qualquer material didático (livros, apostilas, cadernos) do próprio aluno. Não era permitida consulta mútua dos alunos.

Uma primeira tentativa de realização de apenas duas provas em cada semestre não deu bons resultados, pois o acúmulo de material para estudo era excessivo, e o rendimento baixo; além disso, tratando-se de um tipo de disciplina com o qual os alunos não estão familiarizados, é conveniente que haja avaliações frequentes, e que elas se iniciem logo ao princípio do semestre, para que os alunos possam verificar se estão entendendo e estudando a matéria adequadamente. Atualmente, utiliza-se avaliações quinzenais, ou seja, sete provas por semestre. Elas tem duração de uma hora, ou pouco mais. Utilizava-se nas pro-

vas questões *objetivas* e dissertativas, conjuntamente. As questões *objetivas* podiam ser de múltipla escolha, certo/errado, correspondência entre duas listas de expressões ou proposições, etc. O conteúdo das mesmas também variava bastante, como se verá adiante. As características das questões relacionam-se aos objetivos gerais que se desejava atingir com as disciplinas de Estrutura da Matéria, e que podem ser divididos aproximadamente nos seguintes grupos:

- 1 - Relacionar nomes de físicos às suas descobertas
- 2 - Sequência histórica de descobertas e estudos
- 3 - Conteúdo de teorias, modelos, experiências, etc.
- 4 - Métodos experimentais
- 5 - Relação entre experiências e teorias ou modelos
- 6 - Conhecimento do significado e estrutura da ciência

Apesar de termos procurado utilizar toda essa variedade de tipos de questões, é claro que nos limitamos bastante; outros tipos de cursos, com outros tipos de objetivos, utilizarão diferentes tipos de avaliações. Comumente, porém, observa-se uma limitação muito mais restrita dos tipos de questões do que aqueles que aqui são mostrados; e não se costuma possuir uma idéia clara sobre as diferenças de todos esses tipos; normalmente, os professores se limitam a distinguir entre questões *quantitativas* e *qualitativas*. É uma divisão muito pobre, em nossa opinião.

Havia ainda outros tipos de questões, menos frequentes, e que não se enquadram em qualquer dos tipos citados; e um grande número de questões híbridas (principalmente no caso de questões de múltipla-escolha e questões certo/errado contendo vários itens).

Embora as sete horas semestrais de provas que os alunos realizam em Estrutura da Matéria I e II forneçam uma boa avaliação, em certos aspectos, não nos parecia que esse sistema de avaliação fosse suficiente; além disso desejávamos estimular outros tipos de atividades, entre os alunos, além do estudo rotineiro voltado para as avaliações. Por isso instituiu-se o sistema de trabalho-entrevista:

Os alunos realizavam, durante o estudo das disciplina de Estrutura da Matéria, quatro trabalhos escritos (dois por semestre). O tema era escolhido por eles próprios, individualmente (não se realizava trabalhos em grupo). O próprio aluno devia conseguir a bibliografia necessária; é claro que os professores davam indicações, sempre que solicitados, mas estimulava-se fortemente o hábito de procurar livros na biblioteca, de modo autônomo. Após estudar o tema escolhido, o aluno redigia um resumo (tamanho médio: oito páginas e meia) e entregava-o ao professor, em data previamente marcada. Caso o trabalho não fosse entregue no prazo, havia um desconto de um ponto em seu valor máximo, por dia de atraso. Ao mesmo tempo em que se dava a entrega, marcava-se dia e horário para a *entrevista*, em que o professor debateria com o aluno o conteúdo do trabalho.

Antes da entrevista, o professor examinava o trabalho escrito, e atribuía-lhe uma nota, examinando os aspectos abaixo:

- apresentação (até um ponto)
- clareza de redação e sequência (até um ponto)
- variedade de obras consultadas (até dois pontos)
- extensão do trabalho (até três pontos)
- profundidade do trabalho, nível (até três pontos)

Não se procurava aqui qualquer originalidade; admitia-se cópia direta de trechos de livros. E, ao se avaliar a parte escrita, não se tentava verificar se o aluno poderia ter compreendido tudo o que havia escrito, ou se copiara mecanicamente. Se, ao fazer um trabalho sobre relatividade, o aluno consultasse dez livros, escrevesse um trabalho complicadíssimo, com trinta páginas de extensão, com boa apresentação e com clareza, ser-lhe-ia atribuída a nota dez, mesmo se ele nada tivesse entendido sobre o trabalho. Nunca ocorreu algo semelhante, tanto pela existência de grande seriedade entre os alunos, nessas disciplinas, como talvez porque eles não conheciam o critério de avaliação da parte escrita dos trabalhos.

A segunda fase da avaliação era a entrevista. Os alunos eram avisados previamente sobre a natureza exata da entrevista - não era uma surpresa para eles. Os alunos veteranos sempre instruíam também os novatos sobre isso. Mesmo assim, os alunos recebiam a primeira entrevista.

A entrevista procurava verificar se o aluno havia realmente compreendido aquilo que escreveu. Para isso, o professor, ao ler o trabalho, assinalava no mesmo cerca de 10 pontos para discussão (inicialmente, o número variava de 5 a 30 mas é conveniente padronizar em dez o número de pontos, a fim de normalizar o sistema e facilitar o cálculo da nota).

Os pontos selecionados para a entrevista eram aqueles em que o professor suspeitasse haver informações que o aluno copiara de algum lugar sem compreender realmente o seu significado total. No caso de haver informações erradas, no trabalho, o professor também as assinalava, a fim de informar o aluno sobre isso, e alertá-lo sobre a obra de onde obtivera a informação. Mas esses erros não acarretavam numa diminuição da nota.

Os tipos de perguntas eram principalmente de três classes:

- 1 - Pontos obscuros: significado de termos teóricos, de nomes de aparelhos e de nomes de princípios, teorias ou modelos.
- 2 - Relações entre partes distintas do trabalho, e relações entre partes do trabalho e outros assuntos estudados em aula.
- 3 - Relação entre teoria e experiência: como se pode provar uma certa proposição teórica, ou como certo ente pode ser observado ou medido.

Vamos exemplificar a elaboração de perguntas; o trecho abaixo transcrito foi retirado de um trabalho sobre dilatação do tempo:

" O atraso do relógio no foguete é um exemplo daquilo que os físicos chamam de dilatação do tempo. Ela é predita pelas equações de Einstein, e é um resultado natural da constância da velocidade da luz.

"À primeira vista, isso pode parecer nada mais do que um hábil exercício mental, uma espécie de idéia matemática inútil sem qualquer aplicação no mundo real. E no entanto Einstein sempre sentiu que isso era mais do que ginástica mental. Ele acreditava que a dilatação do tempo era uma propriedade autêntica do mundo real. Einstein insistia em que um homem num foguete, a viajar para fora da Terra, realmente constataria o atraso em seu relógio".

Pode-se, inicialmente, observar um erro, na última frase: o homem do foguete, obviamente, não constataria o atraso no seu próprio relógio. E além disso, Einstein não falava em foguetes, pois eles não existiam, em 1904. Embora trate-se de um erro, é possível neste caso, discutir o assunto com o aluno, pois ele estudou o assunto em classe, e deve conhecer o significado exato da idéia da dilatação, principalmente em relação a quem observa o que (na verdade, em outra parte do mesmo trabalho a idéia era apresentada adequadamente). Podia-se, por exemplo, perguntar se o homem constataria o atraso do relógio em relação a outros relógios do foguete, ou em relação a outros fenômenos do foguete.

Outras perguntas que podem ser feitas sobre o mesmo trecho:

- a) Só os relógios sofrem modificações temporais?
- b) Antes de Einstein, ninguém suspeitava desse efeito?
- c) Qual é, exatamente, a relação entre a constância da velocidade da luz e a dilatação do tempo?
- e) Já se observou experimentalmente a dilatação temporal?
- f) Em relação aos relógios da Terra, o relógio do foguete se atrasa apenas quando o foguete está se afastando, ou também quando está se aproximando?

Como se vê, um trabalho de oito páginas poderia dar oportunidade a um número enorme de pontos de discussão; é importante, por isso, limitar o número de questões.

As entrevistas duravam tipicamente de meia hora a uma hora. Eram feitas em particular, individualmente, em geral na sala de estudos do professor, durante o horário combinado.

Procurava-se inicialmente reduzir a tensão do aluno, conversando sobre as dificuldades que ele sentira ao realizar o trabalho; e procurava-se verificar se ele lera ou consultara vários livros, reforçando-se nesse ponto qualquer comportamento exploratório a livros e bibliotecas. Estimulava-se também o interesse que o aluno costumava manifestar, em estudar mais aprofundadamente o assunto do trabalho (ou outros com que deparara ao estudá-lo), e leitura de livros em nível de divulgação científica, que os alunos começavam a descobrir e apreciar. Após essa conversa preliminar, o ambiente se tornava descontraído, e iniciava-se então o *interrogatório*.

Muitas vezes, o desenrolar de uma das repostas gerava uma discussão amigável sobre o assunto. Como se reservava previamente uma certa margem de tempo, não se impedia divagações e conversas sobre outros temas, pois isso parecia ser estimulante para os alunos. Como se verá, isso não influía, no entanto, na nota obtida na entrevista, e o aluno extrovertido não obtinha portanto vantagem sobre o mais tímido.

Todos os pontos assinalados pelo professor eram discutidos e, caso o aluno não fosse capaz de responder a alguma pergunta, o professor a formulava de outro modo - pois muitas vezes, a maior dificuldade é fazer com que o aluno entenda a dúvida. Por exemplo: a pergunta c do exemplo: - - - "Qual é, exatamente, a relação entre a constância da velocidade da luz e a dilatação do tempo?" - dificilmente será compreendida, sob essa forma, por um aluno médio. Pode-se tentar outras formas: "Se a velocidade da luz não fosse constante, não haveria dilatação do tempo?" "Demonstre-me como se deduz a lei da dilatação do tempo, e mostre onde entra o postulado da constância da luz".

Se, mesmo assim, o aluno não conseguia responder, o professor respondia à questão. Talvez, após isso, o aluno, se lembrasse de que realmente sabia aquilo, e então podia interromper o professor e completar a resposta, ou agregar novas informações pertinentes ao assunto, após o término da resposta, de modo a mostrar que de fato conhecia a resposta mas não entendera a pergunta. Esse comportamento surgia es-

pontaneamente nos alunos; não era preciso instruí-los para isso. Mas é preciso dispor de uma boa sensibilidade, a fim de evitar ser enganado pelo aluno, nesses casos.

A cada ponto, o professor deve assimilar o grau de compreensão do aluno. Normalmente, basta uma escala simples: zero, meio, um. Ao final da entrevista, o professor fará uma contagem dos pontos obtidos, e computará a nota obtida na entrevista. Inicialmente, fazia-se constar como nota dessas avaliações a média geométrica das notas de entrevista e do trabalho escrito, a fim de que um aluno que não tivesse compreensão alguma daquilo que escrevera ficasse com nota zero. Posteriormente, verificou-se que tal sistema não era necessário, e poderia ser injusto, pois o aluno poderia se sair mal nas perguntas formuladas pelo professor, apesar de compreender uma grande parte do trabalho. Preferiu-se, por isso, adotar posteriormente a média aritmética simples das notas de entrevista e trabalho escrito. Essa nota tinha o mesmo peso que duas provas, ou seja, a entrevista e o trabalho escrito tinham, cada um, o mesmo peso que uma prova. Assim, ao final do semestre calculava-se a média como resultado de onze notas (sete provas, dois trabalhos escritos, duas entrevistas).

Depois de algum tempo, os alunos descobriam "truques" para sair-se bem na entrevista: não colocar no trabalho coisas que não tivessem compreendido bem; ou não colocar no trabalho tudo o que tinham estudado. Inseriam, propositalmente, palavras e frases complicadas, no trabalho escrito, a fim de "pescar" o professor e forçá-lo a questionar aquele ponto; e ao mesmo tempo, estudavam em outros livros o significado preciso daquilo. Assim, observava-se comumente a reação dos alunos: "Eu sabia que você ia perguntar isso?" e lá vinha a resposta bem preparada. Não acreditamos que haja algo negativo nisso. Não é de modo algum um procedimento desonesto. Na verdade, isso mostra justamente que os alunos obtiveram um comportamento desejável: reconhecer pontos difíceis, e procurar esclarecer suas dúvidas.

Não era raro que os alunos soubessem responder a mais de 80% das perguntas, na entrevista. Em média, mostravam

uma compreensão de 60% dos pontos discutidos, que eram aspectos mais sutis e complexos do trabalho como se viu.

A primeira entrevista gerava uma certa tensão entre os alunos, por ser algo desconhecido; mas após isso, os trabalhos perdiam o caráter mau, e se tornavam agradáveis; as entrevistas eram consideradas quase como uma brincadeira, para os alunos. Apreciavam muito esse tipo de avaliação, e diziam aprender muito durante o estudo necessário para execução do trabalho e para "defender" o trabalho na entrevista.

Em questionário respondido ao final do ano os alunos se manifestaram totalmente favoráveis à manutenção dos sistemas de trabalhos-entrevista. Eis algumas das vantagens do sistema que foram citadas espontaneamente pelos alunos, no questionário:

- Fazendo-se o trabalho e respondendo sobre o mesmo aprende-se mais.
- Procurei relacionar o assunto do trabalho com outros estudados em aula; isso foi muito importante para mim.
- Uma das grandes vantagens é fazer com que o aluno saiba "se virar sozinho", e concretizar o conhecimento sobre determinado assunto, e que com a entrevista ele saiba transmitir aquilo que aprendeu.
- Há maior contato entre professor e aluno.
- É uma rara oportunidade para se esclarecer as dúvidas que normalmente o aluno "deixa passar" numa aula comum.
- A entrevista desinibe.
- Foi ótimo para a gente se acostumar não só a ouvir, mas , também debater e expor as nossas explicações, conclusões e pontos de vista.
- Faz a gente se interessar, pelo menos, por um assunto, sabendo-se o que se está fazendo.
- A gente aprende realmente aquilo que se dispõe a pesquisar
- Levou-me a procurar entender o que havia pesquisado.
- Existe uma interessante troca de idéias entre aluno e professor.
- Ensinam a debater sobre determinado assunto e como devemos estudá-lo para tal.

- Avaliam o conhecimento do assunto.
- Faz com que você estude mais duramente, faz com que fale e comunique suas idéias.
- Avalia melhor o nosso conhecimento do que as provas.

Alguns alunos solicitaram que houvesse mais trabalhos por semestre, e que o sistema trabalho-entrevista fosse aplicado durante todos os períodos (semestres) do curso de Física.

É claro que esse entusiasmo dos alunos não indica, necessariamente, que o sistema trabalho-entrevista realmente, atingiu todos os objetivos citados pelos próprios alunos, mas se for verdade, como citou um aluno, que o mais importante é o "desejo de aprender mais sobre Física, pois tendo o desejo o resto é consequência"; então, atingimos nossos objetivos.

É extremamente difícil separar o efeito do sistema trabalho-entrevista do restante do sistema do ensino de Estrutura da Matéria; pode ser que os resultados atingidos não tenham nada a ver com aquilo que imaginamos. Em grande parte, a motivação era resultado do próprio método didático, já que 70% dos alunos solicitaram espontaneamente, e individualmente no questionário final, que o número de aulas semanais fosse aumentado de 3 para 5 ou 6. De qualquer forma acreditamos que a técnica de trabalho-entrevista levou aos seguintes resultados:

- grande motivação e curiosidade
- hábito de consulta a livros e atividades exploratórias nas bibliotecas.
- hábito de procurar esclarecer tudo o que não está claro.
- hábito de só escrever aquilo que compreendeu, e escrever com clareza.

Falando de um modo informal, foi uma experiência extremamente agradável desenvolver esse tipo de curso e aplicá-lo. Aconselhamos as pessoas que se interessaram pelo nosso trabalho a tentar desenvolver algo semelhante, se ministram disciplinas em que se dá ênfase a aspectos qualitativos da Física. Não é trabalho fácil, mas é compensador.

Sem poder comprová-lo, por enquanto, acreditamos que tal tipo de atividades é um bom preparativo para métodos de ensino quase autônomos, como o método Keller. Além disso, a amostra com que trabalhamos representa bem o aluno universitário brasileiro médio, e por isso pode-se supor que a técnica funcionará em outras universidades, desde que os professores sejam adequados.

O sistema de ensino descrito neste trabalho foi desenvolvido e aplicado, em 1974 e 1975, por Maria Ivanil Coelho Martins e Roberto de Andrade Martins. Outros professores da Universidade Estadual de Londrina, em outras épocas, poderão utilizar um sistema totalmente diverso.

### L<sub>3</sub> - COMO SABER SE SEUS ALUNOS PODEM APRENDER CERTOS CONCEITOS

CARNEIRO, Benedito; SÉRGIO, Frederico Silvestre; SHIRAIWA, Shozo; COUTINHO, Therezinha J. S. B.

Instituto de Física da USP

Partindo da idéia de que o professor deve conhecer o nível da classe antes de ministrar o seu curso, desenvolvemos um questionário como instrumento simplificado para verificar o domínio dos alunos sobre determinados conceitos.

Os resultados obtidos são coerentes com o que se conhece dos cursos, indicando assim a validade das características que demos ao questionário para atingir os objetivos propostos. Os conceitos forma da Terra, peso e gravidade foram escolhidos devido a considerações sobre Aristóteles e Galileu e por artigo de Fleshner. A forma das questões incentiva respostas dissertativas.

Procuramos verificar, A - o nível de entendimento do conceito; B - a capacidade de operar o conceito em situação concreta. As questões do tipo A (3,5, 7 e 9) verificam a linguagem, o sentido do senso comum ou aprendizagem anterior. As questões do tipo B (2,4,6,8 e 10) verificam o grau de assimilação do conceito usado para operar uma situação em que o aluno entre ativamente. As respostas foram distribuídas em três grupo: *tipo A* 1 - estágio de conceituação formal satisfatório. 2 - conceitos insatisfatórios ou inexistentes; 3 - respostas inconclusivas; *tipo B* - 1 - opera com o conceito físico em situação concreta, 2 - usa o senso comum, 3 - respostas inconclusivas ou mistura de conceitos.

Avaliamos no total 115 questionários, e os resultados estão resumidos na tabela seguinte de acordo com a classificação acima.

A Física só é apresentada para os nossos estudantes, informalmente, como um disciplina à parte das outras ciências, no 1º ano colegial. Antes disso, eles estudam alguns tópicos de Física esparsos pelo curso de Ciências do ginásio.

Segundo Piaget, o pensamento formal e a capacidade de abstrair aparecem apenas por cerca dos 15 anos (em média, idade na qual os alunos chegam ao colegial) e é idéia corrente entre os educadores que só se pode começar o ensino de Física (quantitativamente) no colegial. Antes disso é possível apenas dar-se noções qualitativas e no nível do concreto.

Até aquela idade podemos dizer que o indivíduo não tem estruturas que lhe permitam a abstração necessária para compreensão dos conceitos físicos que são generalizações feitas sobre situações concretas. Como estas estruturas surgem de uma interação dinâmica do organismo humano com o meio ambiente através de um processo de equilíbrio, os estudantes através do seu contato com o mundo na vida diária desenvolvem a respeito do mesmo uma conceituação que muitas vezes, está em desacordo com o ponto de vista científico.

Bruner acha que a criança se desenvolve, passando durante o desenvolvimento, por três modos de representação do mundo: enativo, icônico e simbólico (Esta subdivisão pode ser comparada com a teoria de Piaget: estágios de desenvolvimento pré-operacional, operacional e operações formais).

O modo de representação *enativo* significa basicamente que a representação do mundo é feita através de respostas motoras. O *icônico* depende de habilidades motoras e de prática de imagens que representam a sequência de atos envolvidos naquela habilidade. A linguagem proporciona meios de não só representar a experiência do mundo, mas também de transformá-lo: é a *representação simbólica*.

Bruner acha que é possível ensinar qualquer coisa à criança, desde que isso seja feito na linguagem da criança, isto é, respeitando-se o nível de desenvolvimento em que ela se encontra. Se apresentarmos à criança qualquer tipo de instrução ou habilidade na linguagem que corresponda à

linguagem de desenvolvimento que a criança esteja atravessando, ela será capaz de aprendê-lo de alguma forma.

#### **AUTORES**

CARNEIRO, Benedito

SERGIO, Frederico Silvestre

COUTINHO, Terezinha S.B.

SHIRAIWA, Shozo

Os autores são alunos do curso de Instrumentação para o Ensino de Física, 1975, IFUSP

O trabalho foi desenvolvido durante o curso de Instrumentação, com a orientação da profa. AMÉLIA IMPÉRIO HAMBURGER.

No início de nosso projeto tínhamos as teorias de Bruner e Piaget, e a idéia inicial de usar Bruner para ensinar Física para crianças de curso primário. O projeto tinha que ser desenvolvido em um semestre e por isso resolvemos restringir o nosso trabalho a uma experiência apenas, a experiência de queda de corpos. As crianças em idade escolar já tem noção que as coisas pesam, umas mais que as outras, já viram coisas caindo, isto é, têm algumas noções do senso comum adquirido na vida diária.

Nossa intenção era propor a um grupo de crianças do curso primário algumas experiências relacionadas com quedas dos corpos, levá-las à compreensão dos efeitos da resistência do ar, forma dos corpos, etc. Por exemplo, deixar cair uma folha de papel aberta e depois amassá-la formando uma bolinha e deixá-la cair novamente, observando as diferenças entre os dois fenômenos (a bolinha cai mais depressa). Não chegamos a realizar esta parte da experiência, mas certamente teríamos esbarrado em uma dificuldade não cogitada.

As crianças provavelmente estariam no estágio de pensamento intuitivo ou de operações concretas, mas de qualquer forma não teriam ainda o conceito de conservação de peso e a folha de papel teria diferentes pesos para as crianças nas duas situações. Supondo-se que as crianças provavelmente considerariam a bolinha de papel mais pesada do que a folha aberta, o nosso experimento reforçaria o conceito aristotélico de queda (o mais pesado cai mais depressa).

A experiência final seria colocar uma bolinha de chumbo e uma pena num tubo de lâmpada fluorescente, limpo, no qual seria feito vácuo e com isso demonstrar que, sem efeito do ar, os dois corpos realmente caem ao mesmo tempo.

Logo descobrimos que seria muito difícil realizar o trabalho com crianças de curso primário, principalmente devido a problemas de tempo. E resolvemos usar uma classe de 6a. série do curso noturno do GEGEDEC.

Durante as nossas discussões, notamos que o aprendizado correto dos conceitos envolvidos na queda dos corpos recebe muita influência do senso comum, característica da

Física aristotélica. E fomos estudar Galileu e Aristóteles, porque o que nós pretendíamos era mudar o raciocínio dos alunos, em relação à queda dos corpos, isto é, fazê-los passar do senso comum, aristotélico, intuitivo, através da experiência, à maneira de Galileu, para os conceitos corretos.

É um ponto de vista comum entre educadores de Ciências que a interação com material concreto é imprescindível quando se introduz um novo conceito e também quando ensinamos certos conceitos a estudantes ainda no estágio das operações concretas. Muitos vão ainda além, afirmando que o laboratório deve preceder a introdução a uma generalização abstrata.

Fleshner, em seu artigo "O domínio de alguns conceitos em Física pelas crianças", relata investigações feitas com crianças em idade escolar na Rússia sobre aprendizado de conceitos de Física, salientando o problema de como o aprendizado anterior interfere com o aprendizado presente, e propondo uma técnica de ensino para resolver problema.

Fleshner estudou o aprendizado do conceito científico de peso. O conceito de peso é aprendido muito cedo pelas crianças, mesmo antes de entrar para a escola. Com isso, o conceito que as crianças trazem para a escola tem muita influência da vida diária, que não são eliminados totalmente quando os alunos estudam o conceito de peso nos moldes tradicionais. Fleshner realizou pesquisas antes e depois do estudo e verificou que a maior parte dos alunos, total ou parcialmente, passando um certo tempo depois de estudado o tema, voltam aos conceitos anteriores, que foram aprendidos na vida diária.

Baseado nesses resultados, ele propõe uma técnica de ensino chamada de *contraposição*, onde o professor sabendo que conceitos pré-científicos os alunos têm, assinala os pontos de conflito e de similaridade entre esses conceitos e os conceitos científicos corretos. Além disso, Fleshner em sua experiência, após verificar que o conceito de peso era muitas vezes confundido com o ato de pesar ou com o quanto o corpo pesa, afirma que o laboratório só deve ser introduzido quando o conceito de peso correto estiver já estabilizado,

ou seja, tenha sido completamente assimilado pelo indivíduo.

Nosso trabalho foi portanto, descobrir qual o nível conceitual dos estudantes e sua capacidade de operar em situações concretas com os conceitos de peso, gravidade, queda dos corpos, forma e movimento da Terra. Decidimos analisar estudantes de vários níveis escolares, muitos dos quais já tinham sido expostos na escola aos conceitos examinados.

O instrumento usado para essa análise foi um questionário com sugestões incentivando respostas dissertativas.

Numa fase posterior a este trabalho poderia ser usada a técnica de *contraposição* de Fleshner para ensinar os conceitos aqui tratados.

### **ELABORAÇÃO E APLICAÇÃO DO QUESTIONÁRIO**

Foi elaborado um primeiro questionário (Anexo I) constituído de 13 perguntas divididas em três grupos principais: questões n.ºs. 1, 2 e 3 sobre forma e movimento da Teoria; questões n.ºs. 4, 11, 12 e 13 sobre queda dos corpos; e n.ºs. 5, 6, 7, 8, 9 e 10 sobre peso e força.

As questões sobre forma da Terra e seus movimentos foram colocadas no questionário para que se possa analisar como é entendida a queda dos corpos, isto é, se caem para a Terra porque ela está na frente ou caem em direção ao centro da Terra. Parece-nos que o aluno que não tivesse assimilado o conceito de Terra redonda, não estaria capacitado para entender os fenômenos de Gravitação.

Na primeira fase, as questões estavam ordenadas por assunto, mas nas fases subsequentes decidimos embaralhar as questões para evitar a própria ordem do questionário influenciasse as respostas, prejudicando assim o resultado do questionário.

Esta primeira fase da pesquisa foi passada a 28 alunos de 6a. série período noturno em 21/5/75. Esta classe é constituída principalmente por alunos que estão fora da faixa etária de escolaridade e são quase todos provenientes do *MOBRAL*.

Quando decidimos continuar a pesquisa modificamos o questionário procurando eliminar questões cujas respostas em

geral não traziam a informação desejada e sendo portanto por demais inconclusivo o resultado da análise.

Eliminamos as questões 7,9,12 e 13. Na 7ª questão, as respostas eram em geral em termos do adulto ter crescido e a criança não e similares. As questões 12 e 13 tentavam descobrir se os estudantes pensam que as coisas caem para a Terra porque está na frente ou se é devido à atração gravitacional. As respostas em geral eram pouco conclusivas não nos informando o desejado.

O questionário nesta forma (Anexo 2) foi aplicado aos alunos do I.E. Virgília R.A. de Carvalho Pinto, voluntários para o mini-curso de Prática de Ensino, onde tiveram um bom aproveitamento.

O questionário em sua forma final (Anexo 3) foi aplicado às seguintes turmas:

- 23 alunos do 1º ano de Física diurno, distribuídos em 3 turmas diferentes, sendo uma delas do curso personalizado. Alguns alunos levaram o questionário para responder em casa e outros ao final da aula.

- 27 alunos do 3º colegial do Colégio São Paulo de Piratininga. A maioria desses alunos estão concomitantemente fazendo cursinho preparatório para vestibular, estando distribuídos em 5 alunos de Exatas, 5 de Humanas e os demais, Ciências Biomédicas.

- 15 alunos de Letras e História, cursando o 4º ano de Licenciatura. O Questionário foi passado durante uma aula de Didática na Faculdade de Educação.

- 24 alunos da 8ª. série A do G.E.G. Experimental Dr. Edmundo de Carvalho, uma classe que rende sempre que é solicitada e com boa capacidade de assimilação da matéria, bons alunos de Matemática e Ciências. Estes alunos estavam estudando conceitos de força na época da aplicação do questionário.

- 23 alunos da 8ª. série da mesma escola, alunos com muita dificuldade de aprendizagem, lentos e com deficiências de raciocínio. Também estavam estudando conceitos de força ; mas em nível mais elementar.

## CRITÉRIOS DE ANÁLISE DAS RESPOSTAS

Para analisar os conceitos que estão presentes nos vários tipos de alunos, elaboramos o questionário com dois tipos de perguntas, sendo um tipo para avaliar o nível de entendimento do conceito (chamamos de tipo A, questões 3, 5, 7, 9) e o outro para verificar a capacidade de operar com o conceito em situação concreta (chamamos de tipo B, questões 2, 4, 6, 8 e 10).

Nas questões do tipo A verifica-se a linguagem, o sentido do senso comum e o aprendizado anterior, os quais foram classificados em três grupos:

- 1 - Estágio de conceituação forma satisfatório.
- 2 - Conceitos insatisfatórios ou inexistentes.
- 3 - Respostas inconclusivas.

Nas questões do tipo B verificou-se qual o grau de assimilação do conceito que o aluno usa para operar numa situação - em que o aluno tem uma participação ativa. Foram também classificados em três grupos:

- 1 - Opera com o conceito físico em situação concreta.
- 2 - Usa o senso comum
- 3 - Respostas inconclusivas ou misturam os dois conceitos.

As questões 3, 5, 7 e 9 foram avaliadas conjuntamente e as respostas dadas pelos alunos foram:

grupo 1. responderam corretamente as perguntas usando o conceito científico.

grupo 2. os que deram respostas erradas conceitualmente ou não deram respostas.

grupo 3. os que não conseguiram formalizar os conceitos.

As questões do tipo B foram analisadas em grupos de assunto, a saber:

Questões 1 e 4 sobre a forma da Terra; respostas características:

grupo 1. responderam "laranja ou disco" para a questão 1 e "mesmo lugar" para a questão 4

grupo 2. respostas onde ficava claro que o aluno não tinha o conceito de Terra redonda e finita.

grupo 3. respostas inconclusivas. Neste grupo foram classificados muitos que não conseguiram abstrair a situação proposta.

Observação: A questão 1, isoladamente, não tem validade na medida em que muitos não liam ou não entendiam a situação proposta na questão porque às respostas *laranja* ou *disco* dão somente uma idéia de tipos de respostas, escolar ou de interpretação lógica exata da pergunta. A análise das questões 1 e 4 é feita em conjunto indicando a coerência do conceito sobre a forma da Terra.

Questão 6, sobre o movimento da Terra; respostas características:

grupo 1. alunos que explicam pelo movimento de rotação da Terra.

grupo 2. respostas que explicavam pelo movimento do sol em torno da Terra.

grupo 3. respostas inconclusivas, a maioria explicando pelo movimento de translação da Terra.

Questões 2, 8 e 10 - sobre queda dos corpos e gravidade; respostas características:

grupo 1. corpos sob ação da mesma aceleração da gravidade.

grupo 2. os mais pesados caem primeiro para a questão 2, só há força na subida e a Terra é o lugar natural na questão 8 e na questão 10 só há gravidade na Terra.

grupo 3. as respostas onde os conceitos físicos e de senso comum se confundiam ou não havia respostas.

## RESULTADOS E CONCLUSÕES

(Os resultados estão resumidos na Tabela e nos Gráficos).

Comparando-se a expressão dos conceitos formais e a operação com os mesmos em situações concretas, concluímos que mesmo o aluno sendo incapaz de formalizar os conceitos ele consegue operar com os mesmos em situação concreta. Isto aconteceu principalmente nos 1º e 3º colegiais de Física. Daí se conclui que as avaliações teóricas explicativas não são um bom indicativo de que o aluno assimilou os conceitos e portanto, o professor deve evitar tal tipo de questão para medir aprendizado. A dificuldade de expressão pode vir de uma

dificuldade própria de linguagem dos alunos e de uma falha do método de questionário. Uma entrevista poderá medir mais precisamente o que acontece.

Uma outra comparação que pode ser feita é entre o nível de conceituação formal do 1º colegial e do 3º colegial. Entre os alunos do 3º colegial, 70% deram respostas insatisfatórias para as questões sobre conceitos formais, enquanto esta porcentagem é de apenas 57% no 1º colegial. Os dois grupos estão estudando os conceitos de peso e força neste ano sendo que os de 3º colegial estão revendo-os no cursinho. Sugerimos então, como explicação para esta discrepância inesperada a influência do cursinho que apenas ensina a resolver problemas e responder testes. Para afirmar nossa hipótese, as questões sobre forma e movimento da Terra, que não caem no vestibular, apresentam um melhor resultado. Uma sugestão para futuros estudos é um exame mais apurado deste aspecto.

Notamos ainda que força foi definida pelos alunos do 3º colegial como "puxão e empurrão" que é a primeira noção dada na maioria das apostilas e livros para secundário, que equivale à noção do senso comum. Fleshner sugeriria que estes alunos, se não continuarem a estudar Física, passados alguns anos, terão apenas esta noção de força. O resultado indica uma falha dos métodos usados pelos livros-textos onde o senso comum é reforçado.

Poder-se-ia então examinar outros conceitos assimilados no senso comum - estudar os livros-textos em uso - e desenvolver técnicas de contraposição para o ensino desses conceitos como definidos cientificamente. É importante também decidir em que momento o laboratório vai ser introduzido para que não seja um reforçador do senso comum e sim um instrumento da contraposição. Isto envolveria uma pesquisa do tipo apresentado neste trabalho e depois uma análise detalhada das respostas dadas.

Um outro resultado interessante advém da comparação entre as 8as. séries. Normalmente, os professores preparam e ministram cursos exatamente iguais para séries iguais, mas de acordo com esta pesquisa há diferenças notáveis entre as

duas classes de mesma série examinadas. Estas diferenças existem devido ao critério de formação das classes da Escola. A abordagem dos conceitos deve respeitar essas diferenças que podem existir mesmo entre classes que não tenham sido deliberadamente homogeneizadas.

Até a 8a. série os alunos não operam com os conceitos de força e peso por não terem ainda estudado os mesmos, visto que a maioria consegue operar com o conceito de Terra redonda.

A diferença de porcentagem entre os que operam com o conceito científico da forma da Terra e com os conceitos científicos de peso e força decresce à medida que avançamos no nível de escolaridade sendo ela bastante grande nas 8as. e 6a. séries. Esta diferença é significativamente pequena para os alunos do 1º ano de Física.

Notamos que o grupo de Humanas tem bom nível de abstração visto que uma grande porcentagem operou com o conceito de Terra redonda e de movimento de rotação da Terra. A baixa porcentagem apresentada para a conceituação de peso e força (0%) explica a grande quantidade de respostas inconclusivas (60%), a maior entre todas as classes examinadas, para as questões que exigiam operação concreta com tais conceitos.

Esses alunos, embora possam ter sido expostos aos conceitos corretos, não os assimilaram, mas se recusam a usar o senso comum, por terem se acomodado ao fato de que existe uma conceituação correta e científica. Fleshner observou um resultado semelhante para os alunos que tinham estudado os conceitos na forma tradicional (grupo IV).

Faltou em nossa pesquisa uma questão envolvendo os conceitos examinados em nível de problema de livro em vez de situação concreta. Isso nos permitiria analisar melhor a separação que o aluno faz entre as situações possíveis do dia-a-dia e as situações hipotéticas dos livros-textos. Seria também interessante introduzir questões tipo cursinho para avaliar melhor a hipótese levantada acima, sobre a influência dos preparatórios para o vestibular na formação de conceitos.

## CRÍTICA SOBRE O QUESTIONÁRIO

O fato da análise dos questionários levar às conclusões sobre os alunos, coerentes com o que conhecemos deles, mostra que o questionário alcançou o objetivo proposto.

O professor em classe tiraria muitas das dúvidas de interpretação das respostas e diminuiria o mínimo de respostas inconclusivas através de *entrevistas*.

Questões com respostas dissertativas, seguidas de questões em que o aluno é posto em situação concreta dão uma idéia boa do nível conceitual dos alunos, seja em questionários ou entrevistas.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

1. "O domínio de alguns conceitos em Física pelas crianças"-  
FLESHNER, E.A. - *Educational Psychology* - Nethnen & CO.  
Ltd. tradução de CARNEIRO, Benedito - *Jornal do* 363 -  
nº 4 - 1975.

## ANEXO 1

### Questionário preliminar - 1ª fase

- 1 - Você está em cima da Terra e olha em volta. Você vai achar que a Terra tem formato mais parecido com o de um disco vitrola ou com um laranja?
- 2 - Se você sair andando, sempre para frente, sem parar, sem precisar parar, aonde você vai chegar?
- 3 - Se você olhar para o sol pela manhã ele está de um lado da cidade, ao meio dia quase em cima de sua cabeça, e à tarde está de outro lado. Como é que você explica isso?
- 4 - Se você estiver na janela da classe, segurando um paralelepípedo (desses de calçamento) e um pedaço de giz e soltar as duas coisas, ao mesmo tempo, qual delas vai chegar primeiro ao chão? Ou você acha que as duas vão chegar juntas no chão? Por quê?
- 5 - O que é peso? Explique o que você sabe sobre o peso das coisas.
- 6 - Será que todos os corpos tem peso? Você é capaz de pensar em corpos que não tem peso?
- 7 - Por que uma criança pequena não consegue empurrar o armário que está no fundo da sala, e um homem pode?
- 8 - Você sabe o que é força?
- 9 - Porque é necessário fazer força para poder levantar uma cadeira?
- 10- Você acha que *peso* tem alguma coisa a ver com força?
- 11- Você pensou em alguma razão pela qual quando você joga uma bola para cima, ela sobe, mas sempre acaba caindo? Explique.
- 12- Você está num avião, voando bem alto, sobre a cidade de São Paulo, e deixa cair uma bola de ferro, onde vai cair a bola? Por quê?
- 13- E se agora você está no mesmo avião, da mesma altura, mas do outro lado da Terra, sobre o Japão, e deixa cair a bola de ferro, onde ela vai cair?

**ANEXO 2**  
**2ª – FASE**

- 1- Você está em cima da Terra e olha em volta. Você vai achar que a Terra tem formato mais parecido com o de um disco de vitrola ou com uma laranja?
- 2- Se você estiver na janela da classe, segurando um paralelepípedo (desses de calçamento) e um pedaço de giz e soltar as duas coisas, ao mesmo tempo, qual delas vai chegar primeiro ao chão? Ou você acha que as duas vão chegar ao mesmo tempo? Por quê?
- 3- Você sabe o que é força? Explique.
- 4- Se você sair andando, sempre em frente, sem precisar parar, aonde você vai chegar?
- 5- Todos os corpos têm peso?
- 6- Você acha que Peso tem alguma coisa a ver com Força?
- 7- Se você olhar para o sol, pela manhã ele está de um lado da cidade, ao meio dia está quase em cima de sua cabeça, e à tarde, está do outro lado. Como você explica isso?
- 8- Você já pensou em alguma razão pela qual quando você joga uma bola para cima, ela sobe, mas sempre acaba caindo? Explique.
- 9- Explique o que você sabe sobre o peso das coisas.
- 10- Você é capaz de pensar em corpos que não tem peso?
- 11- Quando você carrega uma criança você faz força com os seus músculos. Imagine-se carregando uma criança na Lua. Você faria maior esforço na Terra ou na Lua? Por quê?

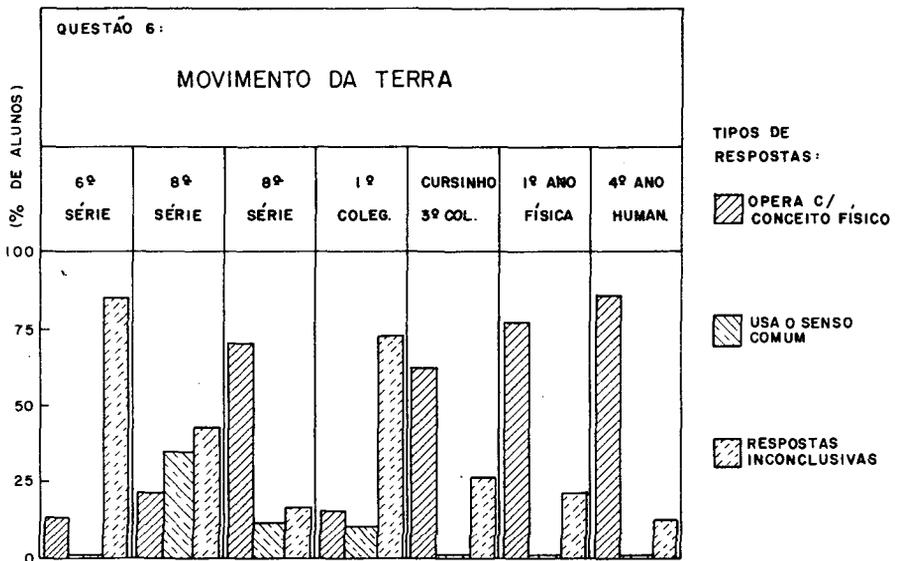
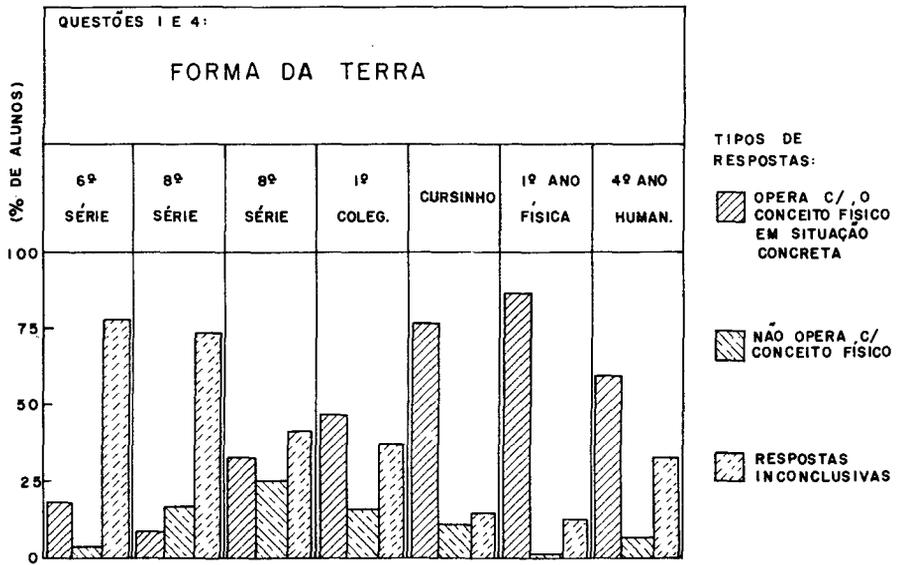
### ANEXO 3

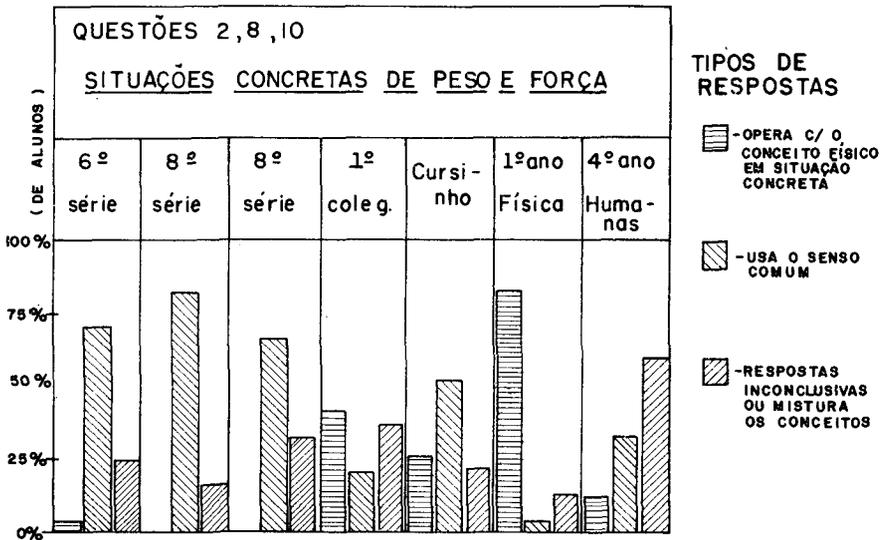
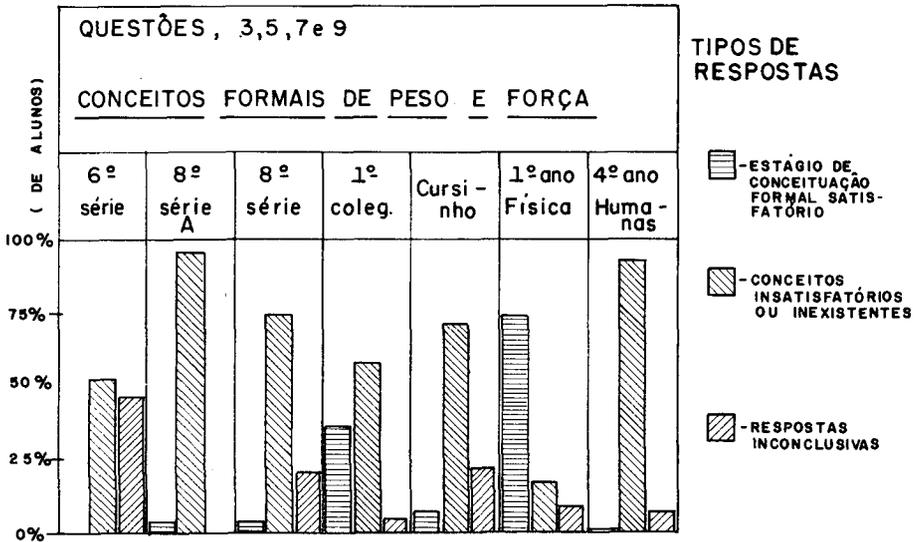
#### Questionário Final

- 1- Da sua janela você olha em volta. Você vai achar que a Terra tem formato mais parecido com o de um disco de vitrola ou com uma laranja?
- 2- Se você estiver na janela da classe, segurando um paralelepípedo (desses de calçamento) e um pedaço de giz e soltar as duas coisas ao mesmo tempo, qual delas vai chegar primeiro ao chão? Ou você acha que as duas vão chegar juntas ao chão? Por quê?
- 3- Você sabe o que é força? Explique
- 4- Se você sair andando, sempre em frente, sem precisar parar no caminho, aonde você vai chegar?
- 5- Todos os objetos têm peso? Você conhece objetos que não têm peso? Dê exemplos.
- 6- Se você olhar o Sol pela manhã ele está de um lado da cidade, ao meio dia está quase em cima de sua cabeça, e à tarde do outro lado. Como é que você explica isso?
- 7- Você acha que *peso* tem alguma coisa a ver com *força*?
- 8- Você já pensou em alguma razão pela qual quando você joga uma bola para cima, ela sobe, mas sempre acaba caindo? Explique.
- 9- Explique o que você sabe sobre o peso das coisas.
- 10- Quando você carrega uma criança você faz uma força com os seus músculos. Imagine-se carregando uma criança na Lua. Você faria maior esforço na Terra ou na Lua? Por quê?

RESULTADO DOS QUESTIONÁRIOS

CLASSES (nº de alunos) QUESTÕES	6ª (28)	8ª (23)	8ª (23)	1º col. (19)	Cursi- nho (27)	1º ano Física (23)	4º ano Human. (15)	TIPOS DE RESPOSTAS
1 e 4 FORMA DA TERRA	18% 4% 78%	9% 17% 74%	33% 25% 42%	47% 16% 37%	77% 11% 15%	87% 0% 13%	60% 7% 33%	opera c/conceito físi- co não opera Respostas inconclusi- vas
6 MOVIMENTO DA TERRA	14% 0% 86%	22% 35% 43%	71% 12% 17%	16% 11% 73%	63% 0% 27%	78% 0% 22%	87% 0% 13%	opera c/conceito físi- co usa o senso comum Respostas inconclusi- vas
2, 8 e 10 SITUAÇÕES CONCRE- TAS DE PESO E FORÇA	4% 71% 25%	0% 83% 17%	0% 67% 33%	42% 21% 37%	26% 52% 22%	83% 4% 13%	7% 33% 60%	opera c/conceito físi- co usa o senso comum Respostas inconclusi- vas
3,5,7 e 9 CONCEITOS FORMAIS DE PESO E FORÇA	0% 53% 47%	4% 96% 0%	4% 75% 21%	37% 58% 5%	7% 71% 22%	74% 17% 9%	0% 93% 7%	conceitos formais sa- tisfatórios conceitos insatisfatō- rios ou inexistentes Resp. inconclusivas ou mistura de con.





#### L<sub>4</sub> – AVALIAÇÃO DE CURSO PELOS ESTUDANTES – ANÁLISE DE REDUNDÂNCIAS

PIZA, A. F. R. de Toledo & NEMES, M. Carolina  
Instituto de Física da USP – IFUSP/DFN

Analisamos as respostas de um grupo de 44 (=N) estudantes do curso de Mecânica 2 (FMT 306), período noturno, do IFUSP, ao questionário "Avaliação de Curso pelos Estudantes", proposto pela Comissão de Ensino de Graduação. Esse questionário contém perguntas sobre 30 aspectos referentes ao curso, respondíveis com "notas"  $n_i^{(s)}$  de zero a dez. (0 índice  $i$  refere-se ao número da pergunta e  $s$  refere-se a cada um dos questionários examinados). A técnica utilizada aqui está estreitamente relacionada, do ponto de vista forma, com a de outro trabalho deste Simpósio (A.F.R. de Toledo Piza e M. Carolina Nemes, Estrutura da População Estudantil dos Cursos Básicos de Ciências Exatas da USP). A diferença qualitativa entre os formatos dos questionários utilizados nos dois casos correspondem porém à necessidade de uma mudança de ponto de vista na interpretação dos resultados.

As "notas" foram para cada questionário, interpretadas como coordenadas de pontos  $p^{(s)}$  de massa unitária, em 30 dimensões. A existência de anisotropias significativas na nuvem de N pontos assim resultante, quando a partir do seu próprio "centro de massa", pode ser interpretada em termos de correlações entre respostas a diferentes perguntas que indicam redundâncias, seja ligadas à formulação dos diferentes aspectos a que se referem as perguntas, seja à sua interpretação, por parte dos estudantes.

A diagonalização da matriz de correlações  
 $\sum_s \bar{n}_i(s) \bar{n}_j(s)$  no "centro de massa" da nuvem  
 de N pontos (isto é,  $\bar{n}_i(s) = n_i(s) - \frac{1}{N} \sum_s n_i(s)$ )

indica que essas correlações são sem importância  
 quantitativa. Elas afetam a entropia das respos-  
 tas em cerca de 15% apenas, nesse sistema. Consi-  
 derando, por outro lado, a matriz de correlação

$\sum_s n_i(s) n_j(s)$  no sistema de referência original,

verificamos que 90% do seu traço são esgotados  
 por um único autovalor, cujo autovetor aponta es-  
 sencialmente para o "centro de massa" da nuvem .  
 Interpretamos esses resultados, por um lado como  
 indicadores de que o vetor de posição do centro  
 de massa da nuvem (que corresponde à média das  
 "notas" atribuídas a cada aspecto) representa a-  
 dequadamente o conjunto de respostas analisado; e  
 por outro lado, como indicadores da ausência de  
 vinculações fortes entre aspectos correspondentes  
 a diferentes perguntas dentro do grupo de estudan-  
 tes, bem como relativa homogeneidade destes no seu  
 julgamento do curso.

Agradecemos ao Prof. H. Moysés Nusseñzveig, Coor-  
 denador da C.E.G. pela permissão de usar parte dos  
 dados obtidos para aquela Comissão neste estudo.

O questionário de "Avaliação de Curso pelos Estudantes"<sup>1</sup>  
 proposto pela Comissão de Ensino de Graduação do IFUSP no se-  
 gundo semestre de 1975 consta de 30 perguntas em que diferen-  
 tes aspectos relativos a uma disciplina, ao seu professor e  
 ao aluno (auto-avaliação) devem ser cotados pelos estudantes  
 numa escala definida arbitrariamente como o intervalo zero-dez.

É conveniente encarar uma das possíveis formas de análise dos resultados da aplicação desse questionário como um processo em etapas. O propósito central do questionário pode ser encarado como o de obter, através dos estudantes, informações sobre eventuais inter-relações dos três ingredientes acima citados. O âmbito menor em que isso pode ser feito é cada uma das turmas regulares através das quais se desenvolve atividade de ensino de graduação do Instituto. Essas turmas podem ser tratadas dessa forma, como as unidades diferenciadas de um universo amostral ideal de pesquisa cujo objetivo é de conhecer as propriedades dinâmicas e eventuais distorções do curso de Graduação como um todo. Isso pode ser buscado e. g. através de uma análise de correspondência das características do conjunto de turmas regulares do Instituto. Esta é, no entanto, apenas uma segunda etapa da análise. É preciso, de fato, levar em conta que tais unidades diferenciadas, têm, já e por sua vez, um caráter coletivo, desde que incluem, em cada caso um número apreciável de estudantes agindo de forma presumivelmente autônoma, como materializadores da informação buscada. As entradas para a análise de correspondências no sistema global pressupõe, portanto, uma etapa anterior de análise visando a caracterização coletiva de cada uma das turmas regulares de ensino em termos das respostas ao questionário dadas pelos estudantes.

O problema de que trata esta nota se refere à análise de um conjunto de questionários ao nível das turmas regulares de ensino. Como foi discutido, o propósito desta análise de primeira etapa é obter uma caracterização coletiva de cada uma das turmas regulares consideradas isoladamente. As médias das cotações atribuídas a cada um dos 30 itens pelos estudantes da turma aparecem, desde logo, como um conjunto de parâmetros *natural* para esse fim. No entanto, cabe ainda perguntar se existem efeitos coletivos de correlação discerníveis nos desvios, em relação a essa média, das cotações dos questionários individuais.

Esses efeitos indicam, na média de sua importância, a não independência das cotações atribuídas ao diferentes í- tens e portanto a existência de redundância na caracteriza- ção da turma pelas médias, que deve ser levado em conta pe- la segunda etapa da análise.

Para detectar efeitos de correlação dessa natureza, é conveniente interpretar as cotações  $n_i^{(s)}$  de cada questioná- rio como coordenadas de pontos  $p^{(s)}$  de massa unitária, em 30 dimensões. Os desvios, em relação às médias tomadas sobre N questionários, das cotações são, então, as componentes da distância dos pontos considerados ao centro de massa da nu- vem N pontos  $p^{(s)}$ :

$$\bar{n}_i^{(s)} = n_i^{(s)} - \frac{1}{N} \sum_{s'=1}^N n_i^{(s')}$$

As correlações entre pares desses desvios, por outro lado são, completamente descritas pela matriz simétrica de traço unitário.

$$P_{ij} = \frac{1}{\sum_i \bar{n}_i^{(s)2}} \sum_{s=1}^N \bar{n}_i^{(s)} \bar{n}_j^{(s)}$$

Resolvendo para essa matriz o problema secular de Kar- hunen-Loève.<sup>2</sup>

$$\sum_j P_{ij} f_j^{(\lambda)} = \lambda f_i^{(\lambda)}$$

Resulta, da forma usual

$$P_{ij} = \sum_{\lambda} \lambda f_i^{(\lambda)} f_j^{(\lambda)}$$

que mostra que os autovetores  $f^{(\lambda)}$  definem a natureza das correlações descritas por  $P_{ij}$  e que os autovetores  $\lambda$  a eles associados dão uma medida da sua importância relativa. Uma medida útil do correlacionamento dos desvios é dada pela entropia

$$S[P_{ij}] = - \sum_{\lambda} \lambda \ln \lambda$$

que, graças à normalização do traço, é zero no limite em que  $P_{ij}$  pode ser representada em termos de um único vetor  $f^{(\lambda)}$ . A inexistência de correlações, por outro lado, leva, a uma entropia

$$S_D = - \sum_i P_{ii} \ln P_{ii} > S[P_{ij}]$$

já que, nesse limite, a matriz  $P_{ij}$  é diagonal.

Utilizamos esse esquema para as respostas de um grupo de 47 estudantes do curso de Mecânica 2 (FMT306), período noturno, do IFUSP. A entropia  $S_D$  da matriz  $P_{ij}$  quando são ignoradas todas as correlações (termos não diagonais) é, para esse caso 3.2. (O valor máximo da entropia de uma matriz  $30 \times 30$  é  $\ln 30 = 3.4$ ) A entropia  $S[P_{ij}]$  na representação de Karhunen-Loève é, por outro lado, 2.8, o que significa que as correlações implicam numa redução de cerca de 15% apenas da entropia  $S_D$ , indicando que as correlações são relativamente pouco importantes no conjunto de questionários analisado.

Esse resultado sugere que o conjunto de médias é a característica coletiva mais conspícua e possivelmente a única que pode, para cada turma de ensino, ser extraída dos questionários. Ele é corroborado pelo fato de que existe um vetor de Karhunen-Loève da matriz

$$R_{ij} = \frac{1}{\sum_{is} n_i(s)^2} \sum_s n_i(s) n_j(s)$$

que esgota 90% do seu traço. Esse vetor tem componentes essencialmente proporcionais às médias das cotações atribuídas pelo grupo estudado aos diferentes itens do questionário.

Agradecemos ao Prof. H.M.Nussenzveig, Coordenador da CEG, pela permissão de usar parte dos dados obtidos para aquela Comissão neste estudo. Um de nos (AFRTP) agradece ao Prof. L.C.Gomes, do Centro de Informática da FIBGE pela discussão de alguns aspectos desta nota.

#### NOTAS E REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) "Curso" é usado no título do questionário no sentido de "disciplina". No que segue usamos o último termo para indicar uma determinada matéria do currículo de graduação, reservando "curso" para o conjunto das disciplinas do currículo.
- (2) SATOSI, Watanabe; *Knowing and Guessing*, Wiley 1969
- (3) SATOSI, Watanabe, *op. cit.*, p.447

## L<sub>5</sub> – PRÉ-REQUISITOS MÍNIMOS EM MATEMÁTICA E O DESEMPENHO DOS ALUNOS NO PRIMEIRO SEMESTRE DE FÍSICA GERAL

GUIMARÃES, Victor Hugo & AXT, Rolando – Instituto de Física da UFRGS

Com o objetivo de reduzir a diferença entre o nível exigido pelo curso e aquele apresentado pelos alunos, foi elaborada uma unidade de Pré-requisitos Mínimos em Matemática destinada a alunos de Física, Matemática e Química, matriculados no primeiro semestre de Física Geral. Os alunos receberam a unidade por ocasião da matrícula e nas três aulas da primeira semana foram submetidos a testes equivalentes de 20 questões. Aqueles que não tiveram grau máximo (20 acertos) no primeiro teste, foram convidados a submeter-se aos testes seguintes. Esperava-se que a maioria da população, após o estudo e a realização dos testes, atingisse os 20 pontos e que essa atividade contribuisse para elevar o nível dos alunos em habilidades matemáticas. A primeira parte dessa hipótese não se confirmou. De fato, apenas 14,5% dos alunos obtiveram 20 pontos em algum dos testes.

Por outro lado, o índice de reprovação de alunos ao final do semestre também foi elevado. Procurou-se então verificar a existência de uma correlação entre o desempenho dos alunos durante o semestre e o número de pontos alcançados nos testes de Pré-requisitos em Matemática a que foram submetidos.

O despreparo dos alunos que ingressam nos cursos de Física Geral preocupa a todos que estão encarregados de ministrá-los. Com o objetivo de reduzir a diferença entre nível exigido pelo curso e aquele apresentado pelos alunos, foi elaborada uma Unidade de Pré-requisitos Mínimos em Matemática (VER ANEXO), destinada a alunos de Física, Matemática e Química, matriculados no primeiro semestre de Física da UFRGS. Os alunos receberam a unidade por ocasião da matrícula e no primeiro dia de aula foram submetidos a um teste de 20 questões abertas, isto é, não objetivas. Obteriam aprovação aqueles que acertassem todas as questões. Aos que não atingissem esse escore, seriam oferecidas mais duas chances durante a semana. As questões dos testes foram retiradas da própria unidade.

Esta unidade e os respectivos testes deveriam constituir-se numa atividade de revisão de tópicos já de domínio do aluno. Desejava-se elevar o nível de todos os alunos até um limite considerado mínimo, abaixo do qual se acreditava seria arriscado prever que possuísem condições de trabalho na disciplina a ponto de alcançar aprovação. Esse mínimo deveria ser atingido pela grande maioria após o 3º teste. Para os restantes que se esperava fossem poucos, seria oferecido um atendimento especial.

Isto, contudo, não se confirmou e esta é uma das razões pelas quais este trabalho é publicado: apenas 14,5% dos alunos que resolveram o teste pelo menos uma vez atingiram 20 acertos (VER TABELA 2). A outra razão, não menos importante, é que o índice de correlação ( $r = 0,356$ ) entre o escore mais alto dos 3 pré-testes e a média final dos alunos que concluíram o curso foi muito baixo, ou seja, não se detectaram indícios de que seja condição necessária para aprovação neste curso introdutório de Física Geral um bom desempenho no pré-teste em matemática.

A disciplina de Física Geral ministrada foi Física I-A, destinada a alunos de Física, Matemática e Química (VER TABELA 1). Para facilitar a adaptação dos alunos ao nível dos cursos de Física Geral, o programa desta disciplina é menos extenso em conteúdo que as demais disciplinas de Física Geral oferecidas neste Instituto, abrangendo os 10 primeiros capítulos de Halliday & Resnick para 16 semanas letivas.

TABELAS

	Matrículas	Aprovados	Reprovados	Não fizeram Pré-Teste
Física	42	19	11	3
Química	32	9	10	3
Matemática	73	19	29	2
TOTAL	147	47	50	8

TABELA 1 - DADOS SOBRE A DISCIPLINA FIS-124 (FÍSICA I-A). Dos 147 alunos matriculados restaram 97 ao final do semestre; destes, 47 foram aprovados, 50 alunos cancelaram a matrícula ou desistiram.

	Aprovados	Reprovados	Desistentes
Física	3	0	1
Química	0	0	1
Matemática	9	5	0
TOTAL	12	5	2

TABELA 2 - ALUNOS COM 20 PONTOS NUM DOS PRÉ-TESTES. Dos 19 alunos com 20 pontos num dos pré-testes, 2 desistiram do curso, 12 foram aprovados e 5 reprovados.

	Aprovados	Reprovados	Desistentes
Física	15	6	5
Química	7	6	3
Matemática	18	23	15
TOTAL	40	35	23

TABELA 3 - ALUNOS COM 15 PONTOS OU MAIS NUM DOS PRÉ-TESTES.

Dos 44 aprovados que responderam o pré-teste, 40 alcançaram mais que 15 pontos num deles. Dos 45 reprovados que responderam o pré-teste, 35 alcançaram 15 ou mais pontos.

#### COMENTÁRIOS:

Não se verificou se os alunos estudaram a unidade antes de submeterem-se aos testes, mas acredita-se que, mesmo sem o estudo prévio da unidade, os testes tenham contribuído para exercitá-los na solução de problemas simples que envolviam conhecimentos de Matemática. E até na hipótese de que todos os alunos a tenham estudado antes dos testes, não se pode atribuir unicamente a ela a responsabilidade por seu desempenho nos testes.

Os professores da disciplina, especialmente aqueles que já a ministraram em semestres anteriores, concordaram que a aplicação da Unidade de Pré-requisitos Mínimos em Matemática e os testes que a seguiram, contribuíram para familiarizar os alunos com os conhecimentos em Matemática de que necessitaram durante o curso.

Contudo, isto não se refletiu na aprovação dos alunos ao final do semestre pois, mesmo sendo considerável o número de aprovados com bom desempenho no pré-teste, é também considerável o número de reprovados nas mesmas condições (VER TABELA 3).

O índice de correlação apenas confirma esta constatação. Um treinamento para melhor preparo em Matemática parece facilitar o contato do aluno com a Física mas não se pode afirmar, a partir dos dados obtidos, que a Matemática é responsável pela reprovação em disciplinas introdutórias de Física Geral, para os alunos da área das Ciências. Pelo contrário, os dados sugerem que deve ser procurada uma resposta em outro lugar, talvez na própria Física.

É provável que estes resultados não se confirmem para alunos de outras áreas, com formação em Matemática mais precária, num curso de Física Geral de mesmo nível que Física I-A. O mesmo é válido para alunos da área científica em disciplinas profissionalizantes que exijam conhecimentos de Matemática mais avançados.

## ANEXO

### A UNIDADE DE PRÉ-REQUISITOS – DESCRIÇÃO

Esta unidade foi preparada para assegurar um mínimo de competência em habilidades matemáticas a alunos de 1º semestre em Física Geral. Integram a unidade os seguintes tópicos:

- 1) Operações com números relativos
- 2) Regras de potenciação
- 3) Notação exponencial
- 4) Operações com números em notação exponencial
- 5) Algarismos significativos
- 6) Conversão de unidades
- 7) Equações lineares e quadráticas
- 8) Noções de trigonometria
- 9) Gráficos

A exposição dos conteúdos foi sucinta e direta, seguindo-se sempre um grande número de exercícios. Estes eram, frequentemente, exercício semelhantes aos que apareciam mais tarde no curso. Assim, por exemplo, nas equações e sistemas de equações apareciam variáveis que se encontram em qualquer texto de Física Geral. Da mesma forma, os exercícios sobre gráficos envolviam situações da Física.

Chamou-se atenção dos alunos para o fato de que a unidade não esgotava os pré-requisitos de que deveriam estar munidos. Apelou-se aqueles aos quais os exercícios parecessem muito fáceis, salientando-se que não se tratava de um atentado à sua inteligência. Eles foram convidados a resolvê-los, pois teriam prazer em verificar que suas habilidades estão bem acima do mínimo que era pedido.

## L<sub>6</sub> – BANCO DE QUESTÕES

ANGOTTI, José André; CALDAS, Iberê Luiz & PERNAMBUCO, Marta  
Maria C. A. – Instituto de Física – USP

Estamos montando no IFUSP um arquivo de questões de física utilizadas em provas do curso básico. Foi elaborada uma ficha contendo: enunciado, solução resposta, classificação segundo o assunto e segundo a habilidade de ser testada, índice de facilidade e de discriminação (Nedelsky - Science Teaching and Testing), data e curso onde foi aplicada, tipo de questões (teste ou discursiva); além de outras informações úteis.

Para estabelecer o critério de classificação, foram resolvidas em detalhe 160 questões de curso de Física I em 1974, e atualmente estamos fichando aquelas usadas nas provas de Física I e II de 1971 a 1975 (Mecânica Termodinâmica) e Física Moderna).

O objetivo é manter um arquivo de provas e um de questões, que possibilitará futuras pesquisas, além de facilitar e racionalizar o trabalho da organização de provas em curso básico de qualquer faculdade. Para isso espera-se um futuro intercâmbio com outras escolas brasileiras; e já foram recebidas questões da University Physics Item Bank de universidades inglesas.

Contamos com a colaboração de Ernst Wolfgang Hamburger, Giorgio Moscati, Ruth de Oliveira Cesar e Yassuko Hossoume.

De acordo com a reforma universitária o Instituto de Física da USP tornou-se responsável, a partir de 1970, pelas disciplinas de Física a serem ministrados durante o ciclo básico, para Ciências Exatas. Após um ano de experiência, percebeu-se a necessidade da formação de um grupo que se encarregasse da elaboração de provas e estudasse o sistema de avaliação para um grande número de alunos (= 1500 por disciplina).

Reuniram-se alguns professores do Instituto formando assim o grupo de Avaliação cuja primeira atividade era a elaboração de provas, principalmente do tipo teste-múltipla escolha. Desenvolveu-se um programa em Fortran IV para correção e análise estatística das provas e um trabalho de interpretação das análises a fim de melhorar as questões. Posteriormente, o grupo realizou uma análise do exame da MAPOFEI/72 para conhecimento da população, além de um programa para detecção de cola.

Os trabalhos foram apresentados no 2º SNEF (1974 - Belo Horizonte) fazendo parte do grupo, entre outros Ruth de O. Cesar, Yassuko Hossoume, Giorgio Moscati, W. Kulesza <sup>1</sup>.

Durante essa época, foram arquivadas todas as provas aplicadas aos cursos de Física Geral e Experimental 1 e 2, sendo também incluídas algumas questões sugeridas pelos professores.

O trabalho foi retomado em 1975, iniciando-se a construção de um Banco de Questões.

Uma vez que no Instituto a maioria das provas não são constituídas de testes, o Banco não deveria se restringir a esse tipo de questões.

Inicialmente foi elaborada uma ficha que pudesse armazenar além da questão e resolução, uma série de informações úteis a respeito da mesma. Estas informações deveriam acabar por classificar a questão seguindo um determinado critério. Para tal, resolvemos as questões das provas aplicadas no primeiro semestre de 74, na tentativa de se encontrar o critério de classificação citado.

No começo do segundo semestre de 1975 foi elaborada a versão final da ficha - Ver apêndice I.

A ficha procurou ser mais completa possível, classificando as questões além de outros itens quanto:

- a) conteúdo (itens 1 e 2 - ver apêndice II)
- b) habilidade a ser testada (3)
- c) origem (5-6)
- d) pré-requisitos(7)
- e) dados de utilização (9 a 21)
- f) parte gráfica (22 e 23)

O critério para classificação foi uma divisão da matéria segundo a habitualmente usada em textos básicos, tais como Hallyday Resnick, Allonso e Finn.

O ítem referente à habilidade a ser testada é o mais sujeito à polêmica. Embora existam classificação deste tipo sugerida <sup>2</sup> e <sup>3</sup> nossa escolha recaiu sobre um critério próprio, encontrada a partir das questões analisadas, com o objetivo de agrupá-las da forma mais compacta e inteligível possível.

O ítem origem foi incluído prevendo-se a possibilidade de um intercâmbio com outras instituições, o que já foi feito com o Physics Item Bank das Universidades Inglesas (um Banco de Questões versado somente em testes objetivos). Além de dados sobre pré-requisitos, a ficha possui um ítem para indicar as questões semelhantes, o que facilita um encadeamento no arquivo.

A ordem de arquivagem é baseada segundo o critério de conteúdo.

Atualmente estamos classificando as questões propostas nas provas de Física Geral e Experimental 1 e 2, de 1971 a 1975.

Paralelamente, está sendo montado um arquivo dessas provas sendo transcritas algumas das informações da ficha da questão para a de provas, o que possibilita uma posterior análise.

Acreditamos que um arquivo tipo Banco de Questões seja de interesse para qualquer Universidade pois além de facilitar a elaboração de provas, permite além de seleção e análise

se crítica, uma melhoria nas nas questões e racionalização de trabalho. Certamente são maiores as chances de se obter provas mais balanceadas e menos subjetivas do que aquelas realizadas sem maiores critérios.

Estamos à disposição para maior interação com os grupos interessados.

APÊNDICE I

2 - CONTEÚDO

6 - DISCIPLINA DE ORIGEM

1 - NÚMERO DA QUESTÃO

BANCO DE QUESTÕES - INSTITUTO DE FÍSICA - USP

3 - HABILIDADE SENDO TESTADA

MEMÓRIA (1)	
COMPREENSÃO(2)	
APLICAÇÃO (3)	
ANÁLISE (4)	

7 - SUPÕE CONHECIMENTOS DE :

DERIVAÇÃO (1)	
INTEGRAÇÃO (2)	
EXPONENCIAL (3)	
LOGARITMO (4)	
TRIGONOMETRIA (5)	
ÁLGEBRA (6)	
VETORES (7)	
MATRIZES (8)	
SÉRIES (9)	
DIFERENCIAL (10)	
GRÁFICOS (11)	
ERRORS (12)	
TRANSF. DE UNIDADES (13)	
ORDEM DE GRANDEZA (14)	
APROXIMAÇÕES (15)	

4 - TIPO DE QUESTÃO :

MÚLTIPLA ESCOLHA SEQUENCIADO	
MÚLTIPLA ESCOLHA (1)	
DISCURSIVA (2)	
OUTROS* (3)	

\* E ESPECIFIQUE :

5 - ORIGEM

8 - QUESTÃO SEMELHANTE

DADOS DE UTILIZAÇÃO

9 - INSTITUIÇÃO			
10 - DISCIPLINA			
11 - LIVRO ADOTADO			
12 - CURSO: (1) FÍSICA			
(2) ENGENHARIA - CIÊNCIAS EXATAS			
(3) OUTROS (ESPECIFIQUE)			
13 - DATA			
14 - PROVA (PARCIAL, SEMESTRAL, 2ª ÉPOCA)			
15 - TEMPO TOTAL DE PROVA EM MIN.			
16 - NÚMERO DE ESTUDANTES NA PROVA			
17 - NÚMERO DE QUESTÕES DA PROVA			
18 - PESO DA QUESTÃO EM OZ			
19 - UTILIZAÇÃO ANTERIOR	- SIM		
DE QUESTÃO SEMELHANTE	- NÃO		
20 - ÍNDICE DE FACILIDADE			
21 - ÍNDICE DE DESCRIMINAÇÃO			

OBSERVAÇÕES :

22 - NÚMERO DE LINHAS DO ENUNCIADO:

23 - DESENHOS E GRÁFICOS

SIM (1)	
NÃO (2)	



QUESTÃO:

24- GABARITO

25- VALOR SUGERIDO

a	
b	
c	
d	
e	
f	
g	
h	

FORMULÁRIOS E DADOS ADICIONAIS

OBSERVAÇÕES

Alternativas	valor	1ª vez				2ª vez				3ª vez			
		nº de respostas		%		nº de respostas		%		nº de respostas		%	
		Sup.	Inf.	Sup.	Inf.	Sup.	Inf.	Sup.	Inf.	Sup.	Inf.	Sup.	Inf.
a													
b													
c													
d													
e													
f													
g													
h													
em branco													

## APÊNDICE II

### Catálogo de Conteúdo

#### Mecânica

M01 - Cinemática das Partículas

M02 - Dinâmica das Partículas

M03 - Rotações

M04 - Oscilações - MHS

M05 - Gravitação

#### Termodinâmica - Calor - Fluidos

T01 - Termologia e Troca de Calor

T02 - Leis da Termodinâmica

T03 - Gases e Teoria Cinética

T04 - Equações de Estado - Propriedades da Matéria

T05 - Fluidos

#### Física Moderna

F01 - Relatividade Especial

F02 - Relatividade Geral

F03 - Radioatividade

F04 - Física Quântica

F05 - Eletrônica-Elementos Ativos

#### Não Classificados

N01 - Física do Brasil

N02 - História da Física

N03 - Probabilidades

N04 - Vetores

N05 - Experiências e Erros

#### Ondas e Ótica

W01 - Ótica Geométrica

W02 - Aparelhos e Técnicas de Ótica

W03 - Propriedades Gerais e Propagação de Ondas

W04 - Interferência e Difração

W05 - Polarização

W06 - Acústica

Eletricidade e Magnetismo

E01 - Campos e Potenciais Elétricos

E02 - Corrente Contínua

E03 - Campos Magnéticos

E04 - Indução

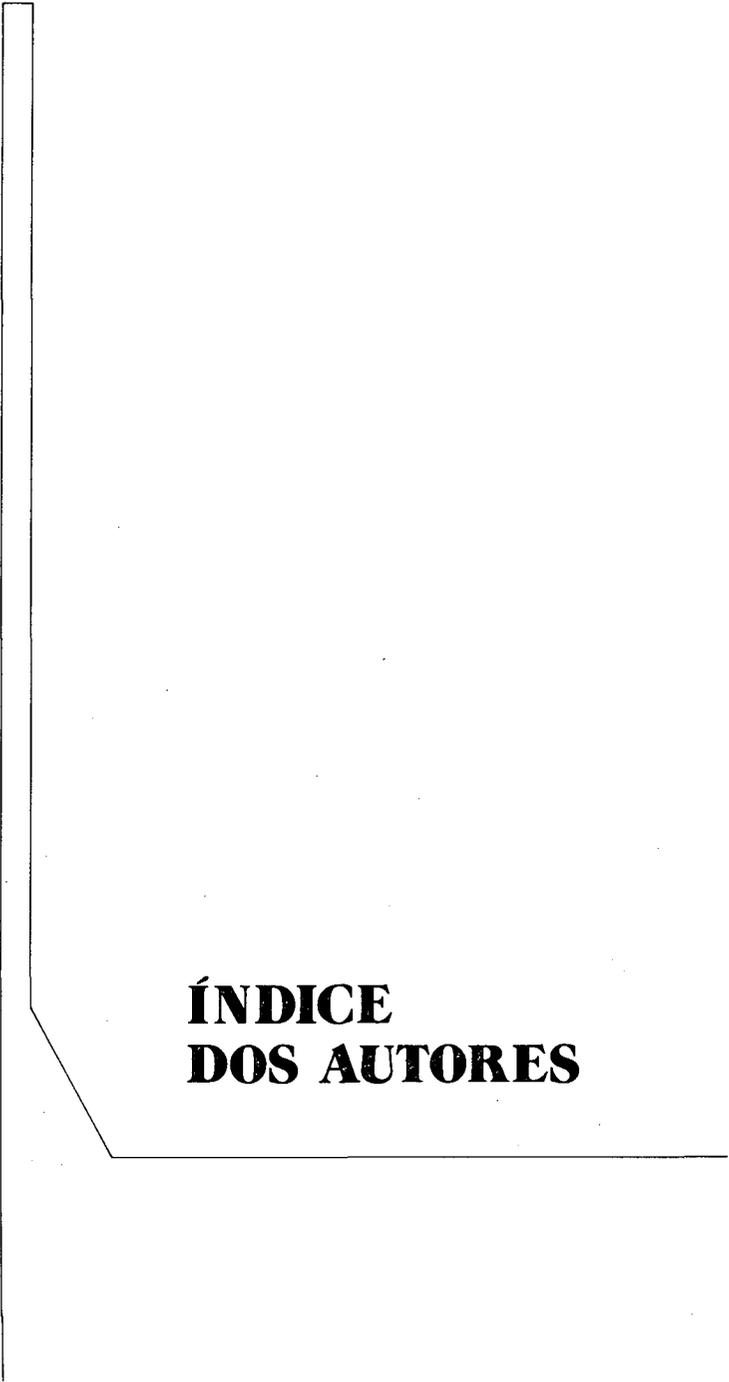
E05 - Corrente Alternada

E06 - Circuitos Tipo RLC (Transientes Elétricos)

E07 - Ondas Eletromagnéticas

E08 - Medidas e Unidades Elétricas

1. Atas do II Simpósio Nacional de Ensino de Física - Belo Horizonte - 1974.
2. BLOOM, B.S. et al - *Taxionomia de Objetivos Educacionais* Edit Globo, Porto Alegre, RS. 1 - *Domínio Cognitivo* - 1972,
3. NEDELSKY, R. (1965), *Science Teaching and Testing*, New York, Harcourt, Brace and World.



**ÍNDICE  
DOS AUTORES**

## ÍNDICE GERAL DOS NÚMEROS ESPECIAIS

### III Simpósio Nacional de Ensino de Física

#### VOL. 1

Dedicatória ao III Simpósio Nacional de Ensino de Física	III
Prefácio	V
Sessão e Discurso de Abertura	VI
O que foi o Simpósio	XI
Plano de edição das Atas	XXI
Programa, Conferências e Mesas Redondas	Pág
1. Programa Oficial do Simpósio	3
2. Conferências	11
Novas idéias em Educação, Celso Beisiegel	11
Ensino de Física em países subdesenvolvidos, Cláudio Gonzales	13
Novas perspectivas na Teoria e Prática de Ensino, João Baptista de Oliveira	42
Por que uma tecnologia de Educação na aprendizagem de Física ? Cláudio Zaki Dib	73
Técnica de questionário para pesquisa, John A. G. McClelland	93
3. Mesas Redondas	103
A Formação do Professor	105
Ensino de Ciências e atuação do PREMEN	144
Ensino Médio	161
Ciclo Básico	217
Graduação e Pós-Graduação	263
4. ASSEMBLÉIA GERAL	325
Lista de Participantes do III Simpósio Nacional de Ensino de Física.	347

## VOL. 2

Comunicações	Pág
1. Formação do Professor	359
2. Laboratório	413
3. Ensino Médio	527
4. Metodologia	577

## VOL. 3

Comunicações	Pág
5. Ciclo Básico universitário	761
6. Abordagens	895
7. Audiovisuais, profissões afins	937
8. Avaliação, pré-requisitos, Piaget	1013

## ÍNDICE DOS CONFERENCISTAS, PARTICIPANTES DAS MESAS REDONDAS E AUTORES DAS COMUNICAÇÕES

### VOL. 1

ABRAMO, S.P.W.- 217	GONZALEZ, C.- 13
ACIOLI, J. de L. - 263	GUILLAUMON Fº, J.A.- 263
ALMEIDA, M.J.P.M. de - 144	HAMBURGER, A.I.- 263
ALVARENGA ALVARES, B.- 217	LIMA, W.- 263
BARROS, S.L. de S. 217	MARRI, V.G.- 161
BEISIEGEL, C.- 11	McCLELLAND, J.A.G.- 93
CARVALHO, A.M.P. de- 105	MENEZES, L.C.- 217
CUNHA, L.A.R. da - 161	MOREIRA, M.A.- 217
DIB, C.Z.- 73	OLIVEIRA, J. de - 144
GDLDEMBERG, J.- 263	OLIVEIRA, J.B. de- 42
	PEPE, A.M.- 105

PERNAMBUCO, M.M.C.A.- 161

PINHO Fº, A.G. de - 263

ROSA, L.P. - 263

SERPA, L.F.P.- 105, 144

SILVA, A.G.- 144

SINGER, P. - 263

### VOLS. 2 E 3

ALMEIDA, E.M. - 779

ALMEIDA, M.J.P.M. de - 575

ALVARES, B.A. - 451

ALVES Fº, J. de P.- 519

AMARAL, L.Q. do - 892

ANGOTTI, J.A.P.- 763, 1062

ASSUNÇÃO, T.F.- 541

ATIENZA, L.A. - 361

AUGUSTO, O. - 846

AXT, R. - 1056

AZEVEDO, J.P. de - 376, 952

BACHETTA, E.- 744

BARROS, S.L.S. - 473,511,697

BASSI, D.- 686

BECERRA, Z.- 744

BELLO, R.M.S.- 968

BITTENCOURT, D.R.S.- 561

BORDON, H.- 744

BORGES, J.C.- 941, 1005

BOUÉRES, L.C.S.- 457, 579

BROKI, A.N.- 744

BUCHWEITZ, B.- 616, 621, 733

CALDAS, I.L.- 1062

CANDOTTI, E.- 868

CARNEIRO, B. - 1032

CARNEIRO, C.E.I.- 667

SOUZA, G.G. de - 161

TEIXEIRA JR., A. de S.- 161

WATANABE, S.- 105

ZANETIC, J.- 105

CARVALHO, A.M.P. de - 391

CARVALHO, J.C.- 779

CATENACIO, A.- 744

CESAR, R. de O. 457,579,595

CHAVES, J.- 744

COSTA, A.R. da - 511

COSTA Fº, J.G. da - 928

COUTINHO, M. - 604

COUTINHO, T.J.S.B.- 1032

CUPERTINO, A.L.M.- 667,669,770

CUZZIOL, J. - 519

DAMINELI NETO, A. - 939

DELIZOICOV NETO, D. - 763

DIONISIO, P.H.- 616

DOMINGUES, F. - 744

DUARTE, J.L.M. - 667,669,770

ELIA, M. da F. - 511, 697

FABRO, M.A.- 1005

FAGUNDES, A.N.- 579

FEDERIGI, E. - 744

FEDERIGI, N. de - 744

FERREIRA, E.C.- 879, 952

FERREIRA, N.C.- 415, 1015

FOLLARI, J. - 744

FRANCO, A.C.A. de- 529

FRANCO, H. - 667

FUNDAÇÃO CENAFOR - 543

GARIS, E.- 744

GHIOTTO, R.C.T.- 739

GOMES, A.E.Q.- 451

GONZALEZ, C.- 909

GORDON, H.J. - 531

GUILLAUMON Fº, J.A.- 519

GUIMARÃES, V.H.- 1056

HAMBURGER, A.I.- 383

HAMBURGER, E.W.- 892

HARO JR., R.- 868

HARTER, W.G.- 416, 666

HOSOUME, Y.- 770, 667, 669

KWASNIEWSKI, I.N.- 381

KULESZA, W.- 473, 897

LEITE, N.G.- 575

LEVANDOWSKI, C.E.- 733

LIMA, C.A. da S.e - 654

LIMA JR., J.B. de - 519

LIMA, P.A. de - 968

LOBO, O.O.T. de A.- 604

LOEWEINSTEIN, R. - 923

LOPES, E.- 744

LOPES, L.C.- 511

LOPES NETO, J. - 868

LUCENA, L.S. - 376, 952

MACEDO, A.B.- 968

MACEDO, A.M.M.- 846

MACCHIA, C.J. 1a - 548

MAGALHÃES, C.- 744

MAMMANA, A.P.- 498, 998

MAMMANA, C.I.Z. - 498

MANIAKAS, S.- 575, 968

MARTINS, M.I.C.- 1016

MARTINS, R.A.- 702, 715, 910, 1016

MENDONZA, E.V.- 1012

MENEZES, J.V. de - 511

MENEZES, L.C. de - 450

MESQUITA, P.F. de - 930

MONITORES DO C.P.I. DE FÍSICA  
3-4 (75) - 457, 579

MOSCATI, G.- 519

MOTOYAMA, S.- 906, 908

MURAMATSU, M.- 520

NAKANO, H.- 383

NASCIMENTO, L.G. do - 511

NAZARETH, R.A.M.- 868

NEMES, M.C.- 790, 1050

ORSINI, C.M. de Q.- 917

ODIGINO, L.- 744

PACCA, J.L. de A.- 367, 573

PACHECO, D.- 575

PASCHOA, A.S.- 983

PASINETTI, P.- 744

PEREIRA, J.O.- 879

PERNAMBUCO, M.M.C.A.- 763, 923, 1062

PIERI, L.G. de- 548

PIMENTEL, F.J.F.- 667, 669, 770

PIZA, A.F.R. de T.- 790, 1050

QUINTAS, J.S.- 604, 654

RADDI, A.M.G.- 667, 669, 770

RIBEIRO, J.H.M.- 968

RIBEIRO, V.S.L.- 575

RIZZO, P.- 511  
ROCHA, J.D.- 949  
ROSA, L.P.- 1005  
RUDINGER, E.- 763, 923  
  
SALEM, S.- 667, 669, 770  
SAMPAIO, R.V.- 952  
SANTAGATA, L.- 744  
SANTIAGO, N.V.- 879  
SANTOS, C.A. dos - 879,949,952  
SANTOS, S.- 868  
SCHIEL, D.- 417, 422  
SEALE, W. - 923  
SEKKEL, W.W.- 520  
SERGIO, F.S.- 1032  
SERPA, B.S.P.- 639, 807  
SERPA, L.F.P.- 639  
SHIRAIWA, S.- 1032  
SIGNORELLI, V.T.- 548  
SILVA, C.A. de S. e- 547  
SILVA, E.B.- 779  
SOARES, V.L.L.- 473,667,669,770  
SODRE JR.,L.- 939  
SOUZA,J.L.M.D.- 511

SOULÉ, J.C.- 744  
STEINER,J.E.- 939  
STEMPNIAK,R.A.- 686  
SUYAMA, J.A.- 667,669,770  
  
TABACNIKS, M.H.- 595  
TAKEYA, M.K.- 450  
TATSCH,P.J.- 498  
TAVARES, A.- 779  
TERRAZZAN, E.A.- 473, 548  
THOMÉ Fº, Z.D.- 1005  
  
UDO, M.K.- 422  
  
VALLE Fº, M.R. do- 391  
VASCONCELOS, J.D.T.- 548  
VENERANDI, A.- 744  
VIANA, S.S.- 667,669,770  
VILLANI, A.- 667,669,770  
  
WERKHAISER, F.- 779  
  
ZANETIC, J.- 383, 450, 473



Impresso por  
W. Roth & Cia. Ltda.  
R. Professor Pedreira de Freitas, 580  
Fones: 295-9684 e 295-9691  
São Paulo