

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

INSTITUTO DE FÍSICA

O SISTEMA AUDIOTUTORIAL

NO ENSINO DE FÍSICA GERAL*

Carlos Ernesto Levandowski

Dissertação realizada sob a orientação do Dr. Ialo Rührig Bonilla, apresentada ao Instituto de Física da UFRGS, em preenchimento parcial dos requisitos para a obtenção do grau de Mestre em Física.

* Trabalho parcialmente financiado pelas seguintes Instituições: Coordenação do Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas (INEP).

Porto Alegre

1975

F 01 50 F (Pessoal)
Ensino audiovisual

Em memória de Pedro da Rocha Andrade
(o primeiro orientador deste trabalho)

AGRADECIMENTOS

A Ialo R. Bonilla, pela orientação e apoio decisivos para a realização deste trabalho;

a Victoria E. Herscovitz, Marco Antonio Moreira e J. A. Gerald McClelland, pelos valiosos conhecimentos transmitidos;

aos professores e monitores que colaboraram nas atividades docentes e na realização da pesquisa;

a Luisa Zafaneli e Beatriz R. D'Arrigo, pelos trabalhos de datilografia;

a Jacinta Enzweiler, Anibal Damasceno Ferreira e Thales Porto de Farias, pela confecção dos diapositivos;

a todos aqueles que, com seu incentivo ou colaboração, contribuíram para a realização deste trabalho.

Porto Alegre, dezembro de 1975

Carlos Ernesto Levandowski

SINOPSE

São descritas três etapas de uma experiência com o Sistema Audiotutorial no ensino de Física Geral da UFRGS.

Nas duas primeiras etapas o Sistema Audiotutorial é comparado com o ensino tradicional e na terceira é associado a e comparado com o Método Keller.

A análise do Sistema Audiotutorial é feita tendo em vista o aproveitamento, o tempo médio de estudo, as desistências e a opinião dos alunos, bem como os custos de aplicação e reaplicação do sistema.

São apresentados dados para a montagem de um Centro de Aprendizagem para utilização do Sistema Audiotutorial.

A partir das conclusões são sugeridas algumas atividades para aprimoramento do sistema e para futuras pesquisas do processo ensino-aprendizagem.

ABSTRACT

An experiment in three stages is described in which the Audio-tutorial system of teaching is applied to a course in College Physics at UFRGS.

In the first two stages the Audio-tutorial system is compared with the traditional system and in the third, a combination of this system with the Keller plan is compared with the Keller plan alone.

The Audio-tutorial system is analysed in terms of achievement, mean time taken in study, withdrawals, and in terms of student opinion. In addition, the costs of application and reapplication of the system are analysed.

Information is given about the organization and construction involved in developing the Learning Centre required for the Audio-tutorial system.

Following the conclusions some suggestions for possible improvements of the system are put forward and a number of lines for further research into the teaching/learning process are indicated.

Í N D I C E

I - INTRODUÇÃO	1
II - OS SISTEMAS KELLER E AUDIOTUTORIAL	6
III - PRIMEIRA ETAPA DA EXPERIÊNCIA	13
IV - SEGUNDA ETAPA DA EXPERIÊNCIA	20
V - TERCEIRA ETAPA DA EXPERIÊNCIA	32
VI - A OPINIÃO DOS ALUNOS	54
VII - DADOS PARA A MONTAGEM DE UM CENTRO DE APRENDIZAGEM	80
VIII - SUMÁRIO E CONCLUSÕES	96
APÊNDICES	107
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	145

I - INTRODUÇÃO

O ensino de Física Geral na Universidade Federal do Rio Grande do Sul envolve um grande número de alunos, caracterizando-se, portanto, como um ensino de massas e tendo uma população alvo extremamente heterogênea. Para esse tipo de ensino, o método tradicional de instrução em grupo não tem se revelado adequado, pois, em geral, utiliza estratégias de ensino que visam um hipotético aluno médio. Este não é um problema local, mas um problema geral do ensino universitário básico em muitos países e, em conseqüência, novas abordagens têm sido introduzidas para esse tipo de ensino.

A instrução individualizada, por exemplo, é uma tendência atual do ensino, a qual decorre pelo menos em parte desse problema, pois procura adaptar-se a diferentes aptidões intelectuais, a diferentes estruturas cognitivas, enfim, a diferentes indivíduos. Os resultados já obtidos em vários cursos ministrados com métodos de instrução individualizada, em comparação com o método tradicional de ensino, têm sido significativamente favoráveis e estimulam a utilização e pesquisa dos métodos de ensino individualizado. Dentre esses métodos destacaremos dois, que serão objeto de estudo neste trabalho: o Método (ou Sistema) Keller¹⁾ e o Método (ou Sistema) Audio-tutorial²⁾. O primeiro destes enfatiza o ritmo próprio, a mestria na aprendizagem (mastery learning)³⁾ e a comunicação escrita. O segundo, além de enfatizar o ritmo próprio e a mestria, procura submeter o aluno a um grande número de experiên

cias de aprendizagem, utilizando para isso vários canais de comunicação tais como fitas de som, diapositivos, filmes, textos etc.

Na UFRGS, no primeiro semestre de 1973, M. A. Moreira⁴⁾ introduziu o Sistema Keller na disciplina Física II (FIS 103), participando da experiência 48 alunos; nos três semestres seguintes esse número foi ampliado para 122, 250 e 335 alunos respectivamente. Os resultados foram satisfatórios em termos de aproveitamento dos alunos e principalmente no que se refere à satisfação dos alunos com relação ao sistema de ensino utilizado.

Na referência 5) M.A. Moreira apresenta semelhanças e diferenças entre o Sistema Keller e o Sistema Audiotutorial.

Dentre os pontos em comum aos dois sistemas são destacados:

1º) Ambos são métodos de instrução individualizada, portanto centrados no aluno e não no professor.

2º) O professor em ambos os casos é um organizador das condições de aprendizagem.

3º) Os objetivos dos cursos em que tais sistemas forem aplicados devem ser definidos operacionalmente e a avaliação feita em termos comportamentais.

4º) O aluno trabalha com ritmo próprio e participa ativamente do processo de aprendizagem.

5º) A resposta do aluno atua como fator de realimentação do processo de aprendizagem, permitindo uma contínua avaliação e aprimoramento do material usado, com a finalidade

dade de otimizar as condições de aprendizagem.

6º) Os dois sistemas são apoiados em determinados princípios de aprendizagem.

Dentre as diferenças entre os dois sistemas são salientadas:

1^a) Tutoria: no Sistema Keller a tutoria é feita pelo monitor enquanto no Audiotutorial o aluno é tutorado pelo professor através da fita de som. O acesso direto ao instrutor (ou ao professor) em ambos os casos se dá em uma instância superior, porém, ao que parece, o mesmo é mais acessível no Sistema Audiotutorial, pois há sempre um instrutor no Centro de Aprendizagem, que fica aberto o maior tempo possível, à disposição dos alunos, que comparecem no horário que preferirem.

2^a) Forma de apresentação do conteúdo: o Sistema Keller coloca ênfase na matéria escrita, enquanto no Audiotutorial o conteúdo é apresentado através de um conjunto multisensorial de recursos de aprendizagem.

3^a) Sistema de avaliação e ritmo próprio: em decorrência da diferença existente no método de avaliação, os dois sistemas diferem também quanto ao ritmo de trabalho do aluno. O Sistema Keller é mais flexível e proporciona ao aluno maior possibilidade de trabalhar de acordo com seu próprio ritmo ao longo de todo o curso e não somente dentro de uma unidade de estudo.

Feita a comparação entre os dois sistemas, verifica-se a viabilidade de uma possível combinação dos mesmos, onde a técnica de apresentação do conteúdo e o eventual maior

acesso ao instrutor do Sistema Audiotutorial se associem à maior flexibilidade e ao sistema de avaliação do Método Keller.

Diante dos primeiros resultados obtidos com a utilização do Sistema Keller, da sua grande semelhança com o Sistema Audiotutorial, e aceitando a forma de apresentação do conteúdo como mais rica no Audiotutorial por utilizar recursos multisensoriais (audiovisuais e outros), que sempre podem ser acompanhados da comunicação escrita enfatizada no Sistema Keller, propusemo-nos a aplicar o Sistema Audiotutorial em pequena escala⁶⁾, para um grupo de 18 alunos, durante um mês em fins de 1973, e realizar a comparação com o método tradicional de ensino expositivo ministrado também para 18 alunos. Estudando em detalhes os resultados desta primeira aplicação, verificamos a necessidade de uma pesquisa envolvendo um maior número de alunos, para diminuir os erros de amostragem, a qual foi desenvolvida em 1974.

No primeiro semestre de 1974, ministramos o ensino pelo Sistema Audiotutorial a um grupo experimental de 48 alunos, e o comparamos com o ensino tradicional (convencional, de instrução em grupo) para um grupo de controle também de 48 alunos.

No segundo semestre, o grupo experimental foi composto de 60 alunos do Sistema Keller aos quais, adicionalmente, foi oferecida a utilização dos recursos de aprendizagem do Audiotutorial (Sistema Keller com Audiotutorial). O grupo de controle foi constituído de uma amostra de 60 alunos do Sistema Keller que não fizeram uso do Centro de Aprendizagem (Keller sem Audiotutorial).

Esta experiência de aplicação do Sistema Audio-tutorial em três etapas, inicialmente durante um mês e posteriormente em dois semestres letivos, envolveu um total de 126 alunos, aleatoriamente escolhidos, nos três grupos experimentais e igual número de alunos nos três grupos de controle.

A experiência teve como objetivo estudar em detalhes os resultados da aplicação do Sistema Audiotutorial na disciplina Física II (FIS 103), tendo em vista o aproveitamento, o tempo de estudo, a opinião do aluno e o custo de utilização do sistema. O presente trabalho constará da descrição dessa experiência e da análise e interpretação dos dados obtidos. Antes de entrarmos na descrição da experiência propriamente dita, porém, faremos um resumo das características básicas do Sistema Keller e uma descrição bastante detalhada do Sistema Audiotutorial (visto que este foi o sistema enfatizado na experiência).

II - OS SISTEMAS KELLER E AUDIOTUTORIAL

II.1 - O SISTEMA KELLER

No artigo "Good-bye, Teacher ...", Fred S. Keller¹⁾ apresenta as cinco características básicas do Sistema Keller ou Sistema de Instrução Personalizada:

- 1) O ritmo próprio do estudante.
- 2) O completo domínio do material de cada unidade como condição de avanço.
- 3) O uso de aulas teóricas e demonstrações como veículos de motivação ao invés de fontes de informação.
- 4) A ênfase na palavra escrita.
- 5) O uso de monitores.

Na prática, para se usar o Método Keller, o conteúdo do curso é dividido em unidades, cada uma com um roteiro para estudo individualizado. O estudante prepara a unidade e, quando se sente suficientemente preparado, apresenta-se ao seu monitor para um teste escrito. O teste é corrigido imediatamente pelo monitor que discute com o aluno as respostas dadas, a fim de determinar se o aluno está ou não em condições de passar para a unidade seguinte. Em caso negativo, o estudante deve submeter-se a um novo teste da unidade. O importante é que o aluno demonstre domínio sobre o conteúdo de cada unidade, independentemente do número de testes necessários para isso. A avaliação do aluno no curso é feita em função do número de unidades completadas.

Maiores detalhes sobre esse método podem ser en-

contrados nas referências 1, 4 e 5.

II.2 - O SISTEMA AUDIOTUTORIAL

Primeiramente serão apresentados os aspectos fundamentais do sistema e posteriormente suas características de funcionamento na prática.

II.2.a - Aspectos Fundamentais do Sistema Audio-tutorial

O Sistema Audiotutorial, tal como vamos descrevê-lo, é um sistema de instrução individualizada que praticamente surgiu em 1961, na Universidade de Purdue, nos Estados Unidos, num curso de Botânica.

No livro "The Audio-Tutorial Approach to Learning"²⁾, os autores, entre os quais S.N.Postlethwait, provavelmente o introdutor do Sistema Audiotutorial, destacam os aspectos fundamentais do sistema, que passaremos a comentar.

Um destes aspectos é que o sistema está baseado no princípio de que a aprendizagem é uma atividade feita pelo indivíduo (aluno) e não para ele. Em consequência, as condições de aprendizagem devem ser organizadas de tal modo que o estudante possa trabalhar com ritmo próprio, dentro do conteúdo de cada unidade, preenchendo lacunas em sua formação ou omitindo partes do conteúdo que já aprendeu anteriormente. É necessário criar um meio, ou seja, um ambiente, em que o aluno esteja motivado a tornar-se envolvido no processo de aprendizagem. Em tal ambiente, a proximidade dos materiais

relatados pode ser um fator chave do sucesso.

Não é suficiente construir, no entanto, um complexo de laboratórios, bibliotecas, salas com audiovisuais e estabelecer um roteiro de atividades. Esta estruturação é freqüentemente desanimadora para a aprendizagem e pode frustrar o processo que supostamente facilitaria. A estruturação do sistema deve ser tal que o programa envolva o aluno. Talvez, o fator mais importante na motivação seja o sucesso na aprendizagem. Em um bom programa de aprendizagem, os estudantes devem ter experiências estimuladoras a intervalos freqüentes. Tal programa deve ser suficientemente flexível para que o estudante possa progredir com ritmo apropriado à sua capacidade de aquisição de conhecimentos e habilidades.

Ao professor cabe a identificação e a definição dos objetivos do curso, a organização de um conjunto multisensorial de recursos de aprendizagem e a orientação do aluno em meio a estes recursos a fim de que o mesmo atinja os objetivos operacionalmente definidos.

Na referência 2), os autores consideram que as mesmas atividades ou vivências supostas válidas como fatores determinantes da aprendizagem em situações fora da sala de aula, servem de guia para o desenvolvimento do programa educacional do Sistema Audiotutorial. Algumas são relacionadas a seguir:

1^a) Repetição: o aluno ajusta a quantidade de repetição às suas necessidades individuais (ritmo próprio).

2^a) Concentração: a informação é apresen

tada somente quando o estudante está alerta e receptivo.

3^a) Associação: para focar a atenção e minimizar abstrações, deve ser feita a utilização de materiais eficazes.

4^a) Etapas unitárias: pequenas etapas unitárias fazem parte de um programa seqüencial que o aluno ajusta à sua capacidade intelectual.

5^a) Uso de uma multiplicidade de tratamentos: o aluno difere na receptividade do tratamento de um conteúdo; um aprende melhor e responde melhor através de um tratamento de áudio, outro de vídeo, outro de uma atividade mecânica.

6^a) Uso de atividades integradas: as atividades de estudo são adequadamente seqüenciadas e relacionadas uma com a outra, de modo que cada atividade suplementa a outra.

Concluindo, podemos afirmar que dois componentes são importantes em um bom sistema educacional: uma seqüência bem estruturada de eventos e um relacionamento agradável entre professores e alunos. Se supusermos que o contato pessoal com os professores do curso aumenta a motivação dos estudantes, as oportunidades de fazer este contato direto e freqüente são maiores no Sistema Audiotutorial do que no convencional. O contato pessoal não é reduzido pelo uso do Audiotutorial, mas sim aumentado. Em muitos aspectos é mais direto, menos formal e mais agradável. Além disso, também é fornecido um contato pessoal simulado através da voz gravada do professor. Sob qualquer sistema, em uma análise final, o con-

tato pessoal é dependente do nível de interesse dos alunos e dos professores.

II.2.b - Como funciona, na prática, o Sistema Audio-tutorial

S.N.Postlethwait²⁾ teve a idéia de gravar em fitas de som aulas teóricas suplementares, cuja finalidade era a de auxiliar os alunos que não conseguiam acompanhar as aulas teóricas normais do curso. Progressivamente, no entanto, os alunos foram solicitados a usar textos, diagramas, diapositivos e outros recursos de aprendizagem, bem como a fazer pequenas experiências. Com isto, as fitas de som deixaram de ser simples aulas gravadas, passando a se constituir no agente através do qual o professor coordenava a atividade do aluno em meio às diferentes experiências de aprendizagem. Dessa forma, o aluno passou a ser praticamente tutorado pelo professor através da fita de áudio, daí o nome audiotutorial.

No tipo de ensino assim originado, algumas atividades em grupo podem ser programadas como, por exemplo, uma aula de discussão semanal ou uma conferência não muito freqüente. Mas, em essência, trata-se de um sistema de instrução individualizada. A maior parte das atividades dos alunos no curso são desenvolvidas no Centro de Aprendizagem. Nesse local existem pequenas cabines individuais (não completamente fechadas), onde o aluno encontra à disposição o material da unidade que está sendo estudada. De um modo geral, o material de cada unidade é constituído de uma fita de som, um guia de estudos (contendo os objetivos da unidade) para ser u-

sado juntamente com o livro de texto, material de laboratório, diapositivos, filmes de curta duração etc. A idéia básica é oferecer aos alunos o maior número possível de recursos de aprendizagem.

O material permanente de cada cabine é normalmente constituído de um gravador tipo "cassette" com fones individuais, um projetor de diapositivos e, se possível, um projetor de filmes "loops". As experiências de laboratório e certas demonstrações são montadas em apenas algumas das cabines existentes no Centro de Aprendizagem.

Esse Centro deve ficar aberto durante o maior tempo possível e nele deve estar sempre um professor (ou monitor) à disposição dos alunos, os quais comparecem ao Centro no horário que preferirem. O material de cada unidade fica à disposição dos alunos durante uma ou duas semanas e, após esse tempo, o aluno é submetido a um teste sobre o conteúdo da unidade.

Aparentemente pouca pesquisa do processo ensino-aprendizagem tem sido feita através da utilização do Sistema Audiotutorial. Destacam-se, entretanto, os estudos^{7 a 15)} desenvolvidos na Universidade de Cornell.

II.3 - ASSOCIAÇÃO ENTRE OS SISTEMAS KELLER E AUDIOTUTORIAL

Existe a possibilidade de combinar-se o Sistema Audiotutorial com o Sistema Keller e, nesse caso, o material de cada unidade do curso deve ficar à disposição dos alunos durante períodos maiores ou até mesmo durante todo o semestre, pois ao aluno é permitido trabalhar com ritmo próprio durante

todo o curso. Se for o caso de associarem-se os dois sistemas, o aluno, quando sentir-se apto, dirigir-se-á ao seu monitor, a fim de fazer o teste da unidade, usando-se então o sistema de avaliação característico do Sistema Keller.

Precisamente esse tipo de associação vem sendo testado numa das disciplinas de Física Geral do Departamento de Física da Universidade de Cornell (Estados Unidos) . Pelo que se pode inferir dos resultados já obtidos e divulgados^{7), 8)}, essa associação, dos Sistemas Keller e Audiotuto - rial, parece ser bastante bem sucedida no ensino de Física Ge - ral para grande número de alunos, constituintes de uma popula - ção altamente heterogênea.

III - PRIMEIRA ETAPA DA EXPERIÊNCIA

O Sistema Audiotutorial comparado com o sistema de ensino tradicional, em dois grupos de 18 alunos.

Com o objetivo de colher dados acerca da viabilidade do uso do Sistema Audiotutorial na disciplina Física II (FIS 103) do Departamento de Física da UFRGS, foi feita uma experiência em pequena escala⁶⁾, com esse sistema, durante o último mês de aulas do 2º semestre de 1973.

III.1 - DESCRIÇÃO DA PRIMEIRA ETAPA DA EXPERIÊNCIA

Para a realização da experiência foi montado um pequeno Centro de Aprendizagem e foram selecionadas aleatoriamente duas amostras de 18 alunos de duas turmas da disciplina, conforme a tabela abaixo.

População Disponível			Amostras (Nº de alunos)		
Turma	Nº de Alunos	Horário de aulas	Professor Responsável	Grupo Experimental	Grupo de Controle
C	35	10,5 h às 12,5 h	M.A. Moreira	9	8
G	38	18,5 h às 20,5 h	C.E. Levandowski	9	10
TOTAL				18	18

TABELA 1 - População disponível e amostras escolhidas aleatoriamente.

O conteúdo abrangido pela experiência foi eletromagnetismo, adotado como livro de texto o de Halliday & Resnick¹⁶⁾. O grupo experimental estudou esse conteúdo pelo

Sistema Audiotutorial e o grupo de controle o estudou pelo sistema expositivo convencional.

Foram realizadas duas verificações de aproveitamento comuns aos dois grupos, quais sejam, as duas últimas verificações normais da disciplina.

Para o grupo Audiotutorial o conteúdo foi dividido em quatro unidades, cada uma delas com duração aproximada de uma semana, obedecendo o cronograma indicado na Tabela 2. O grupo de controle seguiu o mesmo cronograma, mas o conteúdo não foi dividido em unidades.

Período	Unidade	Capítulo	Verificação
22/10 a 26/10/73	I	33	
29/10 a 08/11/73	II	34	09/11/73 (Unid. I e II)
12/11 a 16/11/73	III	35 e 36	
19/11 a 22/11/73	IV	37 e 38	23/11/73 (Unid. III e IV)

TABELA 2 - Cronograma das unidades de estudo do grupo Audiotutorial e das verificações de aproveitamento.

Para cada uma dessas unidades foram elaborados um guia de estudos (Apêndice I), uma fita de som (Apêndice II) e um conjunto de diapositivos (Apêndice III), contendo sugestões e respostas para as questões e os problemas indicados no guia de estudos. Também foram organizadas seis experiências de laboratório que o aluno realizou individualmente e foi oferecida a projeção de um (1) filme. Um quadro geral do material usado pelos alunos do grupo experimental no Centro de A-

prendizagem se encontra no Apêndice IV.

No Centro de Aprendizagem foram montadas cinco cabines; quatro para uso individual, cada uma equipada com um gravador do tipo "cassette" (com fones) e um projetor de diapositivos. A quinta cabine foi utilizada para a realização das experiências de laboratório e a projeção do filme.

Cada aluno do grupo experimental teve o Centro à sua disposição durante seis horas semanais (o grupo de controle teve seis horas de aula por semana). Seriam necessárias somente 27 horas por semana de atendimento se as quatro cabines estivessem sempre ocupadas. No entanto, para que houvesse compatibilidade com os horários disponíveis dos 18 alunos, fez-se necessário um funcionamento do Centro durante todo o dia, 5 dias na semana, totalizando 40 horas por semana de atendimento.

Nessa primeira experiência não se adotou a sistemática de deixar o Centro durante longos períodos de tempo à disposição dos alunos; estes tinham horários reservados no Centro de Aprendizagem. Horário-extra, para alguns alunos de ritmo relativamente mais lento, foi previamente combinado, utilizando-se as cabines vagas. Não foi programada para o Audiotutorial qualquer atividade em grupo.

Para os dois grupos (experimental e de controle) foi feito um registro do tempo de estudo: para o grupo experimental foi observado cuidadosamente o tempo de permanência no Centro e para o grupo de controle foi registrada a permanência dos estudantes nas aulas; ademais, solicitou-se aos alunos dos dois grupos que registrassem o tempo de estudo ex-

traclasse numa ficha apropriada que lhes foi entregue no início da experiência.

III.2 - EXPOSIÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS DA PRIMEIRA ETAPA DA EXPERIÊNCIA

A Tabela 3 apresenta dados relativos às duas verificações de aproveitamento. O número inicial de 18 alunos em cada amostra não se manteve, havendo alguns casos de desistências, bem como casos de verificações feitas após a data prevista.

	1 ^a Verificação		2 ^a Verificação	
	Nº de alunos	Média	Nº de alunos	Média
Grupo Experimental	17	6,9	15	6,2
Grupo de Controle	14	5,7	12	6,5

TABELA 3 - Resultados das verificações de aproveitamento.

Face ao tamanho relativamente pequeno das amostras, o uso de testes de significância não paramétricos é mais apropriado para analisar os resultados da Tabela 3. Uma boa alternativa ao "Teste t"¹⁷⁾ (paramétrico), quando não é possível satisfazer condições tais como populações normais e de mesma variância, é o "Mann-Whitney U Test"¹⁸⁾ (não paramétrico). Basicamente, o valor de U, usado nesse teste, é calculado computando-se o número de escores do grupo experimental que precede cada escore do grupo de controle quando todos

os escores estão ordenados em ordem crescente.

Para os escores obtidos pelos dois grupos nas duas verificações, o valor de U calculado foi igual a 74,0 para a primeira verificação e 71,5 para a segunda. Ao testar-se uma hipótese estatística, chama-se nível de significância^{17 a 19)} à probabilidade máxima com que se arrisca cometer o erro de rejeitar (aceitar) a hipótese sendo esta verdadeira (falsa). Os valores de U calculados, indicaram:

1º) ser possível aceitar, para a 1ª verificação, a hipótese estatística H_1 de que o resultado obtido pelo grupo experimental é significativamente superior ao resultado do grupo de controle, ao nível de significância 0,05 (5%);

2º) não ser possível rejeitar, ao nível 0,05, a hipótese estatística H_0 de que a diferença entre os resultados é não significativa, para a 2ª verificação.

O problema de desistências tornou mais difícil obter uma diferença estatisticamente significativa entre os resultados da segunda verificação. Supondo que os desistentes tivessem obtido escores próximos aos escores inferiores de cada grupo, ter-se-ia um valor menor para o U calculado, o que favoreceria a constatação de diferença significativa, pois o valor de U tabelado cresce quando aumenta o número de escores.

A Tabela 4 apresenta dados relativos aos tempos de estudo dos dois grupos. A análise, através do "Teste U", dos dados que conduziram a essa tabela, revela que:

1º) existe uma diferença estatisticamente significativa, ao nível 0,01, entre o tempo médio de estudo do grupo experimental no Centro de Aprendizagem e o tempo médio de

aulas assistidas pelo grupo de controle;

2º) não existe diferença estatisticamente significativa em termos de estudo extraclasse registrado pelos alunos, sem o nosso controle quanto à fidedignidade dos registros.

	Unidades I e II		Unidades III e IV	
	Grupo Experimental	Grupo de Controle	Grupo Experimental	Grupo de Controle
Nº de alunos	12	12	12	12
t_c (h)	11,6	-	8,1	-
t_a (h)	-	7,3	-	5,4
Nº de alunos	12	10	12	11
t_{ec} (h)	8,7	9,1	8,0	8,7
t_c (h) : tempo médio de estudo no Centro de Aprendizagem, em horas; t_a (h) : tempo médio de aulas assistidas, em horas; t_{ec} (h) : tempo médio de estudo extraclasse, em horas (registrado pelos alunos).				

TABELA 4 - Dados relativos aos tempos de estudo.

A Tabela 5 é uma tabela de contingência 2 x 2 onde são apresentados os dados referentes às desistências ocorridas em cada grupo durante a realização da experiência.

	Desistentes	Não Desistentes	Total
Grupo Experimental	3	15	18
Grupo de Controle	6	12	18
TOTAL	9	27	36

TABELA 5 - Desistências ocorridas durante a experiência .

Para essa última tabela não é possível utilizar-se o "Teste χ^2 (qui-quadrado)"¹⁸⁾, como seria feito usualmente, porque a menor frequência esperada é inferior a cinco. A frequência esperada (teórica)¹⁹⁾ para cada célula é encontrada multiplicando-se os dois totais marginais comuns à célula e, então, dividindo-se este produto pelo número total de casos N. Para a Tabela 5 a menor frequência esperada é $9 \times 18 : 36 = 4,5$, que é menor do que cinco. Usa-se, então, nesse caso, o "Fisher Exact Probability Test"¹⁸⁾, o qual determina se os dois grupos diferem na proporção em que aparecem nas duas classificações (desistentes e não desistentes) da tabela.

Aplicando-se o "Teste Fisher" à Tabela 5 (fez-se necessário adicionar quatro probabilidades pois a menor frequência que aparece na tabela é 3), obteve-se uma probabilidade $p = 0,222$, ou seja, 22,2% de que essa distribuição de frequências tenha ocorrido sob a hipótese nula H_0 . Como essa probabilidade é grande, presumindo-se que as desistências tenham ocorrido ao acaso e não sistematicamente, decidiu-se aceitar a hipótese nula de que o número de desistentes em ambos os grupos não difere significativamente.

IV - SEGUNDA ETAPA DA EXPERIÊNCIA

O Sistema Audiotutorial comparado com o sistema de ensino tradicional, em dois grupos de 48 alunos.

Realizada a 1^a etapa da experiência, com duração de um mês em dois grupos de 18 alunos, propusemo-nos desenvolver uma pesquisa envolvendo um número maior de alunos durante um período de tempo mais longo.

Para isso, no primeiro semestre letivo de 1974 comparamos o ensino pelo Sistema Audiotutorial para um grupo experimental de 48 alunos, com o ensino tradicional para um grupo de controle também de 48 alunos.

IV.1 - DESCRIÇÃO DA SEGUNDA ETAPA DA EXPERIÊNCIA

Foram selecionadas aleatoriamente, com o auxílio de uma tabela de dígitos aleatórios²⁰⁾, duas amostras, de duas turmas da disciplina Física II, conforme a tabela abaixo.

População Disponível				Amostras (Nº de Alunos)	
Turma	Nº de alunos	Horário de aulas	Professor responsável	Grupo Experimental	Grupo de Controle
B	49	10,5 h às	J.A.Lisboa	23	26
C	47	12,5 h	C.E.Levando wski	25	22
TOTAL INICIAL				48	48

TABELA 6 - População disponível e escolha aleatória das amostras.

Dois alunos cujos nomes não constaram na lista inicial de matrícula foram incluídos no grupo de controle; no entanto, um desses alunos e mais dois nunca compareceram às aulas e a provas de avaliação do grupo de controle. No grupo experimental, um aluno nunca compareceu ao curso. Com isso, o número de alunos em cada grupo ficou sendo 47.

O conteúdo envolvido na experiência foi eletricidade, magnetismo e eletromagnetismo, correspondendo aos capítulos 26 a 38 do livro de texto¹⁶⁾. O grupo experimental estudou esse conteúdo pelo Sistema Audiotutorial e o grupo de controle estudou o mesmo conteúdo pelo sistema expositivo convencional.

O conteúdo foi dividido em treze unidades de estudo e foram realizadas seis verificações de aproveitamento, comuns aos dois grupos, obedecendo o seguinte cronograma:

Período	Unidades	Capítulos	Verificações
11/3 a 05/4/74	I a III	26 a 28	1 ^a : 05/4/74
06/4 a 26/4/74	IV e V	29 e 30	2 ^a : 26/4/74
27/4 a 10/5/74	VI e VII	31 e 32	3 ^a : 10/5/74
11/5 a 31/5/74	VIII e IX	33 e 34	4 ^a : 31/5/74
01/6 a 14/6/74	X e XI	35 e 36	5 ^a : 14/6/74
15/6 a 28/6/74	XII e XIII	37 e 38	6 ^a : 28/6/74

TABELA 7 - Cronograma das unidades de estudo e das verificações de aproveitamento.

Para o grupo experimental foram elaborados um guia de estudos, uma fita de som e um conjunto de diapositivos contendo sugestões e respostas às questões e aos problemas indicados

no guia de estudo (Apêndices I, II e III), para cada uma das treze unidades de estudo. Também foram organizadas nove experiências de laboratório que o aluno realizou individualmente, bem como as projeções de três filmes. Um quadro geral do material utilizado no Centro de Aprendizagem pelo grupo audiotutorial, nesta 2^a etapa da experiência, poderá ser observado no Apêndice V.

Além das atividades no Centro, foram programadas, para o grupo audiotutorial, oito aulas de duas horas cada uma, onde nos propusemos manter um contato com os alunos para comentários e críticas do sistema de ensino que vinha sendo utilizado e, principalmente, para discussão, revisão e integração do conteúdo da disciplina Física II. Essas aulas foram denominadas "Aulas de Integração" e não ocorrem no Sistema Audiotutorial conforme descrito por Postlethwait²⁾ e outros.

Os guias de estudo utilizados pelos alunos do grupo experimental e todas as matrizes elaboradas para a produção de diapositivos foram colocados à disposição do Professor J. A. Lisboa, responsável pelo ensino tradicional junto ao grupo de controle. Com isso, foi organizado, para cada unidade, um outro roteiro de estudo (Apêndice VI) contendo os mesmos objetivos, questões e problemas propostos no guia de estudo utilizado pelo grupo audiotutorial. Esse roteiro foi entregue aos alunos do grupo tradicional e serviu de referência para as aulas expositivas, para o estudo extraclasse, bem como para a elaboração das seis provas de avaliação comuns a ambos os grupos.

Para a realização desta 2^a etapa, o Centro de Aprendizagem

gem foi deslocado para uma sala maior e o número de cabines foi ampliado para 15. Doze dessas cabines destinavam-se a uso individual, com um gravador (com fones) e um projetor de diapositivos, e as três cabines restantes serviam para a realização de experiências e projeção de filmes.

Considerando a carga semanal de 6 aulas por semana (o grupo de controle teve 6 horas de aula semanais), seriam necessárias 23h e 30 minutos de funcionamento, por semana, do Centro de Aprendizagem, se todas as 12 cabines individuais estivessem sempre ocupadas. Porém, para atender aos horários mais favoráveis de 47 alunos, foram necessárias 34 horas por semana de funcionamento do Centro de Aprendizagem. Os alunos de ritmo mais lento, quando necessário, utilizaram as cabines vagas em horários que não os seus.

Para os dois grupos, como na 1^a etapa da experiência, foi feito um controle do tempo de estudo no Centro, em aulas expositivas, em aulas de integração e em casa.

Para os dois grupos foi entregue um questionário final, adequado a cada grupo, que é apresentado e analisado no capítulo VI deste trabalho.

IV.2 - EXPOSIÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS DA SEGUNDA ETAPA DA EXPERIÊNCIA

Os dados referentes às seis verificações de aproveitamento, comuns a ambos os grupos, realizadas simultaneamente e elaboradas pelos dois professores responsáveis pelos dois sistemas de ensino, são apresentados na Tabela 8.

Verificação	Capítulos	Grupo Experimental			Grupo de Controle			t	Diferença significativa ao nível 0,05
		N ₁	M ₁	s ₁	N ₂	M ₂	s ₂		
1 ^a	26 a 28	44	5,37	1,97	44	4,82	2,16	1,225	Não
2 ^a	29 e 30	43	6,58	1,94	41	5,26	1,68	3,294	Sim
3 ^a	31 e 32	44	7,71	1,78	40	7,40	1,69	0,809	Não
4 ^a	33 e 34	42	6,20	1,94	38	5,82	2,41	0,772	Não
5 ^a	35 e 36	41	5,60	2,22	37	5,19	1,86	0,853	Não
6 ^a	37 e 38	38	6,71	1,81	35	6,38	1,58	0,811	Não

N₁: número de alunos do grupo experimental
 M₁: escore médio dos alunos do grupo experimental
 N₂: número de alunos do grupo de controle
 M₂: escore médio dos alunos do grupo de controle
 s₁: desvio padrão do grupo experimental
 s₂: desvio padrão do grupo de controle
 t: variável característica do teste de significância usado

TABELA 8 - Resultados das seis verificações de aproveitamento.

O teste estatístico empregado na comparação das verificações de aproveitamento foi o "Teste t de Student"¹⁷⁾. Observando que o tamanho das amostras é relativamente grande (maior que 30 alunos), caso em que a distribuição de Student tende para a distribuição normal¹⁹⁾; considerando, ainda, que as duas amostras de tamanhos N₁ e N₂ são escolhidas de populações normais com desvios padrões aproximadamente iguais, utilizamos para o cálculo do escore t, a seguinte expressão¹⁷⁾:

$$t = \frac{M_1 - M_2}{\sqrt{\frac{N_1 s_1^2 + N_2 s_2^2}{N_1 + N_2 - 2} \left(\frac{1}{N_1} + \frac{1}{N_2} \right)}}$$

onde M₁ e M₂ significam as médias dos grupos, N₁ e N₂ os núme

ros de elementos e s_1^2 e s_2^2 as variâncias em cada amostra. Devemos salientar que as variâncias em cada amostra não diferiram significativamente.

Usando o tipo de comprovação "prova bicaudal"¹⁹⁾ a um nível de significância 0,05 e considerando os dados de tabela²¹⁾ para a distribuição t de Student e o número de graus de liberdade (N_1+N_2-2), poderíamos rejeitar a hipótese nula H_0 (não existência de diferença entre os dois grupos) se o valor calculado de t estivesse fora do intervalo -1,96 a 1,96. Analisando a Tabela 8, verificamos que somente para a 2^a verificação o valor de t calculado está fora desse intervalo, ou seja, somente para a 2^a verificação foi possível rejeitar, ao nível 0,05, a hipótese estatística H_0 de que a diferença entre os resultados é não significativa. Aceitamos, então, para a 2^a verificação, a hipótese estatística H_1 de que as médias obtidas pelos dois grupos diferem significativamente ao nível 0,05.

Por outro lado, em todas as seis verificações, verificamos que o escore médio dos alunos do grupo experimental (M_1) superou o correspondente do grupo de controle (M_2). A probabilidade de ocorrer $M_1 > M_2$, em cada uma das seis verificações, sob a hipótese nula H_0 , é de 1/2. A probabilidade de ocorrer o que foi verificado nesta experiência, ou seja, a probabilidade de ocorrer $M_1 > M_2$ em todas as seis verificações, sob a hipótese nula H_0 , é de $(1/2)^6 = 1/64 = 0,016$. Como esta probabilidade é muito pequena, rejeitamos a hipótese H_0 . Aceitamos, então, ao nível 0,05, a hipótese estatística de que os escores médios dos alunos do grupo experimental, nas seis verificações, são superiores aos dos alunos do grupo de controle.

Considerando que a data limite para cancelamento de matrícula fora fixada para o dia 15/04/74 (conforme catálogo de cursos) e que as duas primeiras verificações de aproveitamento foram realizadas respectivamente em 05/04/74 e 26/04/74, classificamos como alunos desistentes (D) aos que sã realizaram a primeira verificação e como alunos reprovados (R) aos que compareceram a duas ou mais provas e não conseguiram aprovação final. Com base neste critério e em outros dados apresentamos na Tabela 9 o resultado geral do curso nos dois grupos.

Alunos		Grupo Experimental	Grupo de Controle
M	Matriculados	48	50
NC	Não compareceram	1	5
D	Desistentes	3	4
C	Cursaram	44	41
R	Reprovados	10	14
A'	Aprovados c/recuperação	5 (11,4% de 44)	8 (19,5% de 41)
A''	Aprovados s/recuperação	29 (65,9% de 44)	19 (46,3% de 41)
A	Aprovados	34 (77,3% de 44)	27 (65,8% de 41)

TABELA 9 - Resultado geral dos dois grupos no 1º semestre de 1974.

A recuperação, citada na Tabela 9, refere-se a uma ou duas provas que alguns alunos realizaram no fim do curso, recuperando faltas ou notas obtidas nas cinco primeiras verificações, tentando obter ou melhorar a média necessária para a aprovação que foi 6 (seis). As verificações realizadas em re-

cuperação não foram consideradas para elaboração da Tabela 8.

A partir da Tabela 9, construímos as Tabelas 10 e 11, que são duas tabelas de contingência 2 x 2.

	Grupo Experimental		Grupo de Controle		Total
Aprovados	34	A	27	B	61
Reprovados	10	C	14	D	24
TOTAL	44		41		85 N

TABELA 10 - Número de alunos aprovados e reprovados, ao final do curso.

	Grupo Experimental		Grupo de Controle		Total
Desistentes	3	A	4	B	7
Não desistentes	44	C	41	D	85
TOTAL	47		45		92 N

TABELA 11 - Número de alunos desistentes e não desistentes do curso.

Para testar a hipótese H_0 , da não existência de diferença significativa entre os dois grupos, verificamos quais as menores frequências esperadas para as duas tabelas. A menor frequência teórica esperada para a Tabela 10 é $(41 \times 24) : 85 = 11,6$, que é maior do que 5 (cinco) e permite a utilização do teste χ^2 (qui-quadrado)¹⁸⁾; para a Tabela 11, a menor frequência teórica esperada é $(45 \times 7) : 92 = 3,42$, que é menor do que 5 (cinco), levando-nos a utilizar o "Fisher Exact

Probability Test"¹⁸⁾, como já o fizemos na 1^a etapa da experiência.

A distribuição χ^2 (qui-quadrado) é utilizada para medir a discrepância entre valores observados e os resultados teóricos de uma distribuição hipotética¹⁹⁾. Muitas vezes os resultados obtidos não concordam exatamente com os resultados teóricos esperados de acordo com as regras de probabilidade e, freqüentemente, desejamos conhecer se as freqüências observadas diferem significativamente das freqüências esperadas. Em tal caso usamos um teste χ^2 . A expressão que obedece à distribuição χ^2 é¹⁷⁾:

$$\chi^2 = \sum_{j=1}^k \frac{(o_j - e_j)^2}{e_j}, \text{ onde } o_j \text{ são as freqüências observadas e } e_j \text{ as freqüências esperadas}$$

(teóricas) de um conjunto de eventos. Na prática, as freqüências esperadas são computadas com base na hipótese H_0 .

Considerando que a Tabela 10 é de contingência 2 x 2, podemos usar, para cálculo de χ^2 , a expressão¹⁸⁾:

$$\chi^2 = \frac{N(|AD - BC| - \frac{N}{2})^2}{(A+B)(C+D)(A+C)(B+D)}$$

onde o significado das letras pode ser verificado na própria Tabela 10. Nesta expressão, está feita a correção de Yates¹⁷⁾, que é necessária quando resultados para distribuições contínuas são aplicados a dados discretos.

Calculando χ^2 , a partir da expressão acima e dos dados da Tabela 10, obtemos o valor $\chi^2 = 0,86$. Considerando que, quando temos uma tabela de contingência 2 x 2, o número de graus de

liberdade é 1 (um), e verificando em tabela²¹⁾ que o valor crítico de χ^2 é 3,84, ao nível 0,05, concluímos que o valor calculado é menor do que o tabelado. Com isso, decidimos não rejeitar a hipótese nula H_0 da não existência de diferença significativa entre os dois grupos, ao nível 0,05, quanto ao número de alunos aprovados e reprovados em todo o curso.

Para os dados da Tabela 11, como vimos, a menor frequência esperada é inferior a 5 (cinco), o que não permite utilizar o teste χ^2 e sim o "Teste Fisher". Após calcularmos quatro probabilidades, pois a menor frequência observada na tabela é 3, obtivemos uma probabilidade total $p = 0,48$, ou seja, 48% de que a distribuição de frequências da Tabela 11 tenha ocorrido sob a hipótese nula H_0 . Como essa probabilidade é grande, não rejeitamos a hipótese nula de que o número de desistentes nos dois grupos não difere significativamente.

A Tabela 12 apresenta dados referentes aos tempos de estudo dos dois grupos nas atividades relacionadas com as seis verificações de aproveitamento. Para o grupo experimental, são apresentados os tempos relacionados às aulas de integração e ao estudo no Centro de Aprendizagem e, para o grupo de controle, são indicados os tempos correspondentes às aulas expositivas. Analisando a Tabela 12, podemos observar que o tempo médio de estudo do grupo experimental nas atividades do audiotutorial (T_1) é inicialmente maior do que o tempo médio de aulas expositivas assistidas pelo grupo de controle (T_2) e a diferença $T_1 - T_2$ tende a diminuir com o decorrer do tempo.

Não foi feita a análise estatística dos dados da Tabela 12 porque não consideramos os dados muito fidedignos, princi-

		Verificações						Soma	Valor médio por prova
		1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	5 ^a	6 ^a		
GRUPO EXPERIMENTAL	N ₁	44	43	44	42	41	38		
	AI	6,0	2,0	2,0	4,0	2,0	2,0	18,0	3,0
	TAI	5,1	1,8	1,5	2,5	1,2	0,7	12,8	2,1
	TCA	16,4	10,0	9,5	10,3	7,5	4,7	59,3	9,9
	T ₁	21,5	12,7	11,0	12,8	8,7	5,4	72,1	12,0
GRUPO DE CONTROLE	N ₂	44	41	40	38	38	35		
	AE	22	12	10	16	8	10	78	13,0
	T ₂	18,3	9,8	9,1	11,5	7,1	5,6	61,4	10,2
	T ₁ -T ₂	3,2	2,9	1,9	1,3	1,6	-0,2	10,7	1,8

N₁ e N₂: número de alunos em cada grupo

AI: aulas de integração (número de horas oferecido)

TAI: tempo médio de aulas de integração assistidas

TCA: tempo médio de estudo no Centro de Aprendizagem

AE: aulas expositivas (número de horas oferecido)

T₁ = TAI + TCA: tempo médio de estudo, em classe, do grupo experimental

T₂: tempo médio de aulas expositivas assistidas (valor aproximado)

TABELA 12 - Dados referentes aos tempos de estudo em aulas de integração, no Centro de Aprendizagem e em aulas expositivas.

palmente por não terem sido observadas com muito rigor a frequência e a permanência dos alunos do grupo de controle nas aulas expositivas.

Os tempos de estudo extraclasse, informados pelos alunos de ambos os grupos em um questionário no fim do curso, são apresentados na Tabela 13.

GRUPO EXPERIMENTAL	N_1	39	N_1 e N_2 : número de alunos, em cada grupo, que informaram T_1^e em um questionário final
	T_1^e	3,0	
GRUPO DE CONTROLE	N_2	24	T_1^e e T_2^v : tempo médio de estudo extraclasse (em horas/semana), registrado pelos alunos no questionário final
	T_2^v	4,5	

TABELA 13 - Dados relativos aos tempos de estudo extraclasse.

Um número razoável de alunos (28 alunos) do grupo experimental devolveu uma ficha de controle do tempo de estudo extraclasse adequadamente preenchida ao longo de todo o curso. Isso, no entanto, não aconteceu no grupo de controle, onde só dois alunos a devolveram.

Existiu uma sensível diferença entre o tempo médio de estudo informado pelos 28 alunos do grupo experimental que preencheram a ficha e que também responderam ao questionário final. Com base nas fichas (preenchidas ao longo do curso) o tempo médio acusou 2,1 h/semana e, tendo como referência os questionários (de fim do curso), dos mesmos 28 alunos, o tempo médio foi de 2,9 h/semana.

Por tudo isso, não fizemos a análise estatística dos dados da Tabela 13, por considerá-los não muito fidedignos, pois se baseiam em informações emitidas pelos alunos no questionário final e não na ficha de controle do tempo de estudo extraclasse. A tabela sugere, no entanto, que os alunos do grupo de controle estudam, em média, mais tempo (4,5 h/semana, além das atividades de aula) do que os alunos do grupo experimental (3,0 h/semana, além das atividades no Audiotutorial).

V - TERCEIRA ETAPA DA EXPERIÊNCIA

O Centro de Aprendizagem do Audiotutorial utilizado como recurso de aprendizagem por 60 alunos do Método Keller em comparação a um grupo Keller com igual número de alunos, para os quais a programação não incluiu a utilização do Centro de Aprendizagem.

Como já foi mencionado, no primeiro semestre de 1973, M. A. Moreira introduziu o Sistema Keller⁴⁾ na disciplina Física II (FIS 103) da UFRGS, participando da experiência 48 alunos; nos dois semestres seguintes esse número foi ampliado para 122 e 250 alunos. No segundo semestre de 1974, foi programada a utilização do Método Keller em todas as nove turmas da disciplina Física II (FIS 103), envolvendo 331 alunos inicialmente matriculados, 5 professores e 26 monitores. Propusemo-nos, então, oferecer os recursos de aprendizagem do Centro de Aprendizagem do Audiotutorial a alguns desses alunos, de acordo com a capacidade de atendimento do Centro que, na ocasião, era de 12 cabines para uso individual (depois ampliada para 15 cabines) e de 3 cabines para uso comum.

Esses alunos do Método Keller, escolhidos aleatoriamente, que utilizassem os recursos do Audiotutorial, comporiam o grupo experimental. Um igual número de alunos do Método Keller, que não utilizassem esses recursos, se constituiria no grupo de controle.

V.1 - DESCRIÇÃO DA TERCEIRA ETAPA DA EXPERIÊNCIA

com base no horário de aulas das nove turmas e na capacidade de atendimento do Centro, escolhemos aleatoriamente dois grupos de 60 alunos, o que pode ser visto na tabela que segue:

Turma	Horário de Aulas		Alunos matriculados	Grupo Experimental	Grupo de Controle
	Dia	Hora			
A e B	3 ^a , 5 ^a e 6 ^a -f	7,5 às 9,5h	64	12	12
C e D	3 ^a , 5 ^a e 6 ^a -f	10,5 às 12,5h	68	12	12
E	3 ^a , 5 ^a e 6 ^a -f	13,5 às 15,5h	29	12	12
F e G	3 ^a , 5 ^a e 6 ^a -f	16,5 às 18,5h	73	12	12
H	2 ^a , 4 ^a e 6 ^a -f	18,5 às 20,5h	47	6	6
I	3 ^a , 5 ^a e 6 ^a -f	18,5 às 20,5h	50	6	6
Número total de alunos			331	60	60

TABELA 14 - População disponível e escolha aleatória das amostras.

Para todos os alunos da disciplina Física II, a programação do conteúdo e o sistema de avaliação foram individualizados. Na verdade, foi usado Método Keller em todas as turmas. Considerando, no entanto, que para 60 alunos a programação incluiu o uso de recursos do Centro de Aprendizagem do Audiotutorial, fizemos a seguinte distinção:

Grupo Experimental (60 alunos): Método Keller com Audiotutorial (K c/AT);

Grupo de Controle (60 alunos): Método Keller sem Audiotutorial (K s/AT).

Para as "aulas", o aluno do grupo experimental dirigiu-se ao Centro de Aprendizagem preferencialmente no horário de aula de sua turma, ou no de outra se houvesse disponibilidade de atendimento. O Centro esteve aberto no horário de aula das nove turmas, ampliado de mais 6 horas/semana, pois foram aproveitadas as horas de intervalo, conforme a tabela que segue:

Dias da semana	Horário de	
	Aulas	Atendimento no Centro de Aprendizagem
3 ^a , 5 ^a e 6 ^a f	7,5 às 9,5h 10,5 às 12,5h	7,5 às 12,5h
3 ^a , 5 ^a e 6 ^a f	13,5 às 15,5h 16,5 às 20,5h	13,5 às 20,5h
2 ^a , 4 ^a e 6 ^a f	18,5 às 20,5h	18,5 às 20,5h
TOTAL	34 h/semana	40 h/semana

TABELA 15 - Horário de atendimento no Centro de Aprendizagem.

O aluno do grupo de controle recebeu o atendimento característico do Método Keller na sala de aula, no horário de aula da sua turma. Em outra sala, onde havia um monitor, foi oferecido um atendimento adicional de 16 horas por semana para todos os alunos do curso.

Os alunos de ambos os grupos realizaram os testes de avaliação na sala de aula da sua turma de origem, nos horários de aula, e submeteram-se ao mesmo sistema individualizado de avaliação que foi aplicado a todos os alunos de Física II.

As características básicas, dos sistemas de ensino individualizado utilizados nos dois grupos, são apresentadas a seguir:

1) Divisão do conteúdo em pequenas etapas

O conteúdo do curso foi dividido em 21 unidades (Apêndice VII) sendo 5 as unidades de laboratório.

2) Forma de apresentação do conteúdo

Para cada unidade existiu um roteiro de estudo, característico do Método Keller, que foi entregue aos alunos do grupo de controle (Apêndice VIII). Esse roteiro também foi oferecido, opcionalmente, aos alunos do grupo experimental que, no Centro de Aprendizagem, receberam um guia de estudo (rever Apêndice I), para cada unidade (excluídas as de laboratório), elaborado tendo como referência o roteiro do Método Keller mas convenientemente adaptado para possibilitar a utilização dos recursos do Audiotutorial.

3) Sistema de avaliação

Quando o aluno se sentia suficientemente preparado, apresentava-se na sala de testes, no horário de aula da sua turma, para um teste escrito baseado nos objetivos definidos para cada unidade. Se o aluno fosse aprovado nesse teste, recebia o material da unidade seguinte, e assim por diante. Se não fosse aprovado, o aluno estudava a unidade novamente, esclarecia suas dúvidas na sala de atendimento ou no Centro de Aprendizagem (dependendo a qual grupo pertencesse) e submetia-se a um novo teste. A avaliação das 5 unidades de laboratório, onde foi usada instrução programada, constou basicamente da apresentação dos resultados da experiência.

4) Mestria na aprendizagem (mastery learning)³⁾

Foi exigido do aluno o domínio (mestria) do conteúdo da unidade, independentemente do número de testes necessários para isso.

5) Conceito final do aluno

Completando todas as 21 unidades até o final do semestre letivo, o aluno foi aprovado com o conceito máximo A; não completando, submeteu-se a um exame e o conceito final foi atribuído, então, em função do número de unidades concluídas e do resultado do exame.

6) Participação ativa do aluno

O aluno do grupo experimental teve à sua disposição, no Centro de Aprendizagem, uma cabine com recursos audiovisuais e material para estudo individual. Encontrou, também, um monitor (ou professor) para pedir explicações.

O aluno do grupo de controle teve a possibilidade de esclarecer suas dúvidas com monitores (ou professor) , nos horários de aula e em mais 16 horas/semana adicionais que lhe foram oferecidas.

Durante a correção dos testes houve participação ativa do aluno, a qual contribuiu para a sua aprendizagem.

7) Ritmo próprio

No curso, o aluno trabalhou de acordo com seu ritmo. O aluno estudou quando quis, realizou testes quando se considerou apto, compareceu às aulas quando desejou. Quanto a isso, a responsabilidade foi do aluno que recebeu um calendário aconselhado para o término das unidades e um gráfico para controlar o seu próprio progresso. O aluno determinou o seu

ritmo de trabalho e esteve ao par do rendimento dos seus colegas através de um quadro de avisos onde iam sendo registradas as aprovações dos alunos nas diversas unidades.

8) Monitores

Uma das características fundamentais dos métodos de ensino utilizados foi o concurso de monitores, estudantes que já haviam concluído o curso com boa atuação em semestres anteriores. Os monitores foram orientados pelos professores e estiveram à disposição para atividades de atendimento individual e para corrigir testes.

No Centro de Aprendizagem do Audiotutorial, remontado num novo local, inicialmente com 12 e depois com 15 cabines, foi necessário somente um monitor em cada horário, para atendimento dos alunos do grupo experimental. Para atendimento dos alunos do grupo de controle e para as atividades de correção de testes, foi necessária uma relação aproximada de um monitor para dez alunos.

9) Atividades dos professores

Os professores exerceram atividades bem diferentes das tradicionais. Foram organizadores das condições de aprendizagem e não emissores de conhecimentos. Redigiram os roteiros das unidades e os testes. Orientaram os monitores e acompanharam em todos os passos o andamento do curso.

O professor responsável pelo Audiotutorial, autor deste trabalho, elaborou os guias de estudo, preparou as matrizes para a produção de diapositivos com o auxílio de dois monitores, redigiu os roteiros para gravação das fitas de som, gravou as fitas de som, selecionou filmes e, enfim, organizou

e acompanhou as atividades do Centro de Aprendizagem.

10) Testes de avaliação

Em cada unidade prepararam-se várias versões equivalentes do teste da unidade. Ao apresentar-se para fazer o teste, o aluno recebeu uma das versões, nunca repetindo uma mesma versão. Para ser aprovado no teste da unidade, o aluno deveria demonstrar completo domínio do conteúdo, ou seja, teria que responder corretamente todas as questões. Isso não significou, no entanto, que o aluno poderia ser reprovado por um simples erro de cálculo ou por uma resposta incompleta ou mal expressa, pois o teste foi corrigido pelo monitor na presença do aluno e, sempre que a resposta não fosse muito clara ou se tratasse de simples engano, o monitor pedia explicações orais. Por outro lado, com o decorrer do tempo, algumas questões dos testes se tornaram conhecidas pelo aluno, que deveria, então, estar preparado para eventuais perguntas do monitor acerca de questões que respondia corretamente. O aluno deveria aprender e não decorar respostas ou soluções.

Os recursos de aprendizagem, colocados à disposição dos alunos no Centro de Aprendizagem do Audiotutorial, nesta 3^a etapa da experiência, foram os mesmos já utilizados na 2^a etapa (rever Apêndice V), sendo ampliado o número de filmes de 3 para 20, conforme a tabela a seguir:

Capítulos do livro de texto		26	29	30	33	34	35	37	Total
Nº de filmes na	2 ^a etapa	2	0	0	0	0	1	0	3 filmes
	3 ^a etapa	4	1	1	6	2	2	4	20 filmes

TABELA 16 - Número de filmes nas 2^a e 3^a etapas da experiência.

As nove experiências de laboratório da 2^a etapa não foram oferecidas nesta 3^a etapa, no Centro de Aprendizagem, o que foi compensado pelo aumento do número de filmes e pela existência de cinco unidades de laboratório.

Houve necessidade de uma adaptação das 13 unidades da 2^a etapa para as 16 unidades (excluídas as de laboratório) da 3^a etapa. Isso foi feito utilizando o material do Audiotutorial já existente e elaborando um guia de estudo adicional (sem diapositivos e sem fita de som), para a unidade XIX, com soluções e respostas a questões e problemas do livro de texto, que foi utilizado pelos alunos dos dois grupos.

No sentido de obter dados para análise posterior, foi registrada a frequência e o tempo de estudo do aluno no Centro de Aprendizagem, bem como as datas e os resultados dos testes realizados pelos alunos dos dois grupos, que também responderam a um questionário no fim do curso.

V.2 - EXPOSIÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS DA TERCEIRA ETAPA DA EXPERIÊNCIA

Na Tabela 17 é apresentado o resultado geral dos dois grupos de 60 alunos, aleatoriamente escolhidos, envolvi-

dos nesta 3^a etapa da experiência desenvolvida no 2º semestre de 1974.

	Grupo Experi- mental		Grupo de Controle	
Nº de alunos da amostra	60		60	
Não compareceram aos testes	6		7	
Desistentes	3		12	
Cursaram	51		41	
Aprovados com conceito A	34		21	
Aprovados com conceito B	3		4	
Aprovados com conceito C	3		7	
Total de aprovados	40		32	
Reprovados com conceito D	4		3	
Reprovados com conceito E	7		6	
Total de reprovados	11		9	

TABELA 17 - Resultado geral dos dois grupos no 2º semestre de 1974.

Dois dos seis alunos do grupo experimental que não realizaram testes de avaliação, compareceram ao Centro de Aprendizagem e estudaram aproximadamente 5 horas, cada um, mas nunca mais compareceram. Dos sete alunos do grupo de controle que nunca realizaram testes, não podemos informar quantos compareceram ao curso para receber as instruções iniciais e estudar, pois não foi feito o controle de frequência desses alunos; só foi controlada a presença aos testes.

Ao considerarmos um aluno como desistente, levamos

em consideração a data limite para cancelamento de matrícula, que foi 09/09/74 e a data do último teste por ele realizado .

Com os dados da Tabela 17 podemos construir as Tabelas 18 e 19, que são duas tabelas de contingência 2 x 2. As menores frequências esperadas para essas duas tabelas são, respectivamente, $41 \times 20 : 92 = 8,91$ e $53 \times 15 : 107 = 7,43$, que são maiores do que 5, o que nos permite o uso do teste χ^2 (17 a 19) .

	Grupo Experi- mental	Grupo de Controle	Total
Aprovados	40 A	32 B	72
Reprovados	11 C	9 D	20
TOTAL	51	41	92 _N

TABELA 18 - Nº de alunos aprovados e reprovados nos dois grupos.

	Grupo Experi- mental	Grupo de Controle	Total
Não Desistentes	51 A	41 B	92
Desistentes	3 C	12 D	15
TOTAL	54	53	107 _N

TABELA 19 - Número de alunos desistentes e não desistentes.

Calculando χ^2 , obtemos $\chi^2 = 0,04$ a partir dos dados da Tabela 18 e $\chi^2 = 5,14$ para a Tabela 19. O valor crítico de

χ^2 tabelado é 3,84, para um grau de liberdade e um nível de significância 0,05. Lembrando que não podemos rejeitar a hipótese H_0 quando o valor calculado é menor do que o valor crítico tabelado, concluímos:

1) Não existe diferença significativa entre os dois grupos, ao nível 0,05, quanto ao número de alunos aprovados e reprovados.

2) Existe diferença significativa entre os dois grupos, ao nível 0,05, quanto ao número de alunos desistentes e não desistentes.

Reunindo os alunos, em cada grupo, aprovados com conceitos B e C, elaboramos, a partir da Tabela 17, a Tabela 20, e aplicamos o teste χ^2 (a menor frequência esperada é $32 \times 17 : 72 = 7,56 > 5$) para verificar se o número de alunos com conceito A diferiu significativamente nos dois grupos. Calculando pela expressão já utilizada, encontramos $\chi^2=2,70$, que é menor do que o valor crítico tabelado (3,84) para um grau de liberdade e nível de significância 0,05. Logo, concluímos:

Não existe diferença estatisticamente significativa ao nível 0,05, entre os dois grupos, quanto ao número de alunos aprovados com conceito A.

	Grupo Expe- perimental	Grupo de Controle	Total
Aprovados com conceito A	34	21	55
Aprovados com conceito B e C	6	11	17
TOTAL	40	32	72

TABELA 20 - Distribuição de conceitos dos alunos aprovados.

Na Tabela 21 são apresentados dados referentes ao número de alunos reprovados, de alunos aprovados e de alunos que não compareceram aos testes de avaliação das 21 unidades do curso. É marcante o número relativamente maior de alunos do grupo de controle em relação ao do experimental, que não compareceram aos testes da 3^a unidade, mesmo se levarmos em conta as reprovações e os não comparecimentos havidos nas duas primeiras unidades. Isso pode ser observado mais facilmente no gráfico 1, que indica o número de alunos, nos dois grupos, que concluíram cada uma das 21 unidades.

Verificamos que a diferença entre o número de alunos aprovados nos dois grupos, que se estabeleceu em 10 alunos na 3^a unidade, sofreu pequenas variações e praticamente se manteve até a última unidade do curso. Isso e mais a existência de diferença estatisticamente significativa entre os dois grupos, ao nível 0,05, quanto ao número de alunos desistentes e não desistentes, já constatada neste trabalho, levamos a analisar os dados referentes aos testes realizados pelos alunos dos dois grupos nas duas primeiras unidades do curso, o que pode ser feito com auxílio da Tabela 22.

Na Tabela 22 é apresentado um quadro geral do número de testes realizados, com os respectivos resultados, pelos alunos aprovados e reprovados dos dois grupos. Podemos inferir que a relação entre o número de testes realizados por alunos aprovados (TAA) e o número de testes aprovados (TA), não diferiu significativamente nas duas primeiras e nas restantes unidades do curso. O valor médio de TAA/TA, em todo o curso, foi de 1,42 teste/(aluno aprovado) (unidade) no grupo experi-

mental e de 1,44 teste/(aluno aprovado) (unidade) no grupo de controle, que são valores muito aproximados.

Essas observações e outras que podemos fazer nos dados da Tabela 22 para as primeiras unidades (lembrando a data limite para cancelamento de matrícula), sugerem que os recursos do Centro de Aprendizagem do Audiotutorial agiram como estímulo aos alunos do Método Keller, o que parece ter determinado um menor número de alunos desistentes no grupo experimental (Keller com Audiotutorial).

Na Tabela 23 são apresentados dados referentes à frequência dos alunos do grupo experimental ao Centro de Aprendizagem do Audiotutorial e os tempos médios de estudo em cada uma das 15 unidades para as quais foram oferecidos recursos de aprendizagem; das 21 unidades, 5 foram de laboratório, e para a unidade XIX foi elaborado um roteiro especial utilizado pelos alunos dos dois grupos.

Com relação ao tempo médio de estudo por unidade, quando comparado com o da 2^a etapa da experiência, onde os alunos realizaram seis provas tradicionais, observa-se que é menor do que o da 2^a etapa:

TM/A desta 3^a etapa: 2,8 hora/(aluno) (unidade);

TM/A da 2^a etapa: 4,6 hora/(aluno) (unidade).

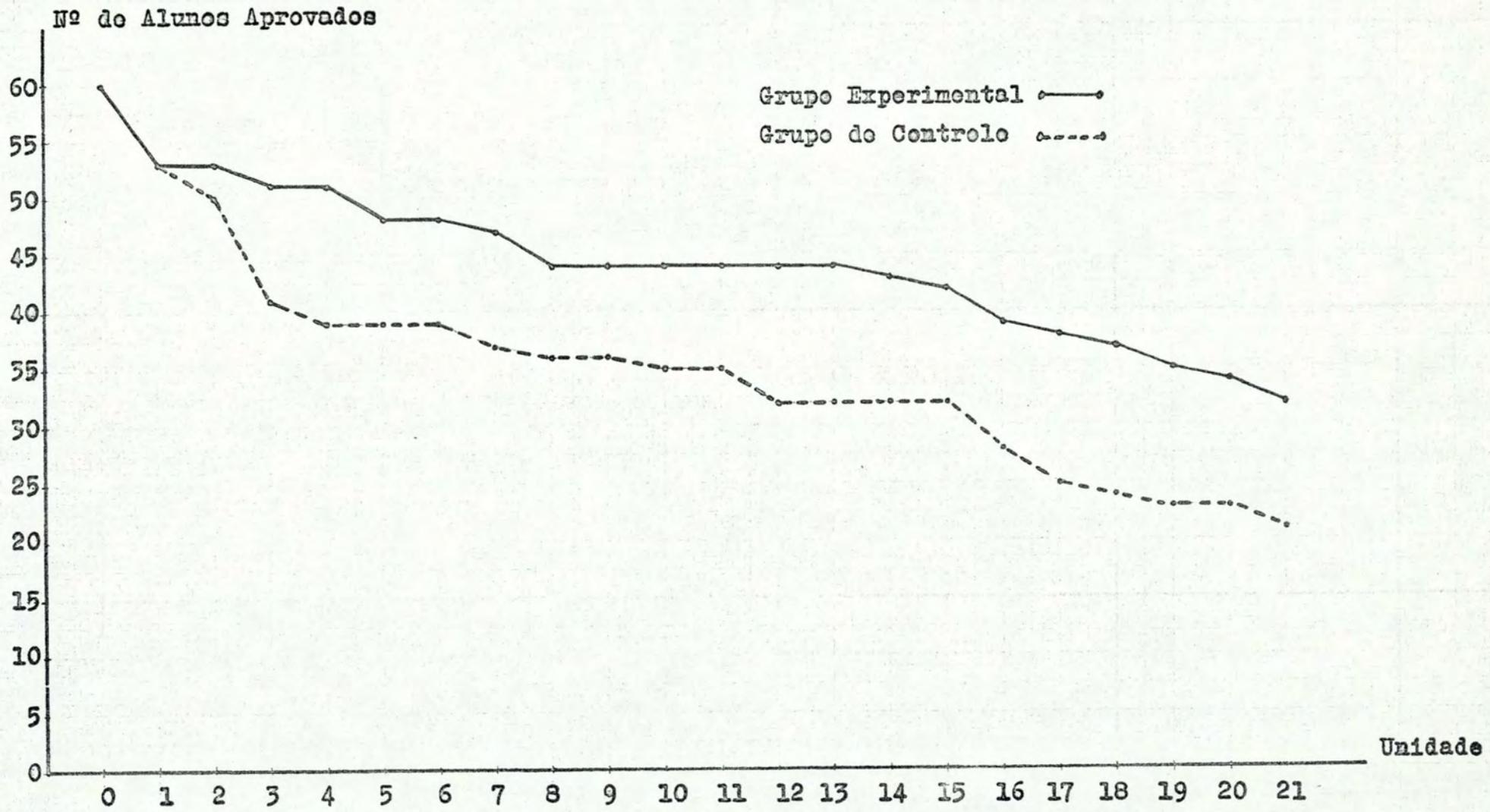
Ressaltamos que o material utilizado pelos alunos foi praticamente o mesmo; foram excluídas 9 experiências de realização rápida, mas acrescentados 17 filmes de curta duração.

Unidade	Grupo Experimental			Grupo de Controle		
	NCT	AR	AA	NCT	AR	AA
01	6	1	53	7	0	53
02	7	0	53	7	3	50
03	7	2	51	16	3	41
04	9	0	51	21	0	39
05	12	0	48	21	0	39
06	12	0	48	21	0	39
07	12	1	47	23	0	37
08	16	0	44	24	0	36
09	16	0	44	24	0	36
10	16	0	44	24	1	35
11	16	0	44	25	0	35
12	16	0	44	25	3	32
13	16	0	44	28	0	32
14	17	0	43	28	0	32
15	17	1	42	28	0	32
16	19	2	39	32	0	28
17	22	0	38	35	0	25
18	22	1	37	36	0	24
19	25	0	35	37	0	23
20	26	0	34	37	0	23
21	27	1	32	39	0	21

NCT: Não compareceram aos testes
AR : Alunos reprovados na respectiva unidade
AA : Alunos aprovados na respectiva unidade

TABELA 21 - Resultado geral nos testes de avaliação das 21 unidades.

Gráfico 1 - Número de alunos aprovados em cada uma das 21 unidades do curso.



Uni- dade	Grupo Experimental						Grupo de Controle					
	TR	TA	TT	TAR	TAA	TAA/TA	TR	TA	TT	TAR	TAA	TAA/TA
01	14	53	67	2	65	1,23	10	53	63	0	63	1,19
02	17	53	70	0	70	1,32	31	50	81	7	74	1,48
03	65	51	116	3	113	2,22	42	41	83	3	80	2,02
04	42	51	93	0	93	1,82	39	39	78	0	78	2,00
05	31	48	79	0	79	1,65	35	39	74	0	74	1,90
06	0	48	48	0	48	1,00	0	39	39	0	39	1,00
07	42	47	89	1	88	1,87	30	37	67	0	67	1,81
08	8	44	52	0	52	1,18	3	36	39	0	39	1,08
09	0	44	44	0	44	1,00	0	36	36	0	36	1,00
10	28	44	72	0	72	1,64	18	35	53	2	51	1,46
11	0	44	44	0	44	1,00	0	35	35	0	35	1,00
12	23	44	67	0	67	1,52	26	32	58	7	51	1,59
13	18	44	62	0	62	1,41	17	32	49	0	49	1,53
14	8	43	51	0	51	1,19	10	32	42	0	42	1,31
15	34	42	76	1	75	1,79	24	32	56	0	56	1,75
16	32	39	71	4	67	1,72	22	28	50	0	50	1,79
17	0	38	38	0	38	1,00	0	25	25	0	25	1,00
18	9	37	46	1	45	1,22	9	24	33	0	33	1,38
19	10	35	45	0	45	1,29	7	23	30	0	30	1,30
20	0	34	34	0	34	1,00	0	23	23	0	23	1,00
21	16	32	48	1	47	1,47	10	21	31	0	31	1,48

TR : Total de Testes Reprovados Total de Testes=TT = TR + TA

TA : Total de Testes Aprovados

TAR: Nº de Testes dos Alunos Reprovados

TAA: Nº de Testes dos Alunos Aprovados

TAA/TA: Nº médio de Testes dos Alunos Aprovados

TABELA 22 - Quadro geral do número de testes realizados, com os resultados, nas 21 unidades do curso.

Unidade	Capítulo	TM/A na 3 ^a	TM/A na 2 ^a	AP no AT	AA	AA s/AT
01	26	4,3	5,2	54	53	2
02	27	3,4	7,4	50	53	3
03	27	3,2		48	51	5
04	28	3,2	4,3	47	51	4
05	29	3,6	6,4	48	48	2
07	30	3,3	4,8	44	47	4
08	31	2,4	4,3	39	44	7
10	32	2,7	4,0	41	44	3
12	33	3,2	5,3	37	44	7
13	34	3,3	5,3	38	44	6
14	34	1,7		35	43	9
15	35	2,7	4,4	36	42	7
16	36	2,3	3,6	32	39	9
18	37	1,9	3,3	32	37	7
21	38	1,5	2,1	30	32	2
Valor médio apro- ximado p/unidade		2,8 h/aluno	4,6 h/aluno	41	45	5
<p>TM/A: Tempo Médio de estudo/aluno na 3^a: na 3^a etapa da experiência na 2^a: na 2^a etapa da experiência</p> <p>AP no AT: Nº de alunos presentes no Centro de Aprendizagem do Audiotutorial (AT)</p> <p>AA: Nº de alunos aprovados na respectiva unidade</p> <p>AA s/AT: Nº de alunos aprovados sem utilizar o Audiotutorial</p>						

TABELA 23 - Frequência e tempo médio de estudo dos alunos do grupo experimental no Centro de Aprendizagem do Audiotutorial.

Diante desta redução no tempo de estudo médio no Centro de Aprendizagem, provocada por toda a dinâmica do sistema de avaliação do Método Keller em relação ao tradicional, de seis provas num semestre, resta-nos comparar os tempos de estudo extraclasse indicados pelos alunos dos dois grupos num questionário final, que são apresentados na Tabela 24. Não fizemos a análise estatística dos dados dessa tabela, pois cremos que os tempos de estudo extraclasse, quando informados pelos alunos num questionário ao final do curso, não são muito fidedignos. Apesar disso, a Tabela 24 sugere que:

- o tempo de estudo extraclasse nesta 3^a etapa da experiência é bem maior do que o da 2^a etapa;

- os tempos médios de estudo extraclasse nos dois grupos, nesta 3^a etapa da experiência, são aproximadamente iguais.

	2 ^a Etapa		3 ^a Etapa	
	N	T	N	T
Grupo Experimental	39	3,0	32	7,5
Grupo de Controle	24	4,5	25	7,0

N: Nº de alunos
T: Tempo médio
(h/semana)

TABELA 24 - Tempo de estudo extraclasse dos dois grupos, em duas etapas da experiência, indicados pelos alunos em questionário final.

Na Tabela 23 observa-se que alguns alunos do grupo experimental realizaram testes e foram aprovados em algumas unidades sem terem estudado no Centro de Aprendizagem. Isto é aceitável se considerarmos que a presença ao Centro foi totalmente opcional. O aluno não recebeu qualquer punição por não comparecer para utilizar os recursos do Audiotutorial em uma

ou outra unidade na qual sentiu-se apto a realizar testes após um estudo fora do Centro. É interessante o fato desses alunos, que realizaram testes em algumas unidades sem estudar no Audiotutorial, serem mais frequentes nas turmas do primeiro horário (7h e 30min) e do último horário (18h e 30 min) como pode ser observado na Tabela 25.

Turmas e Horários de Testes						
	A e B	C e D	E	F e G	H e I	Total
Unidades	7h e 30 min	10h e 30 min	13h e 30 min	16h e 30 min	18h e 30 min	
01				1	1	2
02				2	1	3
03		1	3		1	5
04					4	4
05					2	2
07	1			1	2	4
08	1	1		2	3	7
10	1				2	3
12	1			1	5	7
13	2			1	3	6
14	3	1		2	3	9
15	4				3	7
16	3	1			5	9
18	1	1		1	4	7
21				1	1	2
TOTAL	17	5	3	12	40	77

TABELA 25 - Distribuição nas turmas dos alunos aprovados sem estudo, em algumas unidades, no Centro de Aprendizagem do Audiotutorial (AA s/AT).

Com relação, ainda, à frequência ao Centro de Aprendizagem, foi feito um controle do número de presenças em cada uma das 16 semanas de duração do curso, o que é apresentado na Tabela 26. O comparecimento do aluno, por alguns minutos, somente para realizar consultas, também foi considerado como presença. O tempo médio de cada presença foi de aproximadamente 1 hora e 9 minutos. Deve-se levar em conta que os números da Tabela 26 indicam presenças e não número de alunos presentes, pois um mesmo aluno pode ter comparecido mais de uma vez numa mesma semana. Com o transcorrer do curso, alguns alunos desistiram e outros, de ritmo mais rápido, concluíram as 21 unidades, o que reduziu, em parte, o número de alunos.

Em algumas semanas, em que os alunos realizaram provas de outras disciplinas, foi observado um decréscimo na frequência, que novamente aumentou nas semanas seguintes, o que indica a flexibilidade do método de ensino utilizado.

A partir da sexta semana de aula, devido às desistências e ao menor tempo médio de estudo dos alunos, o que determinou uma maior disponibilidade de atendimento no Centro de Aprendizagem, os recursos do Audiotutorial foram oferecidos, sem ampla divulgação, a alguns alunos (12) não pertencentes aos dois grupos envolvidos na experiência. Esses alunos foram denominados de "alunos extras" e foram convidados, diretamente pelos professores, quando oportuno, para suprir dificuldades no estudo de algumas unidades.

Semana	Presenças		Semana	Presenças	
	AGE	AE		AGE	AE
1	157	-	9	106	20
2	144	-	10	66	25
3	106	-	11	63	19
4	131	-	12	93	27
5	92	-	13	80	29
6	69	7	14	94	31
7	90	8	15	29	15
8	110	17	16	58	17
Total de Presenças AGE (Alunos do Grupo Experimental): 1488					
Total de Presenças AE (Alunos Extras) : 215					

TABELA 26 - Presenças dos alunos, nas 16 semanas do curso, no Centro de Aprendizagem do Audiotutorial.

No questionário final, que será apresentado em detalhes no próximo capítulo deste trabalho, os alunos informaram o número de disciplinas que cursaram simultaneamente no semestre em que se desenvolveu a 3^a etapa da experiência (2º semestre de 1974) e o número médio de horas de trabalho por semana, se trabalhassem além de estudar. Os dados informados pelos alunos são apresentados na Tabelas 27 e 28, mas não são analisados estatisticamente pois a informação é insuficiente, por não caracterizar as disciplinas e o tipo de trabalho.

	NA	ND	Em Branco
Grupo Experimental	34	5,0	1
Grupo de Controle	25	5,9	2
NA: Número de alunos que informaram ND: Número médio de disciplinas cursadas			

TABELA 27 - Número médio de disciplinas cursadas no 2º semestre de 1974.

	NA	HT	Em Branco
Grupo Experimental	16	24,7	19
Grupo de Controle	9	30,0	18
NA: Número de alunos que informaram HT: Número médio de horas de trabalho/semana			

TABELA 28 - Tempo médio semanal de trabalho, além do estudo.

VI - A OPINIÃO DOS ALUNOS

VI.1 - OPINIÃO DOS ALUNOS DA PRIMEIRA ETAPA DA EXPERIÊNCIA

A fim de apreciar a opinião dos alunos a respeito do Sistema Audiotutorial, foi-lhes solicitado que preenchessem um questionário final. Quinze alunos do grupo experimental responderam esse questionário, cujos resultados são apresentados nos Apêndices IX e X. Não foi solicitado o preenchimento do questionário final ao grupo de controle, pois o que se pretendia era uma comparação, em termos de opinião dos alunos, entre o Sistema Audiotutorial e o convencional, e somente o grupo Audiotutorial experimentou ambos os tipos de ensino.

VI.1.a - Primeira Parte do Questionário

A primeira parte do questionário refere-se à opinião dos alunos relativamente ao Sistema Audiotutorial.

Os resultados da primeira parte do questionário são apresentados no Apêndice IX. Como diversas questões foram repetidas nas três etapas da experiência, para números diferentes de alunos em cada etapa, são indicados os percentuais das opiniões.

Para se ter uma idéia geral das respostas dos alunos a um questionário desse tipo, pode-se usar a "Escala Likert"²²⁾, desde que seja razoável atribuir valores que variam de 5 para C.F. (concorda fortemente) até 1 para D. F. (discorda fortemente), sendo C.F. e D.F. os extremos da esca-

la, para afirmações favoráveis ao Sistema Audiotutorial e valores variando de 1 para C.F. até 5 para D.F., no caso de afirmações desfavoráveis ao sistema. É evidente que a "Escala Likert" nos fornece uma idéia geral aproximada da opinião do grupo de alunos pois os números atribuídos às respostas são arbitrários e é possível que a resposta C.F. para uma questão favorável não seja semelhante a uma resposta D.F. para uma questão desfavorável.

Usando-se essa escala, as respostas dos alunos a esse questionário acusam um escore médio de 81 pontos num máximo de 90, o que reflete grande receptividade ao Sistema Audiotutorial.

VI.1.b - Segunda Parte do Questionário

Na segunda parte do questionário, os alunos emitem sua opinião quanto à qualidade e utilidade do material impresso, dos recursos de aprendizagem e do material audiovisual utilizado, bem como quanto às instalações. As respostas à segunda parte do questionário são apresentadas no Apêndice X. Como esta parte do questionário foi repetida nas três etapas da experiência, para números diferentes de alunos em cada etapa, são indicados os percentuais das opiniões.

No que concerne à qualidade, a resposta dos alunos foi amplamente favorável exceto quanto ao isolamento acústico do Centro de Aprendizagem.

Relativamente à utilidade de cada um dos componentes do Sistema Audiotutorial destacam-se, na opinião dos alunos, o guia de estudos e os diapositivos. Observa-se ainda

que as respostas dadas aos itens 5, 8 e 9 diferem bastante das demais. Quanto aos filmes e ao roteiro para trabalho extraclasse, poder-se-ia, de certa forma, esperar que não tivessem um maior destaque, pois foram aspectos secundários da programação. Em relação aos objetivos, no entanto, o fato chegou a surpreender, mas pensou-se que provavelmente estivesse relacionado com uma falta de hábito, por parte dos alunos, em terem seu desempenho avaliado com base em objetivos comportamentais. Muitos dos alunos que participaram da experiência, que durou um mês, receberam pela primeira vez, nessa oportunidade, uma lista de objetivos comportamentais.

VI.1.c - Terceira Parte do Questionário

A terceira e última parte do questionário foi livre e nela os alunos deveriam apresentar sugestões e críticas ao Sistema Audiotutorial. De um modo geral não foram feitas críticas e foi reiterada a boa receptividade ao sistema. Alguns alunos fizeram sugestões no sentido de incluir alguma atividade em grupo (aula expositiva, de problemas ou de discussão) uma vez por semana e no sentido de que o horário do Centro de Aprendizagem fosse mais flexível.

VI.2 - OPINIÃO DOS ALUNOS DA SEGUNDA ETAPA DA EXPERIÊNCIA

A fim de apreciar a opinião dos alunos do grupo experimental a respeito do Sistema Audiotutorial, e do grupo de controle a respeito do sistema de ensino convencional, foi-lhes solicitado que preenchessem um questionário final, adequado a cada grupo da segunda etapa da experiência.

Trinta e nove alunos do grupo experimental responderam o questionário cujos resultados são apresentados nos Apêndices IX e X.

Vinte e cinco alunos do grupo de controle preencheram o questionário e os resultados são indicados nos Apêndices XI, XII e XIII.

VI.2.a - Primeira Parte do Questionário

1º) Grupo Experimental

Os resultados da primeira parte do questionário do grupo experimental são apresentados no Apêndice IX .

Usando-se a "Escala Likert", as respostas dos alunos indicam um escore médio de 70,7 pontos num máximo de 85. Comparando-se esse resultado com o da primeira etapa da experiência, elabora-se a Tabela 29, que segue:

Etapa da experiência	Nº de alunos	Nº de questões	Escala Likert		Opinião dos alunos: escore médio
			Escore máximo	Escore de opinião neutra	
1 ^a	15	18	90	54	81,0
2 ^a	39	17	85	51	70,7

TABELA 29 - Resultados da 1^a parte do questionário nas duas primeiras etapas da experiência.

Os escores médios atingidos, em comparação com os escores máximos permitidos (nº de questões x 5) e os escores de opinião neutra (nº de questões x 3), refletem uma boa receptividade ao Sistema Audiotutorial. Essa receptividade

foi maior na 1^a etapa da experiência, que teve duração aproximada de um mês, do que na 2^a etapa, que se desenvolveu em um semestre letivo. Isso nos parece explicável se considerarmos a existência do fator novidade para a 1^a etapa, com duração menor do que a 2^a etapa, onde esse fator desaparece e os alunos têm maior oportunidade de desenvolver o senso crítico.

Na questão 10 (para a 1^a etapa da experiência) os alunos, de um modo geral, não se mostraram inclinados à inclusão de aulas expositivas no Sistema Audiotutorial. Isso foi confirmado na questão 11 (para a 2^a etapa) onde se opõem a um aumento do número de aulas expositivas de integração.

29) Grupo de Controle

Na segunda etapa da experiência, quando o grupo de controle desenvolveu o curso pelo sistema de ensino convencional, a primeira parte do questionário foi dividida em duas seções.

Na primeira seção, cujos resultados são apresentados no Apêndice XI, vinte e cinco alunos opinaram sobre a forma mais apropriada para o entendimento de um determinado conteúdo de Física. Opinaram também sobre o grau de utilidade de aulas teóricas, de problemas e de laboratório, bem como sobre a utilidade do estudo individual, da definição de objetivos do curso e da indicação de bibliografia complementar. É salientável a valorização dada pelo aluno ao estudo individual no livro de texto.

A segunda seção da primeira parte do questionário, que se encontra no Apêndice XII, constou de 29 ques

tões. Às 17 primeiras questões foi possível aplicar a "Escala Likert", pois eram favoráveis ou desfavoráveis ao sistema de ensino convencional utilizado. O escore máximo possível, de opinião favorável ao sistema convencional, é de 17 questões x 5 pontos/questão = 85 pontos. Considerando as opiniões dos 25 questionários respondidos, o escore médio atingido foi de 48,2 pontos, ou seja, abaixo do valor que expressa uma opinião neutra: 17 questões x 3 pontos/questão = 51 pontos.

VI.2.b - Segunda Parte do Questionário

19) Grupo Experimental

Na segunda parte do questionário os alunos do grupo experimental, como na 1^a etapa da experiência, emitiram sua opinião quanto à qualidade e utilidade do material impresso, dos recursos de aprendizagem e do material audiovisual utilizado, bem como quanto às instalações. As respostas à segunda parte do questionário são apresentadas no Apêndice X.

Na segunda etapa da experiência, o Centro de Aprendizagem foi transferido para outro local com capacidade triplicada, em relação à da primeira etapa, sendo a duração do curso também triplicada e aumentado o número de alunos.

A opinião dos alunos quanto à utilidade de cada um dos componentes não foi tão favorável quanto na primeira etapa da experiência. Com exceção dos guias de estudo e dos diapositivos que continuaram muito valorizados, e do livro de texto, que recebeu um aumento de valorização, os demais componentes foram de menor utilidade do que na primeira etapa da experiência, na opinião dos alunos.

Os objetivos de cada unidade, novamente, receberam uma classificação abaixo da expectativa, não mais justificável pela falta de hábito dos alunos, pois os guias de estudo (considerados de muita utilidade pelos alunos) e as seis provas de avaliação do curso, foram elaborados tendo como referência os objetivos comportamentais definidos para cada unidade de estudo.

Quanto às aulas expositivas de integração, a receptividade foi apenas regular, confirmando a opinião já emitida pelos alunos na primeira parte do questionário, onde discordaram de um aumento do número de aulas de integração.

No que se refere à qualidade do material utilizado, a opinião dos alunos foi bem menos favorável na 2^a etapa da experiência. O segundo local utilizado para Centro de Aprendizagem apresentou características inferiores às do primeiro local, sendo não só criticado o isolamento acústico mas também o ambiente para estudo, que foi apenas considerado de regular a bom pela maioria dos alunos. Isso foi fundamental e influenciou inclusive nas considerações quanto à qualidade dos recursos utilizados. Na 3^a etapa da experiência, quando o Centro de Aprendizagem foi remontado em outro local e foram reutilizados os mesmos recursos audiovisuais da 2^a etapa, a opinião dos alunos quanto à qualidade do material foi mais favorável do que na 2^a etapa da experiência.

29) Grupo de Controle

Na segunda parte do questionário foi solicitado aos alunos do grupo de controle (sistema de ensino con -

vencional) que opinassem sobre o grau de utilidade dos componentes do curso.

Os resultados são apresentados no Apêndice XIII e é salientável a valorização dada pelo aluno ao estudo individual, quer no estudo do livro de texto, quer através da resolução de problemas. Também é de salientar, no item 8, a pouca utilização de audiovisuais feita pelo professor. Observe-se que na primeira parte do questionário (Apêndices XI e XII) os alunos valorizaram muito a utilização dos recursos audiovisuais.

VI.2.c - Terceira Parte do Questionário

1º) Grupo Experimental

Na segunda etapa da experiência, para o grupo experimental, a terceira parte do questionário constou de oito questões, que são apresentadas a seguir com as opiniões dos alunos.

1) Você acha necessária a inclusão de um número maior de aulas expositivas (de integração) no sistema? Em caso afirmativo, com que frequência?

De um modo geral, os alunos consideraram que o número de aulas expositivas de integração foi o adequado (18 horas de aula para 16 semanas de curso). Alguns alunos consideraram as aulas desnecessárias pois sempre havia um monitor ou professor para esclarecer dúvidas no Centro de Aprendizagem.

Como vimos, nas duas primeiras partes do questionário, a receptividade às aulas de integração foi ape-

nas regular e os alunos, de um modo geral, discordaram de um aumento do número de aulas. Buscando inferir algumas causas dessa receptividade abaixo da nossa expectativa, selecionamos algumas falhas indicadas pelos alunos, que transcrevemos a seguir:

"os alunos estavam em estágios diferentes da matéria";

"deveriam ser mais objetivas e resumidas";

"o aluno assiste estas aulas sem ter visto parte da matéria de modo que o acompanhamento e conseqüente aproveitamento é precário";

"o horário das aulas de integração deveria ser na penúltima aula antes das verificações";

"deveriam ser de revisão geral sem entrar em muitos aspectos já vistos no Centro de Aprendizagem";

"deveriam ser dadas em um período mais curto";

"os alunos adiantados por vezes não se interessam pela matéria já vista e os mais atrasados sentem-se deslocados";

"a aula deveria ser de perguntas em grupos menores e mais homogêneos quanto ao adiantamento na matéria";

"não atingiram o objetivo, que é o de resumir os conhecimentos obtidos de uma forma geral";

"deveriam tratar de assuntos não apresentados no guia de estudo".

2) Em sua opinião deveria ser incluído algum outro tipo de atividade em grupo ?

Dos 39 alunos que responderam, 22 alunos afirma-

ram que não gostariam da inclusão de qualquer outra atividade em grupo.

3) Quanto ao horário do Centro de Aprendizagem, você acha que deveria haver maior liberdade de escolha por parte do aluno ?

Dos 37 alunos que responderam, 20 alunos acharam que houve liberdade na escolha de horário, 11 julgaram que deveria haver mais liberdade e 6 alunos opinaram que o Centro deveria funcionar também à noite, para os que trabalham além de estudar.

4) Qual a sua opinião com relação ao número de verificações (seis) e recuperações (duas) ?

Vinte e nove alunos, entre 36 que responderam a essa questão, consideraram que o número de verificações e recuperações foi satisfatório.

5) Você gostaria que houvesse um teste de avaliação por capítulo, com direito a recuperação, que você faria em data de sua livre escolha (como no Método Keller) ?

Esta questão foi proposta com a redação acima, pois o Método Keller vinha sendo utilizado na disciplina, experimentalmente, a cerca de um ano e meio, sendo portanto conhecido, em parte, pelos alunos. Já tínhamos, também, a intenção de combiná-lo com o Audiotutorial. Dezesseis alunos opinaram que gostariam da modalidade de testagem proposta e dezoito alunos afirmaram que não.

6) Quantas horas por semana, em média, você estudou em casa, a disciplina Física II ?

O tempo médio de estudo, considerados 39 alunos, foi de 3 horas/semana e este dado, não muito fidedigno, já foi utilizado na exposição e análise dos dados da 2^a etapa da experiência.

7) Você teria sugestões ou críticas a fazer ? Quais?

De uma maneira geral, foram feitas críticas ao isolamento acústico no Centro de Aprendizagem. Foi sugerido que o atendimento pelo professor ou monitor, a projeção de filmes e a realização de experiências de laboratório, fossem desenvolvidos em salas afastadas das cabines para diminuir o ruído.

Foram apresentadas críticas no sentido de melhorar as instalações do Centro: cadeiras mais confortáveis e ambiente para estudo mais amplo e com melhor apresentação. Foram feitas algumas críticas específicas ao material audiovisual, tais como: diapositivos com conteúdo muito agrupado, espaço para resolução de problemas muito pequeno nos guias de estudo e ritmo de locução muito lento ou muito rápido nas fitas de som.

Foi sugerida a criação de um sistema de empréstimo de diapositivos e fitas de som, visto que quase todos os alunos têm (ou conseguem emprestado) um gravador e um projetor. A idéia de montar pacotes auto-instrucionais que o aluno poderia levar para casa, nos parece uma boa inovação que permitiria que mais alunos fossem beneficiados com o Audiotutorial, não sendo necessário aumentar a capacidade do Centro de Aprendizagem a cada semestre.

Também foram sugeridas algumas comodidades adi -

cionais, tais como a colocação de luz de sinalização para chamadas do monitor ou professor e de estofamento nas cadeiras .

8) Sinta-se à vontade para fazer qualquer outro comentário.

Os alunos, de um modo geral, reafirmaram a boa receptividade ao sistema de ensino utilizado.

2º) Grupo de Controle

A terceira parte do questionário do grupo de controle (sistema de ensino convencional), da segunda etapa da experiência, constou de duas questões. Na primeira, os alunos informaram quantas horas em média, por semana, estudaram a disciplina Física II. O tempo médio foi de 4,5 horas/semana, dado este não muito fidedigno, que já foi utilizado na análise e exposição de dados da segunda etapa da experiência.

A segunda questão foi livre e os alunos poderiam escrever críticas, comentários e sugestões sobre o curso que haviam feito, sobre o método de ensino usado e sobre o sistema de avaliação empregado. Dos 25 alunos que entregaram o questionário, somente 14 emitiram opiniões, nesta parte em aberto do questionário, algumas das quais são transcritas a seguir:

"O método empregado, em princípio, foi ótimo, embora faltasse um certo contato com os fenômenos sobre os quais foram apresentadas as aulas. O ensino que tivemos foi mais com vistas a resolver as provas e problemas do que ter uma visão prática e global dos fenômenos físicos. Sugiro que se continue empregando o método de aulas expositivas, mas que

os professores apresentem mais exemplos ilustrativos e aulas de laboratório mais claras, acessíveis e mais freqüentes. Estou de acordo com o sistema de avaliação."

"O método de ensino foi muito expositivo e pouco experimental, enquanto que o sistema de avaliação foi muito bom e revela o verdadeiro grau de conhecimento do aluno."

"As aulas deveriam ser apresentadas com recursos audiovisuais além da abordagem teórica pelo professor. As provas deveriam ser sobre assuntos menores e em maior número."

"Não gostei da maneira pela qual foi dada a aula expositiva. Creio que o melhor sistema é o audiotutorial."

"Seria muito útil se houvesse aulas de laboratório, que dariam uma visão mais ampla das aulas teóricas."

"O curso foi meio sem método e o sistema de avaliação aplicado foi um pouco rigoroso."

"Na Física, o importante é assimilar o fenômeno e sua representação matemática (fórmulas). A tônica do ensino da disciplina não deve recair, como recaiu, sobre a discussão exaustiva de problemas. É muito importante a "dedução"; o processo utilizado não foi este, mas sim o de "indução", no qual partimos do estudo de problemas para termos uma visão global do assunto."

"O sistema de avaliação foi excelente e o curso (conteúdo) foi igualmente excelente. O método deixou muito a desejar; as aulas teóricas poderiam ser mais expositivas, mais argumentadas, enfim, aulas teóricas melhores."

"... conheço só os métodos tradicionais que, quando bem empregados, na minha opinião, funcionam muito bem. Eu

gosto de aulas expositivas, mas bem dadas. Já tive oportunidade de tê-las aqui na Universidade e, quando elas são realmente bem dadas, me são de grande valia."

"Estive na aula tradicional e acho que sempre ficamos inferiorizados nas sabatinas pela turma do Método Audiotutorial. Julgo esse método o melhor para ser empregado pelo curso de Física. As provas foram bem feitas, estiveram sempre em um nível mais ou menos acessível."

"Realmente não gostei do método. Acho que o audiovisual é melhor. Não é a minha intenção ferir ninguém, mas acho que o tipo de aula teórica tradicional não deveria ser totalmente usada, Melhor seria meio a meio: teórica e audiovisual."

VI.3 - OPINIÃO DOS ALUNOS DA TERCEIRA ETAPA DA EXPERIÊNCIA

VI.3.a. - Primeira parte do questionário

Na terceira etapa da experiência, quando todos os alunos estudaram pelo Método Keller e foram oferecidos os recursos de aprendizagem do Audiotutorial aos alunos do grupo experimental, a primeira parte do questionário consistiu de trinta questões, comuns aos dois grupos, específicas para alunos de um curso pelo Método Keller.

O que se pretendia era uma comparação entre o Sistema Keller e o convencional e, também, verificar se a receptividade ao curso dos alunos do grupo experimental (Método Keller com Audiotutorial) havia sido significativamente diferente da receptividade do grupo de controle (Método

to Keller com Audiotutorial) havia sido significativamente diferente da receptividade do grupo de controle (Método Keller sem os recursos do Audiotutorial).

Os percentuais das respostas dos alunos, dos dois grupos, às trinta questões desta primeira etapa do questionário, são apresentados no Apêndice XIV.

Às vinte e duas primeiras aplicamos a "Escala Likert" pois consideramos razoável atribuir os escores de 5 a 1 (ou de 1 a 5) para as questões favoráveis (ou desfavoráveis) ao sistema de ensino utilizado. Os resultados da aplicação dessa escala são apresentados na Tabela 30.

	Nº de alunos	Nº de questões	Escala Likert		Opinião dos alunos: escore médio
			Escore máximo	Escore de opinião neutra	
Grupo Experimental	35	22	110	66	83,60
Grupo de Controle	27	22	110	66	81,78

TABELA 30 - Resultados na 1ª parte do questionário da 3ª etapa da experiência.

Os resultados acima indicam uma boa receptividade aos sistemas de ensino utilizados na terceira etapa da experiência.

Para verificar se a receptividade dos dois grupos diferiu significativamente, utilizamos o "Mann-Whitney U Test"¹⁷⁾. Para isso, classificamos os alunos em uma escala ordenada com base em escores simbólicos atribuídos às

suas respostas às 22 questões.

No cálculo, através desse teste, da probabilidade de ocorrência da hipótese H_0 (não existência de diferença significativa entre os dois grupos), utilizamos a expressão adequada com as correções necessárias para o caso da ocorrência de muitos escores empatados.

Com base nesse cálculo e na consulta de valor tabelado para teste bicaudado^{17 a 19)}, obtivemos uma probabilidade $p = 0,575$ de que a distribuição dos escores simbólicos tenha ocorrido sob a hipótese nula H_0 . Ou seja, a probabilidade de que a distribuição tenha ocorrido sob a hipótese H_0 é de 57,5%. Como esta probabilidade é muito grande, resolvemos aceitar a hipótese H_0 da não existência de diferença estatisticamente significativa entre os dois grupos, com relação à receptividade dos alunos ao sistema de ensino utilizado em cada grupo.

Na questão 8 (Apêndice XIV) notamos que uma alta percentagem dos alunos nos dois grupos (74% no experimental e 63% no de controle), não gostaria que muitas disciplinas usassem o método. Isso serve de alerta no caso de ser planejado um curso em que o Método Keller seja utilizado em muitas disciplinas.

Com relação à questão 12 (Apêndice XIV), que solicitava a opinião dos alunos sobre a inclusão de algumas aulas teóricas, verificamos que a percentagem dos alunos que concordam é muito menor no grupo experimental (28% contra 52% no grupo de controle). Para analisar se a diferença é estatisticamente significativa, construímos a Tabela 31.

	CF + C	DF + D	Total
Grupo Experimental	28	48	76
Grupo de Controle	52	26	78
TOTAL	80	74	154

TABELA 31 - Opinião dos alunos sobre a inclusão de algumas aulas teóricas

Aplicando o teste χ^2 (qui-quadrado)^{17 a 19)}

aos dados da Tabela 31, obtemos um valor igual a 12,55, que é maior do que o tabelado (10,83) para teste bicaudado a um nível de significância 0,001. Isso nos permite rejeitar a hipótese H_0 e aceitar a hipótese H_1 : existe diferença estatisticamente significativa entre os dois grupos, ao nível 0,001, quanto à opinião sobre a inclusão de algumas aulas teóricas. Isso parece indicar que o grupo audiotutorial é mais autosuficiente.

Para os alunos do grupo experimental, nesta primeira parte do questionário da terceira etapa da experiência, foram incluídas mais dez questões, a fim de inferir a receptividade ao Sistema Audiotutorial. As respostas encontram-se no Apêndice IX, em forma de percentagem, juntamente com os resultados das duas primeiras etapas da experiência.

Considerando como razoável a utilização da "Escala Likert" a essas dez questões, obtivemos um escore médio de 41,6 pontos num máximo de 50. Os resultados das três etapas da experiência são apresentados em conjunto na Tabela 32, apesar do número diferente de questões em cada etapa.

Etapa da experiência	Nº de alunos	Nº de questões	Escala Likert		Opinião dos alunos: escore médio
			Escore máximo	Escore de opinião neutra	
1 ^a	15	18	90	54	81,0
2 ^a	39	17	85	51	70,7
3 ^a	35	10	50	30	41,6

TABELA 32 - Receptividade dos alunos ao Sistema Audiotutorial nas três etapas da experiência.

Os escores médios atingidos, em comparação com os escores máximos permitidos e os de opinião neutra, indicam uma boa receptividade ao Sistema Audiotutorial. Essa receptividade parece ter sido maior na primeira etapa da experiência, com duração menor, devido à existência do fator novidade. Nas outras duas etapas, cada uma com duração de um semestre letivo, é possível que esse fator seja atenuado e os alunos tenham tido maior oportunidade de desenvolver o senso crítico. Em outras palavras, depois de um curso de curta duração, supõe-se que seja mais fácil que um aluno tenha opinião C.F. (concorda fortemente), do que depois de um curso mais longo. Neste caso o aluno pode ver as limitações do método com mais clareza.

VI.3.b - Segunda Parte do Questionário

1º) Grupo Experimental

Como nas duas primeiras etapas da experiência, nesta segunda parte do questionário os alunos emi-

tiram sua opinião quanto à qualidade e à utilidade dos recursos à disposição no Centro de Aprendizagem do Audiotutorial. Os resultados são apresentados no Apêndice X.

Foram, também aqui, considerados de muita utilidade os guias de estudo, os diapositivos e o livro de texto. As consultas ao professor ou monitor também foram julgadas muito úteis e as cabines para estudo individual continuaram muito valorizadas pelos alunos.

Os filmes e os roteiros para trabalho extraclasse, foram classificados como apenas úteis, o que é compreensível pois se constituíram em aspectos secundários da programação, principalmente no que se refere ao sistema de avaliação do Método Keller. As fitas de som talvez tenham sido pouco atrativas, pois deveriam ser melhor aceitas pelos alunos.

Melhorou um pouco o grau de utilidade, para os alunos, dos objetivos de cada unidade, mas continuou abaixo da expectativa, considerando que todas as versões de testes, para cada uma das unidades do curso, foram elaboradas com base nos objetivos comportamentais definidos e apresentados aos alunos nos guias de estudo.

As auto-demonstrações (laboratório), na opinião dos alunos, foram de menor utilidade na 3^a etapa da experiência do que nas duas etapas anteriores. O conjunto de experiências não foi o mesmo das duas primeiras etapas, mas compreendeu cinco das vinte e uma unidades do curso pelo Método Keller que foi oferecido a todos os alunos da disciplina. Como essas cinco unidades de laboratório fizeram parte do sisu

tema de avaliação, a baixa valorização dada a elas foi surpreendente.

A qualidade do material utilizado na 3ª etapa da experiência foi melhor classificada, em todos os aspectos, do que na 2ª etapa, com exceção das instruções às unidades de laboratório, das quais os alunos reclamaram maior clareza. Talvez isso tenha influenciado na valorização abaixo da expectativa, dada pelos alunos, ao laboratório.

A qualidade nessa 3ª etapa, em alguns casos, igualou e em outros superou a da 1ª etapa, como é o caso das cortinas musicais das fitas de som e do isolamento acústico no Centro de Aprendizagem. Como o material utilizado foi praticamente o mesmo da 2ª etapa, parece que as melhores condições oferecidas pelo Centro de Aprendizagem, remontado num terceiro local, determinaram uma maior valorização da qualidade dos recursos oferecidos aos alunos.

29) Grupo de Controle

Para o grupo de controle, constituído de alunos do Método Keller que não utilizaram os recursos do Audiotutorial, na segunda parte do questionário foi solicitada a opinião sobre o grau de utilidade de quatorze componentes do curso. O resultado é apresentado no Apêndice XV.

Cabe destacar a maior valorização aos objetivos de cada unidade dada pelos alunos do grupo de controle em relação aos do experimental. As unidades de laboratório, novamente, foram menos valorizadas do que outros componentes do curso, enquanto a bibliografia complementar foi con

siderada de pouca utilidade pela maioria dos alunos.

VI.3.c - Terceira Parte do Questionário

Na terceira parte da experiência, a terceira parte do questionário foi a mesma para os alunos do grupo experimental e de controle. Constou de três questões iniciais que se referiram ao tempo médio de estudo em casa, ao número de disciplinas cursadas simultaneamente e ao número de horas de trabalho por semana, no caso de o aluno trabalhar além de estudar. As informações a essas três questões já foram apresentadas na exposição e análise de dados da terceira etapa da experiência.

Propiciou-se, também, a oportunidade aos alunos para escreverem suas críticas, comentários e sugestões sobre o curso e sobre o método de ensino usado. Transcrevemos, a seguir, algumas opiniões.

19) Algumas opiniões de alunos do grupo experimental (Keller com Audiotutorial) :

"O método foi mais do que válido pelos recursos que oferece e pela possibilidade de se estudar dentro do próprio ritmo. A mim, particularmente, deu a motivação que eu não teria dentro do método convencional. Portanto, fez-me estudar mais e obter um aproveitamento melhor. Apenas, pelo tempo que exige e pelo número de provas, é inconveniente que muitas disciplinas o utilizem, pois seria cansativo demais."

"O método é melhor que o convencional, mas dificulta para quem está cursando muitas matérias."

"... há um aproveitamento maior do que em outros métodos clássicos do ensino da Física, mas determina a necessidade de um tempo maior de estudo em casa."

"Creio que deveriam adotar o Audiotutorial em outras disciplinas, pois realmente ele torna o estudo mais agradável, menos cansativo e faz com que o estudante se fixe mais no objeto de estudo. Uma das tantas vantagens do Audiotutorial é que o estudante pode resolver as suas dúvidas na hora, pois há sempre uma orientação acerca de cada exercício."

"O número de provas a realizar é por demais elevado. Para os alunos que trabalham e/ou cursam várias disciplinas, o curso fica muito difícil. Achei excelente o Método Audiotutorial e péssimo o sistema de avaliações, que preferiria fosse o convencional. Imagine o que aconteceria se todas as disciplinas utilizassem o sistema de avaliação do Keller."

"Acho o método excelente mas não está capacitando o aluno a aproveitá-lo em sua plenitude. Com o Método Keller, o aluno se vê forçado a deixar de lado certas recomendações especificadas no guia de estudo para poder acompanhar a "correria das provas". O aluno, no método citado, fazendo provas elaboradas pelo próprio Audiotutorial, teria possibilidade de acompanhar mais pausadamente, mais especificamente, as inúmeras solicitações que lhe são sugeridas. O Método Keller não dá ao aluno do Audiotutorial um tempo sufi -

ciente para acompanhar o procedimento sugerido."

"... não me matricularia em disciplinas que utilizassem unicamente o Método Keller pelo fator tempo demasiadamente grande dispensado com matérias que sigam o Keller, deixando poucas oportunidades de estudo para outras disciplinas, que precisam de atenção também. Esse é, realmente, o único motivo desfavorável porque acredito que se aprende mais e se estuda mais, além da complementação muito importante e necessária do Audiotutorial."

"Esse método exige muito tempo de estudo para cumprir os seus objetivos (nota 10). Por isso, o sentido do Método Audiotutorial se dissolve um pouco devido ao fato de que não se tem tempo suficiente para seguir os passos indicados, ou seja: escutar fitas, ler seções, fazer problemas, ver diapositivos, escutar fitas, etc. Se houvessem menos unidades, poder-se-ia acompanhar todos os passos do método.."

"Na comparação entre o Keller normal e o Keller com Audiotutorial, este último é muito melhor, pois facilita e incentiva muito mais ao aluno. Quanto ao Método Keller, tenho duas observações "negativas" a fazer, que acho são de importância: requer muito tempo e é injusta a obrigação de tirar conceito A para passar sem exame."

"... o método utilizado despertou em mim uma grande motivação para a Física II à medida que ia vencendo cada unidade. Minha sugestão seria no sentido de tornar mais dinâmica a utilização das fitas gravadas e de produzir filmes com maior duração, melhor nitidez e maior clareza de informações."

"... acho que deveria haver um conceito limite, por exemplo C, que, como média de todas as provas, indicasse aprovação. De resto, o Audiotutorial me entusiasmou muito e é muito superior ao tradicional. Pude sentir meu crescimento e aprofundamento nos conteúdos e acho que o resultado para mim foi brilhante. Parabéns pela excelente organização."

"Algumas vezes há prejuízo psicológico, isto é, o aluno sai da prova "arrasado" por não ter passado, apesar da sua certeza de saber o ponto em questão."

"Eu acharia o método muito bom se tivesse mais tempo para me dedicar a ele."

"... no que diz respeito a ansiedade antes das provas do método convencional, acho que no Método Keller a ansiedade é maior, principalmente na época de provas de outras matérias, quando é necessário largar um pouco da Física. Aí, vem o medo de não conseguir chegar até o fim."

"Sugeriria a seguinte mudança: um mínimo para passar em cada unidade, por exemplo 6. A nota ficaria arquivada e ao fim do curso seria calculada a média. Assim eu acho que um menor número de alunos ficaria com conceito A, mas maior número de alunos passaria."

"Um dos pontos altos foram os diapositivos. Não adianta, ao aluno, resolver o problema sem saber se a solução é a correta e é praticamente impossível perguntar tudo aos monitores."

"Só achei que 21 provas é demais. Poderiam fazer dois capítulos por prova, reduzindo o número delas. Quando se faz 7 matérias não se tem tempo..."

29) Algumas opiniões de alunos do grupo de controle (Keller sem Audiotutorial)

"A divisão do conteúdo em unidades e o fato de se saber os objetivos de cada uma delas, faz com que não se perca tempo com assuntos que não representem a parte essencial da unidade."

"Outra vantagem deste método é que o próprio aluno decide qual a melhor oportunidade de realizar os testes, de acordo com o seu ritmo de trabalho."

"O aluno estuda apenas o que vai cair na prova, uma vez que ele tem que correr contra o tempo."

"A divisão em unidades não dá possibilidade de uma perfeita visão de conjunto."

"O método tira a finalidade da própria escola. O aluno se torna um autodidata e o professor e os monitores meros fiscais de provas."

"... diminuir o número de provas, acumulando duas ou três unidades em cada prova."

"... cada aluno deveria ter um monitor para todo o curso. Assim o monitor conheceria melhor os alunos e o que realmente estes sabiam ou não."

"... poderiam ser 15 provas ao invés de 21, com mais matéria em cada prova."

"Acho que seria especialmente útil utilizar este método no ensino de Matemática, desde que se dispusesse de um bom número de monitores realmente capazes. O progresso adquirido nesse caso seria muito maior, pois no método convencional as coisas ficam muito dispersas, o que faz

esquecer rapidamente o assunto estudado."

"Achei muito útil o método, mas acho que seria ainda melhor se todos os alunos tivessem acesso ao Audiotutorial, ou se tivéssemos, no roteiro de estudo, respostas às questões, porque algumas vezes fiquei angustiada (não conseguindo prosseguir) por dar mais de uma interpretação à questão e ficar em dúvida quanto à resposta certa."

"Acho que todos os alunos, se possível, deveriam participar do Audiotutorial. Em minha opinião, um método de estudo que rende muito mais."

"O livro é pouco claro em alguns itens. Acho que o professor, de vez em quando, deve dar uma exposição dos pontos fundamentais."

"... o inconveniente é que cansa e toma muito tempo, principalmente quando se faz 7 disciplinas simultaneamente. Agora, realmente, estou sem opinião se gostaria ou não de fazer Física III por Keller porque estou esgotada."

"... o problema reside no tempo que o aluno deve dispor para atender às necessidades do curso, levando isso a um inevitável prejuízo às demais disciplinas."

"... discordo de acertar todas as questões e da nota dez para passar..."

"Acho que deveriam ser dadas algumas aulas teóricas..."

"Acho que os roteiros deveriam ser acompanhados de mais problemas resolvidos das principais partes da matéria."

"Os problemas sugeridos foram de pouca utilidade pois não sobrou tempo nem para fazer a terça parte deles."

VII - DADOS PARA A MONTAGEM DE UM CENTRO DE APRENDIZAGEM

Neste capítulo, apresentamos uma análise do custo aproximado da montagem de um Centro de Aprendizagem para o desenvolvimento de um curso pelo Sistema Audiotutorial. As estimativas são feitas considerando os custos em 1975. Acrescentamos, também, alguns comentários de ordem técnica.

VII.1 - CARACTERÍSTICAS GERAIS DE ATENDIMENTO DE UM CENTRO DE APRENDIZAGEM

As características de um Centro de Aprendizagem são variadas, pois devem sempre atender às necessidades específicas dos fins a que se destina o Centro. Além disso, a possibilidade de ampliação do Centro é permanente, pois a cada momento podem ser adicionados novos recursos de aprendizagem.

Para uma estimativa aproximada do custo de montagem inicial de um Centro, que pode ser adaptada para cada caso particular, supomos um Centro com 12 cabines para estudo individual e mais 3 cabines de uso comum (utilizadas para experiências de laboratório e projeção de filmes). Se possível, as cabines de uso comum devem ser montadas em uma sala anexa. Projetos de Centros de Aprendizagem podem ser encontrados nas referências 2 e 23.

Supondo que o Centro funcione durante 12 horas por dia, durante 5 dias por semana, teremos um total de 60 horas de atendimento por semana.

Considerando que o Centro de Aprendizagem seja utilizado por uma disciplina que exija do aluno um tempo médio de estudo de 6 horas/semana, 12 cabines individuais, nas 60 horas de funcionamento semanal, possibilitam uma capacidade máxima de atendimento para 120 alunos. Esse aproveitamento máximo é difícil de ser obtido quando são enfrentados os problemas de horários e os diferentes ritmos próprios de estudo dos alunos. Por isso, para maior flexibilidade e disponibilidade de atendimento, é suposta a redução da capacidade de atendimento para 100 alunos (duas turmas de 50 alunos), ao invés de 120.

Para possibilitar o funcionamento do Centro de Aprendizagem serão necessários monitores em número suficiente. Uma carga horária semanal de 12 horas por monitor, implica na exigência de 5 monitores para 60 horas por semana de atendimento.

Administrando o trabalho de diversas pessoas, o professor é o organizador do curso, o responsável pela produção dos recursos audiovisuais e o controlador das atividades dos monitores e dos alunos no Centro de Aprendizagem. Elabora, aplica e corrige as provas do sistema de avaliação. Na nossa Universidade, se o sistema de avaliação é o convencional, tem-se de 6 a 8 provas no semestre letivo de 16 semanas. Se utilizado o sistema de avaliação do Método Keller, seriam necessários mais 5 ou 6 monitores, a 12 horas por semana, somente para a correção dos testes. Outrossim, cada uma das duas turmas teria 3 períodos de duas horas, por semana, para a realização dos testes característicos do Método Keller; nesse caso,

as obrigações do professor aumentariam pois deveria elaborar as diferentes versões (4 a 6) dos testes de cada uma das unidades de estudo e participaria das atividades de aplicação dos testes.

Os tempos dedicados por professor, monitores, datilógrafa, laboratorista fotográfico e técnico de impressão, para funcionamento do curso, serão apresentados adiante .

VII.2 - DADOS SOBRE A MONTAGEM E O CUSTO DAS CABINES

A disposição das cabines pode ser feita de muitas maneiras mas, geralmente, são formados conjuntos de 2, 4 ou 6 cabines. Assim, é obtido um melhor aproveitamento de material e de espaço.

A seguir, apresentamos o custo aproximado das cabines, considerando os valores em 1975.

	Cr\$
a) Estrutura de madeira para a mesa	100,00
b) Encaixes com perfilados de alumínio (para permitir desmontagem fácil e rápida)	50,00
c) Chapas para divisões e revestimentos	50,00
d) Madeira aglomerada para a parte superior da mesa	50,00
e) Cadeira simples	100,00
f) Almofada (opcional)	50,00
g) Tintas	50,00
h) Material elétrico e miudezas (colas, parafusos, etc)	<u>50,00</u>
	SUB-TOTAL 500,00
i) Mão de obra: marcenaria, pintura e instalação elétrica	<u>300,00</u>
Custo total de uma cabine	800,00
Custo total de 15 cabines	12.000,00

VII.3 - DADOS SOBRE OS COMPONENTES DA CABINE DE USO INDIVIDUAL

Os componentes básicos da cabine individual são o gravador com fones e o projetor de diapositivos.

Na aquisição do gravador são evidentes os cuidados que devem ser tomados quanto à qualidade, resistência ao manuseio diário e garantia de assistência técnica. No entanto, uma preocupação adicional é indispensável: deve ser evitado o nível de ruído que o próprio gravador introduz, que é mais perceptível quando a audição é feita através dos fones.

Nos gravadores de menor custo, supondo como razoavelmente bom o projeto de reprodução e amplificação, os principais introdutores de ruído interno são: o conversor de corrente alternada para contínua e o próprio motor do gravador.

Para evitar o primeiro, aconselhamos a montagem de uma fonte estabilizadora de tensão, conversora de alternada para contínua, com ótimo sistema de retificação e filtragem. Essa fonte pode ser projetada para alimentar de 4 a 6 gravadores de um conjunto de cabines. O custo aproximado de uma fonte dessas é de Cr\$ 800,00 (Cr\$ 300,00 de material e mais Cr\$ 500,00 para projeto e mão de obra).

Para atenuar o ruído interno provocado pelo motor do gravador, quando for o caso, a solução é desensibilizar os fones através da colocação de uma resistência em paralelo (de derivação) com os fones, ou mesmo em série numa solução mais simplista. A vantagem da colocação em paralelo é que fica menos alterada a impedância dos fones.

Na escolha do projetor de diapositivos, deve-se levar em conta a qualidade de projeção com luz ambiente, de refrigeração (independente da projeção e através de motor com baixo nível de ruído), de resistência à operação diária, de assistência técnica, de lâmpada de baixo custo e de fácil (rápida) reposição e, por último, de projetar imagens de tamanho razoável a curtas distâncias, pois a profundidade da cabine não ultrapassa um metro.

A seguir, apresentamos o custo aproximado dos componentes da cabine de uso individual, considerando os valores em 1975.

	Cr\$
a) Gravador de som	700,00
b) Fones	150,00
c) Projetor de diapositivos	700,00
d) Tela de projeção (cartolina ou chapa pintada)	30,00
e) Lâmpada individual	30,00
f) Cartolina para a mesa e cinzeiro	10,00
g) Vidro para a mesa	<u>50,00</u>
Custo total dos componentes de uma cabine individual	1.670,00
Custo total dos componentes de 12 cabines	20.040,00

VII.4 - DADOS SOBRE OS COMPONENTES DA CABINE DE USO COMUM

Os componentes básicos da cabine de uso comum deverão ser os adequados a cada curso. Poderão ser componentes para projeção de filmes, para reprodução de fitas magnéticas de som ou de imagem, para realização de experiências de laboratório, bem como para diversas outras atividades de aprendizagem. Supondo, ainda, que as cabines de uso comum este

jam localizadas em uma sala anexa à sala das cabines individuais, novos recursos de aprendizagem poderão ser incluídos no decorrer do tempo. É difícil pois, de uma maneira geral, especificar quais os componentes básicos das cabines de uso comum.

Na nossa experiência, os componentes básicos dessas cabines foram o projetor de filmes "loops" e todo o material das experiências de laboratório. Não adiantaria apresentar os custos do material de laboratório do nosso curso sem a correspondente descrição das experiências. No entanto, cabe ressaltar que com poucos conjuntos de uma mesma experiência foi atendido um número relativamente grande de alunos, o que se torna possível no Sistema Audiotutorial (e também no Keller), onde cada aluno trabalha individualmente no seu próprio ritmo em momentos diferentes. Já no sistema convencional, são necessários diversos conjuntos de uma determinada experiência que, em geral, todos os alunos de uma turma realizam ao mesmo tempo numa mesma aula de laboratório.

Quanto aos componentes básicos para a projeção de filmes "loops", apresentamos, a seguir, os custos aproximados.

	Cr\$
a) Projetor de filmes "loops"	2.500,00
b) Tela de projeção (cartolina ou chapa pintada)	30,00
c) Luz individual	30,00
d) Cartolina para a mesa e cinzeiro	<u>10,00</u>
Custo total para projeção de filmes "loops"	2.570,00
Custo total para 3 cabines	7.710,00

VII.5 - DADOS SOBRE O MATERIAL AUDIOVISUAL

Faremos a análise de custos e alguns comentários quanto ao material audiovisual básico utilizado como recurso de aprendizagem pelos alunos do Audiotutorial, que constituiu-se no conjunto de guias de estudo, diapositivos, fitas de som e filmes "loops".

Para as experiências de laboratório, que também tiveram importância no nosso curso, não serão abordados os aspectos técnicos e de custo, pois não têm aplicação geral e são os mesmos que no ensino tradicional.

Serão omitidas considerações, também, sobre fitas magnéticas de imagem (video-tapes), textos complementares, instruções programadas, filmes super-8 e outros recursos que não foram utilizados no nosso curso.

Para a estimativa que segue vamos considerar valores em 1975, para um curso de 16 semanas, com 100 alunos, num Centro de Aprendizagem de 15 cabines, conforme já referido. Vamos supor, também, que exista um total de 16 unidades de estudo, isto é, uma unidade por semana.

VII.5.a - Guias de Estudos

No Apêndice I é apresentado um guia de estudos de uma unidade, que servirá de referência para a nossa estimativa.

	Cr\$
a) Elaboração do guia pelo Professor (6 h)	228,00
b) Serviço de datilografia (1 h)	10,00
c) Serviços de revisão e desenhos pelo monitor (1 h)	7,00
d) Serviços de impressão e grampeação (1,5 h)	15,00
e) Material (8 matrizes, 400 folhas, tinta, eletricidade, etc)	<u>50,00</u>

Custo total aproximado dos 100 guias de estudo de
 uma unidade de estudo 310,00
 16 unidades de estudo 4.960,00

Acrescente-se a esse total os custos de administração, o desgaste do equipamento e os encargos sociais do empregador, bem como uma certa reserva técnica.

Os custos de outros materiais impressos, tais como instruções programadas, textos complementares, instruções para experiências de laboratório e provas de avaliação, também devem ser estimados de acordo com a sua utilização em cada curso.

VII.5.b - Diapositivos

No Apêndice III são apresentados modelos de diapositivos. Vamos supor a existência de um número médio de 25 diapositivos (em preto e branco) para cada unidade de estudo e considerar que haja um laboratório fotográfico disponível para a elaboração dos diapositivos.

	Cr\$
a) Elaboração do conteúdo pelo professor (6 h)	228,00
b) Análise da compreensão do conteúdo do diapositivo por um monitor (4 h)	28,00
c) Serviço de datilografia (matriz a ser fotografada) (6 h)	60,00

	Cr\$
d) Serviço de datilografia (etiquetas de identificação dos diapositivos) (1 h)	10,00
e) Serviços de revisão da datilografia e de elaboração dos desenhos por monitor (4 h)	28,00
f) Serviços de fotografia (8 h)	80,00
g) Serviços de montagem dos diapositivos em molduras de plástico e de colocação das etiquetas de identificação, por um monitor (4 h)	28,00
h) Material (filme, revelador, fixador, molduras, etiquetas de identificação, caixas para acondicionamento, papel, eletricidade, etc)	<u>250,00</u>
Custo por unidade (25 diapositivos x 12 cópias)	712,00
Custo total das 16 unidades (4.800 diapositivos)	11.392,00
Custo aproximado de 1 diapositivo: Cr\$ 2,37	

Acrescente-se a esse total os custos de administração, o desgaste do equipamento, de material permanente e de consumo, bem como os encargos sociais do empregador e uma certa reserva técnica.

VII.5.c - Fitas de Som

No Apêndice II é apresentado um texto básico para as gravações das fitas de som. Vamos supor a existência de um número médio de oito etapas de gravação (contatos do aluno com o gravador) em cada unidade de estudo e considerar o tempo médio de gravação de cada etapa como sendo de aproximadamente 3 minutos. Isso, incluindo as cortinas musicais, totaliza aproximadamente 30 minutos de gravação e corresponde a cerca de 10 páginas de texto datilografado.

	Cr\$
a) Redação pelo professor do texto a ser gravado (8h)	304,00
b) Testagem da compreensão do texto por um monitor (2 h)	14,00
c) Serviço de datilografia do texto (2 h)	20,00
d) Revisão da datilografia por um monitor (1 h)	7,00
e) Custo de gravação da fita matriz (1 h)	38,00
f) Serviço de multiplicação (12 cópias) das fitas por um monitor (2 h)	14,00
g) Serviços de elaboração e colocação do índice dos assuntos contidos nas gravações da fita (1 h)	10,00
h) Material (fita, papel, eletricidade, etc)	<u>110,00</u>
Custo total das 12 fitas para uma unidade de estudo	517,00
Custo total das 192 fitas para as 16 unidades de estudo	8.272,00
Custo aproximado de uma fita:Cr\$	43,08

Acrescente-se a esse total os custos de administração, o desgaste de equipamento, os encargos sociais do empregador e uma reserva técnica.

Nas considerações anteriores, admitimos a existência de um estúdio para as gravações. Na nossa experiência, a maioria das gravações foi feita pelo professor, utilizando dois gravadores (um para as cortinas musicais) do tipo "cassette", em deficientes condições técnicas. Algumas gravações foram realizadas nos estúdios da Rádio Difusão da UFRGS.

A multiplicação das fitas foi realizada através de cinco gravadores do tipo "cassette", um funcionando como emissor da fita matriz e quatro como receptores da gravação base, utilizando-se um cabo de conexão com cinco derivações sem qualquer adaptação de impedâncias.

VII.5.d - Filmes "loops"

Supondo um número médio de dois filmes por unidade de estudo e duas cópias de cada filme, teríamos 64 filmes para as 16 unidades do curso. O custo aproximado de um filme "loop" (importado) é de aproximadamente Cr\$ 200,00; o custo total dos 64 filmes seria, pois, de Cr\$ 12.800,00 em 1975.

Esse valor, acrescido do custo dos projetores e das lâmpadas de projeção (também importados), torna elevado o custo total dos componentes importados, o que nos leva a pensar em iniciar nossa própria produção de filmes, talvez do tipo super-8.

VII.6 - ESTIMATIVA DO CUSTO INICIAL

Poderemos, agora, estimar o custo total do investimento inicial em um Centro de Aprendizagem com os recursos para a utilização do Sistema Audiotutorial em um curso com 100 alunos (2 turmas):

	Cr\$
a) Montagem do Centro de Aprendizagem com 15 cabines	12.000,00
b) Componentes das 12 cabines de uso individual	20.040,00
c) 3 fontes de alimentação para 12 gravadores	2.400,00
d) Componentes para projeção de filmes "loops" nas 3 cabines de uso comum	7.710,00

e) Material audiovisual:		
Guias de estudo	4.960,00	
Diapositivos	11.392,00	
Fitas de som	8.272,00	
Filmes "loops"	<u>12.800,00</u>	
	37.424,00	37.424,00
	Sub-total	79.574,00
f) Despesas de atendimento dos 100 alunos no Centro de Aprendizagem (5 monitores durante 4 meses)		7.000,00
g) Despesas para o desenvolvimento do sistema de avaliação do aproveitamento dos alunos no curso, através de 8 provas:		
Elaboração pelo professor (24h)	912,00	
Datilografia (8 h)	80,00	
Impressão e grampeação (8 h)	80,00	
Material (40 matrizes, 4.000 folhas, tinta, eletricidade, etc)	400,00	
Aplicação pelo professor e um monitor (16 h)	720,00	
Correção pelo professor (64 h)	<u>2.432,00</u>	
	4.624,00	4.624,00
h) Coordenação das atividades pelo professor (96 h)		<u>3.648,00</u>
Custo total aproximado (em 1975):		94.846,00

Acrescente-se a esse total os custos de: administração, encargos sociais do empregador, ocupação exclusiva da(s) sala(s), desgaste do equipamento e do material de consumo, manutenção do equipamento, móveis para a acomodação do monitor e acondicionamento do material audiovisual, material pa

ra experiências de laboratório (dois conjuntos de cada experiência são suficientes), outros recursos de aprendizagem não incluídos (instrução programada, textos complementares, fitas magnéticas de imagem, bibliografia complementar, testes curtos de auto-avaliação, etc), bem como outras despesas não citadas.

Se fosse utilizado o sistema de avaliação do Método Keller ao invés do convencional, as despesas calculadas para o item g) seriam maiores, pela necessidade de mais monitores e de um tempo maior do professor.

VII.7 - ESTIMATIVA DO CUSTO DE REAPLICAÇÃO

Acreditamos que o curso montado possa ser repetido por mais 9 semestres, totalizando 5 anos de aplicação, após o que necessitará de uma total reformulação.

Segue uma estimativa dos custos de manutenção do Centro de Aprendizagem e de reaplicação do curso pelo Sistema Audiotutorial, considerando como fixos os valores de 1975.

Item	Investimento Inicial (1º semestre)	Cr\$	Custos de manutenção, revisão e reaplicação (2º ao 10º semestre)	
			%	Cr\$
a,b, c,d	Montagem do Centro e aquisição dos componentes das cabines	42.150,00	10	4.215,00
e	Produção e aquisição de audiovisuais	37.424,00	10	3.742,40

Item	Investimento Inicial (1º semestre)	Cr\$	Custos de manutenção, revisão e reaplicação (2º ao 10º semestre)	
			%	Cr\$
f	Atendimento dos alunos	7.000,00	100	7.000,00
g	Sistema de avaliação	4.624,00	100	4.624,00
h	Coordenação do Centro pelo professor	3.648,00	100/3	1.216,00
-	Reimpressão dos guias de estudo	-	-	1.312,00
TOTALS		94.946,00		22.109,40

Durante a aplicação inicial (AI) e nas reaplicações (R) do Sistema Audiotutorial, o professor (P), os monitores (Ms), a datilógrafa (D), o laboratorista fotográfico (LF) e o técnico de impressão (TI) trabalharão, aproximadamente, as seguintes horas nas diversas atividades:

	P		Ms		D		LF		TI		TOTALS	
	AI	R	AI	R	AI	R	AI	R	AI	R	AI	R
Guias de estudo	96	9,6	16	1,6	16	16	-	-	24	24	152	51,2
Diapositivos	96	9,6	192	19,2	112	11,2	128	12,8	-	-	528	52,8
Fitas de som	144	14,4	81	8,1	32	3,2	-	-	-	-	257	25,7
Provas	104	104	16	16	8	8	-	-	8	8	136	136
Atendimento	-	-	960	960	-	-	-	-	-	-	960	960
Coordenação	96	32	-	-	-	-	-	-	-	-	96	32
TOTALS	536	169,6	1265	1004,9	168	38,4	128	12,8	32	32	2129	1257,7

Vemos, pois, que o custo de reaplicação, tendo em vista somente as despesas consideradas, é cerca de 23% do custo da aplicação inicial, havendo um aproveitamento do in-

vestimento.

Com exceção do técnico de impressão, as pessoas envolvidas dedicam menos tempo durante a reaplicação. Para o professor, em particular, o tempo é reduzido de 536 para 170 horas durante o semestre.

Na UFRGS, o tempo de atividades de um professor em regime de 20 horas por semana é de 456 horas por semestre. Concluimos, então, que na aplicação inicial do Sistema Audio-tutorial, o professor dedica um tempo maior (536 h) e nas reaplicações um tempo menor (170 h) do que o tempo de atividades estimado para o professor em regime de 20 horas por semana (456 h/semestre), excluídas as férias em todos os cálculos.

Supondo que o curso fosse desenvolvido pelo sistema convencional sem a inclusão de qualquer recurso audiovisual de aprendizagem e sem os múltiplos conjuntos para as aulas de laboratório, ou seja, com o mínimo de gastos, excluídas as despesas que não são computadas aqui, teríamos a seguinte estimativa de custo:

	Cr\$
Professor em regime de 20 horas semanas (456 h/semestre)	17.328,00
Despesas com material, datilografia, impressão e grampeação das 8 provas de avaliação	560,00
Monitor (16 horas) para auxiliar ao professor durante a aplicação das 8 provas para 100 alunos	<u>112,00</u>
Custo total aproximado com o ensino convencional	18.000,00

Verificamos que o custo das reaplicações do Sistema Audiotutorial (Cr\$ 22.109,40) não se afasta muito do custo de um curso convencional sem qualquer recurso adicional (Cr\$ 18.000,00). Cabe ao professor ou organismo interessado decidir, tendo em vista o aqui exposto, se é ou não compensador um investimento inicial em um Centro de Aprendizagem para utilização do Sistema Audiotutorial ou outro sistema semelhante, o que pode depender das necessidades específicas de cada curso, escola ou universidade.

VIII - SUMÁRIO E CONCLUSÕES

No ensino de Física Geral da UFRGS, onde a população alvo é numerosa e extremamente heterogênea, o método convencional expositivo (tradicional, de instrução em grupo) tem se revelado inadequado.

Considerando a instrução individualizada como uma tendência atual do ensino e diante dos primeiros resultados favoráveis obtidos pela utilização do Método Keller, na disciplina Física II (FIS 103) da UFRGS, resolvemos estudar os resultados da aplicação do Sistema Audiotutorial, na mesma disciplina.

Na análise, tivemos em vista o aproveitamento, o tempo médio de estudo, as desistências e a opinião dos alunos, bem como os custos de aplicação e reaplicação do sistema.

Em pequena escala, numa primeira etapa da experiência, comparamos o Sistema Audiotutorial com o tradicional durante um mês, em dois grupos de 18 alunos. Numa segunda etapa, ampliamos essa experiência para um semestre letivo com dois grupos (audiotutorial e tradicional) de 48 alunos. Na terceira e última etapa da experiência, confrontamos um grupo de 60 alunos do Método Keller, que utilizou os recursos do Centro de Aprendizagem do Audiotutorial, com um grupo (também de 60 alunos) do Método Keller, que não teve acesso ao Centro.

Etapa	Grupo Experimental		Grupo de Controle		Tempo de Aplicação
	Tipo de Ensino	Nº de Alunos	Tipo de Ensino	Nº de Alunos	
1 ^a	AT	18	T	18	1 mês
2 ^a	AT	48	T	48	1 semestre
3 ^a	K c/AT	60	K	60	1 semestre
AT: Audiotutorial T : Tradicional K : Keller K c/AT: Keller com Audiotutorial					

TABELA 33 - Três etapas da experiência com o Sistema Audiotutorial.

VIII.1 - CONCLUSÕES SOBRE APROVEITAMENTO, DESISTÊNCIAS E TEMPOS DE ESTUDO DOS ALUNOS

As conclusões que apresentamos são de validade interna e sujeitas às limitações decorrentes de erros de amostragem e incertezas experimentais.

Na 1^a etapa da experiência, realizadas duas verificações de aproveitamento, concluímos que:

1) Na primeira verificação, o resultado obtido pelo grupo experimental foi significativamente superior ao do grupo de controle, e na segunda não houve diferença estatisticamente significativa entre os resultados (ao nível de significância 0,05). A existência de alunos desistentes tornou mais difícil obter diferença estatisticamente significativa entre os resultados da segunda verificação, a última do curso.

2) O tempo médio de estudo do grupo experimenta

tal no Centro de Aprendizagem foi maior do que o tempo médio de aulas assistidas pelos alunos do grupo de controle, e existiu diferença significativa (ao nível 0,01).

3) Não existiu diferença estatisticamente significativa, entre os dois grupos, em termos de estudo extra-classe (registrado pelos alunos e sem o nosso controle quanto à fidedignidade dos registros).

4) Supondo que as desistências tenham ocorrido ao acaso e não sistematicamente, é válida a hipótese estatística de que o número de desistentes nos dois grupos não diferiu significativamente. A probabilidade de que as desistências tenham ocorrido sob essa hipótese nula foi de 22,2%.

Na 2^a etapa da experiência, realizadas seis avaliações de aproveitamento, verificamos que:

1) Somente para a 2^a verificação houve diferença significativa entre os resultados dos dois grupos, ao nível 0,05. Entretanto, em todas as seis verificações, o escore médio dos alunos do grupo experimental superou o correspondente do grupo de controle. Por isso, aceitamos ao nível 0,05 a hipótese estatística de que os escores médios dos alunos do grupo experimental, nas seis verificações, foram superiores aos dos alunos do grupo de controle.

2) Não houve diferença significativa entre os dois grupos, ao nível 0,05, quanto ao número de aprovados e reprovados em todo o curso.

3) O número de desistentes nos dois grupos não diferiu significativamente.

Os dados relativos aos tempos de estudo, na 2^a etapa da experiência, revelaram-se pouco fidedignos e não permitiram uma análise estatística. No entanto, é razoável inferir que:

4) O tempo médio de estudo do grupo experimental nas atividades do audiotutorial foi inicialmente maior do que o tempo médio de assistência a aulas expositivas pelo grupo de controle. Essa diferença diminuiu, chegando a desaparecer, no transcorrer do curso.

5) O tempo médio de estudo extraclasse dos alunos do grupo de controle foi maior do que o do grupo experimental.

Na 3^a etapa da experiência, em que foi utilizado o sistema de avaliação característico do Método Keller para 21 unidades de estudo, averiguamos que:

1) Não existiu diferença estatisticamente significativa, ao nível 0,05, entre o número de alunos aprovados e reprovados dos dois grupos.

2) Não existiu diferença estatisticamente significativa entre os dois grupos, ao nível 0,05, quanto ao número de alunos aprovados com o conceito máximo (A).

3) O número de alunos desistentes no grupo de controle (Keller sem Audiotutorial) foi maior do que no grupo experimental (Keller com Audiotutorial) e existiu diferença estatisticamente significativa, ao nível 0,05, entre o número de alunos desistentes e não desistentes. Os dados sugerem que essa diferença se estabeleceu na 3^a das 21 unidades do curso

e que, aparentemente, os recursos do Centro de Aprendizagem do Audiotutorial agiram como estímulo aos alunos do Método Keller.

Assim como na 2^a etapa da experiência, na 3^a etapa não foi feita a análise estatística dos dados referentes aos tempos de estudo, que consideramos não muito fidedignos. Contudo, os dados sugerem que:

4) Os tempos médios de estudo extraclasse, nos dois grupos da 3^a etapa da experiência, foram aproximadamente iguais.

5) O tempo médio de estudo por unidade, no Centro de Aprendizagem, foi menor na 3^a etapa do que o correspondente da 2^a etapa da experiência.

6) O tempo médio de estudo extraclasse na 3^a etapa foi maior do que o da 2^a etapa da experiência, nos dois grupos de alunos.

VIII.2 - CONCLUSÕES A PARTIR DA OPINIÃO DOS ALUNOS

No capítulo VI analisamos a opinião dos alunos respeitando a validade interna em cada etapa da experiência. Pretendemos, agora, apresentar algumas conclusões gerais obtidas dos questionários através de uma análise global dos mesmos.

Nas três etapas da experiência consideramos como razoável a utilização da Escala Likert para analisar a receptividade dos alunos a cada um dos sistemas de ensino utilizados. Os escores médios obtidos com o uso dessa escala, quando comparados com os máximos possíveis, refletiram uma boa receptividade aos sistemas Audiotutorial, Keller e

Keller com Audiotutorial. Quanto ao sistema de ensino tradicional (expositivo, de instrução em grupo) a opinião dos alunos registrou um escore médio um pouco abaixo daquele que refletiria uma opinião neutra, tendendo ao escore de uma opinião desfavorável.

Na 3^a etapa da experiência não existiu diferença estatisticamente significativa entre os dois grupos, com relação à receptividade dos alunos ao sistema de ensino utilizado em cada grupo. No entanto, existiu diferença significativa ao nível 0,001, quanto à opinião dos alunos sobre a inclusão de algumas aulas teóricas no sistema (o grupo de controle demonstrou necessitar mais de aulas teóricas do que o grupo experimental), o que parece indicar que o grupo do Método Keller com Audiotutorial é mais autosuficiente.

Quando foi utilizado o sistema de avaliação do Método Keller, na 3^a etapa da experiência, os alunos dos dois grupos demonstraram uma opinião desfavorável à utilização simultânea do sistema de ensino por muitas disciplinas. Aparentemente os alunos se preocuparam com o número elevado de testes que resultaria e com a necessidade de obter o conceito máximo em cada unidade de estudo. Com base na opinião dos alunos e na acentuada diferença entre os tempos médios de estudo no Centro de Aprendizagem, nas 2^a e 3^a etapas, parece razoável supor que o uso rígido do sistema de avaliação do Método Keller prejudica o aproveitamento integral dos recursos do Audiotutorial. Na 2^a etapa da experiência, 29 entre 36 alunos julgaram adequado o sistema de avaliação desenvolvido, de 6 provas com direito a recuperação em duas, enquanto que 19 alu

nos informaram que não gostariam do sistema de avaliação do Método Keller.

Com relação à qualidade dos recursos de aprendizagem oferecidos pelo Audiotutorial, as respostas dos alunos foram favoráveis exceto quanto ao isolamento acústico do Centro de Aprendizagem.

No que se refere à utilidade dos componentes do Audiotutorial, destacaram-se como mais úteis para a aprendizagem, na opinião dos alunos, o guia de estudos, os diapositivos, o livro de texto, as consultas ao monitor ou professor e as cabines de estudo individual. A pouca valorização dada pelos alunos aos filmes e aos roteiros para estudo extra-classe, pode ter ocorrido por serem componentes que não estiveram diretamente envolvidos com os sistemas de avaliação utilizados. As fitas de som talvez tenham sido pouco atrativas pois deveriam ser melhor aceitas pelos alunos.

A utilidade atribuída pelos alunos, de uma maneira geral, aos objetivos comportamentais definidos para cada unidade de estudo, foi inferior à da nossa expectativa; esse fato deverá ser analisado em futuras pesquisas.

No grupo envolvido com o sistema de ensino tradicional, na 2^a etapa da experiência, foi digna de nota a valorização dada pelo aluno ao seu próprio estudo individual, no estudo do livro de texto e na resolução de problemas. As solicitações dos alunos para um maior uso de recursos audiovisuais e de mais experimentos de laboratório, também merecem ser destacadas.

VIII.3 - CONCLUSÕES SOBRE OS CUSTOS DE APLICAÇÃO E REAPLICAÇÃO DO SISTEMA AUDIOTUTORIAL

No capítulo VII apresentamos a análise de custos da montagem inicial de um Centro de Aprendizagem (15 cabines), com recursos audiovisuais, para a utilização do Sistema Audiotutorial em um curso de um semestre para 100 alunos.

O custo da aplicação inicial foi estimado em aproximadamente Cr\$ 94.846,00 e o das nove supostas reaplicações em Cr\$ 22.109,40, ou seja, cerca de 23% do investimento inicial, mantidos os valores de 1975. O mesmo curso, desenvolvido pelo sistema de ensino tradicional, foi orçado em Cr\$... 18.000,00, excluídas as mesmas despesas omitidas na análise de custos do Audiotutorial. Com isso, verificamos que o custo de reaplicação do Sistema Audiotutorial é um pouco maior do que o do tradicional. Essa diferença entre os custos tende a desaparecer quando são incluídos os experimentos de laboratório, pois no Audiotutorial o número necessário de conjuntos de uma mesma experiência é menor do que no sistema tradicional.

Constatamos que o tempo dedicado pelo professor no primeiro semestre de aplicação do Audiotutorial foi de aproximadamente 536 horas contra apenas 170 horas nos semestres de reaplicação. Esse último tempo quando comparado com o dedicado por um professor que utilize o sistema de ensino tradicional (estimado em 456 horas por semestre), indicou que o professor do Audiotutorial poderá dedicar mais tempo a uma série de outras atividades voltadas ao aprimoramento do curso, durante os semestres em que for reaplicado.

Esses dois fatos, o baixo custo e a maior disponibilidade de tempo para o professor, que ocorrem nas reaplicações, decorrem de uma maior participação no trabalho do Audiotutorial de outras pessoas, principalmente monitores, bem como de um aproveitamento do investimento inicial feito na montagem do Centro de Aprendizagem e na produção e aquisição de audiovisuais. Acreditamos que, relembrando o problema do ensino de massas inicialmente apresentado neste trabalho, em uma utilização em maior escala do Sistema Audiotutorial, um maior investimento inicial será compensado por reaplicações mais econômicas, principalmente como consequência do melhor aproveitamento do trabalho inicial empregado no planejamento do sistema e na elaboração dos recursos audiovisuais.

VIII.4 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

A técnica de utilização do Sistema Audiotutorial descrita neste trabalho não é exatamente igual à apresentada pelos introdutores do sistema²⁾ e é apenas uma de uma série de opções abertas ao professor.

Ao ser utilizado o Audiotutorial, devem ser consideradas as alternativas existentes, e o plano final de aplicação deve ser planejado localmente para atingir as necessidades específicas de um grupo de estudantes.

Os programas de ensino devem ser efetivos, eficientes e dirigidos às necessidades e habilidades dos estudantes, o que só pode ser atingido pela otimização que inclui o replanejamento subsequente dos programas. Uma das vantagens

do Sistema Audiotutorial é permitir uma reavaliação dos recursos de aprendizagem oferecidos aos alunos, bem como a introdução de modificações e de novos componentes, visando a pesquisa e o aprimoramento do processo ensino-aprendizagem. Os problemas, na logística e na organização, que estão usualmente associados com a tentativa de individualizar um programa educacional, são amplos e oferecem um vasto campo de pesquisas.

Na nossa experiência, consideramos como fato positivo os resultados satisfatórios obtidos já nas primeiras utilizações do Sistema Audiotutorial, levando-se em conta que poderá ser melhorada a qualidade e ampliada a quantidade dos recursos audiovisuais oferecidos aos alunos. Alguns audiovisuais ainda não foram oferecidos e os diapositivos e fitas de som por nós produzidos contaram com pouco apoio de qualquer equipe técnica e deverão ser melhorados. Ao utilizar pela primeira vez o Audiotutorial, pressentíamos as dificuldades e a quantidade de trabalho que iríamos enfrentar, mas moveu-nos um pensamento que aqui relembramos: "Na impossibilidade de produzir o perfeito, não deixe de realizar o possível".

Assim, para aperfeiçoamento dos recursos de aprendizagem, as seguintes atividades, entre muitas, poderão ser desenvolvidas:

a) produzir fitas de som mais atrativas, talvez com um número menor de orientações (que poderão ser escritas) e com gravações mais motivadoras contendo efeitos sonoros, diálogos, palestras com tópicos históricos, filosóficos etc;

b) iniciar a produção de filmes, cogitando do

envolvimento dos próprios alunos nos projetos de produção;

c) aumentar o número dos experimentos de laboratório individualizados;

d) reorganizar programas que atendam melhor às diferenças individuais dos alunos;

e) iniciar a elaboração de instruções programadas;

f) introduzir reuniões de alunos em pequenos grupos razoavelmente homogêneos, para discussão de conteúdos, bem como para possibilitar um maior envolvimento emocional e criativo do aluno no curso;

g) pesquisar as causas da baixa valorização atribuída por alguns alunos aos objetivos comportamentais.

Concluindo, acreditamos que através do Centro de Aprendizagem do Audiotutorial, o Departamento de Física da UFRGS ampliou de forma positiva suas possibilidades didáticas e os estudiosos dos problemas de ensino têm à sua disposição um moderno e vasto campo de estudos.

APÉNDICES

APÊNDICE I

MODELO DO GUIA DE ESTUDOS DO SISTEMA AUDIOTUTORIAL

INSTITUTO DE FÍSICA - UFRGS

FÍSICA II (FIS 103)

2º semestre de 1973

UNIDADE I - CAMPO MAGNÉTICO

(Texto: Halliday & Resnick, vol. II-1, cap. 33)

I - INTRODUÇÃO

Ligue a fita de som da Unidade I.

II - OBJETIVOS

Ao término desta Unidade você deverá ser capaz de:

1) Representar graficamente o campo magnético por meio de linhas de indução, relacionando as propriedades destas linhas com as do vetor indução magnética \vec{B} .

2) Calcular a força que atua sobre uma carga elétrica que se move em uma região do espaço onde existem um campo elétrico e um campo magnético (Força de Lorentz).

3) Calcular o raio de curvatura, a frequência e a velocidade angular do movimento de uma partícula de carga q e massa m que se desloca com velocidade \vec{v} num campo magnético uniforme \vec{B} .

4) Calcular a força que atua sobre um fio condutor, transportando uma corrente elétrica i , colocado num campo externo uniforme \vec{B} .

5) Calcular o torque exercido sobre uma espira condutora de formato qualquer, percorrida por uma corrente elétrica i , colocada num campo magnético externo uniforme \vec{B} .

6) Calcular o torque e a energia potencial associados à orientação de um dipolo magnético em um campo magnético externo uniforme \vec{B} .

III - PROCEDIMENTO SUGERIDO:

1) Objetivos 1 e 2:

a₁) Leia as seções 33-1 e 33-2.

a₂) Ligue o gravador de som após a leitura das secções 33-1 e 33-2.

b₁) Responda a questão 33-1 do livro-texto, no espaço abaixo.

* Espaço adequado à resposta da questão ou à solução do problema.

b₂) Compare sua resposta com a do diapositivo I-2.

c₁) Responda a questão 33-2 do livro-texto, no espaço abaixo.

*

c₂) Confira sua resposta com a do diapositivo I-3.

d₁) Responda a questão 33-3.

*

d₂) Compare sua resposta com a do diapositivo I-4; ligue o gravador de som para receber maior orientação.

e₁) Responda a questão 33-4.

*

e₂) Compare sua resposta com a do diapositivo I-5.

f₁) Leia a secção 33-8 (a experiência de Thomson).

f₂) Ligue o gravador de som após a leitura da secção 33-8.

g₁) Responda a questão 33-6 no espaço abaixo.

*

g₂) Projete o diapositivo I-6 e ligue o gravador para maiores explicações.

h₁) Responda a questão 33-14 no espaço abaixo.

*

h₂) Projete o diapositivo I-7 e ligue o gravador para maiores explicações.

h₃) Projete o diapositivo I-8 e ligue o gravador para maiores explicações.

i₁) Responda a questão 33-17.

*

i₂) Compare sua resposta com a do diapositivo I-9.

j₁) Resolva o problema 33-34 no espaço abaixo.

Dados Complementares: $1 \text{ eV} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ J}$

* $m_{\text{elêtron}} = 9,1 \times 10^{-31} \text{ Kg}$

j_2) Se você necessitar de auxílio para resolver o problema 33-34, projete o diapositivo I-10.

j_3) Projete o diapositivo I-11 (solução do problema 33-34).

2) Objetivo 3:

a_1) Leia a seção 33-6.

a_2) Ligue o gravador de som após a leitura da seção 33-6.

b_1) Examine o exemplo 6 e resolva o problema 33-19.

b_2) Se você necessitar de auxílio para resolver o problema 33-19, projete o diapositivo I-12.

b_3) Projete o diapositivo I-13 (solução do problema 33-19).

c_1) Resolva o problema 33-28 no espaço abaixo.

*

c_2) Se você necessitar de auxílio para resolver o problema 33-28, projete o diapositivo I-14.

c_3) Projete o diapositivo I-15 (solução do problema 33-28).

3) Objetivo 4:

a_1) Leia a seção 33-3.

a_2) Ligue o gravador de som após a leitura da seção 33-3.

b) Realize a experiência "Força Magnética Sobre uma Corrente Elétrica".

O material e as instruções para a realização da experiência encontram-se nesta mesma sala, em local a ser indicado pelo Instrutor.

Obs.: Se o material estiver sendo utilizado por um colega, ocupe-se respondendo as questões e os problemas que seguem.

c_1) Resolva o problema 33-3 no espaço abaixo.

*

c_2) Projete o diapositivo I-16 e confira a sua solução do problema 33-3.

d_1) Resolva o problema 33-4 no espaço abaixo.

*

d₂) Confira sua solução do problema 33-4 com a do diapositivo I-17.

e₁) Resolva o problema 33-6 no espaço abaixo.

*

e₂) Projete o diapositivo I-18 e confira a sua solução do problema 33-6.

f₁) Resolva o problema 33-7 no espaço abaixo.

*

f₂) Confira sua solução do problema 33-7 com a do diapositivo I-19.

g₁) Resolva o problema 33-8 no espaço abaixo.

*

g₂) Projete o diapositivo I-20 e confira a sua solução do problema 33-8.

4) Objetivos 5 e 6:

a₁) Leia a secção 33-4.

a₂) Ligue o gravador de som após a leitura da secção 33-4.

b₁) Responda a seguinte questão extra:

Na figura 33-8(b):

1º) Quais a direção e o sentido de $\vec{\mu}$?

2º) Quais a direção e o sentido de $\vec{\tau}$?

3º) Qual a tendência natural de rotação da espira, em termos da orientação relativa entre $\vec{\mu}$ e \vec{B} ?

*

b₂) Projete o diapositivo I-21 e compare com sua resposta dada à questão extra.

c₁) Responda a questão 33-8.

*

c₂) Confira sua resposta com a do diapositivo I-22.

d₁) Resolva o problema 33-11 no espaço abaixo.

*

d₂) Compare sua solução com a do diapositivo I-23.

e₁) Resolva o problema 33-14 no espaço abaixo.

*

e₂) Confira sua solução com a do diapositivo I-24.

f₁) Examine o exemplo 4 e responda a questão 33-9.

*

f₂) Compare sua resposta com a do diapositivo I-25.

5) Ligue o gravador (última orientação gravada).

IV - SUGESTÃO PARA TRABALHO EXTRACLASSE

1) Leitura opcional

a) A secção 33-5 é considerada opcional, ou seja, seu conteúdo não será exigido em provas de avaliação. Trata-se de uma evidência experimental de que, nos metais, os transportadores de cargas são negativos (elétrons).

b) A secção 33-7 (o cíclotron) é considerada opcional e o seu conteúdo também não será exigido em provas.

2) Questões e problemas adicionais: como exercício, sugere-se que sejam também respondidas as questões 33-10, 13 e 15 e resolvidos os problemas 33-3, 10, 13, 18, 19, 20 e 35.

3) Respostas dos problemas pares:

10) Veja no livro.

$$18) r_p = r_\alpha = \sqrt{2} \frac{r_d}{2}$$

20) 1,7 cm.

APÊNDICE II

MODELO (FRAGMENTO) DE ROTEIRO PARA GRAVAÇÃO DA FITA DE SOM

T: Técnica

L: Locutor

T: Cortina musical inicial (20s).

L: Fita de som da Unidade I.

Você está iniciando o estudo do capítulo 33 do livro de texto: O Campo Magnético.

T: Cortina musical (CM) (10s).

L: Como introdução podemos informar o seguinte: Você desenvolverá o estudo dos chamados fenômenos magnéticos de maneira bastante simples e análoga ao estudo que fez para o campo elétrico, ou seja, você primeiro tomará contato com os conceitos de força magnética, linhas de indução do campo magnético e com um vetor que caracteriza o campo magnético.

T: CM (10s).

L: Em unidades anteriores você calculou forças atuando em cargas elétricas, sem considerar suas velocidades, mas, na verdade, a força total que atua numa carga elétrica depende não só de sua posição mas também de sua velocidade.

T: CM (10s).

L: Cada ponto do espaço é caracterizado por duas grandezas vectoriais que determinam a força sobre qualquer carga elétrica. Uma delas, a qual origina a força elétrica, é o campo elétrico, e a segunda, que origina a força magnética, é o campo magnético.

A força magnética, no entanto, depende da velocidade da carga. Em um dado ponto do espaço tanto a direção como a intensidade da força magnética dependem da direção do movimento da carga. O conceito de movimento é relativo e, conseqüentemente, forças magnéticas estão relacionadas com cargas em movimento relativo. Em outras palavras: a força magnética pode existir para um observador situado num dado sistema de referência e não existir para outro observador situado em outro sistema de referência no qual a carga está em repouso.

T: CM (10 s).

L: A idéia básica com a qual você deve acostumar-se é a de que forças magnéticas e forças elétricas podem ser consideradas como diferentes manifestações de um único campo, o campo eletromagnético. Eletricidade e magnetismo não são coisas independentes e devem ser consideradas juntamente num único campo eletromagnético. Didaticamente, no entanto, é mais conveniente estudá-las separadamente. Por esta razão, nesta Unidade I e na Unidade II você estudará o campo magnético separadamente do campo elétrico. À medida que o estudo prossegue, no entanto, essa divisão não é mais sustentável, como você observará a partir da Unidade III.

T: CM (10s) e BG (back ground).

L: Você pode observar que no guia de estudos sob a numeração II é apresentada uma série de seis objetivos. Estes objetivos especificam o que você deverá atingir ao término desta unidade, ou seja: o que você deverá ser capaz de fazer ao final do estudo do capítulo 33. Estes objetivos serão avaliados na próxima verificação.

T: CM (10s) e BG.

L: Inicie o procedimento sugerido no guia de estudos. Retire os fones e desligue o gravador.

T: Desligue o sistema de gravação.
Final da 1^a etapa; 20s sem gravação.

T: Cortina musical inicial (20s).

L: Vamos salientar os aspectos mais importantes da secção 33-1. Acompanhe com o livro de texto.

T: CM (10s).

L: Você notou que é introduzido um vetor indução magnética, representado por um \vec{B} maiúsculo, e que este vetor está relacionado com as linhas de indução de uma maneira análoga ao vetor campo elétrico.

Ou seja:

A reta tangente a uma linha de indução num ponto qualquer dá a direção do vetor \vec{B} neste ponto,

e,

as linhas de indução são traçadas de tal maneira que o nú-

mero de linhas que atravessam, por unidade de área, uma superfície perpendicular às mesmas é proporcional ao módulo do vetor \vec{B} na região considerada.

Também de maneira análoga ao que foi feito para o campo elétrico, para o campo magnético é definido o fluxo de \vec{B} na equação 33-1.

T: CM (10s).

L: Vamos destacar o mais importante da seção 33-2 e apresentar algumas informações complementares.

Observe a equação 33-3a.

Força é igual ao produto vetorial de $q_0 \vec{v}$ pelo vetor \vec{B} .

A equação 33-3a é a definição vetorial do vetor \vec{B} . Você deve memorizá-la e procurar entender o seu significado.

Através dessa equação você verifica que a força \vec{F} é sempre perpendicular ao plano formado por \vec{v} e \vec{B} . Portanto, é perpendicular a \vec{v} e também é perpendicular a \vec{B} .

Você pode notar também que a força \vec{F} se anula quando a velocidade é zero, e que a força magnética também se anula se o vetor velocidade for paralelo ou antiparalelo a \vec{B} , pois seno de zero, ou seno de cento e oitenta graus, é zero.

Se o vetor velocidade for perpendicular a \vec{B} , o ângulo entre eles será de noventa graus, caso em que a força \vec{F} assume o valor máximo pois seno de noventa graus é máximo, ou seja, igual a um.

T: CM (10s).

L: Variando a direção da velocidade da carga, notaremos que para uma determinada direção a força magnética que atua nesta carga se anula num dado ponto. Esta direção é a direção do vetor indução magnética \vec{B} , nesse ponto em que a força se anulou.

Vamos estabelecer uma regra que nos permita indicar o sentido dos vetores \vec{F} , \vec{v} e \vec{B} da equação definitiva 33-3a. Para isto projete o diapositivo I-1. Desligue o gravador e volte a ligá-lo após projetado o diapositivo I-1.

T: Intervalo sem gravação (20s).

L: Na tela aparece projetada uma mão direita. A regra da mão direita é usada quando as cargas em movimento são positivas.

Para cargas positivas, o polegar da mão direita aponta no sentido da velocidade das cargas; os demais dedos apontam no sentido do vetor \vec{B} e o vetor força sai da palma da mão. O sentido da força pode ser obtido através da simulação de um tapa, daí a denominação "regra do tapa".

Se as cargas em movimento forem negativas, basta simplesmente trocar de mão, ou seja: para cargas negativas em movimento num campo magnético, use a mão esquerda.

Desligue o projetor de diapositivos ...

Desligou ? ... Certo!

Aplique, agora, a regra da mão direita (regra do tapa) à figura 33-3 do livro de texto ... Localizou? Figura 33-3 ... Cuidado para não "quebrar" o pulso ...

Polegar para a velocidade, demais dedos para o vetor \vec{B} e palma da mão para cima; não é isto? ...

Logo, força magnética para cima naquele ponto.

T: CM (10s).

L: Observe a figura 33-4 ... Figura 33-4 ...

Nela você pode ver que a trajetória de uma partícula, em um campo magnético, é circular. As trajetórias espiraladas simplesmente indicam que as cargas diminuem a velocidade nos choques com as bolhas da câmara. A força magnética é sempre perpendicular à direção do movimento, o que implica em trabalho realizado pela força magnética igual a zero, pois cosseno de 90 graus é igual a zero.

T: CM (10s).

L: Observe a equação 33-4 ... Equação 33-4 ...

Esta é a expressão da chamada Força de Lorentz. Ela nos fornece a força resultante sobre uma partícula carregada que se movimenta em uma região onde existem campos elétrico e magnético, ao mesmo tempo.

T: CM final (10s) e BG.

L: Volte ao guia de estudos.

Retire os fones e desligue o gravador.

T: Desligue o sistema de gravação.

Final da 2^a etapa; 20s sem gravação.

T: CM inicial (20s)

L: No diapositivo I-4 aparece a resposta à questão 33-3. De acordo com a questão proposta, você observa uma figura que apresenta o vetor \vec{B} com sentido para baixo, e o feixe de elétrons dirigido para frente.

T: CM (10s).

L: Note que na resposta está escrito o seguinte:

como são cargas negativas (elétrons) invertemos o sentido da velocidade ao aplicarmos a regra da mão direita, e aparece, então, um diagrama dos três vetores com a velocidade \vec{v} invertida em relação ao sentido da primeira figura.

Então, esta é outra possibilidade de você usar a regra do tapa, ou seja:

quando se tratar de cargas elétricas negativas, em movimento em um campo magnético, você tem duas opções:

(acompanhe usando as suas mãos)...

1^a) usando a mão direita inverter o sentido da velocidade (polegar) quando se tratar de cargas negativas.

Então: velocidade para fora da tela,

\vec{B} para baixo,

e força (tapa) para a direita.

Ou,

uma 2^a opção: quando se tratar de cargas negativas, usar a mão esquerda. Use a mão esquerda na figura onde aparece o homenzinho ... Velocidade para dentro da tela, \vec{B} para baixo e força (tapa) para a direita.

Certo!? ... Fácil, não é?

Desligue o projetor de diapositivos ...

Retorne ao guia de estudos e desligue o gravador.

T: Desligue o sistema de gravação.

Final da 3^a etapa; 20s sem gravação.

T: CM (20s) e BG.

L: Você concluiu as atividades, no centro de aprendizagem, relativas ao capítulo 33. É importante que você dedique algumas horas de estudo em casa, reforçando a sua aprendiza-

gem através de uma revisão do trabalho que desenvolveu.

T: CM e BG.

L: Como sugestão para trabalho extraclasse (última página do guia de estudos), indicamos a leitura opcional das secções 33-5 e 33-7.

Cinco questões e sete problemas adicionais também são propostos. São dadas as respostas dos problemas pares: as respostas dos ímpares se encontram no fim do livro.

É importante que você tente resolver estas questões e problemas e, em caso de dúvidas, venha consultar-nos.

T: CM final e BG.

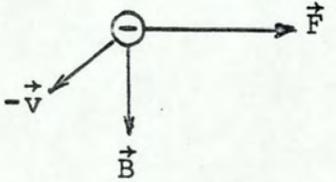
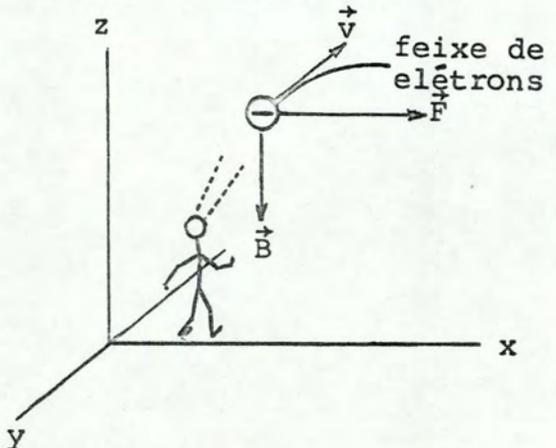
L: Essa foi a última orientação gravada desta Unidade I. Retire os fones e desligue o gravador.

T: Desligue o sistema de gravação.

Final da 11^a e última etapa da gravação.

FIM

Resposta à questão 33-3



Como são cargas negativas (elêtrons), invertemos o sentido da velocidade ao aplicarmos a regra da mão direita à equação

$$\vec{F} = q \vec{v} \times \vec{B}$$

e teremos:

- Mão direita:
- $-\vec{v}$: polegar
- \vec{B} : indicador
- \vec{F} : médio

Logo, \vec{B} aponta para baixo.

Veja outro modelo na
 folha seguinte.

Orientação à solução do Problema 33-28

$$\text{Utilize } F_{\text{magnética}} = F_{\text{centrípeta}}; \quad qvB = M \frac{v^2}{r} \rightarrow v = \frac{qBr}{M}$$

e

$$E_{\text{cinética}} = qV = \frac{1}{2} M v^2$$

Determine M a partir das duas equações acima e obtenha a expressão indicada no enunciado do problema. Note que $r = \frac{x}{2}$.

Solução do Problema 33-28

$$F_{\text{magnética}} = F_{\text{centrípeta}}; \quad qvB = M \frac{v^2}{r} \quad v^2 = \frac{q^2 B^2 r^2}{M^2};$$

$$E_{\text{cinética}} = qV = \frac{1}{2} M v^2 = \frac{q^2 B^2 r^2}{2M};$$

$$\text{logo, } M = \frac{q B^2 r^2}{2V} = \frac{q B^2 (x/2)^2}{2V} = \frac{q B^2}{8V} x^2.$$

UNIDADE CAPÍTULO	I 33	II 34	III 35 e 36	IV 37 e 38	Nº TOTAL NAS 4 UNIDADES
<u>No Guia de Estudos</u>					
Nº de Secções do livro de texto	6	5	9	5	25
Questões do livro de texto	9	2	6	1	18
Problemas do livro de texto	10	11	13	3	37
Questões extras	1	5	2	3	11
Problemas extras	0	1	1	3	5
Objetivos	6	6	12	8	32
<u>No Centro de Aprendizagem</u>					
Nº de Diapositivos	25	26	26	11	88
Experiências	1	3	2	0	6
Filmes	0	0	1	0	1
Etapas de gravação	11	7	8	6	32
<u>Extraclasse (opcional)</u>					
Nº de Secções do livro de texto	2	1	1	10	14
Questões do livro de texto	3	9	5	3	20
Problemas do livro de texto	7	6	5	2	20
Problemas extras	0	0	0	2	2

UNIDADE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	Nº TOTAL NAS
CAPÍTULO	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	13 UNIDADES
<u>No Guia de Estudos</u>														
Nº de Secções do livro	7	6	5	7	6	4	5	6	5	6	5	5	3	70
Questões do livro	4	7	5	6	6	7	7	7	2	6	4	3	0	64
Problemas do livro	6	10	12	10	16	7	10	10	11	8	11	4	3	118
Questões extras	1	0	0	1	1	4	0	1	5	1	1	6	1	22
Problemas extras	0	5	0	3	0	0	1	0	1	0	1	0	3	14
Objetivos	6	6	7	6	6	5	5	6	6	7	7	7	6	80
<u>No Centro de Aprendizagem</u>														
Nº de diapositivos	18	28	24	26	24	19	22	25	26	18	19	13	8	270
Experiências	1	0	0	1	0	1	0	1	3	2	0	0	0	9
Filmes	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	3
Etapas de gravação	5	8	8	10	10	6	7	13	7	5	7	4	5	95
<u>Extraclasse (opcional)</u>														
Nº de Secções do livro	0	0	2	2	1	1	3	2	1	1	1	2	6	22
Questões do livro	3	3	3	7	3	2	1	3	9	3	4	0	1	42
Problemas do livro	3	4	6	8	6	2	3	7	6	4	6	0	2	57
Problemas extras	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	4

APÊNDICE VI

ROTEIRO DE ESTUDOS DO GRUPO DE CONTROLE DA 2^a ETAPA DA EXPERIÊNCIA

INSTITUTO DE FÍSICA - UFRGS

FÍSICA II (FIS 103)

1º semestre de 1974

UNIDADE VIII - CAMPO MAGNÉTICO

(Texto: Halliday & Resnick, vol. II-1, cap. 33)

OBJETIVOS: Ao término desta Unidade você deverá ser capaz de:

1 a 6 (os mesmos do Apêndice I)

ROTEIRO DE ESTUDO:

1) Objetivos 1 e 2:

a) Secções: 33-1, 2 e 8.

b) Questões: 33-1, 2, 3, 4, 6, 14 e 17.

c) Problema 33-34.

2) Objetivo 3:

a) Secção 33-6.

b) Problemas: 33-19 e 28.

3) Objetivo 4:

a) Secção 33-3.

b) Problemas: 33-3, 4, 6, 7 e 8.

4) Objetivos 5 e 6:

a) Secção 33-4.

b) Questões 33-8 e 9.

c) Problemas: 33-11 e 14.

5) Trabalho extraclasse:

a) As secções 33-5 e 7 são consideradas opcionais, ou seja, seus conteúdos não serão exigidos em provas de avaliação.

b) Questões e problemas adicionais:

questões 33-10, 13 e 15;

problemas 33-3, 10, 13, 18, 19, 20 e 35.

c) Respostas dos problemas pares:

10) veja no livro

18) $r_p = r_\alpha = \sqrt{2} r_d/2$

20) 1,7 cm

APÊNDICE VII

UNIDADES DE ESTUDO DA 3^a ETAPA DA EXPERIÊNCIA (29 SEM/1974)

- I) Carga elétrica e força elétrica
- II) Campo elétrico I
- III) Campo elétrico II
- IV) Lei de Gauss
- V) Potencial elétrico
- VI) Laboratório: estudo de um campo elétrico
- VII) Capacitores e dielétricos
- VIII) Corrente elétrica e resistência elétrica
- IX) Laboratório: resistores lineares e não lineares
- X) Força eletromotriz e circuitos
- XI) Laboratório: circuito RC
- XII) Campo magnético
- XIII) Lei de Ampère
- XIV) Lei de Biot-Savart
- XV) Lei de Faraday
- XVI) Indutância
- XVII) Laboratório: indução eletromagnética
- XVIII) Lei de Gauss do magnetismo e propriedades magnéticas da matéria
- XIX) Oscilações eletromagnéticas
- XX) Laboratório: Circuito RLC
- XXI) Corrente de deslocamento e equações de Maxwell

APÊNDICE VIII

MODELO DO ROTEIRO DE ESTUDOS DO MÉTODO KELLER

INSTITUTO DE FÍSICA - UFRGS

FÍSICA II (FIS 103)

2º semestre de 1974

UNIDADE XII - CAMPO MAGNÉTICO

(Texto: Halliday & Resnick, vol. II-1, cap. 33)

I - INTRODUÇÃO:

(Semelhante à introdução do roteiro para gravação da fita de som. Ver Apêndice II.)

II - OBJETIVOS:

1 a 6 (os mesmos do Apêndice I)

III - PROCEDIMENTO SUGERIDO:

a) Leia as secções 33-1 e 33-2. As equações mais importantes dessas secções são as equações: 33-1 (na qual o fluxo magnético ϕ_B é definido de maneira análoga à definição do fluxo elétrico ϕ_E), 33-3a (equação definidora de \vec{B}) e 33-4 (força de Lorentz).

b) Responda as questões 33-1, 3, 4, 5, 6 e resolva o problema 33-1.

c) Leia a secção 33-8, responda a questão 33-17 e resolva o problema 33-34.

d) Leia as secções 33-6 e 7. Deduza as expressões de r , f e ω a partir da 2ª Lei de Newton. Não se preocupe em memorizar cada uma das equações dessas secções; procure saber como deduzi-las quando delas necessitar na solução de um problema.

e) Responda a questão 16 e resolva os problemas 33-19, 25, 28, 29 e 30.

f) Leia a secção 33-3, responda a questão 33-7 e resolva os problemas 33-4, 6, 9 e 10.

g) Leia a secção 33-4 e analise detidamente os exemplos 3 e 4. A equação mais importante dessa secção é a equação 33-11. Observe como ela é semelhante à equação 27-11. Logo abaixo da equação 33-11 está explicado como se determina a dire -

ção e o sentido do momento de dipolo magnético de uma espira. Isso é importante na solução de problemas.

h) Responda as questões 33-8 e 10, resolva os problemas 33-11 e 14.

i) A secção 33-5 é considerada opcional, ou seja, seu conteúdo não será exigido em testes. Trata-se de uma evidência experimental de que, nos metais, os portadores de carga são negativos (elétrons).

j) Respostas dos problemas pares:

4) 0,4 A

6) $v = \frac{i dB}{m} t$; direção horizontal, sentido para a esquerda (ver figura).

14) 2,5 A

34) $1,7 \cdot 10^{-4} \text{ wb/m}^2$

APÊNDICE IX

QUESTIONÁRIO FINAL - PRIMEIRA PARTE

AOS ALUNOS QUE UTILIZARAM O AUDIOTUTORIAL

Ao lado das afirmações, marque X na correspondente à sua opinião. A convenção é a seguinte: marque CF se você concorda fortemente com a afirmação; C se você simplesmente concorda; SO (sem opinião) se você não tem opinião formada em relação à afirmativa; D se você simplesmente discorda do que foi afirmado e DF se você discorda fortemente.

1^a Etapa: 15 alunos

2^a Etapa: 39 alunos

3^a Etapa: 35 alunos

PERCENTAGENS

	CF	C	SO	D	DF	Etapa
1) De um modo geral, me senti satisfeito com o Sistema Audiotutorial usado no final do curso de Física II.	60	40				1º
	59	41				2º
2) Gostaria que todo o curso tivesse sido organizado pelo Sistema Audiotutorial.	66	27	7			1º
3) Acho que teria tido maior proveito nessa parte final do curso se tivesse continuado no grupo convencional ao invés do Audiotutorial.				60	40	1º
4) Acho que teria tido maior proveito no curso se tivesse estudado no grupo convencional ao invés do Audiotutorial.		2	13	41	44	2º
5) Creio que, relativamente ao sistema convencional, o Sistema Audiotutorial é muito mecânico e frio.	7	13	53	27		1º
		8	8	59	25	2º
			11	46	43	3º

PERCENTAGENS

	CF	C	SO	D	DF	Etapa
6) De um modo geral, achei a forma audiotutorial de apresentação do conteúdo mais estimulante <u>in</u> telectualmente do que a forma expositiva convencional.	27	73				1º
	31	51	8	5	5	2º
	40	34	14	12		3º
7) Achei mais difícil estudar o conteúdo individualmente, pelo Sistema Audiotutorial, do que pelo sistema convencional de aulas expositivas.		7		27	66	1º
	8	8	5	43	36	2º
	3	14	6	34	43	3º
8) Tenho a impressão de que aprendi melhor o conteúdo que estudei pelo Sistema Audiotutorial do que se tivesse estudado o mesmo conteúdo assistindo aulas expositivas.	53	47				1º
	36	49	13	2		2º
	43	34	14	9		3º
9) Se pudesse optar, não me matricularia numa disciplina onde fosse usado o Sistema Audiotutorial.				27	73	1º
			10	54	33	2º*
	3		11	43	43	3º
10) Senti falta das aulas expositivas; o Sistema Audiotutorial deveria incluí-las.		20	27	20	33	1º
11) Senti falta das aulas expositivas (de integração); o Sistema Audiotutorial deveria incluí-las em maior quantidade.	8	18	3	51	20	2º
12) Uma das vantagens do sistema é a de que o aluno pode trabalhar mais de acordo com seu próprio ritmo.	80	7		13		1º
	36	46	8	10		2º
13) O Sistema Audiotutorial requer mais concentração por parte do aluno.	87	13				1º
	21	56	8	10	5	2º
	34	43	9	11	3	3º

* A soma não totaliza 100% devido a questionário(s) em branco.

PERCENTAGENS

	CF	C	SO	D	DF	Etapa
14) A programação audiotutorial não foi suficientemente bem organizada para que o aluno pudesse estudar sozinho.				53	47	1º
		5	10	51	34	2º
		9	3	54	34	3º
15) Não tive por parte do professor ou do monitor a assistência individual necessária.				20	80	1º
		2	8	36	52	2º*
16) Não gostaria de cursar Física III numa turma onde fosse usado o Sistema Audiotutorial.				47	53	1º
			8	54	38	2º
17) Recomendaria a meus amigos que ainda não fizeram Física II que o fizessem numa turma onde fosse usado o Sistema Audiotutorial.	60	33	7			1º
	41	38	15	3	3	2º
	51	34	9		6	3º
18) Uma das vantagens do sistema é a de que o aluno participa ativamente do processo de aprendizagem.	66	27	7			1º
	36	51	10	3		2º
19) O uso de recursos audiovisuais é apenas uma sofisticação que não traz proveito maior para o aluno.				13	87	1º
			3	33	64	2º
				51	49	3º
20) A programação audiotutorial é, de um modo geral, mais motivadora para o estudante do que a programação expositiva tradicional.	67	33				1º
	51	39	5	5		2º
	43	31	17	6	3	3º

* A soma não totaliza 100% devido a questionário(s) em branco.

APÊNDICE X

QUESTIONÁRIO FINAL - SEGUNDA PARTE

AOS ALUNOS QUE UTILIZARAM O AUDIOTUTORIAL

I) Dê sua opinião (assinale com um X) sobre o grau de utilidade, para sua aprendizagem, de cada um dos componentes do Sistema Audiotutorial abaixo relacionados. A convenção é a seguinte:

M.U. (muito útil), U (útil), P.U. (pouco útil), I (inútil, sem valor).

1^a Etapa: 15 alunos

2^a Etapa: 39 alunos

3^a Etapa: 35 alunos

	Etapa	M.U. %	U. %	P.U. %	I. %
1) Fitas de som	1 ^a	66	20	7*	
	2 ^a	38	41	21	
	3 ^a	28	40	26	6
2) Guias de estudos		93	7		
		87	13		
		91	9		
3) Livro de texto		67	33		
		72	28		
		77	17	6	
4) Experimentos de laboratório		73	27		
		26	56	18	
		11	54	23	6*
5) Filmes		27	66	7	
		21	58	21	
		14	23	46	14*
6) Diapositivos		87	13		
		85	15		
		91	9		
7) Consultas ao professor ou monitor		67	33		
		33	54	13	
		60	34	6	

* A soma não totaliza 100% devido a questões em branco.

	M.U. %	U. %	P.U. %	I. %
8) Objetivos de cada unidade	33	40	27	
	33	39	28	
	37	48	9	3*
9) Roteiro para trabalho extraclasse	20	53	20	7
	10	44	23	23
	17	20	49	11*
10) Cabines para estudo individual	73	27		
	61	36	3	
	63	31	3*	
11) Aulas de integração	-	-	-	-
2 ^a Etapa:	10	41	33	16
	-	-	-	-

II) Avaliação do material usado.

Convenção: O (ótimo), B (bom), R (regular), M (mau), P (pésimo).

1^a Etapa: 15 alunos

2^a Etapa: 39 alunos

3^a Etapa: 35 alunos

	Etapa	O %	B %	R %	M %	P %
1) Material impresso						
a) disposição gráfica	1 ^a	53	47			
	2 ^a	36	51	13		
	3 ^a	37	60*			
b) qualidade de impressão		47	53			
		26	72	2		
		49	49	2		
c) erros de impressão		27	33*			
		15	54	28*		
		40	40	9*		
d) desenhos		47	53			
		15	64	21		
		34	43	23		

* A soma não totaliza 100% devido a questões em branco.

	Etapa	O %	B %	R %	M %	P %
2) Fitas gravadas						
a) qualidade da gravação	1 ^a	67	33			
	2 ^a	8	74	15	3	
	3 ^a	31	49	11	6*	
b) voz do locutor		40	60			
		5	54	36	5	
		23	51	20*		
c) ritmo de locução		46	40	7*		
		23	54	20	3	
		46	31	20*		
d) cortinas musicais		40	40	20		
		36	38	23	3	
		63	28	3	3*	
e) passagem voz-música		40	53	7		
		28	56	16		
		46	42	6		3*
3) Diapositivos						
a) qualidade		66	27	7		
		26	59	13	2	
		48	43			3*
b) clareza de informação		73	27			
		31	59	10		
		77	11	9*		
c) disposição gráfica		73	27			
		23	62	15		
		54	34	6	3*	
4) Cabines						
a) espaço		60	40			
		39	51	5	5	
		46	46	5*		
b) iluminação		47	53			
		39	44	13	2*	
		40	46	3	8	

* A soma não totaliza 100% devido a questões em branco.

	Etapa	O	B	R	M	P
		%	%	%	%	%
c) comodidade	1 ^a	20	53	27		
	2 ^a	15	33	44	5	3
	3 ^a	20	46	23	3	5*
d) cor		20	67	13		
		21	53	21	5	
		28	60	3	3*	
5) Centro de Aprendizagem		47	47	6		
a) ambiente para estudo		16	38	41	5	
		43	37	14	3*	
b) isolamento acústico		13	20	27	40	
		3	3	41	38	15
		17	26	26	14	14*
c) iluminação		47	53			
		15	62	20		3
		37	45	6	6	3*
6) Experimentos de laboratório		40	53	7		
a) qualidade do equipamento		20	67	10	3	
		29	51	11	3*	
b) clareza das instruções		66	27	7		
		23	56	21		
		17	31	40	3	3*

APÊNDICE XI

PRIMEIRA SECÇÃO DA PRIMEIRA PARTE DO QUESTIONÁRIO FINAL DO GRUPO DE CONTROLE (SISTEMA DE ENSINO CONVENCIONAL) DA SEGUNDA ETAPA DA EXPERIÊNCIA

Responderam: 25 alunos

- 1) Qual das maneiras abaixo você acha mais apropriada para que você entenda um determinado assunto em Física ?
- a) Uma aula teórica onde o assunto é abordado mais fenomenologicamente. 3 alunos
- b) Uma aula teórica onde o assunto é apresentado através de manipulação das relações matemáticas envolvidas, seguida de resolução de problemas. 7 alunos
- c) Uma breve exposição seguida de discussão. nenhum aluno
- d) Apresentação do assunto através de demonstrações, filmes, diapositivos, etc. 10 alunos
- e) Um roteiro para estudo individual, juntamente com a oportunidade de discutir suas dúvidas com o professor. 7 alunos

OBS.: A soma totaliza mais de 25 alunos devido a:
 uma resposta dupla, a e b
 uma resposta dupla, b e d.

Convenção para as questões seguintes:

F: Fundamentais

MU: Muito úteis

U: Úteis

D: Desnecessárias

	F	MU	U	D
2) Num curso de Física (no qual é adotado um livro de texto), para compreender um assunto você julga que as aulas teóricas, nas quais o professor expõe esse assunto, são:	8	6	10	1

- 3) Quanto às aulas de problemas, nas quais o professor resolve problemas-modelo, você acredita que são:
- 4) Quanto às aulas de laboratório, sua opinião é que são:
- 5) Quanto ao estudo individual, no livro de texto, você julga que é:
- 6) Quanto a resolver, você mesmo, os problemas indicados pelo professor, você acredita que é:
- 7) Quanto à definição de objetivos do curso, você acredita que é:
- 8) Quanto à indicação de bibliografia suplementar, onde você possa ver o assunto sob outro ponto de vista, elucidá-lo ou aprofundá-lo, você acredita que é:

F	MU	U	D
11	6	7	1
5	8	10	2
18	3	4	0
12	8	5	0
7	7	11	0
1	2	17	5

APÊNDICE XII

SEGUNDA SECÇÃO DA PRIMEIRA PARTE DO QUESTIONÁRIO FINAL DO GRUPO DE CONTROLE (SISTEMA DE ENSINO CONVENCIONAL) DA SEGUNDA ETAPA DA EXPERIÊNCIA

Responderam: 25 alunos

Ao lado das afirmações, marque X na correspondente à sua opinião. A convenção é a seguinte: marque CF se você concorda fortemente com a afirmação; C se você simplesmente concorda; SO (sem opinião) se você não tem opinião formada em relação à afirmação; D se você simplesmente discorda do que foi afirmado e DF se você discorda fortemente.

	CF	C	SO	D	DF
1) Recomendaria a meus amigos que ainda não fizeram Física II que o façam numa turma onde será usado este mesmo sistema.	1	1	14	6	3
2) Muitas vezes tive dificuldades em acompanhar o ritmo imposto ao curso pelo professor.	2	7	2	8	6
3) Gostaria de ter tido oportunidade de trabalhar de acordo com meu próprio ritmo durante o curso.	4	9	8	2	2
4) De modo geral, estudei Física II apenas na véspera das provas.	2	14	0	6	3
5) Não tive muitas oportunidades de conhecer e interagir com meus colegas de aula.	4	7	4	4	5*
6) O sistema de ensino adotado não permite que o aluno supra suas deficiências de conteúdo antes que as mesmas influenciem negativamente em sua aprovação.	6	9	5	5	0

*A soma não totaliza 25 alunos devido a questões em branco.

	CF	C	SO	D	DF
7) Muitas vezes eu poderia ter avançado na aprendizagem do conteúdo em ritmo mais acelerado do que o imposto pelo professor.	0	5	7	12	1
8) Tive sempre acesso fácil ao professor quando necessitei consultar e tirar dúvidas.	5	10	8	2	0
9) O sistema de ensino adotado em minha turma neste semestre favorece a aquisição dos conceitos básicos da Física pelo aluno.	0	8	10	4	2*
10) O sistema de aulas expositivas favorece a aquisição de uma idéia global do conteúdo da disciplina.	3	12	6	4	0
11) Não tive neste curso a atenção individual que gostaria de ter tido.	4	7	7	5	2
12) As aulas de laboratório foram bem inseridas na estrutura do curso.	0	2	9	3	11
13) As aulas de laboratório proporcionaram boas ilustrações do conteúdo estudado nas aulas expositivas.	1	4	7	4	8*
14) A falta de monitores disponíveis para consulta prejudicou o rendimento dos alunos.	5	7	10	1	2
15) Se ao invés de seis verificações longas houvesse sido realizado um número relativamente maior de verificações mais curtas, o meu aproveitamento na disciplina teria sido melhor.	5	5	9	2	4
16) Estudar em média o conteúdo de um capítulo do livro de texto por semana foi uma exigência razoável.	3	16	3	3	0
17) Seria melhor se fossem usados mais recursos audiovisuais em aula.	15	6	3	1	0

* A soma não totaliza 25 alunos devido a questões em branco.

	CF	C	SO	D	DF
18) Gostei muito de estudar Física na última disciplina (de Física) que cursei.	1	11	6	5	2
19) Gostaria de cursar Física III com o mesmo sistema tradicional de aulas expositivas adotado em minha turma neste semestre.	2	5	4	6	7*
20) Não vejo necessidade de se adotarem novos métodos de ensino em substituição ao sistema tradicional, adotado neste semestre.	1	4	3	8	9
21) Se fosse permitido recuperar todas as verificações, independente do grau obtido nas mesmas, isto eliminaria a ansiedade que prejudicou a realização das mesmas.	3	5	7	8	2
22) A existência de um cronograma rígido leva o aluno a adaptar-se ao ritmo do curso, evitando que ele fique para trás.	3	11	7	4	0
23) Nas verificações, exigiram-se conhecimentos em nível mais elevado do que os transmitidos em aula pelo professor.	3	3	9	6	4
24) O nível das verificações foi sempre compatível com o do livro de texto.	6	14	1	4	0
25) Seria melhor se o professor houvesse realizado algumas experiências demonstrativas.	9	10	6	0	0
26) Os graus que obtive nas avaliações representam fielmente o que sei sobre o conteúdo das mesmas.	1	9	6	6	3

* A Soma não totaliza 25 alunos devido a questões em branco.

27) A maior fonte de dificuldades em Física II não foi a compreensão dos princípios físicos, e sim a falta de base em Matemática.

CF	C	SO	D	DF
----	---	----	---	----

4	6	3	8	4
---	---	---	---	---

28) A maior fonte de dificuldade em Física I não foi a compreensão dos princípios físicos, e sim a falta de base em Matemática.

3	4	5	8	4*
---	---	---	---	----

29) Gostaria que fossem indicados outros textos onde pudesse ver os mesmos assuntos de outra forma.

3	7	13	2	0
---	---	----	---	---

* A soma não totaliza 25 alunos devido a questões em branco.

APÊNDICE XIII

SEGUNDA PARTE DO QUESTIONÁRIO FINAL DO GRUPO DE CONTROLE (SISTEMA DE ENSINO CONVENCIONAL) DA SEGUNDA ETAPA DA EXPERIÊNCIA

Dê sua opinião (assinale com um X) sobre o grau de utilidade, para a sua aprendizagem, de cada um dos componentes do curso a baixo relacionados. A convenção é a seguinte:

MU: muito útil; U: Útil; PU: pouco útil; I: inútil, sem valor. Se o seu professor não usou algum destes componentes, deixe em branco a linha correspondente.

Responderam: 25 alunos

	MU	U	PU	I	EM BRANCO
1) A adoção de um livro de texto único.	13	11	1	0	0
2) A exposição do assunto, pelo professor, nas aulas teóricas.	4	12	7	2	0
3) O estudo feito por você, individualmente, no livro de texto.	19	4	1	1	0
4) A resolução pelo professor de problemas modelo.	9	10	6	0	0
5) A resolução por você mesmo dos problemas propostos no livro de texto.	15	10	0	0	0
6) A discussão em classe das questões propostas no livro de texto.	5	7	4	0	9
7) A bibliografia suplementar indicada.	0	4	3	6	12
8) O uso de diapositivos, filmes e outros recursos audiovisuais.	2	1	0	1	21
9) A realização pelo professor de experiências demonstrativas.	1	6	2	1	15
10) As aulas de laboratório.	0	5	3	1	16
11) Eventuais consultas ao professor.	5	10	2	0	8
12) Eventuais discussões do conteúdo com seus colegas.	6	9	2	0	8

APÊNDICE XIV

PRIMEIRA PARTE DO QUESTIONÁRIO FINAL DA TERCEIRA ETAPA DA EXPERIÊNCIA

Comum aos dois grupos. GE: Grupo Experimental (35 alunos)

GC: Grupo de Controle (27 alunos)

Ao lado das afirmações, marque X na correspondente à sua opinião. A convenção é a seguinte: marque CF se você concorda fortemente com a afirmação; C se você simplesmente concorda; SO (sem opinião) se você não tem opinião formada em relação à afirmação; D se você simplesmente discorda do que foi afirmado; e DF se você discorda fortemente.

	PERCENTAGENS					
	CF	C	SO	D	DF	
1) Gostaria de cursar Física III numa turma onde fosse usado o mesmo método adotado neste semestre.	49	29	11	3	8	GE
	33	41	4	11	11	GC
2) Recomendaria a meus amigos que ainda não fizeram Física II que o façam numa turma onde será usado este método.	45	23	23	6	3	
	37	30	22	0	11	
3) Acho que este método exige maior estudo do que os métodos convencionais usados em outras disciplinas.	63	31	0	3	3	
	63	30	3	4	0	
4) Tenho a impressão de que aprendi mais nesse curso do que teria aprendido se o método fosse mais convencional, com aulas teóricas, de exercícios, de laboratório e testes em datas marcadas.	60	34	0	3	3	
	56	30	7	4	0*	
5) Uma das vantagens desse curso é que cada aluno pode trabalhar com seu próprio ritmo.	57	37	3	3	0	
	44	37	0	19	0	

* Não totaliza 100% devido a questionário(s) em branco.

		PERCENTAGENS					
		CF	C	SO	D	DF	
6)	Num curso convencional eu teria tido maior oportunidade de conhecer e interagir com meus colegas de aula.	6	14	23	46	11	GE
		0	15	22	37	26	GC
7)	Acho que teria aprendido mais se tivesse cursado Física II numa outra turma da disciplina, com método convencional.	0	3	6	57	34	
		0	7	7	45	41	
8)	Não gostaria que muitas disciplinas usassem esse método.	40	34	9	11	6	
		44	19	4	22	11	
9)	O ambiente em classe foi muito mais agradável do que em outros cursos.	23	20	34	20	3	
		26	26	30	7	11	
10)	Não gostaria de cursar outra disciplina com esse método.	14	17	6	49	14	
		10	15	19	41	15	
11)	A descoberta "por acaso" de algumas questões dos testes fazia com que eu procurasse realmente entender a resposta e não apenas memorizá-la.	31	46	17	3	3	
		26	56	7	4	7	
12)	Acho que deveriam ter sido ministradas algumas aulas teóricas.	14	14	23	34	14	
		19	33	22	22	4	
13)	Esse método exige que o aluno estude a matéria mais a fundo do que em métodos convencionais.	46	40	0	14	0	
		37	41	7	15	0	
14)	Se tivesse oportunidade, cursaria outra disciplina por esse método.	20	40	6	20	14	
		15	44	15	11	11*	
15)	A subdivisão do programa em unidades impediu um pouco a formação de uma idéia global do conteúdo.	9	26	11	40	14	
		7	19	7	56	11	
16)	Não tive nesse curso a atenção individual que gostaria de ter tido.	3	3	14	49	31	
		0	11	15	48	26	
17)	De um modo geral, meu monitor foi justo comigo na correção dos testes.	26	54	6	11	3	
		19	70	4	7	0	
18)	Os programas de cada unidade não foram suficientemente claros para que os alunos pudessem guiar-se por eles.	0	3	8	60	29	
		0	7	0	74	15*	

* Não totaliza 100% devido a questionário(s) em branco.

	PERCENTAGENS					
	CF	C	SO	D	DF	
19) De um modo geral, meu monitor não demonstrou ter sobre a matéria um domínio pelo menos igual ao que me foi exigido.	0	9	11	60	20	GE
	0	11	11	70	8	GC
20) A correção dos testes pelo monitor foi menos rigorosa do que teria sido (ou foi) a correção pelo professor.	0	6	12	51	31	
	7	7	19	44	19	*
21) Nas discussões com o monitor, este esforçou-se para tirar minhas dúvidas.	40	34	14	12	0	
	15	66	11	4	4	
22) As unidades de laboratório foram bem inseridas na estrutura do curso e proporcionaram boas ilustrações do conteúdo estudado em outras unidades.	17	51	12	14	6	
	19	59	0	11	4	*
23) Acho que esse curso foi muito mais fácil do que teria sido o mesmo curso ministrado de maneira convencional.	11	34	14	26	11	*
	15	22	15	37	11	
24) Acho que, de um modo geral, o professor foi, nesse curso, mais acessível do que em cursos convencionais.	26	37	26	11	0	
	33	30	19	11	7	
25) As discussões com os monitores foram muito valiosas.	28	28	32	6	3	*
	30	33	30	7	0	
26) A possibilidade de poder repetir um teste, sem prejuízo nenhum, elimina a ansiedade que acompanha os testes em cursos convencionais.	31	34	6	20	9	
	30	37	7	19	7	
27) Mesmo podendo repetir um teste, acho injusto o critério de "ter que acertar tudo".	31	20	14	29	6	
	15	26	15	41	3	
28) O fato de poder escolher a data para fazer um determinado teste leva o aluno a ir "deixando para outro dia.." e assim atrasando-se no curso.	3	23	11	57	6	
	0	26	7	48	19	
29) Muitas vezes as questões dos testes não corresponderam aos objetivos da unidade.	0	9	20	57	14	
	4	11	15	63	7	
30) Os testes de uma mesma unidade nem sempre foram equivalentes.	6	40	20	31	3	
	11	33	30	26	0	

* Não totaliza 100% devido a questionário(s) em branco.

APÊNDICE XV

QUESTIONÁRIO FINAL - SEGUNDA PARTE DA 3ª ETAPA DA EXPERIÊNCIA AOS ALUNOS DO GRUPO DE CONTROLE (QUE NÃO UTILIZARAM O AUDIOTU TORIAL)

Número de alunos: 27

Dê a sua opinião (assinale com um X) sobre o grau de utilidade, para a sua aprendizagem, de cada um dos componentes do curso , abaixo relacionados. A convenção é a seguinte:

MU (muito útil), U (útil), PU (pouco útil), I (inútil, sem valor).

	MU	U	PU	I	EM BRANCO
1) A subdivisão do programa em unidades.	9	17	1		
2) O procedimento sugerido em cada unidade.	16	9	2		
3) A adoção de um livro de texto único.	14	12	1		
4) A definição de objetivos de cada unidade.	14	10	1		2
5) A resolução dos problemas sugeridos.	17	7	3		
6) Responder as questões propostas.	9	15	3		
7) A bibliografia suplementar indicada.	1	7	12	7	
8) A possibilidade de estudar com ritmo próprio.	12	11	4		
9) A discussão com o monitor antes de fazer testes, ou seja, durante o período de estudo.	9	13	4	1	
10) A discussão com o monitor no momento da correção.	12	10	3	2	
11) Eventuais consultas ao professor.	12	12	1	2	
12) A discussão do conteúdo com seus colegas.	10	11	4	2	
13) A exigência de domínio completo de uma unidade para passagem à seguinte.	10	12	2	2	1
14) As unidades de laboratório.	3	17	6	1	

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. KELLER, F.S. Good-bye, teacher... Journal of Applied Behavior Analysis, 1:79-89, 1968.
2. POSTLETHWAIT, S.N.; NOVAK, J.; MURRAY, H.T. The audio-tutorial approach to learning. 2.ed. Minneapolis, Burgess Publ. Co., 1969.
3. BLOCK, J.H. Mastery learning; theory and practice. New York, Holt, Rinehart & Winston, 1971.
4. MOREIRA, M.A. Curso programado individualizado; uma experiência em pequena escala na disciplina Física II do Departamento de Física da UFRGS. Rio de Janeiro, XXV Reunião Anual da SBPC, 1973.
5. MOREIRA, M.A. Observações e comentários sobre dois sistemas de instrução individualizada. Revista Brasileira de Física, São Paulo, 3(1):157-71, maio, 1973.
6. MOREIRA, M.A. & LEVANDOWSKI, C.E. Uma experiência em pequena escala com o sistema audio-tutorial. Revista Brasileira de Física, São Paulo, 4(2):373-84, set., 1974.
7. WESNEY, J.C. The relationship of individual differences among students to their work in an evaluation of self-paced introductory physics course. Albany, Annual Summer Meeting of the American Association of Physics Teachers, 1972.
8. BAGGERLY, L.L. An experience with mastery-based examinations in an introductory physics course. Albany, Annual Summer Meeting of the American Association of Physics Teachers, 1972.

9. THORSLAND, M.N. & WESNEY, J.C. An instructional exploration in college physics; the use of audio-tutorial methods in introductory physics at Cornell University. 40th Annual Meeting of the American Association of Physics Teachers, 1971.
10. _____. Formative evaluation in an audio-tutorial physics course with emphasis on intuitive and analytic problem solving approaches. Ithaca, N.Y., Cornell University, 1971. Thesis.
11. DIEDERICH, M.E. An audio-tutorial course in physics for engineering and physics majors. Albany, Annual Summer Meeting of the American Association of Physics Teachers, 1972.
12. NAEGELE, C.J. An evaluation of student attitudes, achievement, and learning efficiency in various modes of an individualized, self-paced learning program in introductory College Physics. Ithaca, N.Y., Cornell University, 1974. Thesis.
13. THORSLAND, M.N. & NOVAK, J.D. The identification and significance of intuitive and analytic problem solving approaches among College Physics students. Science Education, New York, 58(2)Apr./June, 1974.
14. OTT, M.D. & MACKLIN, D.B. A trait-treatment interaction in a College Physics Course. Journal of Research in Science Teaching, New York, 12(2)Apr., 1975.
15. NAEGELE, C.J. & NOVAK, J.D. An evaluation of student attitudes, achievement, and learning efficiency in various modes of an individualized, self-paced learning program in introductory College Physics. Los Angeles, 48th Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching, 1975.

16. HALLIDAY, D. & RESNICK, R. Física. 2.ed. Rio de Janeiro, Livro Técnico, Brasília, Instituto Nacional do Livro, 1973.
17. SPIEGEL, M.R. Statistics. New York, Schaum Publ. Co., 1961.
18. SIEGEL, S. Nonparametric statistics for the behavioral sciences. Tokyo, KōgaKusha Co., 1956.
19. NICK, E. & KELLNER, S.R.O. Fundamentos de estatística para as ciências do comportamento. 2.ed. Rio de Janeiro, Ed. Renes, 1971.
20. GLASS, G & STANLEY, J.C. Statistical methods in education and psychology. Englewood Cliffs, Prentice-Hall, 1970.
21. HODGMAN, C.D. Standard mathematical tables. 12.ed. Cleveland, Chemical Rubber Publ. Co., 1959.
22. BEST, J.W., Research in education. 2.ed. Englewood Cliffs, Prentice-Hall, 1970.
23. NOVAK, J.D. Facilities for secondary school science teaching involving patterns in facilities and programs. Washington, National Science Teachers Association, 1972. Report.