

## O Professor como Organizador das Condições Externas da Aprendizagem

M. A. MOREIRA e M. E. V. COSTA

Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul\*, Pôrto Alegre RS

Recebido em 5 de Setembro de 1971

An experiment in the field of teaching General Physics at the university level is described. The experiment has been carried out at the *Instituto de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul* with sophomore students of science and engineering. In the experimental group, the emphasis was in the active participation of the student in the process of learning and the essential function of the teacher was to organize the conditions of learning. The control group was submitted to the usual method of teaching, with emphasis in lectures. Some results are presented and the statistical analysis of such results indicates that the method used for the experimental group was more efficient than the usual one.

É descrita uma experiência no campo do ensino da Física Geral, em nível universitário, realizada no Instituto de Física da UFRGS, com alunos de ciência e engenharia. O grupo experimental foi submetido a um método no qual o professor assume o papel de organizador do ensino e é dada ênfase na participação ativa do aluno no processo de aprendizagem, enquanto que o grupo de controle foi submetido ao ensino tradicional expositivo. São apresentados alguns resultados experimentais, cuja análise estatística favorece o grupo experimental e sugere que o método ao qual foi submetido é mais eficiente do que o método expositivo.

### 1. Introdução

Desde 1967 lecionamos na disciplina Física Geral do 2.º ano no Instituto de Física da UFRGS, e o início da nossa atividade coincidiu com o período em que o ensino dessa disciplina sofreu um grande impacto: passou a ser ensino de massas, como consequência da responsabilidade assumida pelo Instituto em meados de 1966 de ministrar aquela disciplina também para alunos da Escola de Engenharia, antecipando-se ao espírito de centralização imposto pela Reforma Universitária. Até então apenas um grupo relativamente pequeno de alunos dos cursos de Física, Química e Matemática, da extinta Faculdade de Filosofia, cursava a disciplina.

---

\*Enderço: Rua Luiz Englert, s/n, 90000 – Pôrto Alegre RS.

Passamos, então a procurar soluções para ministrar, com a eficiência desejada, aulas de Física Geral para um elevado número de alunos distribuídos em diversas turmas. Tentamos inicialmente um sistema de aulas teóricas para grandes grupos (120 alunos) e aulas de exercício e laboratório para pequenos grupos (20 alunos). Como as aulas teóricas, tipo conferência, se mostraram completamente ineficazes, reduzimos o seu número em 1968 e, posteriormente em 1969, abolimos este tipo de aula, adotando o sistema de aulas teórico-práticas, no qual o mesmo professor ministra a teoria e os exercícios, entremeando-os convenientemente. As sessões de laboratório, no entanto, eram orientadas por outro professor, observando-se uma total desvinculação entre estas e as aulas teórico-práticas. Para tentar reparar esta deficiência, fixamo-nos finalmente num esquema em que o mesmo professor é responsável pelas aulas teórico-práticas e pelas sessões de laboratório de uma determinada turma.

Praticamente, desde 1968, vínhamos encarando **tôdas** essas tentativas como uma evolução lenta rumo a uma solução satisfatória. Demo-nos conta, no entanto, que **tôdas** as tentativas vinham sendo feitas dentro do espírito tradicional da aula expositiva, onde o professor aparece como figura central dentro da classe e onde o aluno, até mesmo em determinadas "aulas de laboratório", assume uma atitude passiva no processo de aprendizagem

Fazendo uma autocrítica e analisando o pequeno progresso até então conseguido, em março de 1970 nos propusemos a fazer a experiência didática que relataremos neste trabalho. Desde já advertimos que a publicação não tem pretensão maior do que relatar o que temos tentado, apresentando alguns resultados preliminares, com a finalidade de despertar novas idéias que conduzam a outras experiências, cujos resultados venham a contribuir para uma **melhoria** do ensino da Física. Pretendemos, no entanto, que esta primeira experiência, sem dúvida passível de muitas críticas, seja o ponto de partida para experiências mais rigorosas no sentido de realmente pesquisar em ensino de Física.

Com esta experiência, propusemo-nos os seguintes objetivos:

- 1) Analisar a possibilidade de que os alunos deixem de encarar a aula expositiva, na qual sua atitude é geralmente passiva, como uma necessidade, e passem a participar ativamente do processo de aprendizagem;
- 2) Analisar a possibilidade do professor sair da posição de emissor de conhecimentos e passar para a posição de organizador do ensino, sem com isso deixar de ser uma peça fundamental no processo de aprendizagem;

3) Testar a eficiência de um processo de aprendizagem em que o professor aparece apenas como organizador das condições externas da aprendizagem relativamente à do processo tradicional expositivo, no qual o professor é um emissor de conhecimentos e constitui-se na figura central dentro da sala de aula.

O presente trabalho está assim estruturado: inicialmente apresentamos a fundamentação teórica que nos levou à elaboração de um quadro teórico de referências e, a seguir, descrevemos o método de ensino ao qual foi submetido o grupo experimental; posteriormente relatamos o desenvolvimento da experiência e apresentamos os dados obtidos, juntamente com sua análise estatística, para finalmente chegarmos as nossas conclusões em relação aos objetivos da experiência

## **2. Fundamentação Teórica**

A pedagogia, considerada do ponto de vista **cibernético**, é todo o mecanismo mediante o qual um ser humano recebe informações com o propósito de fixá-las em sua memória<sup>1</sup>.

O mecanismo pedagógico mais antigo é a cadeia direta: o professor fala e o aluno escuta. A cadeia direta é usada na "aula magistral"; as informações transmitidas pelo professor são destinadas a serem fixadas na memória do aluno. Raramente, porém, é esta finalidade atingida de uma só vez; o aluno geralmente necessita receber as informações reiteradamente, seja através do próprio professor, de outros professores (assistentes, monitores, etc) ou através de livros. A eficiência do ensino é controlada por meio de procedimentos que, em essência, consistem em propor questões ao aluno e avaliar as respostas.

Suponhamos que a cadeia direta possa ser interrompida através de perguntas feitas aos alunos, seguidas de respostas imediatas, que poderão modificar o curso da aula, para torná-la adequada às respostas dos alunos. Neste caso, existe um processo de realimentação e o mecanismo pedagógico passa a denominar-se cadeia reflexa. A pergunta, inclusive, pode anteceder a exposição e tem a finalidade de informar o professor acerca do conhecimento que o aluno tem sobre o assunto a ser estudado.

Na cadeia reflexa o professor somente pode obter resposta de alguns alunos; logo, a adequação de sua exposição as respostas dadas somente será eficaz se as respostas obtidas representarem uma amostra significativa do conhecimento de todos os alunos.

Evidentemente, o mecanismo da cadeia reflexa, ou uma pequena distorção da mesma tal como é definida na pedagogia cibernética, de modo que o aluno possa também fazer perguntas, trará resultados mais positivos do que a cadeia direta. Ocorre, no entanto, que mesmo na cadeia reflexa o professor representa o papel mais importante no momento da aprendizagem, funcionando como emissor de informação.

No mecanismo entendido por cadeia reflexa, as informações a serem transmitidas se encontram previamente preparadas, incluindo as perguntas a serem formuladas, e as respostas dadas pelo aluno modificam as informações preparadas. Trata-se, então, de guiar a ação durante a sua execução, de tal modo que o professor seja o agente de execução e ao mesmo tempo o cibemeticista que guia o agente.

Creemos ser exatamente neste estágio que se encontra o ensino tradicional, aplicado em larga escala tanto na Universidade como na Escola Secundária. É bem verdade que no ensino expositivo tradicional o aluno tem também a oportunidade de fazer perguntas ao professor durante a aula, porém raramente estas perguntas modificam o curso da aula; o professor simplesmente responde e segue a exposição do assunto previamente preparado. De um modo geral, o mecanismo é este: o professor emite as **infor**ções, faz algumas perguntas e responde outras, enquanto que o aluno escuta, responde algumas perguntas e faz outras ao professor. Esta **inte**ração professor-aluno na maioria das **vê**zes é reduzíssima, de modo que o aluno assume uma posição passiva no processo de aprendizagem.

A pedagogia cibernética, no entanto, vai muito além nesse assunto e propõe, inclusive, a mecanização da pedagogia: o professor pode ser substituído como emissor de informação por sistemas mecânicos ou eletro-mecânicos, aos quais, com exceção do livro, deu-se o nome genérico de "meios **audio**-visuais" (gravadores, filmes, slides, rádio, televisão, máquinas de ensinar, etc). O professor pode também ser substituído no processo de realimentação por aquilo que se convencionou chamar genêricamente de "ensino **pro**gramado".

É chegado então o momento de se perguntar qual seria o papel do professor no processo de aprendizagem, uma vez que como emissor de informações ele pode ser substituído por meios mecânicos.

A resposta a esta questão é dada por Robert Gagné<sup>2</sup>: o professor é o **orga**nizador das condições externas a aprendizagem.

Segundo **Gagné**, o critério geral para determinar a ocorrência de aprendizagem é que se possa mostrar que ocorreu uma mudança no comportamento do indivíduo. O indivíduo deve saber fazer ou dizer aquilo que foi previsto na definição operacional dos objetivos da aprendizagem. A ocorrência de aprendizagem é **inferida** pelo comportamento que o indivíduo apresenta antes e depois da situação de aprendizagem. A incapacidade de exibir um certo comportamento antes da aprendizagem deve ser levada em conta tanto como a capacidade de **exibi-lo** após a aprendizagem. A existência de capacidades iniciais é de fundamental importância. O conjunto de capacidades iniciais possuídas pelo aprendiz constituem as "condições internas" à aprendizagem. Existe, no entanto, um segundo conjunto de condições de aprendizagem que são externas ao aprendiz e independentes dele.

Suponhamos, então, que um conjunto de indivíduos possua as capacidades e os pré-requisitos para aprender determinado conteúdo ou determinada habilidade. Independentemente do tipo de emissor, o receptor é um aluno e as funções que intervêm na recepção de informações e sua memorização, constituindo o que se chama de cadeia interna, é um sistema biológico e, portanto, pode diferir de indivíduo para indivíduo. **Conseqüentemente**, a ocorrência da aprendizagem dependerá das condições em que o indivíduo receber a informação. Por exemplo, no caso de ensino coletivo, um aluno para o qual o ritmo de apresentação das informações **fôr** inferior ao tempo da resposta (que depende da cadeia interna), não poderá dar boas respostas as perguntas formuladas e provavelmente será qualificado de pouco inteligente ou preguiçoso.

Na transmissão pedagógica de informações deve haver ressonância entre o emissor e o receptor, e o emissor é que se deve pôr em concordância com o receptor. Cabe, portanto, ao professor organizar as **condições** externas, de tal modo que ocorra a aprendizagem. Além disso, não há razão nenhuma para que em diferentes tipos de aprendizagem as **condições** externas devam ser organizadas da mesma maneira. Organizar condições externas não é de forma alguma, simplesmente preparar uma boa aula expositiva, ilustradas com filmes ou slides; é criar condições para que o aluno aprenda participando ativamente do processo de aprendizagem e, para isto, é necessário selecionar convenientemente o conteúdo, definir os objetivos de maneira operacional, escolher as estratégias de ensino, selecionar estímulos, etc.

Com base nesta fundamentação, estabelecemos o seguinte quadro, que serviu como sistema de referência para a realização da experiência:

- 1) O aluno é um receptor de informações;
- 2) Deve haver concordância entre a frequência de apresentação das informações e a capacidade de recepção do aluno;
- 3) O emissor é que deve entrar em sintonia com o receptor.
- 4) Existem condições internas e externas de aprendizagem;
- 5) As condições internas são determinadas pelo conjunto de capacidades e habilidades que o indivíduo possui;
- 6) *Cabe ao professor organizar as condições externas de aprendizagem*
- 7) Sòmente ocorre aprendizagem quando há mudança de comportamento.

### 3. O Método

Antes de passarmos a descrição do método empregado, façamos uma apresentação das características da população-alvo: os alunos foram divididos em 9 turmas, com um número **médio** de 53 alunos por turma; 90% **dêstes** eram alunos dos diversos cursos de Engenharia e 10% dos cursos de Física, Matemática e Química; os pré-requisitos possuídos pelos alunos em têrmos de conteúdo eram Cálculo Integral e Diferencial, Cálculo Vetorial e Geometria Analítica e Física Geral do 1.<sup>o</sup> ano (Mecânica, Calor e Acústica).

Das 9 turmas, 3 foram escolhidas ao acaso como grupo experimental e, ante a impossibilidade de na ocasião oportuna fazer-se uma **homogeneização** entre grupo experimental e grupo de **contrôle** através de pré-teste, performance anterior, teste psicológico, etc, as demais turmas foram escolhidas como grupo de controle simplesmente porque os professores destas turmas não usariam o método que nos propúnhamos a testar e, via de regra, usariam o método expositivo tradicional.

O método de ensino adotado na realização da experiência é em última análise, um método de estudo dirigido em grupo. Este método permite que um professor e um monitor atendam 60 alunos simultâneamente. A presença do monitor não é no entanto, imprescindível.

Os alunos são divididos em grupos de 4, segundo sua livre escolha, porém de modo permanente. A sala de aula é adequada para o trabalho em grupo: as mesas têm capacidade para 4 alunos e estão preparadas para serem **liga-**

das à rede de tensão. As mesas não são fixas, pois a sala assim preparada é versátil e adapta-se a qualquer tipo de aula: trabalho em grupo, laboratório, projeção, exposição, etc.

O período de aula, com a duração de duas horas, é usado integralmente pelos grupos para leitura e resolução de problemas e questões do livro-texto (Halliday-Resnick, *Física (Parte II)*, Ao Livro Técnico S.A., Rio de Janeiro GB, 1966). Neste trabalho, os grupos são dirigidos por um roteiro, preparado previamente e distribuído no início de cada período, cujo objetivo principal é organizar o trabalho do grupo durante o período de aula. O roteiro informa as seções a serem lidas, eventualmente com comentários e observações complementares, indica ou propõe problemas e questões a serem resolvidas numa seqüência didaticamente conveniente e define os objetivos de aprendizagem do conteúdo correspondente, de modo operacional. O roteiro contém ainda uma organização, menos detalhada, do trabalho extra-classe a ser desenvolvido individualmente pelos alunos, através da indicação de leituras suplementares e de problemas e questões adicionais. O trabalho do professor dentro da sala de aula resume-se em circular entre os grupos, observando e assistindo os alunos no processo da sua aprendizagem. É muito útil a presença do monitor como auxiliar nesta tarefa.

É importante que o professor, em classe, não assuma a posição de mero "fornecedor" de informações: ao invés de responder diretamente as perguntas a êle dirigidas, deve fazer comentários ou perguntas mais simples que levem o grupo a chegar por si mesmo às respostas corretas.

É fundamental também a criação, dentro da sala de aula, de uma atmosfera descontraída de franqueza e liberdade, bem como de conforto material, a fim de tornar agradáveis e atraentes essas sessões de trabalho.

A avaliação do trabalho de aula foi feita segundo duas alternativas: apresentação de relatório (trabalho total desenvolvido pelo grupo durante o período) ou testes semanais, tendo-se revelado como mais eficaz a primeira, devido ao estímulo que apresenta para o aluno a imediata correção do relatório.

A principal tarefa do professor é a que mais lhe exige tempo e cuidado é no entanto, a preparação dos roteiros, pois êles se constituem num planejamento detalhado de cada período de aula. Em primeiro lugar, procede-se a uma seleção rigorosa do conteúdo (seções a serem lidas, problemas e

questões) apresentado pelo texto e que deve ser trabalhado em classe, levando em conta a relevância do material, as exigências do cronograma da disciplina e a extensão do período de aula. A seguir, organizam-se as leituras e os exercícios, de maneira sequencial e didática, partindo-se de uma análise crítica do texto, prevendo as dificuldades dos alunos e providenciando sua superação, de modo a permitir aos estudantes um progresso contínuo e sem maiores obstáculos através do conteúdo. É também confeccionada uma folha de soluções, contendo a solução correta de todas as tarefas da aula, para ser distribuída aos alunos juntamente com os relatórios corrigidos, na aula seguinte, permitindo-lhes uma auto-avaliação imediata

Como se nota, o trabalho do professor é essencialmente o de preparar instrumentos e criar condições para que o processo de aprendizagem dos alunos ocorra de maneira eficaz.

Nas aulas de laboratório os mesmos critérios e métodos são aplicados.

O sistema oficial de avaliação exige duas provas individuais em cada área de estudo. Estas sabatinas são comuns a todas as turmas, porém existe ainda um terceiro grau que fica a critério do professor de cada turma. A Figura 1 esquematiza, em seu conjunto, o método empregado para o grupo experimental; o terceiro grau deste grupo é o resultado da média de todos os trabalhos feitos em classe.

Podemos afirmar que o trabalho do professor neste esquema é muito maior do que o de preparar uma aula expositiva e fazer a avaliação através de uma ou duas provas. O aluno, por sua vez, participa ativamente do processo

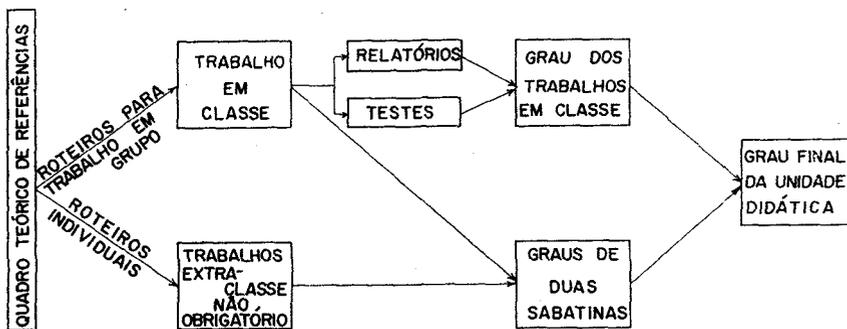


Fig. 1 - Esquema do método empregado na realização da experiência.

de aprendizagem, não sendo um mero ouvinte das palavras do professor e utiliza o próprio período de aula para ler, resolver problemas, responder questões, ou seja, para trabalhar e não para tomar notas que serão estudadas posteriormente.

#### 4. Experiência e Dados

A experiência foi desenvolvida na 1.ª área de estudos da disciplina, abrangendo os seguintes assuntos: carga elétrica, campo elétrico, potencial elétrico, **capacitores** e dielétricos, corrente e **resistência** elétricas e circuitos de corrente contínua.

Nos primeiros dias, o grupo experimental estranhou grandemente o método empregado, já que estavam condicionados, desde a primeira escolarização, a ver o professor na frente da classe, falando ou escrevendo no quadro negro. Pode-se dizer que as turmas sofreram um impacto já na primeira aula quando, sem nenhuma explicação **sobre** o 1.º capítulo do livro-texto, o respectivo professor pediu que os alunos se dividissem em grupos de 4 e respondessem as questões e os problemas propostos num roteiro para o trabalho em grupo, que lhes foi entregue. Nesta primeira aula não houve reclamação pois os alunos simplesmente estavam surpresos e não lhes ocorreu a idéia de reagir ao método, mas ao fim da aula todos os grupos entregaram o relatório de seu trabalho.

Ao observarem que, na 2.ª e 3.ª aulas, novamente o professor "não deu aula", começaram a surgir perguntas do tipo: "o Sr. não vai dar aulas?", "vai ser sempre assim?". Surgiram até mesmo reclamações de que o professor não estaria cumprindo com sua função.

Ante a irredutibilidade do professor, que durante as aulas apenas circulava entre os grupos, conversando, orientando e respondendo perguntas com perguntas, ou não as respondendo e desafiando os alunos a acharem a resposta, **estes** começaram aos poucos a habituar-se ao método de trabalho. Originou-se assim um relacionamento muito bom entre os componentes de cada grupo, entre os grupos e entre o professor e os alunos, criando-se também um salutar espírito competitivo entre os grupos.

Por ocasião da realização da 1.ª sabatina conjunta, o grupo experimental obteve melhor resultado do que o grupo de controle. Esta diferença proporcionou confiança aos alunos em relação ao método e, a partir daí, **melhorou** ainda mais o rendimento e o interesse no trabalho-em grupo, a tal

ponto que, num dia em que o professor não compareceu a aula numa das turmas, sem aviso prévio, os alunos trabalharam normalmente, concluindo tarefas previstas no roteiro que tinha sido distribuído na aula anterior.

Na 2.<sup>a</sup> sabatina, novamente o grupo experimental obteve melhor média do que o grupo de controle e, no final da área de estudos, obteve um índice de aprovação muito superior a média.

Na ficha de avaliação da experiência, feita ao final da 1.<sup>a</sup> área de estudos, 90% dos alunos manifestaram-se a favor de que o método fosse novamente empregado no 2.<sup>o</sup> semestre e alguns inclusive não admitiram a hipótese de que no 2.<sup>o</sup> semestre se voltasse ao método expositivo.

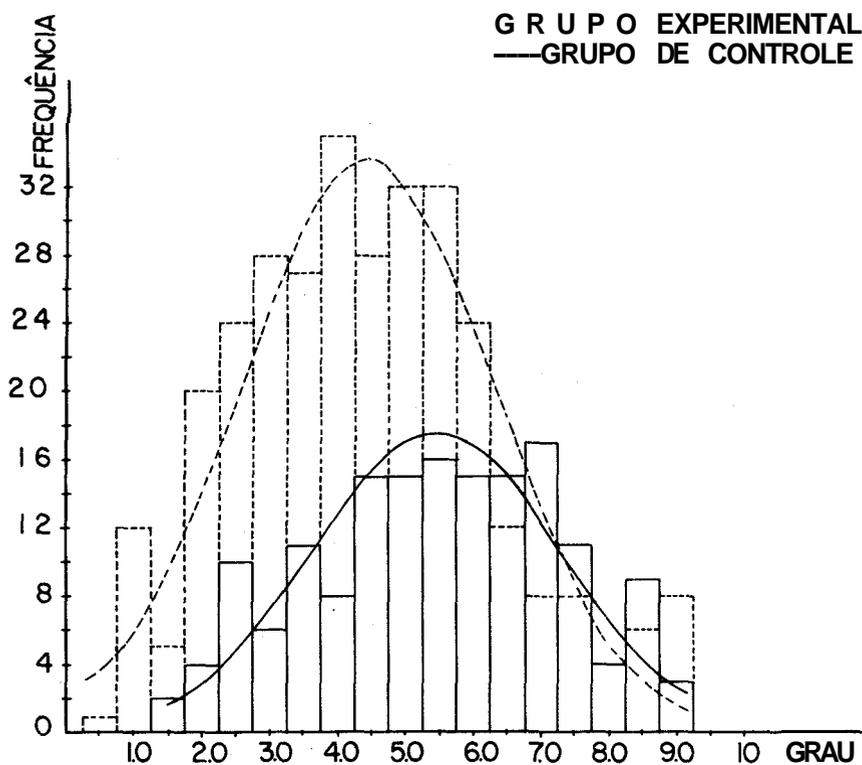


Fig. 2 - Histogramas e curvas normais teóricas relativos ao 1.<sup>o</sup> grau da 1.<sup>a</sup> Unidade Didática de 1970.

O levantamento de dados feito consta, inicialmente, dos dois primeiros graus obtidos pelos alunos de ambos os grupos na 1.<sup>a</sup> área de estudos de 1970. Observe-se que estes dois graus são frutos de sabatinas comuns a ambos os grupos, feitas simultaneamente. Deixamos de apresentar os dados e a análise estatística do 3.<sup>o</sup> grau mencionado anteriormente, por julgarmos irrelevante para o trabalho, tendo em vista que se trata de um grau atribuído segundo diferentes critérios.

Os histogramas e as curvas normais teóricas<sup>3</sup> correspondentes aos dois primeiros graus acima referidos são apresentados nas Figuras 2 e 3.

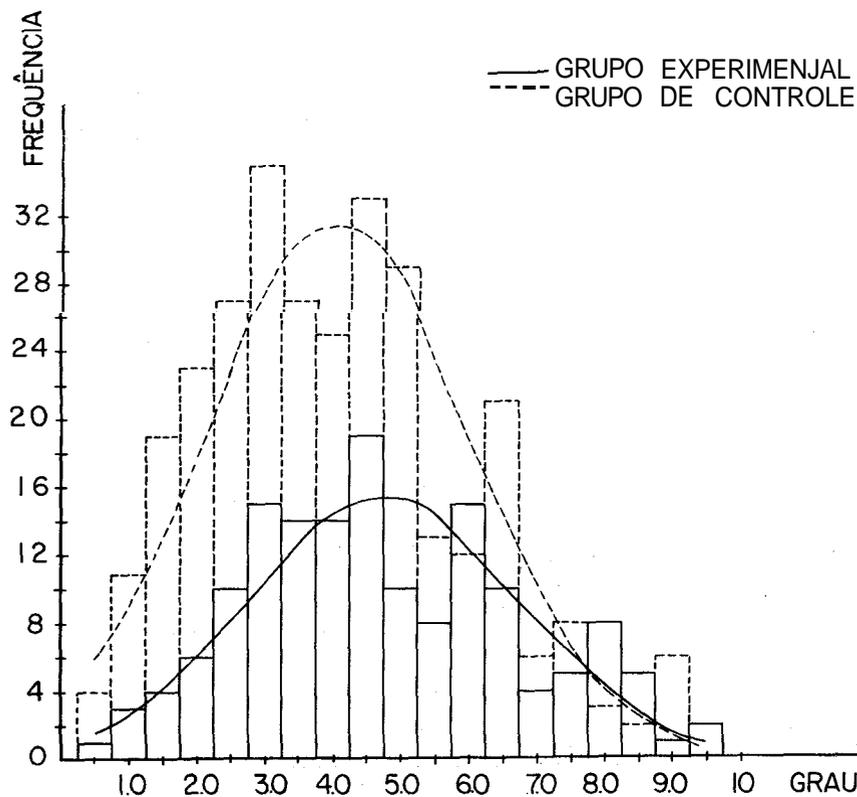


Fig. 3 - Histogramas e curvas normais teóricas relativos ao 2.<sup>o</sup> grau da 1.<sup>a</sup> Unidade Didática de 1970.

A partir da 2.<sup>a</sup> unidade didática, embora continuássemos usando o mesmo método com resultados igualmente satisfatórios, a experiência não mais foi controlada, mesmo porque os professores das turmas de **contrôle** começaram a usar métodos semelhantes.

Repetimos, no entanto, a experiência um ano depois, ou seja, em março de 1971, obviamente com outros alunos constituindo os grupos experimental e de controle. Na Figura 4, apresentamos o histograma e a curva normal teórica (calculada segundo o processo descrito na Ref. 3) obtidos para o 1.<sup>o</sup> grau da 1.<sup>a</sup> unidade didática de 1971. A partir do 2.<sup>o</sup> grau, não mais foi possível controlar a experiência porque a maioria dos outros pro-

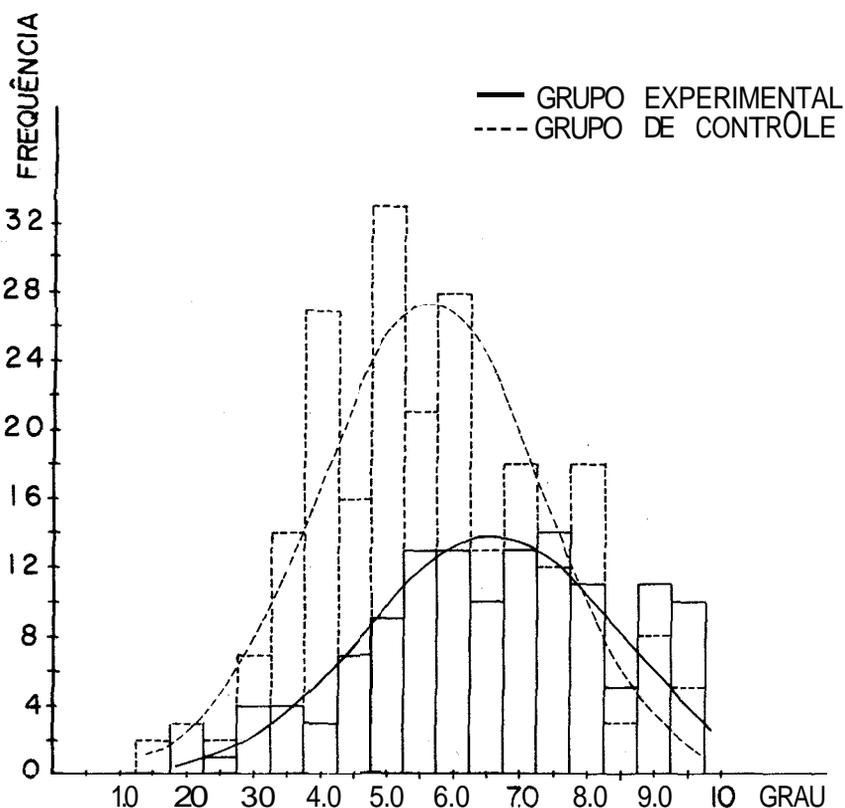


Fig. 4 - Histogramas e curvas normais teóricas relativos ao 1.<sup>o</sup> grau da 1.<sup>a</sup> Unidade Didática de 1971.

fessôres passou a usar exatamente o mesmo sistema e os alunos de turmas nas quais os professôres usavam o método exclusivamente expositivo começaram a procurar os roteiros de estudo e a infiltrar-se nas turmas **experimentais**.

No momento, o sistema está sendo usado por praticamente **tôdas** as turmas, que atualmente são 12; os alunos, aparentemente, estão satisfeitos e o rendimento, em termos de índice de aprovação na 1.ª área de estudos, foi o mais alto obtido desde **1967**.

### 5. Análise dos Dados e Conclusões

A Tabela nos dá uma visão de conjunto e nos mostra de imediato que nos três graus a média do grupo de experiência foi mais alta do que a do grupo de controle.

Nada, no entanto, se pode inferir destes dados em relação à eficiência do método, sem que se faça uma análise do nível de significação dos resultados. Poderia ocorrer que as diferenças de média não fôssem significativas, decorrendo de flutuações de amostragem, que nada têm a ver com os métodos aplicados em ambos os grupos. Na análise estatística dos resultados usamos o teste de significação baseado na Student's t-distribution<sup>4</sup>, segundo a qual, calculando o valor de t e comparando-o com o valor tabelado, podemos decidir entre as seguintes hipóteses estatísticas:

$H_0$  = a diferença de média não é significativa e essencialmente não existe diferença entre os grupos;

$H_1$  = a diferença de médias é verdadeira e existe diferença significativa entre os grupos.

O valor de t é calculado de **acôrdo** com as expressões abaixo<sup>4</sup>, cuja notação está definida na Tabela:

$$t = \frac{X - Y}{\sigma(1/N_1 + 1/N_2)^{1/2}}, \quad \sigma = \frac{(N_1 S_1^2 + N_2 S_2^2)^{1/2}}{(N_1 + N_2 - 2)^{1/2}}$$

Usando estas expressões e os dados da Tabela, obtivemos para os três graus analisados, respectivamente,  $t = 5,47$ ,  $t = 3,78$  e  $t = 5,41$ .

Todos êstes valores de t estão fora do intervalo tabelado  $-2,58$  a  $+2,58$  e, portanto, a hipótese de que não exista diferença significativa entre as médias

	1.º GRAU (1970)			2.º GRAU (1970)			1.º GRAU (1971)		
	Média Aritmética	Desvio Padrão	Número de Alunos	Média Aritmética	Desvio Padrão	Número de Alunos	Média Aritmética	Desvio Padrão	Número de Alunos
<b>Grupo Experimental</b>	$X = 5,46$	$S_1 = 1,83$	$N_1 = 161$	$X = 4,75$	$S_1 = 1,98$	$N_1 = 154$	$X = 6,55$	$S_1 = 1,88$	$N_1 = 131$
<b>Grupo de controle</b>	$\bar{Y} = 4,44$	$S_2 = 1,86$	$N_2 = 314$	$\bar{Y} = 4,07$	$S_2 = 1,94$	$N_2 = 308$	$\bar{Y} = 5,63$	$S_2 = 1,66$	$N_2 = 230$

Tabela Dados referentes às distribuições de frequência utilizados na análise estatística dos três graus.

dos grupos no nível de significação de 0,01 deve ser rejeitada. Isto significa que a probabilidade de que exista uma diferença significativa entre as médias é 99%.

O desenvolvimento da experiência e a ocorrência de diferenças estatisticamente significativas nas médias dos três graus analisados nos permitem formular as seguintes conclusões:

Em relação ao primeiro objetivo da experiência, face ao maior rendimento obtido pelos alunos e ao fato de que na ficha de avaliação 90 mostraram-se satisfeitos com o método e contra o **retôrno** a aula expositiva, cremos firmemente que é possível organizar o ensino tomando como premissa a participação ativa do aluno no processo de aprendizagem e encarar a aula expositiva apenas como um dos possíveis recursos a serem usados neste processo.

Quanto ao segundo objetivo, **estamos** plenamente convictos face aos resultados obtidos e ao desenvolvimento da experiência, que o professor pode ser o organizador do ensino e não um simples emissor de conhecimentos, sem que com isso deixe de ser uma peça fundamental no processo de aprendizagem.

Finalmente, no que concerne ao terceiro objetivo, tendo em vista que a análise estatística dos dados nos permite apenas afirmar que existem diferenças significativas entre as médias de ambos os grupos, não podemos inferir que o método usado na experiência seja mais eficiente. Podemos, talvez, aceitar muito cautelosamente os resultados obtidos como uma **primeira** evidência a favor do método empregado, embora não esteja excluída a hipótese de que o grupo experimental obtivesse melhores resultados se submetido também ao ensino tradicional. Observe-se, no entanto, que a mesma experiência, repetida um ano depois com outras amostras, acusou também uma diferença estatisticamente significativa ao nível de 0,01.

Cremos que novas e sucessivas experiências, minuciosamente controladas, serão necessárias para testar com segurança a eficiência do método descrito neste trabalho.

#### **Apêndice. Modelo de Roteiro Usado no Grupo Experimental**

Física Geral 2.<sup>o</sup> ano  
Programa para a aula 6  
Conteúdo: Fluxo Elétrico e Lei de Gauss  
Capítulo: 28

Data: .../.../....

**Principais objetivos de aprendizagem:** Com a realização completa **dêste** programa, você deve tornar-se capaz de

- 1) Conceituar verbalmente fluxo elétrico em termos das linhas de força do campo elétrico.
- 2) Conceituar matematicamente fluxo elétrico em função do vetor intensidade do campo elétrico.
- 3) Calcular o fluxo elétrico através de uma superfície colocada num campo elétrico conhecido.
- 4) Enunciar verbal e analiticamente a lei de Gauss, explicando o que significam exatamente cada um dos seus termos.
- 5) Usar a lei de Gauss para avaliar o fluxo elétrico **através** de uma superfície fechada, numa região onde se conhece a distribuição espacial das cargas elétricas.
- 6) Descrever verbalmente a relação existente entre lei de Gauss, lei de Coulomb e considerações de simetria.

### Roteiro para o trabalho em grupo

1) Ler a seção 28-1. (Objetivos 1, 2 e 3.) Assegure-se de que entendeu claramente os conceitos apresentados para fluxo elétrico, respondendo a **pergunta a**) "Como você justifica a definição inicial de fluxo elétrico em termos de linhas de força a partir da definição matemática exata

$\Phi_E = \int \mathbf{E} \cdot d\mathbf{S}$ ?" Examine o exemplo 1 e responda a **pergunta b**) "Como se pode chegar

ao resultado do exemplo 1 imediatamente, usando a definição de fluxo em termos de linhas de força?" Resolver o **problema** 1 (lembre-se também da definição de fluxo em termos de linhas de força).

2) Ler a seção 28-2. (Objetivos 4 e 5.) **Pergunta c**) "Reavalie o fluxo através das 4 superfícies da fig. 28-1, usando a lei de Gauss e compare **com** os resultados obtidos na seção anterior". Resolver o **problema** 4. Responda as **questões** 1, 3 e 6.

3) Ler a seção 28-3. (Objetivo 6.) Considere esta seção wmo o cálculo do campo elétrico produzido por uma carga puntiforme, feito por alguém que conhecesse apenas a lei de Gauss, não conhecendo, portanto, a lei de Coulomb. Note como foi necessário fazer **considerações extras a respeito de simetrias** ( $\mathbf{E}$  dirigido radialmente para fora e  $|\mathbf{E}|$  constante em todos os pontos da superfíciesférica) a fim de poder resolver a integral  $\int \mathbf{E} \cdot d\mathbf{S}$ . Responda a **questão** 7.

### Programa para o trabalho extra-classe

- 1) Responder as questões 2 e 5 (cap. 28).
- 2) Resolver os problemas 2, 3 e 5 (cap. 28).

### Referências

1. L. COUFFIGNAL y otros, *La Cibernética en la Ensenanza*, Editorial Grijalbo, S.A., México, D. F. 1968. Cap. 1: *Lu pedagogia cibernética* (pp. 11-63).
2. Robert M. GAGNÉ, *The Conditions of Learning*, Holt, Rinehart and Winston, Inc., New York, 1965.
3. Victor GOEDICKE, *Introduction to the Theory of Statistics*, Harper and Brothers Publishers, New York, 1953. Cap. 6: *Normal curve* (pp. 91-117).
4. Murray R. SPIEGEL, *Theory and Problems of Statistics*, Schaum Publishing Co., New York, 1961. Caps. 10 e 11: *Statistical Decision Theory, Small Sampling Theory* (pp. 167-200).

## SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA

### 1. DIRETORIA (1971-1973)

Presidente - Alceu G. de Pinho Filho (PUC-GB)  
Vice-presidente - Ernst Wolfgang Hamburger (USP)  
Secretário Geral - Giorgio **Moscato** (USP)  
Secretário - Carlos A. Dias (UFBA)  
Tesoureiro - **Olácio** Dietzsch (USP)  
Secr. p/Assuntos de Ensino - Beatriz **Alvarenga** (UFMG)  
Secr. Adjunto p/Ass. de Ensino - Marco Antonio **Moreira** (UFRGS)

### 2. SECRETÁRIOS ESTADUAIS (1970-1972)

Rio Grande do Sul - Victoria E. Herscovitz (UFRGS)  
São Paulo - Nelson Jesus Parada (UEC)  
Minas Gerais - Manoel Lopes **Siqueira** (UFMG)  
Bahia - Antônio G. Oliveira (UFBA)  
Ceará - Homero Lenz Cesar (UFCE)

### 3. CONSELHO

Jayne Tiomno (Princeton, EUA)  
Ross **Alan** Douglas (USP)  
Ramayana **Gazzinelli** (IPR)  
José Leite Lopes (Strasbourg - França)  
José Goldemberg (USP)  
Shiguo Watanabe (USP)  
**Erasm**o Madureira **Ferreira** (PUC-GB)  
Jorge André Swieca (PUC-GB)  
Cesare M. Lattes (UEC)  
Francisco A. Germano (**UFCE**)

### Suplentes

Luiz Carlos Gomes (UNB)  
Henrique **Fleming** (USP)  
Fernando de Souza Barros (UFRJ)  
Rogério C. Cerqueira Leite (UEC)  
Nelson Jesus Parada (UEC)

### Enderços

PUC - Instituto de Física  
**Pontificia** Universidade Católica  
Rua Marquês de São Vicente, 209  
20000 - Rio de Janeiro GB

USP - Instituto de Física  
Universidade de São Paulo  
Caixa Postal 20516  
01000 - São Paulo SP

- UFBa** - Instituto de Física  
Universidade Federal da Bahia  
Federação  
40000 - Salvador BA
- UFMG** - Instituto de Ciências Exatas  
Universidade Federal de Minas Gerais  
30000 - Belo Horizonte MG
- UFRGS** - Instituto de Física  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Av. Luiz Englert s/n  
90000 - Pôrto Alegre RS
- UEC** - Instituto de Física  
Universidade Estadual de Campinas  
Cidade Universitária  
13100 - Campinas SP
- UFCe** - Instituto de Física  
Universidade Federal do Ceará  
Caixa Postal 1262  
60000 - Fortaleza CE
- IPR** Instituto de Pesquisas Radioativas  
Universidade Federal de Minas Gerais  
Caixa Postal 1941  
30000 - Belo Horizonte MG
- UNB** Departamento de Física  
Universidade Nacional de Brasília  
70000 - Brasília DF
- UFRJ** Instituto de Física  
Universidade Federal do Rio de Janeiro  
Ilha do Fundão  
20000 - Rio de Janeiro GB

## Índice Geral do Volume 1

### Número 1

Apresentação	1
Agradecimentos	2
Abrahão de Moraes	3

### Pesquisa-Research

COLBER G. OLIVEIRA — Long Range Interactions and the Geometry of the Four-Dimensional Space	9
PIERRE KAUFMANN, OSCAR T. MATSUURA <i>et</i> M. H. PAES DE BARROS — Étude Théorique de la Région-D pendant SIDs	21
S. ANANTHAKRISHNAN — An Approximate Method for Studying Possible Collision Frequency and Temperature Changes in the D-Region during an SID	31
P. DA R. ANDRADE and J. D. ROGERS — Effect of Combined Static and Time-Dependent Quadrupole Interactions on Angular Correlation: Asymmetric Electric Field Gradient Case	37
V. E. HERSCOVITZ, G. JACOB, Th. A. J. MARRIS, C. SCHNEIDER — Distortion in Quasi-Free Scattering	43
V. C. AGUILERA-NAVARRO, W. M. KLOET and A. H. ZIMERMANN — Application of the Rayleigh-Schrodinger Perturbation Theory to the Hydrogen Atom	55
J. A. CASTILHO ALCARAS and J. LEAL FERREIRA — A Group-Theoretical Approach to the Non-Relativistic Three-Body Problem	63
MARIO SHONBERG — Electromagnetism and Gravitation	91
J. OSADA, H. V. CAPELATO and J. R. M. BONILHA — Mass-Luminosity Relation for White-Dwarf Stars	123
MANOEL LOPES DE SIQUEIRA and DALVIO E. LABORNE E VALLE — An Investigation on the Ionic Model of the Rare-Earth Ion Chrystal Field	129
PIERRE KAUFMANN and ARACY M. MENDES — V. L. F. Signal Fadings during Sunrise and Sunset Observed on Transequatorial Propagation Paths	135

### Resenha-Reviews

A. GIOVANNINI and E. PREDAZZI — A Survey of Many Body Hadron dynamics. I	143
--	-----

## **Ensino-Teaching**

- P. U. M. SANTOS, H. NAKANO, A. G. VIOLIN, D. R. S. BITTEN-COURT, P. A. LIMA e E. W. HAMBURGER — Um Cronômetro Barato 187
- JUDITE F. DE ALMEIDA e E. W. HAMBURGER — Curso sôbre Condução Elétrica em Sólidos para o Ensino Médio 191

## **Número 2**

### **Pesquisa-Research**

- S. C. GUERREIRO and S. M. REZENDE — Quantum Theory of the Magnon-Phonon Interaction in a Time-Dependent Magnetic Field 207
- Y. HAMA and E. PREDAZZI — A New Approach Toward Dual Models 233
- R. CASANOVA ALIG — Comportamento do Centro F sob Tensão 245
- A. VASQUEZ, P. DA R. ANDRADE and J. D. ROGERS — Measurements of Perturbed Angular Correlations in Compounds of  $^{57}\text{Co}$  255
- I. MALMONGE MARTIN, F. ALBERNHE et G. VEDRENNE — Variation du Flux des Neutrons Rapides et des Rayons Gamma d'Origine Cosmique en Fonction de la Latitude et de l'Altitude 263
- P. KAUFMANN — On the Activity of Solar Coronal Condensations Discussed after Long-Enduring Microwave Events 289
- D. BASU — The Solar Radio Burst Activity Index (I) and the Burst Incidence ( $B_i$ ) for 1968-69 297
- H. FLEMING — Analyticity and Dual Absorptive Models 303

## **Ensino-Teaching**

- F. G. WATSON — Formação Pedagógica de Professôres de Física antes do Exercício da Profissão 313
- F. SODRÉ — Campo Magnético e Distância 325
- Sociedade Brasileira de Física 333

## Número 3

### Pesquisa-Research

M. I. DA COSTA JR., P. DA R. ANDRADE and P. J. VICCARO — Interpretation of Unresolved Mossbauer Spectra in Compounds of $\text{I}^{129}$	337
M. CATTANI — Pressure Line Shape and the Dicke Effect	351
M. LUNETTA and M. A. ABDU — A Study on the Latitudinal Features of the Ionospheric Absorption Excursion	369
E. FERREIRA, Z. DUTRA THOMÉ and L. PINGUELLI ROSA — Phase Shifts for $\text{K}^+$ -Proton Scattering with Strong p-Waves at Low Energies	381
D. R. DE OLIVEIRA — The Hartree-Fock and the Random Phase Approximations Applied to $\text{Ne}^{20}$ , $\text{Si}^{28}$ and $\text{Ar}^{36}$ : Energy Levels and E2 Transitions	403
M. PUSTERLA — The Problem of Bound States in Relativistic Field Theory and its Implications in the Scalar and Pseudoscalar Gluon Model for Quarks	429
J. VASCONCELOS — Dirac Particle in a Scalar Coulomb Field	441

### Ensino-Teaching

M. A. MOREIRA e M. E. V. COSTA — O Professor como Orga- nizador das Condições Externas da Aprendizagem	453
Sociedade Brasileira de Física	469
Índice Geral do Volume 1	471

ESTA OBRA FOI COMPOSTA EM TIMES ROMAN  
PELO SISTEMA DE FOTO COMPOSIÇÃO (Mo-  
*nophoto*) E IMPRESSA EM *Off-Sett* PELA  
DISTRIBUIDORA PAULISTA DE JORNAIS  
REVISTAS, LIVROS E IMPRESSOS LTDA.  
RODOVIA PRESIDENTE DUTRA, KM 387  
CUARULHOS — ESTADO DE SÃO PAULO