

Universidade de São Paulo  
Instituto de Física - Faculdade de Educação

Que física ensinar no 2º grau?  
elementos para uma reelaboração do conteúdo

Luis Paulo de Carvalho Piassi

Dissertação apresentada como exigência  
parcial à obtenção do título de Mestre em  
Ensino de Ciências - Modalidade Física.

Orientadora: Profª Drª Yassuko Hosoume.

São Paulo  
novembro de 1995

## **FICHA CATALOGRÁFICA**

**Preparada pelo Serviço de Biblioteca e Informação  
do Instituto de Física da Universidade de São Paulo**

**Piassi, Luís Paulo de Carvalho**

**Que física ensinar no 2º Grau - elementos para  
uma reelaboração do conteúdo. São Paulo, 1995.**

**Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo.  
Instituto de Física. Departamento de Física Experimental  
Área de Concentração: Ensino de Ciências (Modali-  
dade de Física)**

**Orientador: Profa. Dra. Yassuko Hosoume**

**Unitermos: 1. Ensino de física no 2º Grau;  
2. Conteúdos de ensino; 3. Projetos de ensino de física.**

**SP/IF/SBI-63/95**

---

*Aos meus pais*

## Agradecimentos

À Yassuko pela orientação paciente.

A todos os amigos e amigas que, de diferentes formas, contribuíram no meu aprendizado e na realização deste trabalho.

Ao Tex, que me acolheu como orientador na área de ensino.

À Capes pelo apoio financeiro.

## RESUMO

Este trabalho aborda os elementos para uma reelaboração do conteúdo de física para o 2º grau. Parte-se da análise do conteúdo presente nos livros de física atualmente mais usados. A conclusão a que se chega é que esses livros deixam de lado aspectos do conteúdo significativos na formação dos alunos, como seu caráter de conhecimento científico e sua relação com o contexto sociocultural. Após essa análise, apresenta-se quatro projetos de ensino implementados no Brasil, com o intuito de mostrar que os conteúdos de física podem adquirir configurações bastante diversas da "física padrão" e de verificar a multiplicidade de aspectos que podem estar presentes no conteúdo, e quais aspectos são enfatizados em função da visão ou dos objetivos que se tem.

A partir daí, busca-se uma relação mais sistemática entre os objetivos que se propõe para a escola no contexto da sociedade e a forma que os conteúdos e os métodos de ensino assumem em função desses objetivos. Procura-se mostrar que o papel da escola é definido a partir de projetos de sociedade que grupos ou classes sociais estabelecem, de acordo com seus interesses, e que a partir deste papel atribuído à escola é que se definem os conteúdos.

As propostas de ensino de física são então comparadas e analisadas quanto aos aspectos que permitem associá-las a diferentes visões de educação. Para isso busca-se identificar os objetivos que elas colocam para o ensino da física no 2º grau, qual o nível de explicitação desses objetivos, e como seus conteúdos e sua metodologia de ensino vêm responder a esses objetivos. Constata-se que as propostas que têm maior clareza na definição de objetivos são as que melhor conseguem estabelecer critérios para a elaboração de um programa de conteúdos e produzir uma maior articulação entre esses conteúdos e os métodos de ensino. Conclui-se também que as propostas que se colocam como objetivo uma formação de 2º grau que atenda às exigências colocadas pela prática social dos estudantes, devem elaborar um conteúdo e uma metodologia que veja no conhecimento de física um instrumento para a compreensão e transformação dessa prática.

## ABSTRACT

This work approaches subjects to a new elaboration for high school Physics contents. It begins analysing the contents present on classes books of Physics adopt nowadays. The conclusion is that these classes books exclude some significant view of Physics contents in students formation, as its scientific knowledge character and its relation with social-cultural context. After this analysis, four teaching projects introduced in Brazil are presented in order to show that Physics contents can get configurations very different from the "standard Physics" and to verify the multiplicity of aspects that can be present in contents, and what aspects are emphasized according the stated vision or purpose.

From this on, it tries to reach a more sistematic relation between the aims that are suggested for schooling in the social context and aspects the contents and teaching methods get according to these same aims. It tries to prove that the role of schooling comes from social projects idealized by social groups or classes according to their own concerns and that the teaching contents are established by that role ascribed to schooling.

The Physics theaching schemes are thus compared and analysed in terms of the aspects which allow us to associate tem to different education view-points. In order to achieve that, it tries to identify the aims they establish to high school Physics teaching, at which level these aims are expressely stated, and how their contents and teaching methodology follow these aims. It is remarked that the schemes in which the aims are more precisely defined are more succesful in establishing criteria to the elaboration of the list of contents and in achieving a better connection between these contents and the teaching methods. It is also remarked that the schemes whose aim is a schooling able to answer the demands of the student's social tasks should elaborate a teaching content a methodology which considers te Physics knowledge as a toll for the comprehension and transformation of those tasks.

# Índice

Introdução .....	8
Capítulo I - A física dos livros atuais e dos projetos .....	17
1. Ramalho: representante dos livros atuais.....	19
1.1 Por que o Ramalho.....	19
1.2 A estrutura do “Ramalho”.....	20
1.3 Os fundamentos e a proposta metodológica.....	27
2. FAI: o uso da tecnologia educacional.....	29
2.1 O que é o FAI?.....	29
2.2 A estrutura e os fundamentos da proposta.....	30
2.3 A física do FAI.....	40
3. PEF: experiência e fazer do aluno.....	42
3.1 O que é o PEF?.....	42
3.2 A estrutura e os fundamentos da proposta.....	44
3.3 A física do PEF.....	47
4. PSSC: “formação do cientista”.....	52
4.1 O que é o PSSC?.....	52
4.2 A estrutura e os fundamentos da proposta.....	54
4.3 A física do PSSC.....	57
5. GREF: formação prático-social.....	59
5.1 O que é o GREF?.....	59
5.2 A estrutura e os fundamentos da proposta.....	61
5.3 A física do GREF.....	67
6. Uma primeira comparação das propostas.....	69
6.1. Os tópicos abordados pelas propostas.....	69
6.2. O conteúdo e as estruturas das propostas.....	76
Capítulo II - A física no contexto escolar .....	91
1. Dos projetos de escola aos conteúdos de ensino.....	93
1.1 Os projetos de escola na sociedade capitalista.....	93
1.2 Objetivos gerais e objetivos específicos.....	105
1.3 Os conteúdos.....	110
1.4 Os métodos.....	113
1.5 As condições.....	116
2. As propostas de ensino de física, seus objetivos, conteúdos e métodos.....	118
2.1 Os objetivos do ensino da física e os projetos de escola.....	118
2.2 Os conteúdos de ensino e suas abordagens.....	128
2.3 Os métodos de ensino das/nas propostas.....	150
Considerações finais.....	159
Bibliografia .....	166

## Introdução

Que escola é essa que nós temos hoje? Para que ela serve, ou porque ela existe? Quem trabalha no ensino público já deve se ter feito essa pergunta. A situação das escolas de 2º grau, sobretudo no período noturno é muito desanimadora.

Aparentemente, parece que ninguém aprende nada nessas salas de aula. A lei de diretrizes e bases (a "velha" 5692<sup>1</sup>, pelo menos) fala em *auto realização pessoal, qualificação para o trabalho e preparo para o exercício consciente da cidadania*. Falar disso na maioria das escolas hoje tem o mesmo efeito de se contar uma anedota.

Essa indefinição que atinge a escola secundária como um todo, parece se acentuar um pouco quando nos transportamos para a situação específica do ensino da física. Dentro dessa escola aparentemente "sem sentido", a disciplina de física, eterno "terror" dos alunos, parece ainda mais sem sentido.

Para o professor que está na sala de aula, lidando diretamente com o problema, as tentativas de soluções aparecem como práticas criadas a partir da constatação direta de determinados fatos e de interpretações relativamente superficiais a respeito deles.

O problema mais conhecido talvez seja a dificuldade dos alunos para lidar com as fórmulas matemáticas. Muitos professores respondem a ele procurando assumir a responsabilidade de suprir as deficiências fazendo algum tipo de revisão da matemática do 1º grau (às vezes não é revisão, pois é a primeira vez que os alunos têm contato com o assunto), como medidas e unidades, funções, gráficos e equações antes do início do trabalho com física propriamente dito. Outra dificuldade identificada é o "entendimento de texto". Diz-se que os alunos não conseguem resolver os problemas não por falta de entendimento dos conceitos físicos, mas porque não sabem interpretar o "português" do enunciado. Em ambos os casos, o problema não é atribuído propriamente ao conteúdo da física em si, mas se situa na figura do aluno, considerado mal formado em língua portuguesa e matemática.

Como o processo envolve a avaliação e esta requer uma nota, algo precisa ser feito para evitar a reprovação em massa. Uma forma muito usada de lidar com essas dificuldades é através de um ensino, e principalmente de um sistema de avaliação e atribuição de notas no qual a maioria dos alunos possa obter aprovação, sem na realidade

---

<sup>1</sup>A Lei nº 5692 de 1971 é, com algumas modificações posteriores, a atual Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional. Uma nova LDB que irá substituí-la está em tramitação no Congresso Nacional.

aprender grande coisa. Essa estratégia parte do pressuposto da incapacidade dos alunos de aprender a matéria em questão e abdica (livra-se?) da tarefa de ensinar. O ponto de vista aqui é de que os alunos são dados, imutáveis em sua condição, e a única coisa a fazer é manter a aparência de que o ensino ocorre, quando na verdade, sabe-se que não ocorre.

Uma segunda forma de enfrentar o problema, menos grave, mas também bastante prejudicial, consiste em transformar as aulas de física na revisão da matemática do 1º grau. Aqui também se está abdicando da tarefa de ensinar *física*. O mais grave nessa estratégia é a constatação de que muitos professores a adotam por não perceber significativas diferenças entre a matemática e a física ou então simplesmente porque se sentem mais seguros ensinando a matemática do 1º grau do que a física do 2º grau. Porém, mal ou bem, está havendo uma tentativa sincera de ensino pois, ainda que de um ponto de vista equivocado, se acredita na capacidade de aprendizado dos alunos.

Um terceiro caso é o do professor que conhece a beleza conceitual e o alcance da física e que acha difícil entender o desinteresse generalizado que encontram nas salas de aula. Em geral, atribui esse desinteresse a um certo distanciamento da física em relação à realidade do aluno, que não vê qualquer utilidade ou prazer naquilo que a física traz, uma vez que seu conteúdo está desvinculado de coisas concretas. Essa é uma dificuldade que parece ser mais difícil de ser enfrentada em sala de aula, com os (parcos) recursos de que o professor dispõe. Mesmo assim, muitos professores tentam alguma solução, e os caminhos para isso são muitos.

Um deles é partir da idéia de que o desinteresse se deve à falta de atividades experimentais. Assim, a introdução adequada de experimentos ao longo do desenvolvimento do conteúdo poderia aumentar o interesse dos alunos pela física. Outro caminho seria a busca de exemplos práticos, onde o conhecimento da física fosse aplicado, mostrando ao aluno a presença da física no mundo que o cerca e dessa forma aproximando-a de sua realidade. Uma terceira alternativa é a introdução de discussões históricas, a respeito de como se desenvolveram os conceitos e as idéias da física. Tal tipo de tratamento mostraria ao estudante como cada coisa a ele apresentada surgiu historicamente, trazendo a possibilidade de que ele perceba melhor como tais conhecimentos se vinculam a sua realidade. Há ainda outras propostas, tais como a introdução de jogos e dramatização, vídeos ou ainda o uso de exemplos mais lúdicos. Em todos os casos visa-se motivar o aluno e fazê-lo ganhar interesse pela física.

Podemos dizer que aqui, em pequena medida, já se atribui aos conteúdos de física em si a fonte da insatisfação com o trabalho realizado e a mudanças nos próprios

conteúdos a possibilidade de superação dos problemas identificados. Mas este questionamento dos conteúdos é ainda bastante superficial. Basicamente, o que se propõe não é uma ruptura com o conteúdo "tradicional", mas uma busca de coisas que, acrescentadas a esse conteúdo, o torne mais aceitável.

Mas porque os alunos não têm interesse pelo conteúdo? Muito simples: porque ele nada tem de interessante. A "física tradicional", restrita a fórmulas, definições e métodos de resolução de problemas padronizados só pode ser um conhecimento que acaba em si mesmo, pois diz respeito a uma realidade que só existe em livros de física e em questões de vestibulares. Como um conteúdo assim pode ser interessante? O problema está na própria base do que é ensinado. Algo que foi concebido para ter um fim tão restrito jamais poderá ter a abrangência de um conhecimento considerado interessante, por mais variados que sejam os temas de interesse dos alunos.

Isso porque essa "física tradicional", representada na maior parte dos livros didáticos, é considerada "o" conteúdo. Não se concebe a possibilidade de ensinar Eletricidade sem falar na carga puntiforme, Mecânica sem o ponto material e Óptica sem o raio de luz. E é muito difícil articular (e não simplesmente justapor) a essa física do ponto material e da carga puntiforme os tais exemplos práticos, as experiências, a história da física e tudo o mais. O que há a dizer sobre a história do ponto material? E de suas aplicações práticas? Não adianta tentar colocar "cores" numa física tão desinteressante por sua própria concepção.

O resultado deste processo é um conteúdo inalterado em sua essência, mas pontuado por inúmeras informações fragmentadas, sem relação entre si e sem ligação relevante com o que foi estudado. E a matéria cobrada na prova continua sendo os famigerados probleminhas que além de atemorizar os alunos, não lhes trazem formação relevante.

É necessário *mudar realmente* os conteúdos e, mais do que isso, saber *porque e para que* estamos mudando. Mudar simplesmente para tornar mais interessante pode levar a resultados animadores em determinados contextos específicos, mas não serve como proposta geral por sua subjetividade e falta de critérios mais abrangentes. Uma mudança pode ser considerada genial em determinado contexto, mas gerar grande decepção em outro, mesmo porque sucesso e fracasso são conceitos relativos à expectativa de quem avalia.

Todos esses problemas apontados são, na verdade, a ponta de um *iceberg* cuja parte submersa os professores não têm condições de examinar e as editoras de livros

didáticos, mais do que isso, não têm interesse. Para que seja possível estabelecer critérios mais abrangentes para a reelaboração do ensino da física, é necessário partir de elementos que nos permitam vislumbrar as relações entre os aspectos mais gerais da educação escolar e aquilo que propomos como tarefa para o ensino da física.

Em outras palavras, é preciso se convencer *mesmo* - e isso parece difícil - de que esse conteúdo que está aí é *inútil* e até mesmo *prejudicial* aos alunos. Perceber que o conteúdo pode ser bem diferente, e que nem por isso vai deixar de ser "a física". Pelo contrário, pode-se tornar até "mais física". E, finalmente, ter claro que para propor um novo conteúdo é preciso pensar *o que queremos da escola*, o que implica saber qual é e qual pode ser a função da escola hoje. E propor. Propor algo realmente novo, mesmo que (ou de preferência, até) que não seja definitivo.

Vamos começar então pelo convencer-se de que o problema *central* do ensino da física *na escola pública* é a própria física que se ensina e não os alunos, os métodos, as condições de trabalho do professor e a sua má formação, por mais que o peso destes fatores seja importante. Convencer-se de que mesmo com ótimos professores, ótimos alunos e com ótimas condições de trabalho, o conteúdo de física que se ensina ainda assim seria muito insatisfatório.

A ênfase, na maioria dos trabalhos atuais, coloca-se na metodologia do ensino, baseando-se sobretudo na psicologia da aprendizagem. Embora tais aspectos sejam sem dúvida alguma relevantes, o problema do ensino da Física não se reduz a eles. Ainda hoje, muitas vezes, parece que isso não é bem percebido. Temos tido diversos trabalhos na área de ensino de física que se aprofundam teoricamente na questão dos métodos e da aprendizagem, trazendo contribuições fundamentais. No entanto, quando se trata de repensar os conteúdos, as argumentações normalmente ficam a nível superficial e as razões que levam concretamente à tomada de decisão com relação ao conteúdo a ser desenvolvido não são devidamente explicitadas. Neste aspecto, concordamos com o ponto de vista de Snyders:

*(...) durante as últimas décadas, a pedagogia e as ciências da educação preocuparam-se bastante com os métodos e as relações pedagógicas e, assim, realizaram-se progressos nessa área. Agora, começa a operar-se uma conscientização da essencial importância dos conteúdos ensinados, gerando, dessa forma um esforço para a renovação dos mesmos. Não basta que na escola se formem os instrumentos, os métodos e os hábitos destinados essencialmente a*

*servir ao "mais tarde". Manifesta-se cada vez mais a preocupação com uma cultura escolar suscetível de responder às demandas atuais dos jovens.*

(Snyders, 1993:35)<sup>2</sup>

Os conhecimentos necessários para abordar o problema da escolha dos conteúdos não deverão vir, porém, somente da psicologia da aprendizagem, da física, da história ou filosofia da ciência e muito menos do senso-comum. É preciso que haja um *projeto para a escola*, construído a partir de uma tomada de posição em relação à inserção da escola na sociedade e aos rumos da própria sociedade.

Não se trata, portanto, apenas de saber se vamos ou não ensinar cinemática, mas de saber *que* cinemática vamos ensinar, *para quem*, *porque* e *como* vamos ensinar. Trata-se de questionar qual tem sido o papel dos conteúdos de física na escola. De se perguntar como os conteúdos da física se articulam e podem se articular, por um lado, com a função social da escola, e por outro, com a prática social presente e futura do educando.

Analisar, em sala de aula, a produção de energia elétrica em uma usina hidrelétrica é uma atividade que vai depender basicamente de conhecimentos de Física. Porém, a decisão de abordar o assunto em sala de aula tem um caráter pedagógico, que se vincula à tomada de posição em relação ao papel social da escola. Poderia-se optar por desenvolver os conceitos de energia potencial gravitacional, energia cinética, transformação de energia mecânica em elétrica, envolvidos na hidrelétrica, de forma muito mais abstrata e desvinculada de uma realidade concreta.

A (re)elaboração do conteúdo terá que levar em conta a psicologia para adaptar a abordagem ao nível de compreensão dos alunos, a física para avaliar a complexidade ou a pertinência do tema, algum conhecimento de detalhes técnicos, uma visão da importância ou da relevância social do tema e muitas outras coisas. Mas é uma visão educacional mais ampla que irá determinar a importância do tema e é a partir dela que se vai procurar avaliar todos esses fatores.

Dentro dessa visão, é essencial que se coloque em discussão os *objetivos gerais* do ensino de física no 2º grau. O que se observa em geral, é que a matéria é vista como algo pronto, dado pelo conteúdo do livro didático. Essa "materialização" dos conteúdos omite as motivações para a sua escolha, como se o conhecimento, para se tornar conteúdo escolar

---

<sup>2</sup> Ao longo de todo o trabalho, nas citações, os destaques (grifos) originais dos autores serão grafados em **negrito**, enquanto os grifos por nós introduzidos serão representados em sublinhado.

não passasse por um complexo processo envolvendo visões pedagógicas de professores, pedagogos, burocratas da educação, etc.

O professor hoje simplesmente segue um programa dado, ou escolhe determinados tópicos de um elenco pré-determinado. Mas determinado por quem? Pela escola? Pelo governo? Ou pelos cursinhos? E com que critérios? Além disso, tem a questão da *abordagem* dada aos conteúdos, ou seja, as dimensões do conhecimento que são enfatizadas. A física dos livros didáticos atuais centra sua atenção sobre o aspecto *operacional* do conteúdo de física, quer dizer sobre as formas de se chegar à resposta numérica correta. Com isso, os alunos manipulam símbolos, às vezes até através de etapas corretas, sem ter um domínio mínimo do significado que a física (ciência) atribui a esses símbolos.

Mudar o conteúdo implica, portanto, não somente em escolher outros assuntos a serem tratados dentro do escopo da física, mas também reconhecer que o conhecimento possui várias dimensões a serem exploradas. E dar ênfase àquelas dimensões que estejam mais de acordo com os objetivos que estabelecemos para o ensino, de uma forma geral. E essas mudanças são possíveis e necessárias.

Portanto, a simples melhoria, em termos gerais, das condições da escola pública e a (talvez) conseqüente possibilidade de se desenvolver integralmente o conteúdo proposto nos livros didáticos que temos hoje não implica em uma escola voltada para os interesses dos alunos que hoje a freqüentam. A própria concepção de conhecimento científico presente nesses livros é distorcida e serve mais de instrumento para um projeto de escola socialmente seletivo e excludente do que para proporcionar aos alunos algum tipo de acesso à cultura científica.

Em outras palavras, desenvolver “bem” a “física tradicional” na escola pública não significa igualar as oportunidades de acesso à cultura de seus alunos às dos alunos das escolas particulares mais prestigiadas. Mesmo porque as dificuldades que enfrentamos hoje não são simplesmente *escolares*, mas sobretudo *sociais*. As condições de educação dadas aos alunos que freqüentam a escola pública de hoje (e não a utópica, a ideal) têm que levar em conta as suas condições concretas de vida, suas necessidades. O que não significa certamente uma simplificação do ensino oferecido às elites.

Em quem estamos pensando nas nossas propostas? E como estamos pensando? Conhecemos adequadamente o aluno da escola pública? Essas questões devem permear o processo de elaboração de uma proposta de ensino. É muito fácil cair em modelos

baseados nas *nossas* necessidades, nas necessidades que nós tínhamos quando estudantes ou que nossos filhos têm agora.

A questão é: para que serve o 2º grau? E a resposta a ela é relativa a *quem* frequenta esse 2º grau. Embora muita gente se preocupe com o *preparo para o vestibular*, grande parte de nossos alunos sequer irão prestar um vestibular. Há quem argumente que se não desenvolvermos determinados conteúdos na escola pública estaremos privando os que querem seguir os estudos de uma oportunidade sucesso nos vestibulares. No nosso entender isso é uma falácia, uma vez que, mesmo que quiséssemos não teríamos condições de colocá-los em nível de competição com os alunos da escola de elite. E não é porque a escola de elite seja "melhor", mas pelas próprias condições de estudo dos alunos: o número de vagas na FAU não irá aumentar se cumprirmos todo o livro e para o aluno da escola de elite, em geral, sempre será mais fácil do que para o aluno trabalhador. Por outro lado, se as condições forem favoráveis, não será a ausência da "física tradicional" que impedirá nosso aluno de entrar na FAU. Quantos alunos de escola de elite *jamaís* conseguem a tão desejada vaga, tomada às vezes por um aluno de escola pública? E o que é mais interessante: podemos estar oferecendo ao futuro arquiteto algo muito mais significativo para sua vida e carreira profissional do que aquilo que a "física tradicional" propõe. O que é preciso ter claro é que quem determina a oportunidade de acesso ao ensino superior é menos a escola e mais a classe social.

Além disso tudo, há algo que fica implícito quando se coloca esse ponto em questão: se o 2º grau não formar para o vestibular, ele servirá para quê? Isso é assumir que a princípio ele não serve para nada. Mas é preciso lembrar que essa escola pública medianamente democrática em seu acesso, foi conquistada a duras penas, e portanto pode e deve ser um espaço a ser valorizado e utilizado em favor daqueles que a frequentam. E sabemos que estes alunos são privados de muita coisa, sobretudo no âmbito cultural que é onde a escola pode dar a sua maior contribuição.

É preciso, portanto, examinar possibilidades alternativas à "física tradicional", ver o que elas podem trazer de novo e se é possível atender a objetivos de formação adequados aos alunos da escola pública.

Iniciaremos esse trabalho caracterizando a "física tradicional" através de seu representante mais sistematizado: o livro didático. Procuraremos averiguar a estrutura e o caráter do conteúdo proposto nos livros didáticos atuais analisando uma publicação que possa ser tomada como representante deste tipo de obra.

Em seguida, na busca de um primeiro esboço de alternativas aos conteúdos dos livros atuais, apresentaremos quatro projetos de ensino - FAI, PEF, PSSC e GREF<sup>3</sup> - evidenciando, em cada um deles as ênfases dadas aos conteúdos. Veremos que, mesmo os três primeiros que são anteriores aos livros atuais, são mais "avançados" do que os livros atuais, no que se refere às suas possibilidades como instrumentos de formação em física no 2º grau.

Em um primeiro momento, estaremos apenas caracterizando essas propostas, a partir do que elas trazem de mais visível, extraíndo de cada uma, os aspectos que julgamos mais relevantes para uma comparação posterior mais aprofundada: os tópicos de física abordados; os tipos de textos, experiências e exercícios; a ênfase dada a cada um desses elementos e as idéias ou fundamentos que deram origem a cada uma delas. Ao final dessa caracterização, com o objetivo de formar uma "imagem" do tipo de ensino de física proposto em cada um desses materiais, efetuaremos uma primeira análise comparativa quanto aos critérios de seleção dos tópicos abordados e quanto aos papéis e as ênfases atribuídas ao texto, às experiências e aos exercícios.

A partir dessa análise, aprofundaremos a discussão a respeito do papel da escola de 2º grau, para situar essas propostas em um contexto mais abrangente e permitir estabelecer alguns critérios a respeito do que pode e deve ser a física a ser ensinada. Partiremos de uma breve caracterização daquilo que chamamos de "projetos de escola", que constituem configurações gerais que a escola pode assumir ou enfatizar de acordo com as funções sociais a ela atribuídas. No nosso entender, são esses objetivos gerais atribuídos à escola que irão "dar o tom" aos conteúdos que são transmitidos dentro dela, e que, de uma forma ou de outra estarão implícitos em qualquer proposta de ensino. A forma como se dá essa relação entre o direcionamento proposto à escola e os conteúdos que ela transmite, será explicitada ao examinarmos mais atentamente a interação entre os elementos do processo didático: os objetivos, os conteúdos e os métodos de ensino.

Com essa análise, ainda que não seja possível associar cada proposta a um único "projeto de escola" bem definido, será possível identificar, em linhas gerais, o tipo de educação que cada proposta de ensino de física está visando, e mostrar as diferenças que assumem os conteúdos e os métodos de ensino de cada uma delas em função disso. Acreditamos que seja possível mostrar, em primeiro lugar, que a física a ser ensinada no 2º grau está longe de um conhecimento "pronto", a partir do qual cabe a nós, professores e

---

<sup>3</sup> Física auto-instrutivo, Projeto de Ensino de Física, Physical Science Study Committee e Grupo de Reelaboração do Ensino de Física.

pesquisadores da área de ensino, apenas buscar a melhor forma pela qual os alunos possam aprendê-lo. Em segundo lugar, que a (re)elaboração dos conteúdos passa necessariamente por um certo "projeto de escola" e que, quanto maior for a clareza a respeito do "projeto de escola" que estamos propondo, maior a chance de que essa (re)elaboração seja coerente e significativa. Finalmente, em terceiro lugar, que a idéia de uma escola "progressista", é capaz de dar à escola o sentido perdido para a maioria dos estudantes e consegue transformar os conteúdos de física em conhecimentos úteis para sua atuação na sociedade.

# Capítulo I

## A física dos livros atuais e dos projetos



### Introdução.

Iniciaremos nossa análise partindo daquilo que chamamos de “física padrão”, que seria o padrão do conteúdo da disciplina física que se tem hoje nas escolas de 2º grau. Essa “física padrão” é a que está presente nos livros didáticos mais usados e, principalmente, naqueles que são considerados como uma referência básica para o planejamento do currículos de física no 2º grau de hoje. Nossa análise será centrada no livro “Os Fundamentos da Física” de Francisco Ramalho Jr. e outros (Ramalho, 1993).

Tendo caracterizado a "física" que temos hoje no 2º grau e suas conseqüências, o passo seguinte é verificar de que alternativas à "física padrão" podemos dispor. Partiremos de uma análise de algumas propostas já antigas, como o Física Auto-Instrutivo (FAI), o Projeto de Ensino de Física (PEF), o projeto Physical Science Study Committee (PSSC), que nos mostram que a física pode ser diferente do que se apresenta hoje na escola. Mas o mais interessante é que essas propostas, apesar de possuírem mais de 20 anos, sendo portanto mais antigas do que o Ramalho e seus similares, podem ser consideradas *inovadoras e avançadas* em relação à "física padrão", por diversas razões. Acrescentaremos também a análise de um projeto atual, o GREF (Grupo de Reelaboração do Ensino de Física), também bastante diferente dos livros usuais. Procuraremos assim, caracterizar essas propostas, mostrando suas diferenças em relação à "física padrão" e extraíndo delas mais algumas questões a respeito do que *pode* e do que *deve* ser a física no 2º grau.

Imaginamos que uma pergunta deve surgir naturalmente: porque analisar propostas de mais de 20 anos atrás, que nem são mais utilizadas?

Em primeiro lugar, porque o principal aspecto que queremos verificar são os diversos critérios que podem ser usados para a escolha dos conteúdos. E, principalmente, que esses conteúdos podem ser diferentes da “física padrão”, tanto quanto aos tópicos escolhidos e sua forma de organização, quanto à sua abordagem e aspectos considerados mais relevantes. Em segundo lugar, porque o que nos interessa, mais do que os aspectos

históricos ou os motivos que levaram as propostas a fracassar ou obter sucesso, é perceber se os “projetos de escola” implícitos nessas propostas derivam de objetivos claros para o ensino de física, e de que forma tais objetivos repercutem em sua concretização. Veremos que quanto mais clara a preocupação com a mudança do papel da escola, maior a mudança na estrutura dos conteúdos.

## 1. Ramalho: representante dos livros atuais.

### 1.1 Por que o Ramalho.

O livro-texto que escolhemos para representar a "física padrão" é "Os Fundamentos da Física", publicado pela editora Moderna, mais conhecido entre os professores como "Ramalho" (Ramalho, 1993)<sup>4</sup>. Ele representa bem a "física padrão" porque é, em primeiro lugar um sucesso editorial de longa data, desde sua primeira edição de 1978. Em segundo lugar, porque se tornou uma referência para a maior parte dos livros didáticos publicados depois desta data, muitos deles tão rigorosamente próximos ao Ramalho que é difícil não qualificá-los como cópia. E em terceiro, mas não menos importante, porque ele foi e é um sucesso entre boa parte dos professores de física, que o consideram um livro "forte" e completo.

Porém, o Ramalho já foi mais adotado do que é hoje. Isso não significa, no entanto, que ele não seja mais "querido". Ocorre que hoje em dia cada vez menos se adota livros na escola pública, a tal ponto de podermos afirmar que hoje praticamente não se adota livro algum. Uma das razões é que os livros são cada vez mais caros<sup>5</sup> para uma população cada vez mais pobre, o que restringiu muito o mercado dos livros didáticos, que atualmente é comprado pela classe média que estuda nas escolas particulares.

E se há dez ou doze anos atrás, quando o número de aulas semanais de física era maior<sup>6</sup> e as condições gerais da escola pública eram melhores, desenvolver todo o conteúdo do Ramalho era uma situação excepcional, hoje em dia isso se tornou praticamente impossível. Pouco a pouco as editoras foram se preocupando em desenvolver livros mais simples e baratos que pudessem ser adaptados à nova realidade da escola. Porém, por mais que tenham sido simplificadas e barateadas, as edições dos livros didáticos acabaram ainda ficando além das possibilidades econômicas da maioria dos alunos da rede pública. Hoje as edições simplificadas, como por exemplo o *volume único*

---

<sup>4</sup> A partir daqui, nos referiremos a essa obra simplesmente como *Ramalho*.

<sup>5</sup> Um volume do Ramalho custa em torno de um quarto de um salário mínimo de hoje (outubro de 1995), ou seja, aproximadamente 25 dólares.

<sup>6</sup> O 2º grau era dividido entre áreas (humanas, exatas e biológicas), uma adaptação proporcionada pelas mudanças na lei 5692/71. Quem estudava nas áreas de exatas ou biológicas chegava a ter 6 aulas de Física semanais, divididas entre dois componentes curriculares: *física* e *física aplicada*. Hoje, na maioria dos casos, a carga horária é de duas a três aulas semanais.

(todo o conteúdo dos três anos em um único volume)<sup>7</sup>, são adotadas sobretudo por escolas privadas que atendem a alunos de renda mais baixa.

Porém, o que é mais importante é que embora não sejam comprados pelos alunos da rede pública, estes livros são utilizados por seus professores. Eles os empregam para elaborar seu planejamento, preparar suas aulas, tirar suas dúvidas ou mesmo aprender o conteúdo. Portanto, de uma forma ou de outra, o ensino de física predominante na escola pública hoje é uma simplificação da “física padrão” encontrada no Ramalho. É justamente aí que reside a importância de partirmos da análise desses livros e do conhecimento que eles encerram.

## 1.2 A estrutura do “Ramalho”.

Apenas folheando o Ramalho, antes de qualquer leitura, o que se observa é uma quantidade muito grande de exercícios, ao mesmo tempo que se constata que os textos são muito pequenos e entremeados de expressões matemáticas. Prevaecem também os gráficos e esquemas. Dando uma olhada nos outros livros, constatamos que a mesma coisa se repete: muitas fórmulas e gráficos e pouco texto. Parece que nossos livros de física de 2º grau têm pouco a dizer. Passemos a verificar, então, o que é dito e a tentar compreender porque tão pouca coisa é dita.

O Ramalho, na sua 6ª edição (1993) é composto de três volumes de aproximadamente 500 páginas generosamente coloridas, acompanhados de um manual do professor. O conteúdo dos três volumes, expresso nos índices, é o seguinte:

### **VOLUME 1 - MECÂNICA.**

*Parte 1 - Introdução Geral.*

*Parte 2 - Descrição dos movimentos: cinemática escalar.*

*Parte 3 - Vetores e grandezas vetoriais: cinemática vetorial.*

*Parte 4 - Forças em Dinâmica.*

*Parte 5 - Os princípios de conservação.*

*Parte 6 - Gravitação universal.*

*Parte 7 - Estática do ponto material e do corpo extenso. Hidrostática.*

### **VOLUME 2 - TERMOLOGIA, ÓPTICA E ONDAS.**

*Parte 1 - Introdução.*

*Parte 2 - A temperatura e seus efeitos.*

*Parte 3 - Calor - A energia térmica em trânsito.*

---

<sup>7</sup> Dois livros de volume único usados atualmente são o Bonjorno (Bonjorno, Regina Azenha et. al. *Física Fundamental: 2º grau: volume único*. São Paulo, FTD, 1993) e o Paraná (Paraná - Djalma Nunes). *Física: volume único*. São Paulo, Ática, 1994).

*Parte 4 - Estudo dos gases e Termodinâmica.*

*Parte 5 - Óptica Geométrica.*

*Parte 6 - Ondas.*

**VOLUME 3 - ELETRICIDADE.**

*Parte 1 - Cargas elétrica em repouso.*

*Parte 2 - Cargas elétricas em movimento.*

*Parte 3 - Eletromagnetismo.*

(Ramalho, 1993)

O conteúdo da obra segue uma estrutura bem definida, composta de *texto, exercícios, resumos e leituras*.

**Texto:**

Cada uma das partes do livro se divide em capítulos, que por sua vez dividem-se em seções compostas de um pequeno texto rico em esquemas, desenhos e fotos (novidade desta última edição)<sup>8</sup>. Cada uma destas seções, em geral, não ocupa mais do que duas páginas.

Analisando o conteúdo destas seções, percebemos que é possível identificar dois tipos de texto:

*O texto das seções introdutórias*, nos quais os autores se preocupam em explicar com algum detalhe determinados aspectos gerais da matéria em questão. Embora muitas vezes contenham uma exagerada seqüência de definições de termos usados pela física, caracterizam-se por uma linguagem relativamente simples, com a tendência de explicitar as idéias através de exemplos e comparações e de justificar as idéias colocadas, procurando fazer o leitor compreender sua lógica:

A palavra “física” tem origem grega e significa natureza. Assim, a física é a ciência que estuda a Natureza; daí o nome **ciência natural**. Em qualquer ciência, acontecimentos ou ocorrências são chamados **fenômenos**, ainda que não sejam extraordinários ou excepcionais: a simples queda de um lápis é um fenômeno na linguagem científica.

(Ramalho, 1-1993:11)

*O texto das seções nas quais se desenvolve o assunto*. Caracteriza-se por uma linguagem formal, e refere-se em geral a objetos abstratos, sem referência ao concreto e

---

<sup>8</sup> No apêndice 1 reproduzimos dois trechos de um capítulo do Ramalho.

sem a preocupação de que o leitor compreenda a lógica que leva às inúmeras definições e expressões matemáticas. Analisemos, por exemplo, o seguinte trecho:

*As moléculas constituintes de um gás estão em movimento desordenado, denominado agitação térmica. A partir dessa noção de movimento molecular, propõe-se a teoria cinética dos gases. Essa teoria apresenta um modelo microscópico para o gás ideal que explica seu comportamento global (por exemplo, as leis de Boyle e de Charles).*

(Ramalho, 2-1993:160)

Sublinhamos, para destaque, todos os termos que podem ser considerados referentes a noções abstratas. Muitos deles não foram previamente comentados no texto, enquanto outros foram apenas definidos formalmente, sendo que o termo “agitação térmica” é definido a partir de um outro nada esclarecedor: “movimento desordenado”. Imagine um estudante de 16 anos lendo um texto de um assunto que desconhece e que inclua tal quantidade de termos técnicos, dos quais alguns ele tem uma vaga noção do que seja (molécula, gás) e outros, justamente os mais cruciais, que aparecem sem qualquer explicação mais completa (teoria cinética dos gases, modelo microscópico)<sup>9</sup>. Porém, um outro trecho, usado para *introduzir* o conceito de calor, nos mostra uma linguagem ainda mais formal e um grau de abstração ainda maior:

*Considere dois corpos A e B em diferentes temperaturas  $t_A$  e  $t_B$ , tais que  $t_A > t_B$  (Fig. 1a). Colocando-os em presença, verifica-se que a energia térmica é transferida de A para B. Essa energia térmica em trânsito é denominada calor. A passagem do calor cessa ao ser atingido o equilíbrio térmico, isto é, quando as temperaturas se igualam (Fig. 1b).*

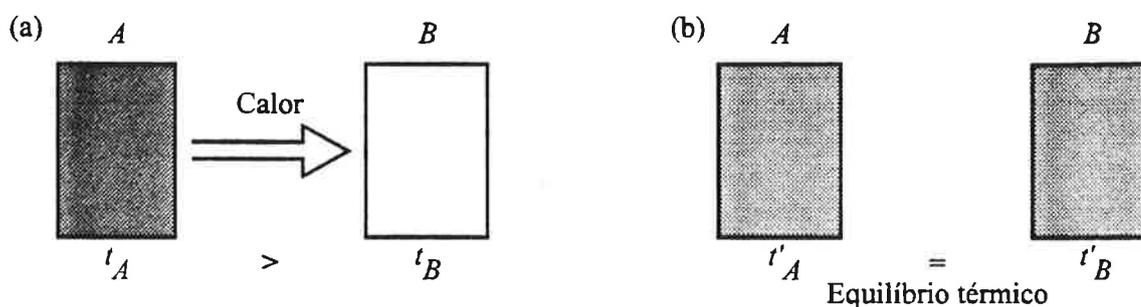
---

<sup>9</sup> O termo *microscópico* foi introduzido da seguinte forma, no Capítulo 1 do livro:

*“Em Termologia (...) podemos interpretar os fenômenos de dois pontos de vista diferentes, que muitas vezes se completam: o ponto de vista macroscópico e o microscópico.*

*O estudo macroscópico só se preocupa (...) Porém, muitas vezes, para uma compreensão mais profunda do fenômeno, adotamos o ponto de vista microscópico, onde são consideradas grandezas indiretamente medidas, não sugeridas pelos nossos sentidos.*

*Nos fenômenos térmicos, microscopicamente consideramos a energia das moléculas, suas velocidades, interações, etc. Entretanto, os resultados obtidos microscopicamente devem ser compatíveis com o estudo feito por meio de grandezas macroscópicas.” (Ramalho, 2-1993:11).*



(Ramalho, 2-1993:68)

Observe que, da mesma forma que o texto, a figura, por sua abstração, não é nada esclarecedora. Talvez por não quererem especificar o processo de transferência de calor (condução, convecção ou irradiação), os autores não representam os dois corpos A e B em contato, o que do ponto de vista da intuição do aluno pode parecer totalmente incompreensível. Aliás, a maneira formal usada para definir o termo calor, constituinte óbvio do vocabulário do aluno, só pode causar a impressão de que se trata de algo completamente diverso daquilo que ele conhece intuitivamente.

Essa é a característica da maior parte do texto do Ramalho. Em geral, refere-se a situações absolutamente abstraídas ou a termos de uma expressão matemática da qual raramente discute-se o significado físico e suas conseqüências concretas.

Na verdade, o que se observa é que uma das preocupações principais é a de definir termos e apresentar fórmulas. Na parte de Termologia, nas 81 páginas de texto propriamente dito, são definidos nada menos do que 139 termos diferentes como *função termométrica*, *grau recíproco*, *poder emissivo*, *relação de Mayer*, muitos dos quais a partir de outros termos técnicos de física não explicados no texto (contamos cerca de 100 termos não explicados, dentre os quais destacamos *movimentos intra-atômicos*, *forças conservativas*, *hipérbole*, *rede cristalina*, *compressibilidade*). Além disso são apresentadas nada menos do que 53 fórmulas matemáticas diferentes.

### *Exercícios:*

Ao fim de uma ou duas secções encontramos séries de exercícios, subdivididos em quatro categorias<sup>10</sup>:

- Exercícios resolvidos.
- Exercícios propostos.
- Exercícios propostos de recapitulação (no fim do capítulo).
- Testes propostos (no fim do capítulo).

A variedade de tipos de exercícios indica a ênfase do Ramalho. Como exemplo, avaliamos sua proporção, em páginas, no volume 1, que alcança aproximadamente 61%, contra 28% de textos explicativos. Analisando cada um dos quatro tipos de exercícios e comparando-os entre si, percebemos que cada um atende a uma finalidade mais ou menos específica, constituindo uma certa etapa do método de ensino seguido pelos autores.

Os *exercícios resolvidos* referem-se sempre a determinados tipos de problemas quantitativos. Uma de suas funções é exemplificar a aplicação das expressões matemáticas e apresentar métodos padronizados de resolução de problemas ligados a essas expressões. Outra, é demonstrar as formas de se traduzir determinados diagramas, gráficos, etc. nas expressões matemáticas que levem à resolução do problema.

Esses exercícios tratam quase sempre de situações relativamente simples e de resolução direta através dos métodos propostos pelos autores. O que pedem, em geral, é o valor de determinada grandeza física, que deve ser obtida através da aplicação direta de uma ou mais expressões matemáticas ou através de algum tipo de diagrama.

Não encontramos nenhum exercício resolvido que pedisse a explicação física de determinada situação, nem que exigisse a formulação de hipóteses ou a avaliação de determinado fenômeno sob o ponto de vista de uma teoria ou lei. Também não identificamos nenhum que exigisse do aluno estimar o valor de determinada grandeza física sem dados fixados *a priori*. Em alguns poucos casos verificamos a existência de questões do tipo “*o que irá acontecer se...*”. Nestes casos, a resposta deduzia-se diretamente de um resultado numérico ou de um diagrama.

Ao que parece a função dos exercícios resolvidos é fornecer ao aluno uma forma de resolver problemas, mostrando como aplicar as fórmulas, como interpretar os diversos tipos de diagramas em termos algébricos e como construí-los a partir dos dados de um

---

<sup>10</sup> Alguns exemplos encontram-se reproduzidos no apêndice 2.

enunciado. Assim, o exercício resolvido possui a finalidade de servir de mediador entre o texto (onde o aluno entra em contato com as fórmulas, os diagramas e os termos utilizados) e os exercícios e testes propostos, onde ele irá aplicar esses conhecimentos.

Os *exercícios propostos* são apresentados no fim de uma ou duas secções. Em geral são também quantitativos e exigem o uso direto dos métodos desenvolvidos nos exercícios resolvidos, com pequenas variações. Constituem, assim, uma aplicação imediata daqueles métodos e servem como treino para que o aluno consiga aplicar sozinho os seus aspectos básicos.

No fim dos capítulos encontramos uma outra série de problemas denominados *exercícios propostos de recapitulação*. Conforme os próprios autores definem, esses exercícios são “em geral mais difíceis” (Ramalho, P-1993:3). São todos quantitativos e envolvem realmente situações mais complexas do que as dos *exercícios propostos*, porque muitas vezes não se enquadram perfeitamente nos métodos de resolução apresentados nos exercícios resolvidos.

Um dado relevante é que, como é costume nos livros didáticos de 2º grau, alguns desses exercícios vêm com uma indicação de que foram extraídos de algum exame vestibular, não tendo sido, portanto, elaborado pelos autores. Percebemos também, que os testes propostos são em sua grande maioria, testes de vestibulares. A diferença básica entre estes e os anteriores está no fato de apresentarem-se como testes de múltipla escolha, com cinco alternativas de respostas das quais apenas uma é correta, padrão atual nos vestibulares.

O fato interessante é que, se compararmos a proporção de exercícios de vestibular *versus* exercícios elaborados pelos autores nas quatro categorias acima descritas veremos que a quantidade relativa de exercícios de vestibulares é crescente conforme vamos da primeira categoria (os exercícios resolvidos) à última (testes), conforme vemos nos dados abaixo, extraídos do volume 1:

tipo de exercício	quantidade	porcentagem do total	exercícios de vestibular	elaborados pelos autores
resolvidos	182	17%	0%	100%
propostos	314	30%	18%	82%
recapitulação	168	16%	59%	41%
testes	393	37%	88%	12%
TOTAL	1057	100%	47 %	53%

Tudo leva a crer que a seqüência proposta pelo Ramalho possui como objetivo levar o aluno a ser capaz de resolver os exercícios da última categoria, ou seja, os testes

de vestibular. Para fazer isso, desenvolve métodos padronizados de resolução dos problemas o que, diga-se de passagem, nem sempre é suficiente para dar conta de alguns testes de vestibular selecionados pelos próprios autores do livro, mas que em geral fornecem uma maneira de se chegar à resposta correta.

### *Outras partes do livro:*

No fim de cada capítulo é apresentado um resumo da matéria, que como não poderia deixar de ser em função do caráter do próprio texto, constitui uma síntese das definições de termos dadas no texto e das expressões matemáticas, gráficos e diagramas apresentados. Este resumo, em geral, não ultrapassa uma página por capítulo.

Também existem as leituras e os quadros explicativos a respeito de determinado assunto ligado à matéria<sup>11</sup>. No volume de Eletricidade, por exemplo, existe um quadro que explica o código de cores dos resistores e um outro que comenta o relógio medidor de energia elétrica residencial e a conta de energia elétrica. As leituras, na maior parte dos casos tratam de aspectos históricos da área da física discutida no texto. Em geral, a tônica dos textos históricos é apresentar uma seqüência de nomes de cientistas aos quais se atribui determinada descoberta. Em um destes textos, por exemplo, em apenas duas páginas, os autores citam os nomes de 13 cientistas ou pensadores, começando com Empédocles e Aristóteles, nos séculos VI e V a.C. até chegar em Clausius, no séc. XIX, perpassando assim toda a história da Termodinâmica como uma seqüência temporal de descobertas realizadas por determinadas pessoas. Fato interessante nesse texto é que os autores atribuem maior relevância à descoberta de conceitos como calor latente e calor sensível do que à problemática central da Termodinâmica: a questão das máquinas térmicas e do ciclo termodinâmico, que aliás não são diretamente mencionados (Ramalho, 2-1993:84-6). Há outras leituras de caráter não-histórico, como por exemplo, uma sobre o motor a explosão no volume 2, mas em número bastante reduzido. Os assuntos gerais não-históricos são normalmente reservados aos quadros, que constituem trechos de textos menores, raramente ultrapassando uma página.

Tanto as leituras quanto os quadros ocupam um espaço muito pequeno dos livros (somados, menos de 4% no volume 1), o que é um indício de que não são prioritários. De fato, seu conteúdo não está estruturalmente ligado ao restante da proposta, não interferindo na lógica da exposição dos conteúdos. Eles sequer são mencionadas, explícita ou implicitamente, ao longo do texto.

---

<sup>11</sup> Um exemplo de leitura é apresentado no apêndice 4.

### 1.3 Os fundamentos e a proposta metodológica.

Podemos avaliar a proposta de ensino do Ramalho com um pouco mais de elementos a partir do *guia do mestre* que acompanha a coleção. Nesse guia, os autores explicitam que sua obra foi elaborada pensando-se em uma exposição do conteúdo do texto seguida da resolução dos *exercícios resolvidos* em lousa pelo professor e da posterior resolução dos demais exercícios pelos alunos. Os autores colocam da seguinte forma:

*Dentro das maneiras possíveis, sugerimos: exposição pura e simples de cada capítulo e feitura dos exercícios resolvidos com a classe acompanhando (escolhemos este método em nossa programação didática).*

(Ramalho, P-1993:3)

Os autores sugerem ainda algumas variações possíveis, como a exposição por parte dos alunos, mediante seminários. Essas constituem, na verdade, uma das escassas sugestões metodológicas dadas ao professor, pois o *guia do mestre* é composto em sua maior parte por resolução de alguns dos exercícios propostos, dedicando apenas 10 de suas 135 páginas a orientar o professor no uso da proposta.

A maior parte dessas orientações volta-se para a questão do número de aulas que deve ou pode ser tomado com cada capítulo, com propostas de adaptações para casos de número de aulas mais reduzido ou mais ampliado do que o previsto (3 aulas semanais).

Por outro lado, o fato de que o *guia do mestre* seja quase todo dedicado à resolução de exercícios reforça a hipótese de que o principal conteúdo da coleção Ramalho é a apresentação de regrinhas de resolução de problemas padronizados. Como nem sempre os *exercícios resolvidos* cobrem todos os detalhes necessários para a resolução de algumas das questões de vestibulares, os autores fornecem ao professor um instrumento - necessário, diga-se de passagem - para que este não corra o risco de enfrentar dificuldades para chegar aos resultados corretos.

Portanto, vemos que de um modo geral a proposta do Ramalho é o preparo para os exames vestibulares, ou pelo menos é essa a idéia que se pretende passar aos consumidores do livro. Para isso, fornece alguns instrumentos que, pelo menos aparentemente, dariam conta da consecução deste objetivo através de etapas graduais e bem definidas. Resta saber se ele é tão eficaz quanto dá a entender.

Mas essa não é uma particularidade do Ramalho. Ao examinar diversos livros didáticos hoje no mercado, observamos que na maior parte das vezes eles seguem o mesmo padrão. As diferenças ficam por conta do grau de simplificação a partir do modelo proposto pelo Ramalho, com a omissão de alguns assuntos e o resumo de outros. Como os vestibulares são os mesmos, encontramos inclusive diversos exercícios que se repetem nos vários livros.

As maiores diferenças que observamos surgiram em alguns livros que se preocupam um pouco mais com o texto e que propõem algumas atividades experimentais simples, como é o caso do Paraná (Paraná, 1993). Este livro, no entanto, segue em geral a perspectiva do Ramalho, com ênfase em diagramas e fórmulas e sua principal preocupação é o ensinar a resolver problemas de vestibulares. A diferença é que ele tem um pouco mais de texto, gravuras e questões qualitativas.

Um livro que foge um pouco mais do modelo dessa “física de vestibular” é o de Alvarenga e Máximo (Alvarenga e Máximo: 1991, 1992), que tem origem anterior ao Ramalho. Esta publicação parece se espelhar mais nos textos de física básica universitários do que no modelo proposto pelo Ramalho, embora coincida em muitos aspectos com ele e venha se aproximando da “física de vestibular” ao longo dos anos. Seu texto é mais detalhado e possui uma quantidade grande de *dedução* das expressões matemáticas, de textos de história da física e de assuntos complementares bem mais elaborados do que os que encontramos nos outros livros. Dá também um destaque maior das leis e teorias, ao mesmo tempo em que diminuem as preocupações com análises de diagramas e gráficos de diversos tipos e a quantidade de exercícios de vestibular.

## 2. FAI: o uso da tecnologia educacional.

### 2.1 O que é o FAI?

Física Auto-Instrutivo (FAI) é um projeto de ensino implementado no início da década de setenta e elaborado pelo Grupo de Estudos em Tecnologia do Ensino de Física (GETEF)<sup>12</sup>. Como o nome diz, sua principal característica é o fato de ser voltado para a auto-instrução, ou seja, utilizando o material e seguindo as instruções corretamente, espera-se que o aluno aprenda o conteúdo praticamente sozinho.

O projeto é constituído de cinco volumes, destinados ao aluno, abrangendo os tópicos:

*VOLUME 1:*

*I. SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES*

*II. FUNÇÕES E GRÁFICOS*

*III. MOVIMENTOS RETILÍNEOS*

*VOLUME 2:*

*IV. VETORES*

*V. FORÇA E MOVIMENTO*

*VOLUME 3:*

*VI. IMPULSO E QUANTIDADE DE MOVIMENTO LINEAR*

*VII. ENERGIA MECÂNICA*

*VOLUME 4:*

*VIII. MOVIMENTO ANGULAR*

*IX. LEI DA GRAVITAÇÃO UNIVERSAL*

*X. EQUILÍBRIO ESTÁTICO DOS LÍQUIDOS E TERMOLOGIA*

*VOLUME 5:*

---

<sup>12</sup> O Grupo era formado pelos professores: Fuad Daher Saad, Paulo Yamamura, Kazuo Watanabe (coordenadores), Norberto Cardoso Ferreira, Denitiro Watanabe, Dononzor Sella, Iuda Dawid G. Legbman, José André Guillaumon Filho, Yashiro Yamamoto, Wanderley de Lima, Yamato Miyao, Shozo Motoyama, Maria Amélia M. Dantas, Marcelo Tassara, Eda Tassara, Wilson Carron, Cláudio Chagas, José André P. Angotti, Oziel H. S. Leite e José F. M. Santos.

*XI. CARGAS ELÉTRICAS EM REPOUSO**XII. CARGAS ELÉTRICAS EM MOVIMENTO*

(GETEF, 1 a 5)

Observe que seu conteúdo parece ser bastante semelhante ao do Ramalho, embora ele não traga, por exemplo, a parte de *Óptica*, mas tenha tópicos inexistentes no Ramalho, como o *momento angular*.

Além desses volumes, acompanha o material um pequeno manual do professor (GETEF, P-1973), de 19 páginas, onde os autores explicam em linhas gerais o que é o projeto, como usá-lo, orientam o professor a respeito de alguns aspectos do *ensino individualizado*. Boa parte deste manual é dedicada a discutir as formas de acompanhamento e de avaliação que o professor pode utilizar.

## 2.2 A estrutura e os fundamentos da proposta.

O material do aluno é estruturado em *capítulos*, que por sua vez é dividido em unidades menores denominadas *seções*. Eventualmente, um capítulo apresenta uma subdivisão maior que abrange um certo conjunto de seções, enquanto essas, em alguns casos, também são subdivididas. O trecho do índice do capítulo VIII (volume 4), reproduzido abaixo, ilustra esta estrutura:

### VIII - MOVIMENTO ANGULAR E ROTAÇÃO

#### 1ª PARTE: DESCRIÇÃO CINEMÁTICA DO MOVIMENTO CIRCULAR

1 - Deslocamento angular - Radianos - Arco descrito

2 - Velocidade e aceleração angular no movimento circular com aceleração constante

A - Velocidade angular

B - Aceleração angular

C - Movimento circular com aceleração angular constante -  
Deslocamento angular - equação e gráfico da velocidade angular

(GETEF, 4-1974:10)

Dentro desta estrutura, temos os seguintes elementos constituintes:

**Objetivos:**

No início de cada parte ou capítulo, o FAI apresenta aos alunos uma lista dos objetivos instrucionais a serem atingidos com o estudo em questão. No capítulo sobre Energia Mecânica, por exemplo, os objetivos são:

- *conceituar energia cinética e potencial.*
- *definir operacionalmente trabalho de uma força constante.*
- *resolver problemas utilizando os conceitos de energia e trabalho.*
- *conceituar trabalho de uma força variável e relacioná-lo com energia.*
- *definir energia mecânica de um objeto.*
- *caracterizar transformação de energia mecânica.*
- *enunciar a lei da Conservação de Energia Mecânica.*
- *conceituar energia interna de um objeto e enunciar a Lei de Conservação de Energia nesta nova situação.*
- *resolver problemas sobre colisões.*
- *definir potência.*

(GETEF, 3-1976:65)

Isso mostra que os autores se preocupam bastante com os *objetivos específicos* a serem atingidos e, coerentemente com uma proposta auto-instrutiva, expressam aos alunos quais são esses objetivos, com o propósito de que estes possam efetuar uma auto-avaliação de seu aprendizado.

**Texto principal:**

A principal parte do FAI, onde ele desenvolve os conteúdos é o texto das seções, que é dividido em duas partes bem distintas:

**Trechos introdutórios e explicativos:**

Em pequenos trechos, geralmente localizados no início dos capítulos ou de alguma seção, o FAI inicia com alguns comentários a respeito do que será estudado e de como o novo conteúdo a ser estudado se relaciona aos anteriores e fornece algumas informações preliminares de conteúdo.

**Texto programado:**

A maior parte do texto, onde os conceitos, fórmulas, etc. são apresentados é escrita no sistema auto-instrutivo, ou seja, separado em itens onde se fornece uma

pequena informação e espera-se uma resposta do aluno<sup>13</sup>. Estando certa a resposta, o aluno passa para o próximo item. O trecho a seguir reproduz os dois primeiros itens de uma seção:

- 1 ■ Se você “puxa” uma porta, inicialmente em repouso (fechada), a fim de abri-la, você está aplicando uma **força** sobre a porta. O “puxão” que a porta recebe faz com que ela, ao ser aberta, (fique parada; entre em movimento).

★★★★★★★★★★

entre em movimento

- 2 ■ Um automóvel que se encontra enguiçado é “empurrado” por diversas pessoas. Enquanto é “empurrado” o automóvel sofre a ação de \_\_\_\_\_. Em virtude das ações das forças, o automóvel, que inicialmente se encontrava em repouso, entrará em \_\_\_\_\_.

★★★★★★★★★★

forças; movimento

(GETEF, 2-1976:39)

O aluno deve ler as informações e preencher as lacunas ou escolher entre as alternativas (entre parênteses separadas por ponto-e-vírgula) sem ver a resposta, que deverá estar coberta com uma régua de cartolina que acompanha o livro.

Na introdução à proposta, dirigida ao estudante, o grupo orienta:

*Tendo respondido, [você] deverá verificar se sua resposta corresponde a um acerto, comparando-a com aquela correta apresentada logo a seguir.*

*Suas respostas servem de informação aos passos seguintes. Por isso, e por outros motivos, escrever a resposta é essencial. É essencial também que você escreva sua resposta antes de olhar a correta. Uma olhadela à resposta, ainda que bem intencionada, só poderá dificultar sua tarefa no futuro.*

(GETEF, 1-1973:5)

<sup>13</sup> Um trecho do texto auto-instrutivo encontra-se exemplificado no apêndice 1.

Até por sua característica auto-instrutiva, o texto do FAI é detalhadamente explicativo. Observamos uma preocupação grande em explicar todos os conceitos, termos, nomenclaturas e diagramas em diversas situações e através de passos curtos, antes de se propor problemas.

### *Exercícios e problemas:*

A proposta possui bastante exercícios e problemas. Porém, muitos deles têm caráter diverso daqueles que encontramos nos livros didáticos mais comuns. A proposta possui os seguintes tipos de exercícios<sup>14</sup>:

#### *Exercícios de revisão:*

Exercícios simples, colocados em geral ao fim de uma seção, trabalhando o conteúdo nela desenvolvido. Esses exercícios tratam diretamente do conteúdo da seção e possuem uma seqüência de dificuldade gradativa.

#### *Problemas a resolver:*

Lista de problemas um pouco mais abrangentes colocada ao fim de um certo número de seções. Embora não sejam mais complexos do que os exercícios de revisão, podemos dizer que se trata de uma lista que contém os exercícios que se *objetiva* que os alunos sejam capazes de resolver. Eles se igualam em dificuldade aos *últimos* das listas de *exercícios de revisão*, ou seja, aquela etapa final que o aluno conseguiu atingir após resolver completamente a lista de *exercícios de revisão*.

#### *Quadros e Problemas resolvidos.*

Diferente do que costuma-se entender por problemas resolvidos, os propostos pelo FAI são, na verdade, problemas acompanhados de um roteiro de resolução em forma de instrução programada a ser executado pelo aluno.

Além dos problemas resolvidos explicitamente denominados como tal, há também a análise de determinadas situações físicas que são chamadas de *quadros*. Nesses quadros é apresentada uma situação que serve ao mesmo tempo de exercício e de desenvolvimento de determinados aspectos da matéria, sobretudo de técnicas de resolver problemas.

A diferença básica entre os quadros e os problemas resolvidos é que os primeiros se encontram distribuídos dentro do texto da seção e apresentam apenas a descrição de

---

<sup>14</sup> Reproduzimos alguns exercícios do FAI no apêndice 2.

uma certa situação sobre a qual são propostas questões ao longo do texto programado, enquanto os problemas resolvidos aparecem em seqüência no final da seção, e são redigidos na forma de um problema completo, com as perguntas que devem ser respondidas contidas no enunciado.

*Questões de estudo e questões de discussão:*

Além dos exercícios, em algumas edições aparecem também questões mais gerais e objetivas que tinham a finalidade de orientar o estudo do aluno. Observe os exemplos:

- 1 ■ É natural que um objeto isolado mova-se em trajetória curva?
- 2 ■ O que diz a 1ª Lei de Newton?

(GETEF, 2-1976:77)

*Textos complementares:*

*Textos históricos:*

No fim de alguns capítulos ou seções existem textos abordando aspectos históricos do conteúdo trabalhado. É curioso notar que tais textos não seguem o esquema auto-instrutivo e nem possuem questões ligadas a ele no texto programado. Em alguns poucos casos vêm acompanhados de questões de interpretação, mas que não possuem ligação explícita com o conteúdo desenvolvido no texto programado<sup>15</sup>.

*Apêndices:*

Em determinadas partes do projeto também aparecem textos mais extensos que fornecem informação para completar idéias desenvolvidas. Também não possuem o formato de instrução programada, e se tratam, em geral de aspectos mais complexos da teoria.

*Experiências:*

Ao fim de cada volume, normalmente, encontram-se algumas experiências propostas. Curiosamente, estando situadas no fim de cada livro não há, ao longo do texto, qualquer indicação do momento no qual elas devem ser realizadas. Isso ocorre porque o

---

<sup>15</sup> Para examinar um texto histórico do FAI, consulte o apêndice 4.

FAI não considera a atividade experimental como algo essencial ao desenvolvimento do conteúdo e esclarece, no manual do professor, que “*a sua eventual pequena quantidade não irá prejudicar substancialmente os objetivos do ensino de física*”.(GETEF, P-1973:8). Deixa claro que a experiência tem a função apenas de “mostrar” o que já foi visto:

*O texto programado não é consequência de uma experiência de física que deve ser feita. Pelo contrário, a experiência é um recurso para mostrar determinados princípios básicos já explorados pelo aluno, como acontece também com recursos audiovisuais e conferências.*

(GETEF, P-1973:8)

Cada experiência é apresentada em um quadro contendo as seguintes informações<sup>16</sup>:

*Objetivo:*

Uma lista de objetivos da experiência, em termos bem específicos, tais como:

- a) Determinar o período e a frequência de um marcador de tempo.*
- b) Calibrar, para leituras em segundos, um marcador de tempo.*

(GETEF, 1-1973:155)

*Verificar que a força de empuxo sobre um corpo em um líquido é igual ao peso do volume do líquido deslocado por esse corpo.*

(GETEF, 4-1974:313)

*Material utilizado:*

Lista de material a ser empregado, geralmente acompanhado de um desenho do aparato experimental.

---

<sup>16</sup> Uma experiência do FAI encontra-se reproduzida no apêndice 3.

*Considerações teóricas:*

Em certas experiências, aparece um pequeno trecho explicativo que embasa a atividade a ser realizada. Na experiência de medição da constante elástica de uma mola, por exemplo, vem o trecho:

A deformação sofrida por uma mola sob a ação de uma força é diretamente proporcional à intensidade da força deformadora, desde que não ultrapasse o limite elástico da mola. Essa lei é conhecida como **Lei de Hooke** e sua formulação matemática é:

$$|\vec{F}| = k \cdot \Delta x$$

onde **k** é a constante da mola (cada mola possui um **k** diferente) e  $\Delta x$  é a deformação.

(GETEF, 2-1976:81)

*Procedimento:*

Lista de passos que o aluno deve seguir para a realização da experiência.

*Análise e questões:*

Questões relativas ao conteúdo específico daquilo que foi observado na experiência.

*Relatório:*

Roteiro para a elaboração de um relatório por parte do aluno. É interessante notar que esta parte possui quase a mesma redação em todas as experiências:

*Você deverá apresentar um relatório desenvolvendo: a) objetivo da experiência; b) parte teórica e experimental e c) respostas às questões. O gráfico deverá acompanhar o relatório.*

(GETEF, 2-1976:81)

A partir desse material, o FAI define uma dinâmica de aula bem diferente da chamada aula tradicional. Enquanto na proposta tradicional o centro do processo de ensino-aprendizagem se situa na figura do professor, o projeto FAI se propõe a deslocar esse centro para o aluno. Fuad D. Saad, um dos coordenadores do projeto, caracteriza da

seguinte forma o papel do professor e suas conseqüências no ensino comumente executado nas escolas:

*É o centro do sistema educacional. Ele é a fonte do saber, transmissor de conhecimentos, atitudes e valores. Tudo é feito através dele. Função básica: dar e tomar lições. Tal esquema de atividades leva a situações típicas como:*

- *Aulas e orientações coletivas;*
- *Aluno ouvindo, escrevendo e às vezes perguntando;*
- *Avaliações coletivas dentro de certos calendários rígidos;*
- *Pequena flexibilidade dos cursos desenvolvidos;*
- *Pressuposição de que todos os alunos aprendem de forma idêntica e apresentam os mesmos pré-requisitos (raramente um professor realiza um pré-teste para verificar o repertório inicial dos seus estudantes);*
- *Passividade por parte do aluno.*

(Saad, 1977:12)

Em contraposição a essa situação, Saad coloca o aluno como o “*centro do sistema educacional*” (p.17). Para o autor, isso se traduz, na prática em “... *dispor contingências de reforçamento sob as quais o comportamento muda, na direção de enriquecer o repertório do aluno, adicionando-lhe comportamentos desejáveis...*” (p.18), uma vez que, segundo ele, esse é o pressuposto do processo de aprendizagem no qual se baseia o FAI.

Nesta nova dinâmica, as aulas se dão de forma diferente do que se conhece normalmente, obedecendo ao “*critério no qual cada aluno desenvolve suas atividades dentro do seu ritmo natural*” (Saad, 1977:69). Dessa forma, de acordo com Saad (p.69), após ler os objetivos do capítulo, o aluno vai seguindo o texto programado, lendo e respondendo individualmente, em sua carteira, os itens propostos. Quando surge alguma dúvida, o aluno solicita ao professor que a esclareça. Ao terminar um seção de texto programado, o aluno pode se deparar com exercícios ou problemas, ou ainda passar para a realização de uma experiência, com entrega posterior de um relatório, ou de uma discussão em grupo. Quando sentir-se seguro do assunto, ele apresenta-se para uma avaliação.

*Pode-se verificar que em uma sala de aula estará acontecendo simultaneamente: leituras, experiências, testes, discussão em pequenos grupos, aluno recebendo orientação do professor e assim por diante.*

(Saad, 1977:69)

Vemos que ao professor, cabe orientar e organizar essas atividades, informando aos alunos o momento de se realizar uma experiência ou um teste, providenciar material experimental, preparar os testes, receber os relatórios e tirar as dúvidas, tanto de conteúdo como aquelas a respeito da utilização do material. É evidente que as aulas expositivas estão descartadas, uma vez que cada aluno, de acordo com o seu ritmo, estará em um ponto diferente do conteúdo.

É evidente também que cada aluno terá contato com quantidades diferentes de conteúdo, pois aqueles que tiverem o ritmo mais rápido terminarão mais capítulos ao longo do ano do que os demais.

Em que se baseia esta visão do processo de ensino-aprendizagem? Supõe-se que o problema do ensino é fundamentalmente uma questão de meios. Os meios são os elementos que devem ser colocados à disposição do aluno para que, em contato com eles, adquira novos conhecimentos.

Percebe-se que o aluno aprendeu algo através da observação do seu comportamento frente à situação. Uma mudança de comportamento frente a uma determinada situação corresponde a um aprendizado em relação a ela. Neste processo, é fundamental que a observação do comportamento se dê sobre bases objetivas, que possam ser descritas de forma operacional. Interpretada dessa forma, a “cara de satisfação” de um aluno frente a explicação de um professor não corresponde a um comportamento objetivamente observado, uma vez que não diz nada explicitamente em relação ao conteúdo da explicação. Por outro lado, a resposta correta a uma questão objetivamente formulada corresponde a uma mudança de comportamento explicitamente relacionada ao conteúdo, se se considerar que anteriormente o aluno não seria capaz de dar a resposta correta.

A questão dos meios se insere justamente no ponto em que, partindo dessa concepção do processo de ensino-aprendizagem, considerada científica, procura-se descobrir os meios mais eficientes para operar uma mudança de comportamento objetivamente observada e previamente identificada como um objetivo instrucional. Por causa disso, costuma-se denominar esse método de elaboração de sistemas de ensino de *tecnologia educacional*, uma vez que, partindo-se de um conhecimento científico (a psicologia behaviorista) chega-se a uma aplicação no âmbito da prática (o ensino).

Baseando-se na tecnologia educacional, o FAI não identifica no professor o meio mais eficiente para operar essas mudanças de comportamento. Dá a ele o papel de organizador e provedor dos outros meios (texto auto-instrutivo, exercícios e experiências cuidadosamente planejados e seqüenciados, textos históricos, etc.), mais eficientes nessa mudança.

A elaboração destes meios, contudo, não cabe ao professor, mas a uma equipe técnica responsável pela concepção ou criação do material e do método a ser usado, no caso particular, o Grupo de Estudos em Tecnologia de Ensino de Física (GETEF).

O processo dessa elaboração deve passar necessariamente por uma série de etapas baseadas nessa fundamentação. Segundo Saad:

*... as principais etapas para a elaboração de um programa podem ser esquematizadas conforme a seqüência indicada abaixo:*

- a) Escolha da matéria a ser programada.*
- b) Especificação da população-alvo.*
- c) Estabelecimento dos objetivos a serem atingidos com o programa.*
- d) Análise de conteúdo e elaboração de teste de pré-requisito.*
- e) Elaboração dos itens de um programa.*
- f) Teste e avaliação dos resultados obtidos.*
- g) Revisão do material.*
- h) Reteste - Análise - Revisão.*
- i) Impressão do programa.*

(Saad, 1977:35)

Segundo o próprio autor esses seriam os passos “*necessários para a construção de um programa cuja função básica é informar, explicar, desenvolver, apresentar problemas, etc. ocupando as funções tradicionais de um professor que passa a assumir novas tarefas...*” (p.34).

Vemos que o propósito é realmente usar o material para substituir as funções do professor, delegando a ele tarefas mais organizativas. Por outro lado, comparando o material do FAI com os demais, ressalta Saad (p.35), esse procedimento se opõe ao adotado normalmente na maioria dos livros publicados, uma vez que estes se baseiam na intuição.

Ou seja, o material didático, se elaborado com critérios científicos pode substituir o professor, que passa a assumir uma outra função.

### 2.3 A física do FAI.

É uma característica do projeto FAI a ênfase dada na mudança de métodos mais do que na mudança dos conteúdos ou dos objetivos do ensino da física. Como consequência dessa ênfase, a estrutura do conteúdo, com sua seqüência lógica, o relacionamento entre os conceitos, a abordagem, a interpretação dos conceitos e das expressões matemáticas, as definições, os exemplos e tudo o mais que poderíamos incluir na constituição do conteúdo permanece em boa parte igual a dos livros mais comuns. Algumas diferenças em relação aos tópicos da atual "física vestibular" são, por exemplo, a ausência do tratamento da *Óptica*, a subordinação da *Termodinâmica* à *Mecânica*, a inclusão de conceitos como a quantidade de movimento angular, a apresentação da lei da conservação da quantidade de movimento antes da conservação da energia, etc.

É difícil estabelecer porque determinado tópico foi incluído ou excluído, mas fica claro que o caráter do conteúdo, pelo menos em termos de *intenção explícita*, não é preparar para o vestibular, como os livros tipo Ramalho. Em primeiro lugar, porque se assim fosse não faria sentido a inclusão da discussão detalhada de alguns tópicos que quase não aparecem (nem naquela época) nos exames, como o momento angular, e a omissão de outros que costumam (e costumavam) aparecer, como a *Óptica*. Em segundo, por causa da própria perspectiva com que o texto é escrito, no sentido de explicar com detalhe os diversos conceitos e leis e introduzir as fórmulas matemáticas sempre em função deste trabalho conceitual prévio.

Os objetivos específicos que aparecem no início de cada capítulo dão uma idéia da abordagem dos conteúdos que o FAI enfatiza. Vejamos o exemplo do capítulo X (2ª parte):

- a. *caracterizar temperatura; definir escalas termométricas; medir temperaturas;*
- b. *caracterizar expansão de sólidos e líquidos.*
- c. *definir coeficientes de dilatação.*
- d. *caracterizar variáveis de estado de um gás (P,V,T).*
- e. *descrever transformações isotérmicas, isométricas e isobáricas.*
- f. *definir equação de estado de um gás ideal.*
- g. *resolver problemas propostos.*

(GETEF, 4-1974:201)

À exceção do último item, parece que basta ao FAI que o aluno seja capaz de definir, descrever e caracterizar alguns fenômenos, conceitos e grandezas. Porém, uma leitura mais atenta do texto programado revela certos objetivos mais específicos, ligados à resolução de problemas. Entre outros, identificamos no capítulo X objetivos não explícitos, mais próximos ao tipo de física que encontramos nos livros convencionais, tais como:

- converter unidades de temperatura em diferentes escalas.
- obter a função termométrica de uma escala de temperatura a partir de seus pontos fixos.
- calcular a dilatação térmica linear de uma barra.
- obter valores das variáveis de estado de um gás após uma transformação.

Como caracterizar, então, o conteúdo do FAI? Acreditamos que o fato dos autores expressarem como objetivos coisas mais simples do que a resolução dos problemas revela uma intenção de que o aluno não precisaria necessariamente atingir o nível de ser capaz de resolver integralmente *qualquer problema* sobre o assunto. Seria razoavelmente satisfatório *definir, caracterizar e o descrever* algumas coisas. Porém não se abre mão de resolver os problemas mais tradicionais do conteúdo de física do 2º grau, e a proposta dá conta desta possibilidade. Portanto, a intenção talvez não seja realmente propedêutica, mas o caráter de resolução de problemas está presente como herança do ensino tradicional da física no nível médio.

Diríamos que o conteúdo proposto pelo FAI é aquilo que chamamos de *dimensão conceitual do conteúdo*. O objetivo central é o aprendizado dos conceitos físicos, que o aluno os entenda, um a um, e que consiga empregá-los na resolução de problemas. Os problemas assumem o papel de instrumento de verificação do aprendizado conceitual. Como saber física, neste caso, é saber os conceitos, a capacidade de resolver os problemas é considerada como um indício de que esse aprendizado se deu.

Apesar da semelhança superficial, isso é diferente do conteúdo do Ramalho, que poderíamos caracterizar como *dimensão operacional do conteúdo*. Na perspectiva da física do Ramalho, o que é exigido é o domínio de linguagens e técnicas necessárias para a resolução dos problemas. Porém, o uso das linguagens e técnicas *prescindem* do aprendizado conceitual. Isso porque o objetivo central é resolver os problemas e para isso é necessário saber manipular a linguagem, mas não necessariamente o conceito. Saber física aqui portanto, é saber resolver os problemas.

### 3. PEF: experiência e fazer do aluno.

#### 3.1 O que é o PEF?

Assim como o FAI, o PEF (Projeto de Ensino de Física)<sup>17</sup>, surgiu na “onda” de elaboração projetos de ensino de física verificada no Brasil entre início e meados da década de 70. Segundo Bittencourt (1977), essa busca de projetos nacionais de ensino de física se deu após o aparecimento no Brasil da versão traduzida do projeto norte-americano FSSC (Physical Science Study Committee) e da constatação de que, apesar da indiscutível qualidade deste projeto, ele não se adaptava às condições do ensino brasileiro.

O PEF teve como resultado final a publicação de textos e de material experimental em forma de *kits* para uso em aula. O material escrito é separado em quatro volumes, sendo dois de Mecânica, um de Eletricidade e um de Eletromagnetismo. Cada volume foi publicado em forma subdividida de fascículos, cada um correspondendo a um capítulo. Seu conteúdo é o seguinte:

#### *MECÂNICA 1*

1. *A órbita de um satélite.*
2. *Medidas de espaço.*
3. *Medidas de tempo.*
4. *Movimento uniforme.*
5. *Velocidade média e velocidade instantânea.*
6. *Força, inércia e aceleração.*

#### *MECÂNICA 2*

7. *Segunda lei de Newton.*
8. *Grandezas vetoriais.*
9. *Quantidade de movimento.*
10. *Energia e trabalho.*
11. *Conservação da energia.*
12. *Gravitação.*

---

<sup>17</sup> Participaram da elaboração do PEF: Ernst Wolfgang Hamburger, Giorgio Moscati (coordenadores), Antonia Rodrigues, Antonio Geraldo Violin, Diomar da Rocha Santos Bittencourt, Hideya Nakano, Luiz Muryllo Mantovani, Paulo Alves Lima, Plínio Ugo Meneghini dos Santos, Eliseu Gabriel de Pieri, José de Pinto Alves Filho, Judite Fernandes de Almeida, Jesuina Lopes de Almeida Pacca e João Evangelista Steiner.

**ELETRICIDADE**

1. *Cargas e estrutura da matéria.*
2. *Campo elétrico.*
3. *Potencial elétrico.*
4. *Corrente elétrica.*
5. *Resistência elétrica.*
6. *Resistência e resistividade.*
7. *Condução nos sólidos.*
8. *Efeito Joule.*
9. *Circuitos elétricos.*

**ELETROMAGNETISMO**

1. *Eletricidade e ímãs.*
2. *Estrutura dos ímãs.*
3. *O campo magnético.*
4. *Corrente em campos magnéticos.*
5. *Indução eletromagnética.*
6. *Aplicações do eletromagnetismo.*

(PEF, 1 a 4)

Os textos são acompanhados de três *kits* experimentais: um para Mecânica, um de Eletricidade e um para a parte de Eletromagnetismo.

O *kit* de Mecânica contém basicamente uma calha dobrável, de aço e alumínio, medindo aproximadamente 1,5 metro construída para a observação do movimento de pequenas esferas de aço. Com esse material realiza-se experimentos na parte de velocidade, energia, etc. Como cronômetro utiliza-se uma montagem bastante criativa denominada cronômetro de areia, através da qual pode-se medir unidades de tempo da ordem de alguns décimos de segundo.

O *kit* de Eletricidade possui alguns elementos básicos para o estudo do tema tais como resistores diversos, fios, mini-lâmpadas, placas de zinco e cobre para a confecção de pilhas, etc., além de diversos acessórios elétricos simples. Necessita também de um multímetro, não incluído no kit.

Na parte de Eletromagnetismo encontramos, entre outras coisas, ímãs, bússola simples, núcleo de ferrite, fios, num conjunto muito bem elaborado que permite investigar boa parte dos aspectos do Eletromagnetismo.

O desenvolvimento de um curso com o PEF prevê necessariamente o uso desses materiais. Ao contrário do FAI, onde os experimentos são “algo a mais” e até, como comentamos, isolados do desenvolvimento do conteúdo, no PEF o experimento é a atividade principal: “... *a parte experimental é integrada no curso, sendo praticamente impossível seguir o texto sem realizar as experiências lá especificadas.*” (PEF, 1-1984, folheto introdutório :7).

O material escrito remete sempre o aluno para a execução de alguma atividade prática, seja ela um experimento concreto, seja ela a tomada de medidas, a confecção de diagramas e assim por diante, ou seja, o papel do aluno é constantemente mais do que responder a questões ou exercícios. Neste sentido, assim como o FAI, este projeto é auto-instrutivo. Porém, a forma de instrução programada, como é entendida no FAI não é empregada. Trata-se de um texto entremeado com questões e atividades e não de uma série de questões com lacunas que, uma vez preenchidas, constituam o texto. Ele tem caráter auto-instrutivo porque enfatiza acima de tudo a atividade do aluno e não o trabalho do professor como o elemento fundamental do processo de aprendizagem.

*O papel do professor, em vez de ser o de discorrer enquanto os alunos ouvem, e servir somente como fonte de informações, se torna principalmente o de organizador, coordenador e orientador do trabalho dos alunos.*

(PEF, 1-1984, folheto introdutório:7).

Portanto, o papel do professor é bastante semelhante àquele atribuído pelo FAI. No entanto, como o aluno tem que realizar muito mais do que responder questões, o trabalho de coordenação e de organização do professor é mais complexo no PEF do que no FAI.

### 3.2 A estrutura e os fundamentos da proposta

Os elementos básicos do texto do PEF são:

*O texto principal:*

Entremeado de questões e atividades, ele é subdividido em pequenas seções, de tamanho variável<sup>18</sup>. O desenvolvimento dos conceitos faz referência a determinadas situações físicas, muitas das quais, situações experimentais que deverão ser efetuadas pelo aluno. Em outras palavras, a apresentação do conteúdo funde-se com a atividade do aluno, como no exemplo a seguir:

Para alterar a magnetização de uma substância ferromagnética, é necessário rearranjar convenientemente os seus domínios. Como você verificou na seção anterior, a proximidade de um ímã pode alterar o estado de magnetização de um corpo.

Você vai realizar agora uma experiência, para verificar como se pode magnetizar e desmagnetizar um material.

Aproxime um pequeno pedaço de níquel-cromo (que é um material ferromagnético) de um dos pólos de um ímã. Aproxime-o, depois, da bússola.

Q8 - Qual o efeito que você notou? Por que ele se manifestou?

(PEF, 4-1984: 2-6)

Quando não é possível se referir a uma situação experimental facilmente executável pelo aluno, o PEF apresenta *reproduções* de situações realizadas em laboratório nas quais o aluno pode participar de alguma forma. O exemplo mais comum é a utilização de fotos estroboscópicas, que mostram a seqüência de movimento de um objeto. A partir de uma foto como essa e da escala fornecida, o aluno pode determinar com uma régua as distâncias percorridas pelo objeto nos diversos intervalos de tempo. A atividade experimental no PEF é, portanto, a base de todo o desenvolvimento do conteúdo.

*Os exercícios de aplicação:*

Após o texto de cada folheto (capítulo) é apresentada uma série de exercícios ligados ao tema desenvolvido<sup>19</sup>. Comparados aos exercícios do FAI e do Ramalho, os exercícios do PEF são bem mais simples. Isso porque, em geral se referem a situações de abrangência semelhante ao conteúdo do texto-atividade.

---

<sup>18</sup>No apêndice 1, há um exemplo de texto de seção sem experiência sugerida; no apêndice 3 reproduzimos um no qual é proposta uma experiência.

<sup>19</sup>O apêndice 2 ilustra alguns exemplos.

No PEF o exercício fica com um papel menos central. Sua função é mais de fixação ou de aplicação, como a própria denominação dada a eles faz entender. Muitos deles se referem a situações qualitativas e basicamente servem como uma verificação do que foi discutido no texto, ou então como complemento de discussão de alguns detalhes não explorados no texto:

E16 - Como poderia você utilizar uma NTC como termômetro clínico?

E17 - Explique porque um NTC tem sua resistência diminuída, quando aumentamos sua temperatura.

(PEF, 3-1981: 7-19)

Somente em poucos casos os exercícios exigem do aluno um conhecimento de *métodos ou algoritmos* de resolução de problemas, mesmo porque o texto não fornece subsídio para isso.

#### *Leituras suplementares:*

No fim da maioria dos capítulos há um texto de caráter mais geral tratando de temas ora mais ligados às descobertas recentes da física, ora de aplicações tecnológicas, ora de aspectos históricos ou então de outros temas gerais ligados ao conteúdo<sup>20</sup>. Embora, como nas duas outras propostas, notemos um certo “isolamento” deste material em relação ao desenvolvimento do conteúdo, a quantidade relativa destes textos é bem maior, sua qualidade bastante superior além de haver uma variedade maior de temas.

Em relação ao acabamento gráfico do material, o uso de cores, a abundância de fotos e desenhos (muitos de conotação humorística), o tamanho e formato dos tipos e a diagramação mais ousada revelam uma preocupação com o aspecto visual do projeto.

O PEF, assim como o FAI, considera o aluno como o centro do processo de ensino-aprendizagem e retira do professor o papel de transmissor dos conhecimentos. Aqui porém também podemos considerar que o material é um determinante forte do processo. Consideramos exagero a interpretação de ensino centrado no aluno que se possa atribuir a esse tipo de projeto, uma vez que é o material (e não o aluno) que determina praticamente todo o andamento do processo de aprendizagem.

---

<sup>20</sup>Veja a leitura sobre computadores no apêndice 4.

O fundamento que está por trás do PEF não se resume somente a questão de “como fazer para que o aluno aprenda tal conceito”. Em outras palavras, não se trata de tentar criar uma seqüência “ótima” de atividades e questões voltadas, a cada momento, para a formação de um dado conceito. Em suma, não se trata de basear todo o ensino em uma teoria da psicologia da aprendizagem.

As hipóteses sobre o processo de aprendizagem adotados pelo PEF ainda se baseiam na linha behaviorista da psicologia cognitiva<sup>21</sup>, mas os fundamentos da proposta de ensino vão além deste aspecto.

Se a questão fosse apenas essa - a aquisição de conceitos - não haveria a necessidade de enfatizar a atividade experimental, de propor questões e experiências que fogem claramente da estratégia de se fazer o aluno adquirir um certo conceito finalmente e de propor textos sobre aspectos vários que fogem do puramente conceitual.

### 3.3 A física do PEF.

Ao folhearmos o material ou mesmo ao examinarmos seus índices, a primeira diferença que se percebe em relação ao conteúdo de física convencional é o corte de grande parte de conteúdo: não existe o conteúdo de Óptica e Ondas e a Termodinâmica é pouquíssimo desenvolvida.

Segundo Bittencourt (1977:19), além do que foi publicado, também estavam previstos inicialmente os conteúdos de Calor em um semestre e o de Ondas e Estrutura da Matéria em outro.

Por algum motivo decidiu-se cortar estes tópicos citados por Bittencourt, ou reduzi-los a secções complementares. Ao que tudo indica, o critério foi realmente o de priorizar a Mecânica e a Eletricidade, ao avaliar-se que o tempo destinado a esses conteúdos era muito pequeno (um semestre cada - o curso todo foi projetado para quatro semestres). Uma hipótese que fazemos é que os cortes se deram em função de uma adaptação do projeto à chamada “realidade da escola pública”. Ou seja, verificando que a escola pública (já naquela época) vinha apresentando dificuldades em cumprir o programa oficial, teria-se buscado fazer um programa reduzido, que se adaptasse às condições encontradas.

---

<sup>21</sup> Como demonstra a necessidade sentida pelos autores de se especificar os objetivos de cada secção em termos comportamentais, até com propostas de questões de prova, no guia do professor, para avaliar cada objetivo específico.

De fato, quando examinamos o guia do professor percebemos uma preocupação dos autores em relação às condições encontradas nas escolas. Dizem eles:

*O Projeto de Ensino de Física destina-se aos alunos do 2º grau de modo geral, ou seja, a alunos que, em sua maioria, não mais estudarão física. Além disso, o projeto foi elaborado tendo em vista os seguintes objetivos:*

- a) Adaptar-se às condições das escolas e dos professores de 2º grau no Brasil;*
- b) Levar o aluno a conhecer alguns fenômenos e conceitos da física, de modo que possa operar com esses conceitos, resolver problemas e realizar experiências simples;*
- c) Levar o aluno a travar contato com o método científico, através do estudo de alguns fenômenos e conceitos específicos da física;*
- d) Apresentar ao aluno alguns aspectos da física contemporânea (o curso não se limitará, portanto, à física clássica).*

(PEF, P1-1973:3-4)

Como esses objetivos deixam entrever, as mudanças trazidas pelo PEF, em relação aos conteúdos, não se reduzem apenas a seleção/cortes de tópicos da física de 2º grau da época. Observamos, por exemplo, a abordagem de alguns temas ligados a aplicações tecnológicas, sobretudo em Eletricidade e Eletromagnetismo e a introdução de alguns tópicos de física moderna, também nesses dois últimos volumes. Contudo, tais temas aparecem geralmente em exemplos específicos, exercícios e em textos complementares, não formando um todo sistematizado. A exceção fica por conta do texto *Aplicações do Eletromagnetismo* (texto 6 de Eletromagnetismo), dedicado às aplicações tecnológicas da teoria estudada nos textos anteriores. Se trata de um tratamento mais sistematizado e orgânico, embora restrito a um único capítulo.

Mas a principal inovação do PEF é o caráter experimental do curso. Essa forma de desenvolvimento do trabalho pedagógico pode ser encarada tanto como uma inovação nos *métodos* de ensino, como uma mudança nos *conteúdos*. Esses dois aspectos não são excludentes, e estão ambos presentes no PEF.

*Como inovação metodológica*, a experiência seria um elemento que favoreceria o aprendizado, na medida em que forneceria ao aluno condições de apreender o conteúdo

através de sua própria atividade, ao mesmo tempo que daria uma dimensão mais prática ao conteúdo. Ou seja, é um método mais eficiente para o aprendizado.

No folheto introdutório, o PEF dá a entender este papel metodológico da atividade experimental, ao orientar o aluno da seguinte forma:

*Elaboramos este curso para que você possa aprender física de um modo ativo. Isto significa que você vai realizar experiências, analisar e discutir os resultados obtidos, responder a perguntas e resolver problemas.*

(PEF, 1-1984, folheto introdutório:4)

Portanto, o PEF valoriza a atividade do aluno como elemento fundamental do aprendizado. O experimento substituiria o papel que a instrução programada possuía no FAI.

*Encarado como parte dos conteúdos*, o experimento seria uma forma de desenvolver nos alunos a compreensão do método científico, ou do método experimental usado na produção do conhecimento na ciência física.

O PEF incorpora também essa dimensão, explicitada nos objetivos (c) e (d) do projeto apresentados no guia do professor, citados há pouco. Portanto, o método científico é considerado como *conteúdo* embora não seja trabalhado como assunto direto, mas indiretamente “*através do estudo de alguns fenômenos e conceitos específicos da física*”.

Portanto, embora o PEF ainda valorize o aspecto conceitual do conhecimento de física (conforme indica o item b dos objetivos), seu conteúdo explora uma variedade maior de *dimensões* desse conhecimento. Essas dimensões "adicionais" muitas vezes aparecem de forma implícita, na forma usada no desenvolvimento do conteúdo conceitual. É o que indica o objetivo (d), ao dizer que o "método científico" é trabalhado *através* do estudo de fenômenos e conceitos. Ou seja, fenômenos e conceitos, além de serem conteúdos por si só, servem como *meio* para o desenvolvimento de outro aspecto da física: o "método científico".

Vamos tomar um exemplo concreto para perceber como essas dimensões "implícitas" do conhecimento aparecem no PEF. O texto inicial, “órbita de um satélite”, por exemplo, inicia o trabalho de fornecer uma base físico-matemática para os alunos, com os seguintes objetivos estabelecidos:

*Ao fim deste capítulo o aluno deverá ser capaz de:*

- a) *Dadas as coordenadas de um ponto, localizá-lo em um gráfico cartesiano; reciprocamente, dado um ponto em um gráfico cartesiano, dizer suas coordenadas.*
- b) *Identificar órbitas e trajetórias de movimentos diversos.*

(PEF, P1-1973: 21)

São portanto conceitos matemáticos e físicos que servem de base para o desenvolvimento da Cinemática. Porém estes conceitos são apresentados aos alunos de uma forma particularmente nova. Ao invés de introduzir o tema de forma direta, desvinculada de um exemplo concreto, o PEF utiliza a discussão do satélite para desenvolvê-lo. Em primeiro lugar, inicia o texto situando o objeto satélite dentro de um universo mais amplo do que o meramente físico-matemático:

*São eles que tornam possível assistir, pela televisão, aos jogos da Copa do Mundo, à chegada dos astronautas à Lua e a outros acontecimentos que ocorrem no outro lado do mundo. (...)*

*Os satélites artificiais e as viagens espaciais são apenas algumas das realizações de nossa era científica e tecnológica. E não só a tecnologia, mas todos os aspectos da vida e do pensamento modernos são profundamente influenciados pela ciência.*

(PEF, 1-1984:1-1)

Em seguida, parte para o universo da física, porém com o cuidado de levantar um questionamento amplo:

*Há uma porção de perguntas que você pode propor sobre o movimento de um satélite: O que é a órbita do satélite? Qual é a forma dessa órbita? Há necessidade de um motor para manter o foguete em órbita? Por que o satélite não cai? Qual a sua velocidade? Há gravidade dentro dele?*

*Durante este curso você vai adquirir conhecimentos para responder a essas questões, aproveitando, muitas vezes, sua própria experiência.*

(PEF, 1-1984:1-1)

Somente depois disso se propõe ao aluno a construção da representação da órbita do satélite em um plano cartesiano a partir de uma tabela de dados. Percebemos ainda, nesse mesmo capítulo, a intenção de se introduzir o assunto física, ou seja, dar ao aluno alguma idéia do que é essa ciência. O texto, além de trabalhar essa questão através do exemplo do satélite traz três leituras suplementares: “*a ciência na cultura*”, “*ciência e tecnologia*” e “*a física no Brasil*”, que complementam (e não simplesmente se justapõem) a discussão proposta no texto.

Mas afinal, qual é o objetivo *real* deste capítulo? Observe que na lista de objetivos citada no guia do professor não há qualquer objetivo definido em função das questões mais gerais que o texto aborda. A preocupação explícita é mesmo com a matemática do plano cartesiano e o conceito de trajetória. Como explicar então os outros aspectos? Bittencourt nos dá uma "dica":

*... apesar do acordo tácito dos membros da equipe de trabalhar utilizando os objetivos definidos em termos de comportamento do aluno, uma parte da equipe (os autores) acreditava que os objetivos operacionais serviam como forma de alcançar objetivos mais gerais e que nem todos eles, necessariamente, deveriam ser atingidos plenamente, enquanto outra parte (os revisores) acreditava apenas na importância de objetivos imediatos, que deveriam ser obrigatoriamente atingidos; isto levou, algumas vezes, a desentendimentos entre membros da equipe.*

(Bittencourt, 1977:24)

Em outras palavras, os autores do PEF propunham objetivos mais gerais para o ensino da física, mas na confecção final do material só foram especificados aqueles objetivos que pudessem ser traduzidos em comportamentos observáveis. Esse viés behaviorista porém, não subtraiu do PEF os diversos aspectos do conhecimento físico que os autores procuraram contemplar. O fato é que são aspectos ricos e importantes, que permeiam todo o projeto.

## 4. PSSC: “formação do cientista”.

### 4.1 O que é o PSSC?

O PSSC (Physical Science Study Committee) é um projeto norte-americano que chegou ao sistema escolar do Brasil na década de 60, através de uma tradução, e foi aplicado por algum tempo em escolas daqui. As dificuldades de utilização deste projeto na realidade brasileira é um dos fatores que incentivou o aparecimento de tentativas nacionais em termos de projeto de ensino de física, cujos resultados concretos são o FAI, o PEF, que já discutimos, e alguns outros como o PBEF (Projeto Brasileiro de Ensino de Física).

O grande interesse que temos em analisar e discutir o PSSC aqui é o fato de que ele promove uma verdadeira revolução na maneira de se abordar os conteúdos da física. Os conteúdos foram totalmente reorganizados, tanto em seqüência, como em ênfase, abordagem e natureza dos assuntos abordados.

Ao nosso ver, essas mudanças radicais no conteúdos se deram em função de uma definição mais ou menos clara de *objetivos gerais* do ensino de física. Alguns autores nos mostram que o advento do PSSC nos EUA se deu no contexto histórico da Guerra Fria, num momento importante onde a União Soviética havia conseguido colocar em órbita o satélite Sputnik, antes dos americanos. Esse fato não repercutiu somente na criação da NASA, mas também numa tentativa de reorientação da escola com vistas a proporcionar a formação científica. O PSSC foi fruto desta tentativa. E é um exemplo de que quando se sabe o que se quer da escola e da educação, não existe hesitação em rever os conteúdos.

O projeto é composto de quatro volumes destinados ao aluno e mais quatro destinados ao professor. O conteúdo apresentado nos índices dos livros do aluno é o seguinte:

#### *PARTE I - MECÂNICA.*

- 1 Que é física?*
- 2 Tempo e sua medição.*
- 3 Espaço e sua medição.*
- 4 Funções e escalas.*
- 5 Movimento ao longo de uma trajetória.*
- 6 Vetores.*
- 7 Massa, elementos e átomos.*

- 8 Átomos e moléculas.
- 9 A natureza de um gás.
- 10 Mensuração.

*PARTE II - ÓPTICA E ONDAS.*

- 11 Comportamento da luz.
- 12 Reflexão e imagens.
- 13 Refração.
- 14 Lentes e instrumentos ópticos.
- 15 Modelo corpuscular da luz.
- 16 Introdução às ondas.
- 17 Ondas e luz.
- 18 Interferência.
- 19 Ondas luminosas.

*PARTE III - MECÂNICA.*

- 20 A Lei do Movimento de Newton.
- 21 Movimento na Superfície da Terra.
- 22 Gravitação Universal e o Sistema Solar.
- 23 A Quantidade de Movimento e a sua Conservação.
- 24 Trabalho e Energia Cinética.
- 25 Energia Potencial.
- 26 Calor, Movimento Molecular e a Conservação da Energia.

*PARTE IV - ELETRICIDADE E ESTRUTURA ATÔMICA.*

- 27 Alguns fatos qualitativos sobre a eletricidade.
- 28 A lei de Coulomb e a carga elétrica elementar.
- 29 Energia e movimento de cargas em campos elétricos.
- 30 O campo magnético.
- 31 Indução e ondas eletromagnéticas.
- 32 Explorando o átomo.
- 33 Fótons e ondas associadas à matéria.
- 34 Sistemas Quânticos e a estrutura dos átomos.

Somente pelo índice já é possível perceber que os conteúdos são estruturados de forma completamente diversa das propostas que examinamos anteriormente. A parte de dinâmica, por exemplo, geralmente a primeira em qualquer proposta vem no volume 3, depois da parte de Óptica e Ondas. Esta última, por sua vez, normalmente relegada a segundo plano, mereceu um volume inteiro dedicado a ela.

O guia do professor (também em quatro volumes), que acompanha a coleção é bastante detalhado, constituindo-se em um componente importante da proposta. Cada secção do texto do aluno é comentada no guia do professor, com explicações sobre as finalidades (objetivos específicos), observações pedagógicas e conceituais e dicas para o professor. Há uma preocupação em orientar cuidadosamente o professor. Também são comentados os materiais a serem usados nas experiências, bem como os procedimentos, questões e eventuais dificuldades que possam surgir em sua execução. Os exercícios são resolvidos e comentados um a um. Além disso tópicos e detalhes suplementares são apresentados, sejam eles aprofundamentos em aspectos do conteúdo, discussões mais detalhadas a respeito de coisas ligadas ao conteúdo ou meras questões suplementares. Em resumo, o guia do professor é um material completo em termos de orientação sobre o uso da proposta.

## 4.2 A estrutura e os fundamentos da proposta.

O livro para o aluno do PSSC é dividido em capítulos, cada um dos quais dividido em unidades menores, as secções. Sua estrutura básica é formada por:

### *Texto.*

Sem dúvida, a grande ênfase do PSSC é o texto. Ele ocupa a maior parte do livro e é bastante detalhado<sup>22</sup>. Contém discussões conceituais bem desenvolvidas e com exemplos que fogem daquilo que podemos chamar de "lugar comum" em física de 2º grau (tal como o exemplo do ônibus freando para a discussão de inércia). Um trecho que julgamos interessante é o seguinte:

*Algumas tarefas não necessitam combustível: sustentar um telhado, deslizar sobre um lago gelado sem atrito, usar logaritmos. Depois de certo esforço inicial, cada uma dessas tarefas, pode ser executada por alguma coisa que não consome*

---

<sup>22</sup> Reproduzimos um exemplo de texto do PSSC no apêndice 1.

*combustível: uma coluna de concreto, quantidade de movimento não consumida, uma tabela impressa de logaritmos. Em nosso estudo da energia, não estaremos interessados nesses tipos de tarefa. Lidaremos apenas com "tarefas que consomem combustível": tais como elevar um carro teleférico, movimentar uma ceifadeira, aquecer uma casa, acelerar um trem.*

(PSSC, 3-1974: 95)

As expressões matemáticas *básicas* são obtidas após análise detalhada de situações como as citadas. A partir delas, o PSSC não se furta a fazer as deduções necessárias, sempre com as explicações físicas correspondentes. Um dado interessante é que o PSSC não possui algo do tipo *texto complementar*. Aspectos que em outros livros, em geral são desenvolvidos em textos à parte, integram o desenvolvimento do conteúdo no PSSC. A parte de gravitação, por exemplo, discutem os trabalhos de Newton, Kepler e outros com aspectos que não aparecem sequer nos textos complementares da maior parte dos livros.

### *Exercícios.*

A quantidade de exercícios presentes na proposta não é muito grande, mas sua natureza difere bastante da dos exercícios mais convencionais que encontramos em nossos livros didáticos atuais e mesmo em relação aos dois projetos anteriormente discutidos<sup>23</sup>. Muitos deles fazem referência direta a situações experimentais e, em parte, dependem delas para sua resolução. A maioria deles é quantitativo e pede diretamente o valor de dada grandeza física, como os exercícios mais comuns. Contudo, ao contrário dos exercícios tipo Ramalho, os resultados dos exercícios do PSSC não acabam em si mesmo. Revelam uma intencionalidade de aprofundamento da discussão de determinados aspectos físicos.

Podemos dizer que para o PSSC, mais do que um treino que possui fim em si mesmo, os exercícios têm um papel de desenvolver uma espécie de "visão física" das coisas, uma heurística para resolver problemas físicos "reais" e não exercícios padronizados de um exame. Evidentemente, que esse "reais" refere-se ao ponto de vista particular que a física tem dos fenômenos. Isso torna os exercícios do projeto bem mais complexos, do ponto de vista conceitual. Para um exemplo dessa complexidade, deixamos o seguinte exemplo:

---

<sup>23</sup>Para examinar alguns exemplos, consulte o apêndice 2.

*Três pirilampos X, Y e Z estão numa bicicleta em movimento, à noite. X está bem no centro de um dos eixos, que gira com a roda. Y está na periferia da roda. Z está no quadro da bicicleta. Faça alguns desenhos e descreva em poucas palavras os seguintes movimentos:*

- (a) de X e Y vistos por Z;*
- (b) de Y e Z vistos por X;*
- (c) de X e Z vistos por Y;*
- (d) de todos os três, vistos por um observador, em pé, parado próximo à bicicleta.*

(PSSC, 3-1974: 67)

### *Experiências de laboratório.*

O projeto PSSC prevê aulas de laboratório e para isso possui *kits* de materiais experimentais. Não se trata de material muito caro e sofisticado, embora supere bastante a complexidade do material do PEF. Carrinhos de madeira com molas de disparo automático para o estudo de quantidade de movimento e energia; cuba de vidro com motor vibrador para estudo de ondas na água; contador de tempo feito a partir de um eletroímã para estudo dos movimentos são alguns dos materiais mais conhecidos. Como no FAI os experimentos são apresentados em um apêndice no fim do livro-texto, porém, ao contrário deste projeto, no PSSC o experimento é pensado como algo integrado ao desenvolvimento do conteúdo<sup>24</sup>. Diversas passagens do textos e vários exercícios fazem referência às experiências propostas ou a situações práticas muito semelhantes.

O que é possível perceber é que o PSSC, ao contrário do PEF, não concebe o experimento imbricado na aula e nem como algo que possa ser dirigido quase totalmente pelo aluno. De fato, o PSSC não é um auto-instrutivo e assim prevê aulas teóricas, baseadas no texto e aulas de laboratório nas quais a participação do professor certamente é decisiva, uma vez que a montagem dos experimentos e sua realização é em geral bastante complexa para os alunos. O próprio guia do professor deixa isso claro, com uma advertência pouco discreta, logo no começo do livro:

---

<sup>24</sup> Uma experiência proposta pelo PSSC está reproduzida no apêndice 3.

*ADVERTÊNCIA DE TODOS OS PROFESSORES COM EXPERIÊNCIA.*

*(...) Mas, ANTES DOS ALUNOS COMEÇAREM A TRABALHAR COM A CUBA DE ONDAS, VOCÊ DEVE PRATICAR COM ELA, PARA ADQUIRIR ALGUMA EXPERIÊNCIA! Não importa o quanto estiver ocupado, ou o que deve deixar de ser feito, mas é essencial que tenha sua cuba de ondas funcionando LOGO.*

(PSSC, P2-1967:5)

Ao contrário dos projetos brasileiros que discutimos, o PSSC não é um auto-instrutivo. Sua proposta de método de ensino não traz grandes inovações em relação à chamada aula tradicional, centrada na figura do professor.

De fato, no PSSC é o professor o responsável pelo andamento do curso e exposição da matéria. Mas há um ponto em que o PSSC traz algo de novo no âmbito dos métodos, que é a questão dos *meios* de ensino. O projeto, além de prever o uso de material experimental especialmente confeccionado para ele também possui filmes, que deveriam fazer parte do trabalho de sala de aula.

Para a época em que foi desenvolvido, o PSSC era realmente muito sofisticado em termos desses meios de ensino. Mas fora isso, a proposta metodológica se parece muito com o padrão clássico de ensino de física universitário adaptado, evidentemente, à escola média. A grande mudança do PSSC está mesmo nos conteúdos.

#### 4.3 A física do PSSC.

O PSSC representa uma ruptura muito grande em relação à estrutura dos conteúdos e à forma como eles são abordados. Diversas das características que percebemos como importantes no PSSC ainda hoje, raramente, são encontradas em algum material didático de física publicado no Brasil.

Uma delas é a ênfase na tentativa de se transmitir uma visão da física como uma ciência em curso, interessante e estimulante, mostrando as descobertas recentes, os métodos pelos quais se obtém o conhecimento científico e assim por diante. Mas o PSSC é bem mais incisivo nesse aspecto. O conteúdo que ele transmite é um conhecimento vivo, que está sendo usado aqui e agora pelos cientistas, no processo de continuidade do desenvolvimento científico. Essa é a idéia que o projeto passa, mesmo quando está discutindo coisas "velhas" que os outros discutem como coisas prontas. O PSSC não nega

que essas coisas estejam prontas, mas não se limita a expô-las como algo que "sabe-se e pronto".

Os conceitos e leis estão inseridos em um todo maior que se dirige sempre à física moderna, às coisas que estão sendo pesquisadas hoje (o hoje, no caso, é o início dos anos 60).

Ligado a tudo isso há uma intenção clara de se formar habilidades e posturas, compatíveis com uma visão científica do mundo. Isso pode ser verificado tanto na abordagem do texto, que salienta tais aspectos, como na elaboração dos exercícios e atividades experimentais. O PSSC parte do pressuposto que a física (ciência) é uma *atividade* instigante e procura convidar o aluno a ser capaz de participar dessa atividade.

Tudo isso provoca uma reestruturação do conhecimento a ser transmitido, bem como das relações entre os tópicos desenvolvidos. A preocupação principal é se abordar a física mais moderna, de ponta, trazendo conteúdos como física atômica, nuclear e espacial. Todo o resto se coloca em função desse objetivo. Até no próprio tratamento da Mecânica Clássica percebemos uma abordagem voltada para os problemas atuais da física, como por exemplo as colisões de partículas subatômicas.

## 5. GREF: formação prático-social.

### 5.1 O que é o GREF?

O GREF - Grupo de Reelaboração do Ensino de Física<sup>25</sup> - surgiu institucionalmente em 1984 com o propósito de elaborar uma proposta de ensino baseada na “física das coisas” ou na “física do cotidiano”. Da mesma forma que o PSSC, o GREF propõe uma reestruturação mais profunda do conteúdo de física, porém os pressupostos nos quais esses dois projetos se baseiam são bastante diferentes. O GREF aborda a física sobretudo a partir de situações denominadas “vivenciais”, que correspondem a elementos presentes (direta ou indiretamente) no contexto social dos alunos e professores no qual eles reconheçam uma ligação com as áreas de estudo da física propostas pelo grupo:

*Dá-se início à construção deste saber, em comum, abrindo-se cada tópico com um levantamento de coisas que aluno e professor associem respectivamente com Mecânica ou Física Térmica ou Óptica ou Eletromagnetismo. A geladeira elétrica poderá ser uma “coisa térmica”, a tela de TV uma “coisa óptica”, o toca-discos uma “coisa mecânica” e a ignição do automóvel uma “coisa elétrica”.*

(GREF, 1990:16)

A coleção de livros do GREF editada pela Editora da Universidade de São Paulo (GREF, 1990, 1991, 1993) é destinada ao professor, mas traz poucas orientações explícitas a respeito de como ele deve proceder em aula. É a seqüência do texto que dá dicas da forma que se imagina uma aula no projeto GREF. Após um item de texto em geral encontramos quadros orientando o professor a respeito dos exercícios referentes àquele assunto ou rementendo à execução de uma determinada atividade proposta.

Uma olhada nos índices dos três volumes publicados permite a percepção de que a forma de estruturação e sobretudo de abordagem dos conteúdos é bem diversa da tradicional. Uma vez que os índices são muito extensos, apresentaremos um resumo com

---

<sup>25</sup>Quando da publicação do último volume, o GREF (1993) a composição do grupo era: João Zanetic, Luís Carlos de Menezes, Yassuko Hosoume (coordenadores), Anna Cecília Copelli, Aurélio Gonçalves Filho, Carlos Toscano, Elisabeth Barolli, Isilda Sampaio Silva, Jairo Alves Pereira, Maria Lúcia Ambrózio, Maria Sumie Watanabe Sátiro, Suely Baldin Pelaes e Victoriano Fernandes Neto.

os tópicos que consideramos mais ilustrativos em cada texto, seguido de observações gerais a respeito do conteúdo de cada um deles:

**MECÂNICA:**

PARTE 1 - MOVIMENTO: CONSERVAÇÃO E VARIAÇÃO

*Investigando invariantes nas translações.*

*Investigando invariantes nas rotações.*

*A energia e sua lei de conservação.*

PARTE 2 - CONDIÇÕES DE EQUILÍBRIO.

PARTE 3 - FERRAMENTAS E MECANISMOS.

PARTE 4 - DESCRIÇÃO MATEMÁTICA DOS MOVIMENTOS.

**FÍSICA TÉRMICA:**

PARTE 1 - SUBSTÂNCIAS, PROPRIEDADES E PROCESSOS TÉRMICOS.

*Produtores de calor.*

*Trocas de calor.*

*Efeitos das trocas de calor.*

*Uma visão microscópica da matéria.*

PARTE 2 - MÁQUINAS TÉRMICAS E PROCESSOS NATURAIS.

*O trabalho realizado no motor.*

*Turbina a vapor: outro tipo de máquina térmica.*

*Os refrigeradores como máquinas térmicas.*

**ÓPTICA:**

PARTE 1 - PROCESSOS LUMINOSOS: INTERAÇÃO LUZ-MATÉRIA.

*Processos luminosos na máquina fotográfica.*

*A natureza da luz.*

PARTE 2 - SISTEMAS ÓPTICOS QUE POSSIBILITAM A VISÃO DAS COISAS.

**ELETROMAGNETISMO:**

PARTE 1 - FUSÍVEIS, LÂMPADAS, CHUVEIROS E FIOS DE LIGAÇÃO: APARELHOS RESISTIVOS.

*Aparelhos elétricos: condições de funcionamento.*

*Fusíveis, lâmpadas e chuveiros: estudo dos aparelhos resistivos.*

*Modelo clássico de corrente elétrica.*

PARTE 2 - MOTORES ELÉTRICOS E INSTRUMENTOS DE MEDIDA COM PONTEIROS.

PARTE 3 - DÍNAMO DE BICICLETA, GERADOR DE USINA, MOTOR GERADOR, PILHA E BATERIA: FONTES DE ENERGIA ELÉTRICA.

*Dínamos e geradores: a corrente elétrica a partir de um campo magnético.*

*Vários processos de separação de cargas.*

PARTE 4 - RÁDIO, TV, GRAVADOR E TOCA-DISCOS: ELEMENTOS DE SISTEMAS DE COMUNICAÇÃO E INFORMAÇÃO.

PARTE 5 - DIODO E TRANSÍSTOR: MATERIAIS SEMICONDUTORES.

PARTE 6 - COMPONENTES ELÉTRICOS E ELETRÔNICOS.

Em todos textos há tópicos não desenvolvidos normalmente no 2º grau, como os movimentos de rotação em Mecânica, os ciclos naturais em Física Térmica, a natureza quântica da luz em Óptica e os semicondutores em Eletromagnetismo. Também há alguns outros normalmente incluídos em livros de 2º grau que não aparecem na proposta.

Diferentemente de outros projetos, o GREF não possui *kits* do material experimental sugerido. Ao contrário, se espera que, devido à simplicidade do material usado, ele possa ser conseguido pelo professor e pelos alunos.

## 5.2 A estrutura e os fundamentos da proposta.

Nota-se em todos os quatro textos uma mesma estrutura, que inicia-se com uma etapa denominada *abertura e plano de curso* e prossegue com o *texto, exercícios e atividades*. No fim de cada um dos quatro "conteúdos", há ainda exercícios complementares e apêndices ou textos complementares.

### *Abertura e plano de curso.*

A introdução de cada "curso", (isto é, cada uma das propostas: Mecânica, Física Térmica, Óptica e Eletromagnetismo) se constitui de um texto claramente dirigido ao professor, no qual se procura orientá-lo em relação à forma de se iniciar o curso. Após algumas considerações breves sobre a relação do tema do curso com o cotidiano de alunos e professores, o texto sugere as seguintes atividades ao professor:

### *Levantamento.*

Constitui-se em um momento onde o professor solicita aos alunos que mencionem coisas que eles acreditam estarem relacionadas ao tema de estudo em questão. Para isso, cada texto sugere que se faça uma pergunta, de caráter razoavelmente geral, que possa estimular os alunos a citarem coisas de seu cotidiano. O texto de Eletromagnetismo, por exemplo, sugere a pergunta: "*que aparelhos e componentes elétricos e eletrônicos vocês utilizam e conhecem?*" (GREF, 1993:25). Cada texto traz um exemplo de levantamento supostamente obtido em uma classe de 2º grau. Mecânica, por exemplo, inclui 46 palavras, entre as quais se inclui *mola, bicicleta, balança, automóvel, martelo, bola*, etc. (GREF, 1990:20).

É interessante assinalar a seguinte sugestão do GREF:

*O professor deve também participar do levantamento, contribuindo, com itens não indicados pelos alunos, mas que são essenciais ao encaminhamento do conteúdo que se pretende discutir posteriormente.*

(GREF, 1990:20)

### *Classificação.*

Após obtida uma lista de coisas através do levantamento, a proposta é organizá-la através de uma classificação. Cada texto sugere um critério a partir do qual as "coisas" mencionadas pelos alunos no levantamento serão classificadas. Em Mecânica, por exemplo, são estabelecidas as seguintes categorias:

*Translação - Rotação - Equilíbrio - Ampliação de forças - Outros*

Com essas categorias, o GREF sugere uma classificação do seguinte tipo:

Translação	Rotação	Equilíbrio	Ampliação de Forças	Outros
automóvel	relógio	prédio	macaco de autos	velocidade
(demais veículos)	rodas	ponte	guindaste	aceleração
movimento da Terra	toca-discos	dinamômetros	chaves em geral	força
foguete	movimento da Terra	macaco de autos	pé de cabra	energia
canhão (bala)		guindaste	saca-rolhas	oficina
balão		balança	cunha	engrenagem
			macaco hidráulico	engenharia

(GREF, 1-1990:21)

Nenhum dos textos deixa claro de que forma essas classificações devam ser encaminhadas em sala de aula. Na introdução de Mecânica afirma-se que ela deve ter alguma participação dos alunos, mas não esclarece de que forma.

#### *Plano de curso.*

A última etapa da *abertura e plano de curso* é uma tabela na qual se procura relacionar as coisas do levantamento aos conceitos e leis que serão estudados durante o curso. Eis um pequeno trecho do plano de Óptica:

COISAS	CONCEITOS
Prisma da máquina fotográfica, binóculos, anéis de diamante, fibras ópticas.	Reflexão total da luz.
Sol, flash, lâmpadas e velas.	Produção da luz.
Diafragma da máquina fotográfica, lente dos instrumentos ópticos.	Difração da luz.

Segundo se lê no volume 2, esse plano de curso deve ser apresentado aos alunos (GREF, 1991:26), mas não há qualquer indicação de participação dos alunos em sua elaboração.

### *Texto.*

Na proposta do GREF o texto é a parte predominante<sup>26</sup>. Logo após a *abertura e plano de curso*, o texto se inicia com uma pequena introdução mais claramente dirigida ao professor onde se indica, em linhas gerais, qual o conteúdo que será desenvolvido. No restante do texto, em poucas passagens se observa um texto dirigido ao professor. A princípio teríamos um texto que poderia ser lido tanto por aluno como por um professor, mas sua complexidade em muitos pontos não deixa dúvida de que o texto não seria compreendido pela maioria dos alunos.

O texto, em geral, discute alguns fenômenos que ocorrem com objetos conhecidos, tais como uma bicicleta, uma geladeira ou um ventilador, descrevendo alguns aspectos considerados mais relevantes e, a partir daí, desenvolve conceitos, leis e modelos físicos.

Em alguns casos a discussão do objeto "do cotidiano" é razoavelmente detalhada, pois necessita da compreensão do seu funcionamento para a exposição da teoria. É o caso da geladeira, da máquina fotográfica e do motor elétrico.

Após a etapa onde se discute os aspectos fenomenológicos dos objetos, parte-se para a discussão mais teórica, onde são desenvolvidos os modelos e leis e onde são apresentadas as equações. Nessa parte o apelo aos exemplos do cotidiano diminui sensivelmente, dando lugar, muitas vezes a longas seqüências de texto com desenvolvimento de modelos microscópicos para a explicação dos fenômenos discutidos e com apresentação de conceitos e dedução de fórmulas. Nestes trechos já predominam os esquemas no lugar das figuras e a menção às "coisas do cotidiano" é bem mais pontual.

### *Exercícios*

A proposta apresenta uma quantidade reduzida de exercícios em relação às outras e principalmente em relação aos livros didáticos convencionais. Os exercícios GREF são todos resolvidos e muitos deles tem mais um caráter de complementação de informações do que propriamente de um exercício, propondo questões a respeito de pontos não discutidos diretamente no texto<sup>27</sup>.

Em geral, os exercícios abordam situações relativamente concretas, como por exemplo:

---

<sup>26</sup>Há um trecho de texto do GREF reproduzido no apêndice 1.

<sup>27</sup> Para mais exemplos de exercícios do GREF, consulte o apêndice 2.

*1.8 Explique por que é necessário o uso de gasolina para dar partida nos carros a álcool, principalmente nos dias frios.*

*3.12. Os dinamos, alternadores e os acendedores de fogão sem fio podem ser classificados como outras fontes de energia elétrica. Quais as formas de energia transformada em energia elétrica nestes dispositivos?*

(GREF, 1991:79 e 1993:220)

A proporção de exercícios sem envolvimento de cálculos é elevada, se comparada a outras propostas. A ênfase é dada na interpretações dos fenômenos físicos envolvidos em determinadas situações do cotidiano.

### *Atividades.*

As atividades dos GREF constituem certamente um de seus aspectos mais inovadores<sup>28</sup>. Em primeiro lugar, porque não se enquadram no que usualmente denominamos *atividade experimental*, entendida como experiência com medidas e análises de dados. A ênfase está na observação e interpretação qualitativa de fenômenos e fatos. Em segundo lugar, porque o "material experimental" foge bastante da concepção comum dada a ele. Entre os materiais das atividades podemos encontrar simplesmente um liquidificador ou um par de óculos e os dados podem ser as respostas dadas por um mecânico em uma entrevista.

Uma atividade de Mecânica a respeito de conservação da quantidade de movimento linear, por exemplo, sugere o emprego de carrinhos de brinquedo para simular colisões, enquanto em Eletromagnetismo há uma atividade que propõe a observação e explicação das diferenças entre diversos tipos de lâmpadas e fusíveis.

A atividade que envolve a constatação de que lâmpadas de diferentes potências possuem filamentos de diferentes espessuras revela, entre outras coisas, que a espessura de um filamento tem alguma relação com o seu comportamento elétrico. Mais do que isso, porém, mostra que a concepção de um produto tecnológico como a lâmpada envolve uma teorização fornecida pela física. Trata-se de uma perspectiva diferente de uma experiência mais tradicional, onde se mede com um multímetro, ou mesmo com o brilho de uma lâmpada, a corrente que atravessa filamentos de diferentes espessuras, pois, ao envolver

---

<sup>28</sup>Uma dessas atividades está no apêndice 3.

situações concretas, inclui na discussão um universo bem maior de parâmetros, permitindo inclusive ao aluno discutir suas observações a partir de algo que lhe é familiar.

### *Apêndices e textos complementares.*

Os três volumes do GREF possuem, ao final do texto, um certo número de textos complementares ou apêndices. Em geral, tratam de detalhes mais aprofundados sobre assuntos tratados de forma relativamente superficial no texto, não acrescentando informações de natureza muito diferente da já discutida no texto. Em alguns poucos casos, o tipo de informação trazida é realmente de outra natureza, como o texto que discute o olho humano (GREF, 1991:327-30)<sup>29</sup>.

Como se trata de um livro para o professor, esses textos possuem mais um caráter de complementação de informações, que o professor pode aproveitar para o seu aprofundamento no conhecimento de física em determinado tópico ou então como subsídio para que ele possa estar trazendo informações complementares também para os alunos.

Como uma observação geral sobre a estrutura dos livros do GREF, podemos observar que, em geral, cada item envolve um número reduzido de exercícios, o que indica uma preocupação em não se gastar muito tempo com eles, ao contrário da prática comum no ensino da física hoje. Por outro lado, as atividades, embora não sejam numerosas, envolvem um grande número de questões, o que deve demandar um número de aulas considerável. Portanto, podemos dizer que a ênfase implícita nos livros é a discussão dos conteúdos do texto e a realização e discussão das atividades.

Quanto aos fundamentos da proposta, podemos identificar duas grandes frentes nas quais o projeto parece se calcar:

*A ênfase na reformulação de conteúdos.* O GREF propõe, em primeiro lugar, uma reformulação do caráter dos conteúdos da física do 2º grau, "*procurando apresentar essa Ciência de uma maneira tal que, desde o início, sejam claras sua relevância prática e sua universalidade.*" (GREF, 1990:15). O método proposto vem como conseqüência de uma nova visão imprimida aos conteúdos.

---

<sup>29</sup>Para um exemplo, consulte o apêndice 4.

### 5.3 A física do GREF.

A física para o GREF é, antes de tudo, um *instrumento*. Duas frases de textos que falam sobre a proposta, se referem à física dessa forma: "... *para cuja compreensão a Física fosse essencial*" (B6-1990:12), "...*sejam claras sua relevância prática e sua universalidade*". (1-1990:15). No entanto, o grupo não objetiva a um ensino *técnico*: "*O estudo destes sistemas, porém, não substituem mas sim articulam e complementam o aprendizado teórico-formal.*" (GREF, 1990:16). Trata-se de abordar os elementos concretos e buscar entendê-los através dos conhecimentos mais gerais trazidos pela física.

Isso constitui mais do que um método, um objetivo. Coloca-se aí como fundamental dotar os alunos de instrumentos para que eles sejam capazes de compreender o que se passa em seu mundo, de uma forma mais ampla. Em função deste objetivo é que se entende, por um lado, os rearranjos feitos com o conteúdos, sobretudo no tocante à abordagem, e por outro na opção não por um ensino técnico - impressão que poderia surgir num primeiro contato com a proposta - mas pela compreensão formal dos sistemas físicos presentes no universo social do aluno.

Implicitamente presentes nas citações acima e visivelmente no desenvolvimento do conteúdo dos livros, há dois grandes eixos na física do GREF, denominados pelo grupo de "caráter prático-transformador" e "caráter teórico-universalista" (GREF,1990:15). O caráter prático-transformador representa a física como um instrumento de compreensão e manipulação das coisas técnicas e naturais com que o aluno se depara em sua vivência, enquanto o caráter teórico-universalista seria o "fio condutor" que permite uma compreensão mais geral daquelas e de outras coisas a partir dos princípios mais abrangentes da física:

*Trata-se da proposição de um outro enfoque que tenta compatibilizar o que é essencial do ponto de vista da teoria física que se deseja ensinar, com o que se pode compreender e discutir, em termos de processos, situações e coisas com as quais se convive.*

(GREF, B6-1990:22)

Esses dois eixos são visíveis ao longo do desenvolvimento das propostas.

O texto de Mecânica é centrado nas leis de conservação e os demais tópicos são desenvolvidos a partir delas. O GREF argumenta que a cinemática, que em geral toma a maior parte dos cursos da 1ª série do 2º grau "*propicia pouca compreensão do ponto de*

*vista físico, por envolver um enfoque puramente matemático.*"(GREF, B6-1990:22). Enfatiza-se, portanto, as leis mais gerais, a partir das quais pode-se compreender os demais tópicos da Mecânica.

No texto de Física Térmica, na primeira parte a preocupação é a identificação das propriedades térmicas dos materiais e de sua influência no funcionamento de diversos sistemas, enquanto na segunda parte o ponto central é a análise das máquinas térmicas a partir do estudo do motor a combustão e do refrigerador (GREF,1991). Na segunda parte é que se enfatiza as leis principais, no caso os princípios da Termodinâmica.

Em Óptica, na primeira parte, utiliza-se a câmera fotográfica como eixo central para a discussão dos fenômenos ópticos e da natureza da luz e na segunda, examina-se o funcionamento do olho e dos instrumentos ópticos para o desenvolvimento da óptica geométrica (GREF,1991). É interessante notar que a Óptica Física desenvolvida nesse material formula um modelo de interação da luz com a matéria que aponta para elementos da Física Quântica que serão retomados na parte de Eletromagnetismo, quando da discussão dos semicondutores, o que revela a intenção de se explorar a Física Moderna nos momentos em que ela demonstre ser o instrumento mais adequado para a compreensão dos fenômenos que se está priorizando.

O texto de Eletromagnetismo estrutura-se principalmente em função dos tipos de aparelhos elétricos. Para cada tipo de aparelho, discute-se uma certa gama de fenômenos eletromagnéticos, mais relevantes para entender seu funcionamento, e as leis que os regem.

*(...) estamos propondo que o ensino da eletricidade seja realizado juntamente com o do magnetismo. Isso se deve ao fato de que buscamos privilegiar o ensino das leis gerais do eletromagnetismo: Ampère, Faraday, e Gauss (magnética e elétrica).*

(GREF, B6-1990:25)

Apesar disso, a parte inicial, ao discutir os aparelhos resistivos e as instalações elétricas, trata fundamentalmente de fenômenos elétricos, não explicitamente magnéticos, e não aborda qualquer das leis. Por ser bastante extensa, esta é a parte do livro que é mais usada em sala de aula.

## 6. Uma primeira comparação das propostas.

Terminada uma caracterização de cada uma das propostas, passaremos agora a examinar comparativamente alguns elementos que nos permitam estabelecer uma certa identidade de cada uma delas, dando indicações a respeito da natureza do ensino que se propõe. Verificaremos, em primeiro lugar, de que forma cada proposta seleciona os tópicos de física a serem abordados, procurando estabelecer uma relação entre essa escolha de tópicos e os aparentes objetivos das propostas. Em seguida, compararemos com mais detalhes os textos, os exercícios, as experiências e as leituras suplementares, procurando estabelecer uma imagem a respeito das formas como a física é apresentada em cada uma das propostas, dos aspectos mais enfatizados e valorizados e das visões que elas trazem implícitas a respeito do que seja/deva ser a "física escolar".

### 6.1. Os tópicos abordados pelas propostas.

Pudemos observar nas cinco propostas analisadas, diferentes tópicos do conteúdo a serem abordados. O Ramalho é, sem dúvida, o que aborda o maior número de assuntos diversos em seus textos. Ele é o único que aborda de forma razoavelmente extensiva os cinco grandes temas gerais da física clássica (Mecânica, Termologia, Óptica, Ondulatória e Eletromagnetismo). O GREF e o PSSC também abordam todos esses assuntos, mas alguns deles de forma superficial, como a Ondulatória no GREF e a Termologia no PSSC. Nem o FAI nem o PEF abordam a Óptica e a Ondulatória, sendo que o FAI deixa de lado ainda boa parte da Termologia e do Eletromagnetismo, enquanto o PEF quase não entra na Termologia.

Mesmo se considerarmos os tópicos menores dentro de cada uma dessas áreas, é também o Ramalho o texto que abrange o maior número. Em Mecânica, por exemplo, o único item que aparece em outras propostas e que o Ramalho não menciona é a *quantidade de movimento angular*, que aparece no FAI e no GREF.

As tabelas 1 a 5 a seguir mostram, em cada um desses cinco temas, alguns tópicos, indicando se eles estão presentes em cada uma das propostas. Sem objetivar uma análise muito precisa, mas apenas para discriminar uma simples menção ao tema de uma abordagem mais detalhada, classificamos em quatro níveis a abordagem das propostas em cada tópico:

*Três marcas (■■■)* significam que o tópico é abordado com os detalhes mais importantes. Na cinemática angular, por exemplo, o Ramalho apresenta o *deslocamento*

angular, a velocidade angular, a aceleração angular, a aceleração centrípeta, a frequência e o período, sendo que cada uma dessas grandezas acompanham a expressão matemática que a define (p.ex.  $\omega_m = \frac{\Delta\phi}{\Delta t}$ ) bem como aquelas que as relacionam com outras grandezas (como  $v = \omega \cdot r$ ). Apresenta ainda as equações do movimento, tanto para o movimento circular uniforme como para o movimento circular uniformemente variado. Finalmente, apresenta problemas de associação de polias e engrenagens.

Duas marcas (■■) indicam que o conteúdo é abordado normalmente, mas não com todos os principais detalhes. O GREF, por exemplo, aborda os termômetros e as escalas termométricas, mas não se atém a equações de transformação de unidades de temperatura. Uma marca (■) representa um tópico que é apenas mencionado em alguma passagem ou em um texto complementar. O PEF, por exemplo, menciona brevemente aspectos da calorimetria para o estudo da transformação de energia elétrica em energia térmica, mas não desenvolve o tópico além do necessário para essa finalidade específica. Finalmente, nenhuma marca, significa que o tópico não é abordado.

1- Mecânica	Ramalho	FAI	PEF	PSSC	GREF
Medidas físicas	■	■■■	■■■	■■■	
Cinemática linear escalar	■■■	■■■	■■■	■■■	■■
Vetores	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■
Cinemática linear vetorial	■■■		■■	■	■■■
Cinemática angular	■■■	■■■		■	■*
Movimentos relativos	■■■		■	■■■	
Leis de Newton	■■■	■■■	■■■	■■■	■■
Conservação da energia	■■	■■	■■■	■■■	■■■
Conservação da quant. mov. linear	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■
Conservação da quant. mov. angular		■			■■■
Gravitação	■■■	■■■	■■■	■■■	■■
Estática do ponto material	■■■	■			■■■
Estática do corpo extenso	■■■	■			■■■
Hidrostática	■■■	■■■			■*

2- Termologia	Ramalho	FAI	PEF	PSSC	GREF
Termômetros e escalas	■■■	■■■		■■	■■
Dilatação térmica	■■■	■■■			■■■
Transmissão de calor	■■■				■■
Calor específico e capacidade térmica	■■■	■■■	■*	■	■■
Mudanças de estado	■■■	■■■		■	■■■
Modelo cinético-molecular	■■■			■■■	■■■
Equações de estado - gás ideal	■■■	■■■	■■	■■■	■*
Transformações termodinâmicas	■■■	■■■		■	■■
1ª Lei da Termodinâmica	■■		■	■	■■
2ª Lei da Termodinâmica	■■		■■		■■
Máquinas térmicas	■■				■■■

3 - Óptica

	Ramalho	FAI	PEF	PSSC	GRAF
Princípios da óptica geométrica	■ ■ ■			■ ■ ■	
Propriedades ópticas dos materiais	■ ■			■ ■ ■ ■	■ ■
Teorias das cores	■			■	■ ■
Espelhos planos	■ ■ ■			■ ■ ■ ■	■
Espelhos esféricos / parabólicos	■ ■ ■			■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■
Refração	■ ■ ■			■ ■ ■ ■	■ ■
Dioptrios planos	■ ■ ■			■ ■ ■ ■	
Lentes	■ ■ ■			■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■
Instrumentos ópticos	■ ■ ■			■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■
Natureza da luz - modelos	■		■	■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■
Interferência e difração	■			■ ■ ■ ■	■ ■
Espectros				■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■
Interação luz-matéria				■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■
Visão e olho humano	■			■	■ ■

4- Oscilações e ondas

	Ramalho	FAI	PEF	PSSC	GRAF
Movimentos oscilatórios	■ ■ ■ ■				
Conceito e caracterização das ondas	■ ■ ■ ■			■ ■ ■ ■	■ ■
Equação da onda	■ ■ ■ ■				
Refração e reflexão	■ ■ ■ ■			■ ■ ■ ■	■
Interferência e difração	■ ■ ■ ■			■ ■ ■ ■	■ ■
Ondas estacionárias	■ ■ ■ ■				■
Ressonância	■				
Ondas sonoras	■ ■			■	■
Timbre, altura e intensidade sonora	■ ■				■
Notas e instrumentos musicais	■				■ ■
Efeito Doppler	■ ■ ■ ■				■

5- Eletromagnetismo

	Ramalho	FAI	PEF	PSSC	GRAF
Eletrização	■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■	■
Cargas puntiformes / lei de Coulomb	■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■	■ ■	■ ■ ■ ■	■ ■
Campo elétrico	■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■
Potencial elétrico	■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■	
Corrente elétrica - modelo	■		■ ■ ■ ■	■ ■	■ ■ ■ ■
Resistência elétrica e efeito Joule	■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■	■	■ ■ ■ ■
Tensão e corrente elétrica	■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■
Potência e energia elétrica	■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■	■ ■		■ ■
Resistores - associações	■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■		■ ■
Instrumentos de medidas elétricas	■ ■ ■ ■	■	■ ■ ■ ■	■ ■	■ ■
Circuitos elétricos resistivos em c.c.	■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■		■ ■
Corrente alternada	■ ■	■	■ ■		■ ■
Ímãs e campos magnéticos	■ ■ ■ ■		■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■
Corrente e campo magnético	■ ■ ■ ■		■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■
Cargas em campos magnéticos	■ ■ ■ ■		■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■	■ ■
Materiais magnéticos	■ ■		■ ■ ■ ■	■ ■	■
Indução eletromagnética	■ ■ ■ ■		■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■
Geradores eletromagnéticos	■ ■		■	■	■ ■ ■ ■
Transformadores	■ ■ ■ ■		■ ■ ■ ■		■ ■ ■ ■
Baterias	■	■ ■	■ ■	■	■ ■ ■ ■
Capacitores	■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■	■		■ ■
Ondas eletromagnéticas	■ ■			■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■
Semicondutores e comp. eletrônicos			■ ■		■ ■ ■ ■

A impressão causada por uma primeira olhada nas tabelas é a mesma que ocorre quando se folheia cada uma das obras: o Ramalho parece ter tudo, de forma bem completa; o FAI trata com detalhes todos os conteúdos que aborda; o PEF aprofunda apenas a Mecânica e o Eletromagnetismo; O PSSC parece se aprofundar bastante em alguns tópicos específicos e o GREF procura abordar todos os conteúdos, mas sem entrar em muitos detalhes.

Ocorre que o fato de um texto *apresentar* uma equação, uma definição ou um determinado tipo de problema, não significa uma abordagem mais profunda do que um outro que eventualmente não apresente alguma dessas coisas.

O que essas tabelas nos mostram é que o Ramalho tem a preocupação de ter tudo, mas não mostram as implicações disso em termos de profundidade e abordagem. Uma observação cautelosa do texto mostra que apesar de apresentar todo tipo de fórmulas e definições, muitas delas não são exploradas posteriormente nos exercícios, que são o ponto central da obra. É de se esperar realmente que um livro que é vendido como um livro "forte", que "prepara para o vestibular", tivesse a preocupação em possuir um número grande de tópicos, e realmente, parece ser essa a explicação para a grande gama de assuntos abordados. O critério para a escolha dos conteúdos nesse caso, seria mais uma estratégia de *marketing* do que propriamente uma seleção dos conteúdos que se acredita serem importantes na formação de um aluno de 2º grau.

Não é de se espantar, portanto, que o Ramalho seja a proposta mais extensa, em número de páginas:

TABELA - número de páginas de cada proposta

Ramalho	FAI	PEF	PSSC	GREF
1487	1055	607	866	1133

O FAI, embora não aborde alguns grandes temas, se caracteriza por abordar o conteúdo extensivamente em todos os detalhes, e por isso, na maior parte dos tópicos foi classificado com três marcas, e o que também ajuda explicar o grande número de páginas. No entanto, da mesma forma que no Ramalho, isso não significa que o conteúdo tenha sido tratado com profundidade. Na verdade, uma grande quantidade de detalhes dificulta a visão do todo e dos pontos mais importantes, como também impede que determinados temas sejam tratados mais profundamente.

Qual seria o critério do FAI para a elaboração de seu programa? Pelo que diz Saad (Saad, 1977:35 - veja a citação na pág. 39), essa escolha é colocada como a primeira

etapa da elaboração do programa. Não se questiona porque se deve ou não ensinar determinado conteúdo. Simplesmente escolhe-se, antes de tudo, um conteúdo e começa-se a pensar o resto a partir daí. Qual é então o critério para a escolha do conteúdo? A tradição, a quem o próprio Saad atribui um caráter intuitivo.

Mais surpreendente é perceber as duas etapas posteriores do processo: especificação da população-alvo e depois o estabelecimento dos objetivos a serem atingidos com o programa. Ou seja, primeiro vem a escolha *do que ensinar*, segundo o *para quem ensinar* e terceiro, *por que ensinar*. Isso mostra que, para o FAI, o conteúdo é dado e os problemas se situam no campo da aprendizagem sendo, portanto, uma questão de métodos.

Essa ênfase exagerada na busca de novos métodos dá ao FAI os conteúdos que tradicionalmente se adotou ao longo das décadas anteriores ao projeto. Não se alterou a estrutura desses conteúdos.

Isso ocorre porque o FAI não se questiona a respeito dos objetivos *gerais* do ensino que propõe, ou seja, *para que* é a física que ele vai ensinar. Isso apesar da preocupação detalhada com os *objetivos específicos*. Com isso, acaba por manter a mesma perspectiva do ensino que o precede: a transmissão de conhecimentos de caráter puramente *acadêmico* ou *contemplativo*, ou seja, o “saber por saber”. E é justamente neste ponto que se encontra o caráter de seletividade social da escola tradicional, que o FAI tenta superar nos métodos (e o seu *discurso* vai realmente na direção dessa superação), mas não consegue porque falha na questão dos objetivos e conteúdos.

Ao atentarmos, nas tabelas, para as colunas referentes ao PEF, percebemos que um projeto de boa qualidade não se faz necessariamente nem com muitos tópicos de conteúdo, nem com uma obra extensa. A situação da escola impõe limites, e optar por ensinar tudo, na prática, equivale a optar por ensinar nada, ou quase nada. Isso porque quando se propõe um conteúdo extenso, necessariamente haverá cortes, e esses cortes em geral vão ocorrer da forma arbitrária: utiliza-se apenas o começo do livro.

Sobra a questão do *que escolher*, já que não é possível ensinar tudo. É preciso coragem para eliminar certas coisas, principalmente porque toda escolha acabará sendo alvo de críticas de alguém que julgava importante um determinado assunto não contemplado. O PEF escolheu não abordar Óptica e Termodinâmica e certamente recebeu críticas por isso.

Mas qual é o critério de escolha? Porque o PEF optou por enfatizar a Mecânica e a Eletricidade? Não sabemos, mas é fato de que estes são os conteúdos de física mais

ensinados no 2º grau e talvez o critério tenha sido o "sempre foi assim". Ou então, tenha-se considerado os dois temas como mais "básicos".

De qualquer forma, se olharmos "dentro" da Mecânica e da Eletricidade veremos que aí também há uma seleção. O PEF prioriza na Mecânica as medidas de espaço e tempo, as leis de Newton, os princípios de conservação e a gravitação. Em Eletricidade a ênfase vai para a análise da corrente elétrica e com os fenômenos eletromagnéticos.

Segundo Bittencourt,

*O objetivo final do curso de Mecânica seria levar o aluno a aprender as leis de conservação de energia e quantidade de movimento, de forma a aplicá-las em problemas e experimentos simples.*

(Bittencourt, 1977:18)

O projeto acabou não dando tanta ênfase às leis de conservação, porque elas se tornaram apenas três em doze capítulos e não há nada, no desenvolver dos demais capítulos, que sugira ênfase a esses princípios. Mas fica clara a intenção de priorizar as leis mais gerais e de deixar de lado aqueles detalhes que são a base da resolução de questões de vestibular.

O mesmo pode ser observado em Eletricidade e Eletromagnetismo. Nessas duas partes, observamos que o foco estava nos fenômenos e nas leis que os explicam, bem como em alguns conceitos centrais.

Mas ao mesmo tempo em que omite muitos detalhes que são pedidos em problemas de vestibular, o PEF traz outros, de natureza bem diferente. Um *guia do multímetro*, a discussão da teoria dos domínios magnéticos, ou comentários sobre colisões de partículas elementares é algo que não se encontra em livros como o Ramalho, apesar da imensa quantidade de detalhes que eles trazem.

Quanto ao PSSC, podemos dizer que as tabelas de tópicos captam muito pouco dos critérios usados para a seleção dos conteúdos. Olhando mais atentamente para o conteúdo do projeto vemos que ele nos fornece uma demonstração de que os objetivos gerais do ensino de física passam por uma definição mais clara de dois aspectos:

- O papel do conhecimento científico na sociedade e a visão de como o cidadão deve relacionar-se com esse conhecimento. Esta visão, por sua vez, calca-se necessariamente em uma outra: *o que é a Ciência?*

- A visão que se tem da contribuição da escola na formação desta relação do cidadão com o conhecimento científico.

O PSSC possui uma clareza de objetivos *gerais*, baseados nesses dois pontos, de longe muito maior do que os outros dois projetos que analisamos. Evidentemente, podemos não concordar (e não concordamos) com os objetivos que ele coloca. Mesmo porque esses objetivos vão depender do contexto sócio-político e histórico, e principalmente, de como *quem o propõe* se insere nesse contexto. No caso do PSSC, a clareza de objetivos era dada pela situação política nos EUA a que nos referimos, ao discutir o projeto.

O conteúdo selecionado pelo PSSC é o que seus elaboradores acreditavam responder a essas intenções e visões. E assim vemos que o conteúdo não é realmente algo que possa estar estabelecido *a priori*, mas que poderá assumir configurações bastante diversas de acordo com aquilo que se deseja.

Os tópicos escolhidos são os que atendem a determinados objetivos, e são abordados de acordo com esses objetivos. Os tópicos excluídos o foram porque não se enquadrava nos moldes do ensino que se preconizava.

Quando não se sabe o que quer, é muito mais fácil simplesmente partir do que já está pronto e buscar apenas uma maneira melhor de ensinar. No nosso entender, o FAI faz exatamente isso. O PEF já consegue ir além, porque se coloca de certa forma a questão da função da ciência na sociedade e pensa, ainda que de forma muito vaga, no papel da escola.

A proposta do GREF, também bastante extensa, toma uma outra linha. A intenção parece ser "reescrever" a física para o professor, permitindo que esse possa perceber sua presença no universo cotidiano, sobretudo quanto aos elementos tecnológicos. Tudo indica que como os livros são voltados para o professor e não para o aluno, o projeto tenta abordar o máximo de tópicos dentro da abordagem do cotidiano. Certamente essa extensão não seria viável em um livro para alunos, da mesma forma que o PSSC, o FAI e o Ramalho são muito extensos.

Mas apesar da extensão da proposta do GREF, é bastante clara a existência de prioridades, e portanto, de critérios para a seleção dos tópicos, uma vez que assuntos em geral muito valorizados em outros projetos como a cinemática e a eletrostática não ganham o mesmo peso na proposta. Os critérios parecem ser sobretudo o de escolher aqueles tópicos que representam uma maior possibilidade de compreensão do mundo

cotidiano, ou seja, as leis físicas mais gerais e os conhecimentos de física que possuem forte presença nos objetos tecnológicos.

## 6.2. O conteúdo e as estruturas das propostas.

Uma fonte de informação simples, porém interessante, é a comparação das cinco propostas em termos de números de páginas em relação ao número de exercícios, experiência e leituras.

livro	páginas	exercícios	experiências	leituras
Ramalho	1487	3155	0	43
FAI	1055	2110	21	12
PEF	607	398	46	25
PSSC	866	691	51	0
GRAF	1133	283	27	22

O Ramalho, que é a obra mais extensa, não traz por exemplo, sugestões de atividades experimentais. Se dessas quase 1500 páginas, os autores não acharam importante reservar, quem sabe umas trinta (2%) para esse tipo de atividade é porque realmente a física que propõem é uma física de giz e lousa.

O FAI, que possui um número de páginas equivalente ao GRAF, traz quase oito vezes mais exercícios. O GRAF preferiu consumir páginas em resolver os exercícios para o professor (que, como vimos são diferentes dos exercícios do FAI) do que propor uma física centrada em exercícios, que no fim das contas é o que o FAI acaba fazendo.

O PEF propõe um número grande de experiências, assim como o PSSC. Mas este último tem um texto bem mais denso de conteúdo, dispensando o que o PEF chama de leituras complementares. Se acrescentarmos a esses dados, as funções e as ênfases dadas ao texto, aos exercícios, às experiências e às leituras em cada um dos projetos, poderemos formar um quadro mais detalhado do caráter dos conteúdos em cada um deles.

### *Texto*

No Ramalho, a maior parte do texto se restringe a definições, gráficos, fórmulas e diagramas, havendo pouca discussão conceitual, raramente explorando-se um tema em situações diversas. As justificativas das definições, quando existem, são formais, e não procuram fazer o leitor perceber sua origem ou conveniência. Na verdade, o que temos é um texto que se restringe a apresentar algumas informações básicas para a resolução de

exercícios. O trecho a seguir, por exemplo, cobre toda a discussão do Ramalho a respeito da definição de quantidade de movimento<sup>30</sup>:

Considere um corpo de massa  $m$  com velocidade  $\vec{v}$  num determinado referencial (Fig. 4). A **quantidade de movimento** desse corpo é a **grandeza vetorial**:

$$\vec{Q} = m \cdot \vec{v}$$

**Quantidade de movimento é uma grandeza vetorial** e possui, portanto, intensidade, direção e sentido.

$$\vec{Q} = m \cdot \vec{v}$$

- a) **intensidade:** (módulo)  $|\vec{Q}| = m |\vec{v}|$
- b) **direção:** a mesma de  $\vec{v}$  (paralela a  $\vec{v}$ )
- c) **sentido:** o mesmo de  $\vec{v}$  (pois  $m$  é positivo)

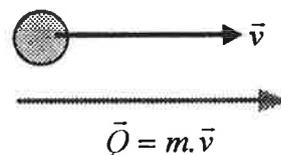


Figura 4

(Ramalho, 1-1993:337)

Nesse exemplo, como em muitos, a caracterização que o Ramalho faz é a mínima necessária. Em alguns lugares, sobretudo nas introduções, há às vezes alguns comentários gerais menos formais, porém eles raramente se estendem à exposição da matéria em si<sup>31</sup>. Ao lado da ênfase nos exercícios, esse é um dos principais motivos que nos levam a afirmar que a física do Ramalho é uma física de resolução de exercícios, bastante diferente da física dos outros projetos que analisamos.

Mesmo o FAI, que possui bastante exercícios, ainda tem como centro o texto auto-instrutivo, que discute, justifica e aplica cada definição em detalhes. A exposição da definição de quantidade de movimento por exemplo *argumenta* que a dificuldade de alterar o estado de movimento de um corpo é proporcional tanto à sua velocidade, quanto à sua massa, para chegar à expressão  $\vec{p} = m \cdot \vec{v}$ . Em seguida, ainda no texto programado, parte para a aplicação direta da fórmula<sup>32</sup>:

Um corpo de massa 1,5 kg possui num determinado instante velocidade de módulo 2,0 m/s e um outro de massa 3,0 kg, velocidade de módulo 1,0 m/s.

<sup>30</sup>O apêndice 1 fornece o mesmo trecho, xerocopiado diretamente da obra.

<sup>31</sup> Ver no apêndice 1, um exemplo deste tipo de texto no Ramalho.

<sup>32</sup> A discussão completa feita pelo FAI encontra-se no apêndice 1.

Qual dos dois possui quantidade de movimento de módulo maior?

\_\_\_\_\_.

★★★★★★★★★★

Nenhum, pois ambos possuem  $|\vec{p}| = 3,0 \text{ kg m/s}$ .

(FAI, 2-1976:19)

Apesar de buscar justificar a definição, o FAI ainda é formal. Os exemplos de aplicação são abstratos (um corpo ...) e têm uma grande preocupação com a precisão da linguagem. Embora aqui o objetivo do texto seja realmente desenvolver o conteúdo predominam ainda as discussões centradas apenas em definições, gráficos, fórmulas e diagramas. No caso do exemplo dado, a discussão do FAI gira em torno apenas da definição de quantidade de movimento e de sua expressão.

O PEF vai além, buscando dar justificativas históricas para a definição de quantidade de movimento, ligando sua origem diretamente à idéia de conservação:

Uma das primeiras hipóteses que se aventou foi considerar a velocidade como medida da quantidade de movimento. De acordo com a necessidade filosófica, a velocidade deveria se conservar. No entanto, essa idéia foi logo rejeitada, pois mesmo experiências simples demonstraram que a velocidade não se conserva.

(PEF, 2-1981: 9-2)

A argumentação prossegue tentando ligar os fatos e as idéias históricas mencionados com a experiência direta do leitor:

Assim é que uma velocidade relativamente alta de uma bola de futebol desaparece quando ela é defendida por um goleiro; além disso, a velocidade que a bola possui não se transfere para o jogador, mesmo que este não esteja com seus pés no chão.

(PEF, 2-1981: 9-2)

Assim, embora a argumentação do PEF não seja tão gradual quanto a do FAI, ela contextualiza a definição que virá em seguida de forma bem mais abrangente, sem a necessidade de uma linguagem tão formal. A partir desse ponto, o PEF apresenta a expressão  $q=m.v$  como uma proposta de Descartes e tenta mostrar que ela é razoável, tendo em vista a idéia inicial, que é a conservação dos movimentos. Para isso, pede para

que o aluno execute cálculos com ela e avalia (embora bastante superficialmente) os resultados em função do que se espera fisicamente. Somente depois irá introduzir a idéia de que a quantidade de movimento é uma grandeza vetorial, a partir da análise de fotografias estroboscópicas<sup>33</sup>.

Podemos dizer que enquanto o FAI apressa-se em levar o aluno a conseguir resolver os exercícios, o PEF se detém mais em explorar os diversos aspectos do conceito, em discutir as suas possibilidades, além de situá-lo historicamente. Portanto, se no PEF, a função do texto é, como no FAI, tanto desenvolver o conteúdo como guiar a atividade do aluno sua ênfase é bem diferente. Além da formulação de experimentos presente em grande parte dos textos, o PEF discute as idéias físicas, através de questões e análise de dados e fenômenos observados direta ou indiretamente.

O PSSC também argumenta para apresentar a definição de quantidade de movimento. Diferentemente do PEF, porém, sua argumentação segue um caminho mais lógico do que histórico ou empírico:

Quando a massa  $m$  está se movendo com velocidade  $v$ , sentimos que há certa quantidade de movimento. Ademais, se dois corpos, cada um de massa  $m$ , se movem com a mesma velocidade, deveríamos ter uma quantidade de movimento que é o dobro da de um só corpo. Podemos imaginar várias medidas do movimento, que seriam proporcionais à massa e aumentariam com a velocidade - por exemplo,  $mv$ ,  $mv^2$ ,  $mv^3$ , etc. Duas de tais medidas são de grande importância para a Física. Vamos estudar agora uma delas.

(PSSC, 3-1974)

A discussão posterior é longa<sup>34</sup>, e procura explorar as conseqüências físicas de se definir uma grandeza como  $\vec{p} = m \cdot \vec{v}$ . Primeiramente, distinguindo conceitualmente quantidade de movimento de velocidade: esta última grandeza "nada nos diz sobre o esforço necessário para comunicar-lhe [a um objeto] o movimento ou para fazê-lo parar". Depois relacionando-a com o impulso, ressaltando o fato de que uma dada quantidade de movimento pode ser atingida a partir de infinitas combinações diferentes de impulsos. Finalmente, relacionando a quantidade de movimento com a 2ª lei de Newton, matemática e fisicamente, mostrando que essa lei pode ser expressa através da expressão  $\vec{F} = \Delta \vec{p} / \Delta t$ . Só quando discute a interação entre dois corpos é que o PSSC dá algum exemplo mais concreto com valores numéricos (um menino e um homem de patins se empurram sobre

---

<sup>33</sup> O apêndice 1 traz toda a discussão feita pelo PEF.

<sup>34</sup> O texto completo sobre a definição de quantidade de movimento no PSSC encontra-se no apêndice 1.

um lago gelado), de onde inicia a argumentação para apresentar a conservação da quantidade de movimento.

O caminho do PSSC é, portanto, bem mais complexo e menos direto. Não há dúvida que o texto tem a função primordial de desenvolver o conteúdo com detalhes. A linguagem não é tão formal quanto a do FAI e do Ramalho e muitas vezes se parte de fenômenos físicos para a discussão de teorias, modelos e experimentos, como no exemplo dos patinadores em um lago gelado. Porém, a forma como se explora os conceitos envolve grande abstração e generalização, o que exige muito do leitor e dá uma idéia de que o público a que o PSSC está destinado não é de forma alguma, o aluno médio, seja brasileiro, seja norte-americano. A preocupação é realmente a formação de uma sólida conceituação física, que explora as conseqüências de definições e que procura levar as idéias físicas até os níveis mais abrangentes.

O GREF desenvolve o conteúdo no texto, partindo da análise física de fenômenos e aparelhos cotidianos para depois proceder à formulação de teorias, modelos, leis e definições. A quantidade de movimento é definida somente após uma etapa preliminar onde se procura evidenciar, em situações concretas, a existência de "algo" que se conserva. Analisa-se o chute a uma bola de futebol e os jogo de sinuca e de bolas de gude como exemplos de situações onde o movimento parece que o movimento se transfere de um objeto para outro:

Estas situações nos dão indícios de que em um choque entre dois objetos há uma troca ou intercâmbio de "algo" associado ao movimento: uma "quantidade" ou grandeza que é preciso definir melhor.

(GREF, 1990:29)

Depois examina outras situações, como o remar de um barco, um avião e um foguete em vôo, uma pessoa sobre patins atirando pedras e um canhão disparando, como exemplo de situações onde os movimentos surgem "acoplados", ou que um movimento em um sentido surge simultaneamente a um outro movimento em sentido oposto, dando a entender que o surgimento de um movimento busque "compensar" o surgimento do outro (GREF, 1990:32). A partir dessa discussão é que se chega a idéia de que há uma quantidade que se conserva:

Denominaremos esse "algo" de **quantidade de movimento**. Com base na idéia de que durante uma interação a quantidade de movimento se conserva, discutiremos as situações já descritas.

(GREF, 1990:32)

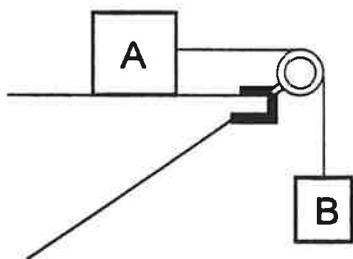
Somente em uma segunda etapa<sup>35</sup>, o GREF irá definir quantidade de movimento a partir da massa e da velocidade, seguindo novamente os mesmos passos: partindo da análise de situações para só depois formalizar as idéias. Parte da análise de colisões entre bolinhas de aço e de vidro e de colisões entre carros e caminhões em um muro para estabelecer uma ligação entre quantidade de movimento, massa e velocidade.

O GREF se preocupa em fazer com que as situações do cotidiano possam ser compreendidas a partir das teorias, modelos e definições da física. Por isso, enfatiza mais a análise de situações do que os outros projetos. A linguagem do texto, embora não possa ser considerada formal, também não é simples, e muitos conceitos são tratados até um nível de abstração bastante grande, o que pode ser explicado pelo fato de ser um texto dirigido ao professor.

### Exercícios

No Ramalho, o exercícios constituem *passos novos* em relação ao que o texto propõe e, mais do que isso, constituem a *a maior e mais importante parte* do seu conteúdo desenvolvido que é o desenvolvimento de modelos de resolução de exercícios.

Os problemas são em sua grande maioria quantitativos, exigindo em geral apenas uma resposta numérica, sem pedir uma interpretação física. Nesse sentido, são problemas de cálculos matemáticos e não problemas físicos. São também padronizados, ou seja, são formulados a partir de problemas-protótipos, com pequenas variações. Finalmente, referem-se a situações e objetos abstratos (um "arranjo experimental", um ponto material, um corpo de peso  $P$ , etc.). O problema a seguir é um exemplo típico:



Os corpos A e B da figura têm massas respectivamente iguais a  $m_A = 6 \text{ kg}$  e  $m_B = 2 \text{ kg}$ . O plano de apoio é perfeitamente liso e o fio é inextensível e de peso desprezível. Não há atrito entre o fio e a polia, considerada sem inércia. Adote  $g = 10 \text{ m/s}^2$ . Determine a aceleração do conjunto e a tração do fio.

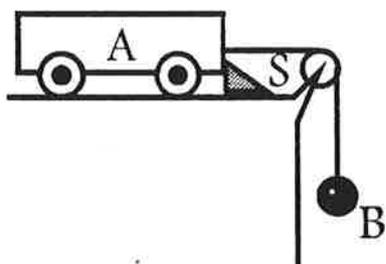
(Ramalho, I-1993:216)

No FAI, os exercícios não têm tanta importância como aprendizado do conteúdo, mas são trabalhados em seqüência gradativas de complexidade, iniciando pelos exercícios

<sup>35</sup> Essa segunda etapa está reproduzida integralmente no apêndice 2.

resolvidos passando pela lista de *exercícios de revisão*, de complexidade gradualmente crescente até chegar nos *problemas a resolver*, constituindo, dessa forma um extenso processo de *fixação* da matéria desenvolvida no texto auto-instrutivo. Como no Ramalho, a quantidade de exercícios indica que existe uma preocupação com um certo treino de resolução de exercícios.

Também como no Ramalho, os problemas são em sua maioria quantitativos e padronizados e tratam de situações abstratas. Mas o grau de abstração já é um pouco menor, e além desse tipo de problemas, encontramos muitas questões qualitativas. O problema abaixo (FAI, 2-1975:116), um pouco diferente do que apresentamos logo acima, já não se preocupa tanto em seu enunciado com as chamadas "condições ideais" e, ao mesmo tempo coloca objetos um pouco mais palpáveis, como um carrinho, para o qual desprezar o atrito não é algo assim tão "forçado". Mas, fora esses detalhes, a situação ainda é artificial.



Na figura ao lado, o carrinho A, de massa  $M_A$ , encontra-se ligado a B, de massa  $M_B$ , por intermédio de um fio que passa por uma roldana. O carrinho A é impedido de se movimentar pelo suporte S. O sistema encontra-se num local onde o campo gravitacional é  $g_0$ .

**Calcular:**

- a) a intensidade da aceleração resultante do sistema.
- b) a intensidade da tração  $\vec{T}$  no fio.

No PEF, a proporção de exercícios é bem menor que no FAI, mas sua função, ao que parece, também é de fixação, recapitulação e verificação da matéria. O número menor de exercícios parece indicar que essa etapa de "fixação" não é tão valorizada no PEF quanto no FAI. Indica também que, ao contrário do FAI e do Ramalho, o PEF não vê a física tanto como uma matéria centrada nos probleminhas. Diferentemente das duas primeiras propostas, os exercícios do PEF trazem muitas vezes informações complementares à matéria estudada no texto, o que lhes dá uma função um pouco mais abrangente.

Os exercícios do PEF são em geral quantitativos, mas há também muitos problemas e questões qualitativos. Não há a preocupação de apresentar exercícios padronizados, como faz o FAI e o Ramalho. Embora o PEF tenha adaptado muitos dos exercícios do PSSC para a sua proposta, observamos que houve uma seleção que eliminou os exercícios mais complexos e algumas adaptações para torná-los mais coerentes com a proposta. Uma das características que o PEF imprimiu aos exercícios é a referência a situações mais concretas dos mais diversos tipos nos enunciados dos exercícios:

Uma locomotiva acelera um vagão de massa 24.000 kg, imprimindo a ele uma aceleração de  $0,5 \text{ m/s}^2$ . Qual o valor da força que a locomotiva aplica ao vagão? Qual a intensidade da força necessária para imprimir a mesma aceleração a um conjunto de dez vagões iguais ao primeiro?

(PEF, 1-1984:7-10)

O PSSC aproveita muito seus exercícios para propor atividades experimentais aos alunos e para fornecer informações adicionais sobre a matéria. Os problemas não são padronizados; ao contrário, cada um deles apresenta uma situação diversa, que muitas vezes exige um considerável esforço e/ou várias etapas para se chegar à solução. Em geral são problemas numéricos, mas há várias questões qualitativas. Uma das características mais interessantes é o fato de que muitas vezes o enunciado se dirige à pessoa do leitor como se ele fosse alguém analisando diretamente uma situação experimental:

Suponha que você acelera certo objeto com uma força constante e verifica que a variação da velocidade durante o intervalo de tempo  $\Delta t = 1 \text{ s}$  é  $2,4 \text{ m/s}$ . Depois, você repete a medida, aplicando a mesma força a um segundo objeto, que adquire a velocidade de  $3,3 \text{ m/s}$  em  $0,5 \text{ s}$ .

- Que corpo tem a maior massa inercial?
- Qual é a razão entre a massa inercial do segundo objeto e do primeiro?

(PSSC, 3-1972:24)

O baixo número de exercícios do GREF indica que se tratam mais de exemplos para o professor do que uma proposta de completa de exercícios para serem usados em aula. Mais do que em qualquer outro projeto, os exercícios do GREF - todos resolvidos - são uma grande fonte de informações complementares ao texto. As resoluções dos exercícios qualitativos são bastante extensas e abordam as questões em detalhes.

Quase a totalidade dos exercícios se referem a situações concretas, sendo que grande parte se refere à análise física de algum sistema, aparelho, técnica ou fenômeno. Há também exercícios quantitativos, que em geral procuram traduzir para situações cotidianas muitos dos exercícios abstratos propostos tradicionalmente.

Ao sair de uma estação, as rodas de tração de uma locomotiva exercem uma força de interação com os trilhos com componente horizontal de  $30.000 \text{ N}$ , até o trem atingir a velocidade permitida neste trecho. Que força age em cada vagão no sentido do movimento? (são conhecidas as massas de cada componente:  $m_A = 30.000 \text{ kg}$ ;  $m_B = 5.000 \text{ kg}$ ;  $m_C = 25.000 \text{ kg}$ ).

(GREF, 1-1990:276)

### *Atividades experimentais*

Como já comentamos, o Ramalho não possui nenhuma sugestão de atividade experimental.

Quanto ao FAI, a primeira impressão que se tem ao examinar as páginas destinadas às atividades experimentais é que se trata de um roteiro de laboratório de física introdutória de algum curso superior. Há pouquíssima discussão da física envolvida na atividade, que é apresentada sempre em um protocolo padronizado contendo *objetivos, material utilizado, procedimento, análise e questões e relatório*. A terceira experiência do texto de eletricidade (FAI, 5-1977:297-8 - ver apêndice 2), por exemplo, constitui uma verificação prática da lei de Ohm. O FAI apresenta como objetivos "a) Verificar a Lei de Ohm; b) Caracterizar resistências ôhmicas; c) Caracterizar resistências não-ôhmicas" e não faz nenhum comentário da física do que está sendo feito e observado. Em seguida, apresenta a lista de material a ser empregado, em geral "coisas de laboratório", como resistores e multitesteres, e o procedimento, do qual mostramos um fragmento:

- b) Monte o circuito conforme o diagrama ao lado, inserindo entre os pontos A e B um resistor de carvão ( $100 \Omega$ ).
- c) Ligue a chave. Importante: antes de ligar a chave, cientifique-se de que não irá danificar os instrumentos. Consulte seu professor para o uso correto do multitester.
- d) Varie a tensão de 0,5 em 0,5 volts (leia no voltímetro) através do divisor de tensão e leia os correspondentes valores de corrente indicados pelo amperímetro.

(FAI, 5-1977:297)

Trata-se de um procedimento do tipo "receita de bolo", um programa a ser seguido sem desvios. A parte de análise e questões pede basicamente que o aluno construa tabelas e gráficos de suas medidas, encontre a equação que descreve o comportamento do gráfico e que a compare com a Lei de Ohm: a experiência tem a função básica de verificar o que foi mostrado em teoria. Quanto à forma, parece que o FAI tenta, com essas experiências, aproximar seu curso dos conhecidos cursos de "Laboratório de Física" dos cursos superiores.

Embora em muitos casos também envolva a construção de tabelas e gráficos, as experiências propostas pelo PEF são bastante diferentes das do FAI. Em primeiro lugar, porque estão totalmente vinculadas ao desenvolvimento do conteúdo, sendo, na maior parte das vezes, o ponto de partida para a discussão dos conceitos. Mas, mais do que isso, porque são apresentadas ao aluno em uma seqüência de questionamentos e discussões e não apenas com procedimentos e observações que não se sabe bem a razão.

O capítulo 3 do volume 4 do PEF, por exemplo, apresenta o campo magnético em um texto entremeado por quatro experiências (PEF, 4-1984). De acordo com o caminhar da discussão a respeito do campo magnético, vai se introduzindo experiências, inicialmente com ímãs e limalhas de ferro, depois com ímãs e bússolas e finalmente, com fios percorridos por corrente e bússolas (ver, no apêndice 2, uma dessas experiências).

O que observamos é que as experiências são bem mais simples que as do FAI tanto quanto à montagem e ao material, quanto ao número e complexidade de passos. Envolvem medidas e construções de gráficos apenas dentro das necessidades de exposição do conteúdo, priorizando a observação e interpretação dos fenômenos que são objeto de discussão. E o que é bastante importante: discutem fisicamente cada procedimento.

Portanto, às experiências do PEF podem ser atribuídas as funções de apresentar elementos para a discussão do conteúdo e, em função da sua quantidade e integração à aula podemos dizer que atendem a um objetivo de desenvolver habilidades experimentais.

No PSSC, as experiências estão apresentadas no fim dos volumes, no guia de laboratório. A atividade a ser desenvolvida é exposta em um texto corrido, sem esquemas do tipo *objetivos-material-procedimento*. Iniciam geralmente procurando situar o tema de experimentação, como nesse exemplo da experiência "espectros de elementos" (PSSC, 1-1970: 226-8 - vide apêndice 2):

Todos sabem que quando cai um pouco de sopa ou leite sobre um bico de gás, sua chama azulada se transforma numa mistura de cores, na qual predomina o amarelo. Podem estas cores serem utilizadas para identificar os elementos de uma substância sobre a chama?

(PSSC, 1-1970:227-8)

Em seguida, parte-se geralmente para situações experimentais relativamente simples para uma primeira análise e, a partir daí se propõe experiência com instrumentos e medidas mais precisas. No caso dessa experiência, começa-se com a observação direta da cor da chama quando se coloca vários sais em contato com ela, para em seguida empregar-se o espectrômetro para se observar as raias de emissão das substâncias. No fim da experiência, propõe-se a comparação entre a visualização direta da chama e o uso do espectrômetro, no que se refere à possibilidade de se determinar os elementos presentes em uma amostra.

Essa experiência, assim como as outras do PSSC, possui claros objetivos de formar conhecimentos e habilidades experimentais de pesquisa. O problema experimental é colocado claramente, não se tratando apenas de uma verificação de modelos, mas da formação de um conhecimento experimental. A necessidade de medidas e análise de dados, bem como do uso adequado dos instrumentos de medida se coloca em função dos objetivos experimentais: obter os dados de que se necessita para a melhor análise da situação. Daí a necessidade de se comparar os vários instrumentos (tanto os de medida como os instrumentos matemáticos de análise de dados) explicitar o valor ou a acurácia dos dados fornecidos por eles. Fica claro que a atividade experimental do PSSC é uma atividade *de laboratório*, mas ao contrário do FAI, volta-se para a investigação, para a pesquisa, e não para a verificação, para as experiências didáticas padronizadas.

Completamente diferente das anteriores são as atividades do GREF. Em primeiro lugar, são quase absolutamente qualitativas, dispensando praticamente toda tomada e análise de dados e, às vezes, dispensando até a observação de fenômenos. A atividade "fusíveis, lâmpadas e chuveiros" (GREF, 3-1993:94-7 - ver apêndice 2), por exemplo, propõe a observação e comparação de fusíveis de diferentes amperagens e de lâmpadas de diferentes potências, bem como a observação e discussão das ligações "inverno" e "verão" de um chuveiro. Não se observa fenômenos, mas características físicas de produtos tecnológicos. Nessa atividade, um dos objetivos é relacionar as grandezas de tensão, corrente, potência e resistência, associando-as às dimensões dos condutores: os filamentos das lâmpadas e fusíveis e a resistência do chuveiro. De certa forma, é o mesmo tema da atividade do FAI que discutimos acima, abordada de forma completamente diversa.

Da forma como é colocada, essa atividade permite uma gama muito ampla de questionamentos, porque não restringe a discussão pelo estabelecimento de "condições experimentais", como nos outros três projetos. Ao contrário, o próprio texto da atividade (dirigido ao professor) sugere discussões como a função do fusível em uma instalação elétrica e outras do gênero.

Esse tipo de atividade, além de ser um ponto de partida para a análise física de produtos tecnológicos, pretende propiciar a discussão de conceitos a partir de observação de fenômenos ou da investigação de elementos do cotidiano. Com isso, enfatiza a relação entre o conhecimento científico e o técnico, mas deixa de lado determinados elementos ligados à forma típica como a física aborda seus problemas. De qualquer forma, podemos dizer que quanto a isso, somente o PSSC realmente consegue uma aproximação razoável, uma vez que no PEF a experiência se reveste de um caráter de investigação didática (e não

propriamente científica), enquanto no FAI encontramos apenas a reprodução do laboratório didático universitário tradicional.

### *Leituras suplementares*

As últimas edições do Ramalho vêm ganhando cor, volume e bastante textos complementares, sem mudar em nada a linha de abordagem do texto principal nem o caráter de seus exercícios, que são a parte central da proposta. Observando os temas desses textos, percebemos que envolvem em geral história da física e exemplos da física no chamado "cotidiano".

Essas leituras são bastante superficiais. Quando abordam temas históricos, por exemplo, em geral limitam-se a mencionar *nomes de cientistas, datas e feitos* (ver apêndice 3 para um exemplo); quando aborda o cotidiano, em geral o faz em um "quadro" de texto, onde discute superficialmente o tema.

Acreditamos que essas leituras cumprem duas funções: a primeira, de atender a uma demanda, que é uma tendência atual de se valorizar a história da física e a física ligada ao cotidiano do aluno. Do ponto de vista editorial é negativo possuir um livro que quase não contenha exemplos do cotidiano e história da física, porque esses temas vêm sendo utilizados por editores concorrentes para diferenciar suas publicações. É o caso do livro conhecido como *Paraná* (Paraná: 1993), lançado no final de 1992. Esta publicação caracteriza-se pela abundância de cores, fotos, gravuras, e textos complementares abordando aspectos históricos e exemplos práticos. O Ramalho, que já possuía alguns textos complementares, tratou de estendê-los e distribuí-los ao longo do livro, e também passou a usar cores, acrescentando diversas gravuras e fotos coloridas. Comparado com sua primeira edição, de 1978, no entanto, o texto do Ramalho permanece praticamente inalterado. Sua maior atualização foi mesmo em relação aos exercícios de vestibulares.

Além da função de concorrência comercial, identificamos em alguns quadros complementares a busca de adaptação a algumas mudanças nos principais vestibulares, que passaram a se preocupar mais com determinados temas ligados ao chamado cotidiano dos alunos. É o caso do quadro que discute a conta de luz e o outro que comenta a instalação elétrica domiciliar. Estes temas têm aparecido com alguma frequência nos últimos vestibulares e é por aí que acreditamos que se justifica a preocupação da editora em acrescentá-los no livro.

No FAI, os textos complementares abordam quase sempre temas históricos. Bem mais profundas do que os textos do Ramalho, essas leituras ainda enfatizam a menção de

descobertas científicas, embora fazendo uma descrição um pouco mais pormenorizada, situando-as dentro da história e às vezes acrescentando análises um pouco mais profundas das idéias científicas. Aliás, a comparação entre as leituras do Ramalho e do FAI, no apêndice 2, dá indícios de que os autores do Ramalho se basearam bastante nas leituras do FAI para escreverem as suas.

Como no Ramalho, constatamos que as leituras do FAI parecem estar apenas *justapostas* ao corpo do projeto, não tendo articulação com ele nem em termos de conteúdo, nem em termos de método. O problema é que se torna difícil encontrar uma função para essas leituras dentro do quadro metodológico do FAI. Poderia se esperar que a inclusão de textos históricos se desse, como o texto programado, também em função da formação e/ou fixação dos conceitos.

No entanto, não podemos afirmar que os textos históricos e as experiências realmente se colocam em função do desenvolvimento conceitual, uma vez que o desenvolvimento do conteúdo (texto programado) não faz referências nem às experiências nem aos textos históricos, parecendo, como nos livros tradicionais, não depender deles. Não há também, tanto nos textos como nas experiências, a mesma preocupação com a metodologia observada no texto programado. Implicitamente, todo esse isolamento confere a esses dois elementos um caráter de complemento e não de algo essencial.

Saad atribui aos textos históricos uma função que vai em outra direção:

*... para se poder propiciar aos estudantes uma visão da forma pela qual a ciência se desenvolve através dos tempos.*

(Saad, 1977:25)

Esse objetivo, porém não parece ter sido uma prioridade, uma vez que a quantidade de leituras e sua abordagem voltada para a descrição de descobertas não responde àquilo que Saad pretende, ainda mais em vista da filosofia do projeto, de tentar atender aos objetivos colocados nos mínimos detalhes.

Em vista disso, a nossa hipótese é que essas leituras entraram no projeto em função de uma sensação um tanto vaga quanto ao fato de que eram coisas importantes, mas que não se tinha claro como trabalhar com elas. A impressão que se tem é que são textos escritos por uma equipe relativamente independente, e que, posteriormente, definiu-se em, que lugar elas iriam ficar no corpo da proposta.

Não há dúvida que no PEF as leituras complementares têm uma importância relativa bem maior que nos outros dois projetos. Em primeiro lugar, pelo espaço proporcionalmente maior que ocupam; em segundo pelos temas escolhidos e pela elaboração dos textos.

A variedade de temáticas é grande, podendo ser um tema histórico, um assunto de tecnologia ou de geociências. Há também várias leituras sobre equipamentos usados hoje (na época) na física experimental, como os aceleradores de partículas e até mesmo de conteúdo de física. São leituras suplementares planejadas como tal, e incorporadas ao projeto como uma fonte de informações que abrem para outros horizontes. Para um termo de comparação com a leitura do FAI que apresentamos no apêndice 2, o PEF possui uma leitura sobre a vida e os trabalhos de Alessandro Volta que ocupa 9 páginas (PEF, 3-1981, 2-19 a 2-29).

Mas o objetivo não parece ser algo do tipo "fazer o aluno compreender a evolução da ciência", mas apenas de servir realmente como uma leitura interessante que possua alguma ligação com o que está sendo estudado. A leitura que apresentamos no apêndice, por exemplo, fala sobre computadores analógicos e digitais (PEF, 3-1981, 5-19 a 2-21) e mostra como a relação entre corrente e tensão em um condutor ôhmico pode ser usada para efetuar cálculos em computadores analógicos.

O PSSC não possui leituras complementares. Uma das prováveis razões é que os textos já possuem uma quantidade de informações variadas, dentro dos objetivos do projeto e que muitos exercícios e experiências também trazem informações complementares.

No GREF, é difícil identificar uma linha mestra para a elaboração dos apêndices (volumes 1 e 2) e textos complementares (volume 3). Como são livros para o professor, também é difícil uma comparação com os outros projetos. Os apêndices/textos complementares nunca trazem informações históricas. A maior parte dos textos podem se incluir em uma das seguintes funções: discutir detalhes de sistemas/objetos tecnológicos, apresentar conteúdos não abordados no corpo do texto, deduzir fórmulas e fornecer atividades extra. No apêndice, apresentamos um texto que fala sobre modulação e recepção de ondas de rádio (GREF, 3-1993:381-4).

O quadro da página a seguir fornece um resumo da comparação entre os vários elementos presentes nessas propostas.

		Ramalho	FAI	PEF	PSSC	GRAF
TEXTO	Função	• Apenas apresentar informações básicas.	• Desenvolver o conteúdo, pela auto-instrução.	• Desenvolver o conteúdo e guiar a atividade do aluno.	• Desenvolver o conteúdo.	• Desenvolver o conteúdo.
	Ênfase	• Definições, gráficos, fórmulas e diagramas.	• Definições, gráficos e diagramas.	• Formulação de experimentos; • Questões e análise de fenômenos e dados.	• Discussão de modelos e experimentos a partir de fenômenos físicos.	• Análise física de fenômenos e aparelhos cotidianos; Formulação de modelos.
EXERCÍCIOS	Função	• Desenvolver modelos de resolução de exercícios. • Treino extensivo de resolução de problemas e testes de vestibular.	• Fixação, recapitulação e verificação da matéria • Treino extensivo de resolução de exercícios	• Fixação, recapitulação e verificação da matéria • Informações complementares	• Proposição de atividades • Aprofundamento • Discussão de aspectos complementares	• Exemplos de exercícios para o professor. • Discussão de aspectos complementares.
	Ênfase	• Problemas quantitativos padronizados e testes de múltipla escolha. • Situações abstratas.	• Questões qualitativas e problemas quantitativos padronizados. • Situações abstratas.	• Questões e problemas qualitativos e quantitativos não padronizados; • Situações concretas em geral.	• Problemas quantitativos, qualitativos e experimentais não padronizados. • Situações experimentais	• Problemas qualitativos e quantitativos não padronizados. • Análise física de sistemas e técnicas.
EXPERIÊNCIAS	Função	NÃO HÁ	• Complemento • Verificação de aspectos e detalhes do conteúdo.	• Apresentar elementos para a discussão do conteúdo. • Desenvolver habilidades experimentais.	• Formar conhecimentos e habilidades experimentais. • Fornecer dados para a verificação e formação dos modelos.	• Ponto de partida para a análise de produtos tecnológicos. • Discussão de conceitos a partir de observação de fenômenos.
	Ênfase		• Experimentos clássicos de "Laboratório de Física" universitários. • Quantitativos: medidas e construção de gráficos.	• Planejados para a apresentação do conteúdo. • Medidas interpretadas e verificação de fenômenos	• Roteiro experimental detalhado do conteúdo. • Medidas e análises detalhadas.	• Investigação de elementos do cotidiano. • Observação qualitativa de fenômenos e objetos.
LEITURAS	Função	• Adaptação da obra à tendência do mercado editorial.	• Abordar elementos históricos, não presentes na parte autoinstrutiva	• Informações e conteúdos complementares.	NÃO HÁ	• Informações complementares.
	Ênfase	• Descrição superficial de feitos de cientistas. • Detalhes (em geral, tecnológicos) pedidos em vestibulares.	• Descrição de descobertas científicas.	• História da física (textos detalhados), tecnologia e geociências.		• Em geral, detalhes técnicos de equipamentos ou dedução de expressões.

## Capítulo II

### A física no contexto escolar



#### Introdução: quem define os conteúdos da escola?

A definição de conteúdos se dá a partir de uma rede de relações que vai desde as determinações do papel da escola pelas diversas instâncias da sociedade até as questões mais cotidianas que o professor enfrenta, tais como as condições de ensino na escola e os métodos de que ele irá se utilizar para abordar os conteúdos. Nessa rede, todos os elementos estão fortemente vinculados, de forma que as escolhas a serem feitas em relação ao conteúdo de física (ou de outra matéria), estão subordinadas simultaneamente a dois extremos intimamente relacionados: os objetivos amplos estabelecidos em relação à escola e as condições concretas encontradas pelo professor em sala de aula.

Os objetivos atribuídos à escola têm sua origem em instâncias externas a ela. Em relação ao Estado, por exemplo, temos no plano das intenções (nem sempre explícitas), a legislação e no plano da prática, as políticas (ou a "falta" delas, o que também é uma política). No plano da sociedade, temos a atuação dos diversos grupos que possuem alguma influência ou algum interesse nos rumos da escola, reivindicando ou atuando diretamente no seio do sistema escolar.

Longe de convergirem para uma síntese harmônica, essas diversas tentativas de direcionamento para o sistema escolar resultam em conflitos nos quais, em geral, prevalecem os pontos de vista dos que detêm mais poder.

Por trás de cada lei, de cada política e de cada atuação ou reivindicação dos grupos sociais, no sentido de tentar dar um direcionamento à escola, existem *projetos e concepções* a respeito do que deva ser a escola. Tais "projetos de escola" - e mais amplamente, de educação - são necessariamente calcados em concepções e projetos mais gerais, que dizem respeito aos rumos da própria sociedade.

Todos esses níveis de influência, aparentemente tão distantes da sala de aula e de nossas preocupações de pesquisadores em ensino de física, estão presentes em nossas propostas, projetos e pesquisas, bem como em tudo que é feito hoje na escola. Portanto, é

necessário compreender de que forma as essas "instâncias externas" interferem na escola e, em particular, no ensino da física.

Para isso, é necessário identificar as maneiras pelas quais a escola atende ou pode atender aos objetivos a ela atribuídos, no que tange aos objetivos atribuídos aos conteúdos escolares. Especificamente, estabelecer uma relação entre a configuração que os conteúdos de física assumem e os objetivos gerais colocados para a escola.

## 1. Dos projetos de escola aos conteúdos de ensino.

### 1.1 Os projetos de escola na sociedade capitalista.

O projeto capitalista de sociedade, que se identifica com o projeto da classe burguesa a partir do momento em que essa se torna dominante sofreu e continua sofrendo profundas modificações que seguem a lógica das mudanças no desenvolvimento do processo econômico.

Nas sociedades pré-capitalistas, a diferença essencial entre os homens estava caracterizada pela existência de uma estrutura social que não permitia mobilidade de um indivíduo de uma classe para outra. Ao romper com estes modelos de sociedade, a burguesia propõe uma concepção mais igualitária de homens, mas não elimina a concepção aristocrática de ser humano, pautada pela diferença entre os homens.

A igualdade que o liberalismo propõe é apenas formal: restringe-se ao plano das leis, não encontrando correspondência no plano das relações sociais. A relação trabalhador-empregador é em essência, uma relação desigual. E no que tange às sociedades capitalistas periféricas, como é o caso do Brasil, mesmo alguns pressupostos liberais básicos encontram dificuldade de implementação, de modo que, no caso específico da educação escolar, ainda prevalecem muitas das concepções que denominamos de "aristocráticas".

Para compreendermos as diferentes formas que a escola assume sob o capitalismo, empregaremos o critério estabelecido por Luiz Antonio Cunha para classificar os "modos típicos de conexão entre a prática da escola (aquilo que ela efetivamente faz) e a ideologia vigente a respeito da sua função social (as conseqüências dela esperadas)" (Cunha, 1988:113). Cunha considera três tipos<sup>1</sup> de escolas, que ele chama de tipo I, tipo II e tipo III, e que denominaremos, respectivamente de *escola aristocrática*, *escola para trabalhadores* e *escola única liberal*, ressaltando que essa denominação não se refere a uma classificação das escolas que existem, mas dos projetos de escola que eventualmente convivem em uma mesma sociedade, e certamente, em um mesmo sistema escolar.

---

<sup>1</sup>Embora empregue a palavra tipo, Cunha não quer dizer que cada escola em particular possa ser classificada em uma dessas três categorias. Ao contrário, apesar de terem origem históricas razoavelmente definidas e distintas, enquanto concepções de escola os três tipos convivem e influenciam os rumos da escola concreta de hoje.

*A escola da elite e seus conteúdos.*

A *escola aristocrática* (ou tipo I, na definição de Cunha): preponderante no início do capitalismo europeu, caracteriza-se por ser destinada às classes dominantes e às camadas médias e servir sobretudo à formação cultural dos indivíduos desta classe.

Encontramos em Suchodolski uma descrição desse modelo de escola aristocrático, cuja função predominante era uma formação do indivíduo desligada das questões práticas da vida social. Segundo o autor, ela se caracterizava pela ...

*total insensibilidade por qualquer problema que pudesse se referir à heterogeneidade social dos alunos dos diferentes tipos de escolas, à satisfação das necessidades profissionais da produção, à consideração das exigências da civilização contemporânea e do Estado.*

(Suchodolski, 1968:323)

Portanto, cabia a esta escola educar o intelecto, o espírito e o físico de acordo com as necessidades culturais das classes dominantes. No entanto, não lhe era atribuído o papel de tornar o indivíduo um representante dessas classes, mas simplesmente de formá-lo de acordo com sua origem, transmitindo-lhe a cultura acumulada. Trata-se de uma educação desligada dos "problemas menores" da vida, "uma realidade fechada e autônoma em relação com a vida e superior a esta." (Suchodolski, 1968:323).

Na escola brasileira de hoje a abordagem dada aos conteúdos possuem ainda considerável influência desse tipo de ensino. Mesmo as disciplinas científicas, que historicamente começaram a ser valorizadas em oposição a uma cultura clássica, acabaram adquirindo, de diferentes formas, este viés.

A separação explícita que se deu no Brasil entre ensino secundário Clássico e Científico<sup>2</sup>, por exemplo, apenas enfatizou, de um lado, as disciplinas humanistas, e de outro as científicas, sem perder o caráter do conteúdo como saber em si mesmo, de pura formação cultural. Sua função era, tanto em um curso como no outro, a de transmissão

---

<sup>2</sup> A partir de 1942 institui-se no Brasil, os cursos Clássico e Científico. Após concluir o Primário, de quatro anos, o aluno deveria optar entre o Secundário, que dava acesso ao ensino superior, o ensino Normal, de formação de professores ou o ensino profissional, que possuía um caráter terminal, dando acesso, em alguns casos, somente a cursos superiores na própria área. O curso secundário era dividido em dois ciclos: o primeiro, de quatro anos era único, mas ao término deste o aluno deveria optar entre o segundo ciclo Clássico, com ênfase humanística, e o Científico, com ênfase científica. (Romanelli, 1989:154, 156-9).

dos conteúdos culturais acumulados. De acordo com Otaíza Romanelli, "era indisfarçável (...) o caráter de cultura geral e humanística dos currículos, mesmo no curso chamado científico." (Romanelli, 1989:158).

Dentro desse modelo de escola, podemos perceber duas abordagens diferentes dadas aos conteúdos, que embora distintas, muitas vezes são complementares:

*O conteúdo como bem cultural com fim em si mesmo:* o conhecimento escolar está limitado a dimensão da formação do ser humano enquanto indivíduo de uma elite. Um saber escolar cujo significado primordial é a distinção cultural de uma classe e que, portanto, se caracteriza por:

- possuir a ênfase no pensar em detrimento do fazer.
- vincular-se a uma concepção de educação como formação do indivíduo a partir de um modelo idealizado de ser humano, que é o modelo do indivíduo da classe dominante.
- valorizar os conhecimentos clássicos e humanísticos como arcabouço cultural ou cultura geral, mais do que como reflexão a respeito do mundo.

*O conteúdo como pré-requisito para níveis mais altos de estudo:* um conhecimento escolar cuja função primordial é servir para o ingresso em níveis mais altos de ensino e como base para o aprendizado de outros conteúdos mais avançados.

Há uma distinção clara o ensino puramente formativo e o ensino propedêutico, preparatório para estudos superiores: Mas um ensino puramente formativo deve ter a preocupação básica de transmitir os conhecimentos e valores considerados relevantes pelos educadores que elaboraram o programa. Uma vez conferido o diploma ao estudante supõe-se que ele adquiriu aqueles conhecimentos e valores que caracterizam um indivíduo de sua posição social.

O ensino propedêutico não possui um fim em si mesmo, mas uma finalidade externa, que é a preparação para etapas posteriores de ensino. Preocupa-se em preparar o aluno para o ingresso em um outro nível de ensino, e portanto está ligado a um elemento externo que é o exame que irá permitir este ingresso. A intenção do ensino propedêutico é que o aluno passe neste exame, quer ele tenha ou não adquirido os conhecimentos e valores a que nos referimos acima. Ou seja, se o exame fosse um instrumento que avaliasse com precisão a posse destes conhecimentos e valores, a equivalência entre ensino propedêutico e formativo estaria dada.

No Brasil, o nível médio de ensino nasceu da necessidade da preparação dos jovens filhos das classes dominantes para o ingresso no nível superior, inicialmente na Europa, depois em nosso próprio país. Assim, sempre houve uma ênfase no preparo para os níveis superiores, que cumpririam ou completariam a função formativa.

A partir da década de 60, quando uma classe média em crescimento começa a aspirar para seus filhos cada vez mais o acesso ao ensino superior, a demanda pelo ensino superior começa a se acentuar e o vestibular precisa se adaptar ao grande número de candidatos. Com isso, o ensino de 2º grau começa a assumir um caráter ainda mais propedêutico. Até esse momento, praticamente apenas uma pequena elite tinha acesso a esse nível de ensino. Portanto, a questão do caráter propedêutico do ensino médio não era tão crucial, sendo mais um preparo para freqüentar a faculdade do que para realizar seu exame de ingresso.

É interessante lembrar que essa a demanda crescente pelo ensino superior gerou contradições importantes, inclusive o famoso problema dos "excedentes do vestibular"<sup>3</sup>. Por um lado, isso gerou medidas governamentais no sentido de conter essa demanda: as mudanças no exame vestibular (eliminatório, ao invés de classificatório), a expansão da rede privada de ensino superior e a obrigatoriedade da formação profissional no nível médio. Por outro lado gerou uma verdadeira "febre" do preparo para os exames vestibulares, que concretizou-se no nascimento dos grandes cursinhos e nas grandes mudanças nas ênfases dos conteúdos do 2º grau, que passaram por modificações para atender às exigências do vestibular.

### *A escola profissional e seus conteúdos.*

A idéia de uma escola para trabalhadores (tipo II, na designação de Cunha) surge com a necessidade de instruir e disciplinar os trabalhadores para a crescente complexidade do trabalho industrial, tendo como principais características:

- estabelecer clara separação entre escola para a classe trabalhadora e para a classe dirigente;

---

<sup>3</sup>Até a Reforma Universitária de 1968 o exame vestibular era classificatório, de modo que todo candidato que atingisse um mínimo de nota era considerado aprovado. Isso gerava um problema porque o número de candidatos aprovados nos cursos mais disputados era superior às vagas disponíveis nas faculdades.

- escola básica para trabalhadores voltada para a transmissão dos conhecimentos elementares necessários para o trabalho fabril;
- escola média para trabalhadores voltada para a "qualificação para o trabalho industrial de modo que seus concluintes pudessem ingressar na força de trabalho como quadros médios" (Cunha: 1988, 114).

A passagem do artesanato para a manufatura e desta para a indústria trouxeram modificações na sociedade de um modo geral, mas particularmente influenciaram o caráter da educação escolar. Enquanto na produção artesanal pré-capitalista o trabalhador aprendia seu serviço na oficina, ao longo dos anos de experiência junto ao mestre artesão, no capitalismo, a necessidade de produção de uma quantidade maior de mercadorias levou a mudanças no processo que acabam por exigir algum nível de educação escolar para o trabalhador.

O educador italiano Mario Manacorda destaca que, se em um primeiro momento a introdução da manufatura e depois da indústria representam transformações que prescindem da educação do trabalhador, uma vez que suas tarefas serão simples e repetitivas, em algum tempo percebe-se a necessidade de educá-lo para o trabalho:

*... a evolução da "moderníssima ciência de tecnologia" leva a uma substituição cada vez mais rápida dos instrumentos e dos processos produtivos e, portanto, impõe-se o problema de que as massas operárias não se fossilizem nas operações repetitivas das máquinas obsoletas, mas que estejam disponíveis às mudanças tecnológicas, de modo que não se deva sempre recorrer a novos exércitos de trabalhadores mantidos de reserva: isto seria um grande desperdício de forças produtivas.*

(Manacorda, 1992:71-2)

Por outro lado, Esther Buffa acrescenta que o sistema de trabalho parcelar introduzido pela produção capitalista, por suas características, exige do trabalhador mais destreza do que conhecimento sistematizado. Portanto, se é preciso saber escrever, contar, etc., também é necessária a formação de uma disciplina para o trabalho, necessária para que a produção siga a contento do ritmo exigido pelo capital:

*... a educação para os trabalhadores pobres tem a função de discipliná-los para a produção. O que propõe para a maioria da população é pouco; é o*

*mínimo. Aquele mínimo necessário para fazer do trabalhador um cidadão passivo que, apesar de tudo, tem alguns poucos direitos.*

(Buffa, 1988:28)

Em outras palavras, a educação é necessária para o trabalho em pelo menos dois aspectos: a qualificação em si, seja ela específica ou geral, e a formação de disciplina e aceitação das relações de trabalho.

Concretamente, no trabalho agrícola e nas ocupações urbanas menos qualificadas, não se exige qualquer escolarização. Já nos trabalhos industriais não especializados diretamente ligados à produção exige-se, em geral, um mínimo de escolarização. Nessas tarefas simples o máximo que é exigido são habilidades simples de leitura e cálculo, e se possível, até essas habilidades são dispensadas<sup>4</sup>.

Conforme as tarefas se tornam mais complexas não se pode mais contar apenas com os elementos mínimos de escolarização. Dependendo da especificidade do trabalho a ser realizado torna-se necessário um aprendizado teórico e prático que, em parte, a escola de formação geral pode fornecer, mas que em geral exige um tipo de aprendizado específico que pode ser conseguido através de cursos técnicos profissionalizantes.

Observa-se que o setor terciário é o que mais absorve mão-de-obra com escolarização regular de 2º grau, ou seja, esses trabalhadores em geral irão atuar não diretamente na produção de mercadorias, mas na comercialização destas, nos serviços burocráticos ligados ao setor público ou privado, no setor financeiro, etc. Contudo, esta vinculação não é absoluta: muitas vezes a exigência do certificado do 2º grau é deixada de lado, em função de outros interesses. Além disso, é difícil avaliar quais são as habilidades gerais de fato necessárias para a realização de um trabalho específico que pode ir sofrendo constantes transformações ao longo do tempo, da mesma forma que é difícil dizer o que de fato a escola transmite aos alunos em termos de conhecimentos e habilidades. Vale aqui a observação de Gaudêncio Frigotto:

---

<sup>4</sup>Sobre isso, ver Kuenzer (1985:134).

*O específico da escola não é a preparação profissional imediata. Sua especificidade situa-se ao nível da produção de um conhecimento geral articulado ao treinamento específico efetivado na fábrica ou em outros setores do sistema produtivo.*

(Frigotto, 1989:146)

Se considerarmos, portanto, que a escola de 2º grau regular (não técnica) voltada para a classe trabalhadora não se preocupa com a formação específica para o trabalho, não poderemos identificar em seus conteúdos um caráter muito diferente da escola em geral. Perceberemos, isso sim, simplificações e a falta dos recursos necessários para que a formação fosse equivalente à das escolas das classes mais favorecidas. No entanto, essa aparência de "igualdade" entre as escolas entra já em uma terceira categoria:

#### *A escola para "todos" e seus conteúdos:*

A escola única liberal (*tipo III* na denominação de Cunha): aparece sobretudo para ocultar as diferenças de classe explicitadas por uma rede de escolarização que dividia claramente a escola para as elites (tipo I) e a escola para os trabalhadores (tipo II). Caracteriza-se por:

- o fato de ser única, ou seja, a princípio (e na prática, somente a princípio) destinada igualmente a todas as classes sociais;
- permitir, ao menos formalmente, a reclassificação social dos indivíduos, conforme suas aptidões e potencialidades (Cunha, 1988:113-5).

Segundo Lucília Machado,

*O desenvolvimento da idéia de unificação escolar está associado à preocupação política básica da burguesia de realizar, sob sua hegemonia a unificação cultural e moral do povo, a fim de consolidar a unidade da nação em torno dos seus interesses.*

(Machado, 1991:65-6)

A idéia de escola unificada envolve, mais do que uma crença na democratização da sociedade, a consecução de interesses da classe social que procura assegurar a sua hegemonia. Em todos os casos e nas diversas propostas de escola para todos que surgiram

com o pensamento liberal existe o objetivo de manter uma certa harmonia social, com a atenuação dos conflitos de classe.

Portanto na prática, a atribuição à escola do papel de equalizadora, ou melhor, reclassificadora social, mostra-se um mecanismo a serviço da manutenção das relações sociais e do apaziguamento de alguns conflitos. A aparência de escola única e democrática que acabou prevalecendo, na verdade continua reproduzindo uma escola dual, que por um lado ainda serve à formação das elites, e por outro, prepara a mão de obra para o mercado de trabalho capitalista e promove o apazigua os ânimos das classes trabalhadoras, que vêem na escola uma possibilidade real de mudança de nível social.

No caso da França, por exemplo, Baudelot e Establet<sup>5</sup> fizeram uma análise detalhada do sistema educacional francês mostrando que por trás do discurso liberal, que proclama a escola como equalizadora das condições de todos os grupos sociais, ou como a instituição que permite a ascensão social dos mais capazes - independente de sua origem social - existem mecanismos concretos que, na verdade, definem de antemão o destino de classe dos estudantes. O principal deles é a existência de duas redes distintas de ensino, sendo uma destinada à formação das elites dirigentes (classe dominante) e a outra à formação da classe trabalhadora.

No Brasil, com algumas diferenças, também observamos essa divisão. A maior parte da rede pública de 1º e 2º graus se destina aos filhos da classe trabalhadora. A rede particular, por sua vez, também acolhe um grande contingente de alunos oriundos da classe trabalhadora, sobretudo no 2º e 3º graus e nos chamados supletivos de 1º grau. Por outro lado, percebemos que a formação das elites se dá sobretudo nas redes particulares de 1º e 2º graus, e dividida entre a rede pública e a particular no 3º grau<sup>6</sup>. Apesar desse entrelaçamento entre escola pública e particular é possível distinguir com razoável nitidez qual o tipo de escola que se destina a qual classe.

Mas como essa divisão de classes se concretiza nos objetivos que a escola se coloca, suas práticas pedagógicas e os conteúdos que ela se propõe a abordar?

Um trabalho que aborda esse tema é a pesquisa feita por Carnoy e Levin (1987:133-67), no qual se verificava concretamente os resultados dessa divisão na prática

---

<sup>5</sup>Baudelot, Christian e Establet, Roger. *La escuela capitalista*. 11ª edição. Cidade do México, Siglo Veintiuno, 1990.

<sup>6</sup>Ver, a esse respeito: Saviani, Dermeval. Uma estratégia para a defesa da escola pública: retirar a educação da tutela do Estado. *Revista de Ensino de Física*, v.2, nº2, maio 1980.

de sala de aula. O fato de a pesquisa ter sido feita nos EUA, é interessante, pois sendo um país onde a escola praticamente se fundou junto com o ideal da escola única (Cunha, 1988:115), a percepção dessa divisão deveria ser mais difícil.

Carnoy e Levin procuraram verificar, em duas escolas públicas da mesma cidade, uma delas localizada em um bairro de classe média alta e a outra em um de classe média baixa (evitando, portanto, os extremos), diferenças perceptíveis em relações a alguns parâmetros que consideraram indicativos de um tratamento diferenciado em função da classe social dos estudantes. Nessa pesquisa, consideraram aspectos que pudessem revelar diferenças nas expectativas ao destino de classe dos estudantes (isto é, sua ocupação profissional futura) em função de sua suposta origem social presente. São quatro os parâmetros por eles verificados:

- (1) *padrões externos versus padrões internos de autoridade;*
- (2) *orientação para o futuro versus orientação para o presente;*
- (3) *habilidades de manifestação verbal; e*
- (4) *ênfase sobre habilidades cognitivas e resultados obtidos.*

(Carnoy e Levin, 1987:137)

Em relação ao item (1), os autores verificaram que na Escola Smith (classe média baixa) os padrões de comportamento colocados pela autoridade (professora) eram, em geral, transmitidos de forma externa, ou seja exigia-se dos alunos o cumprimento de determinadas normas sem explicitar razões ou explicações para o comportamento esperado. Na escola Huntington (classe média alta), por outro lado, tentava-se estabelecer os comportamentos de forma interna, ou seja, com a incorporação por parte do aluno dos fins que guiam cada comportamento, "isto é, exigia-se que se obedecesse as regras ou a certos modos de agir devido a suas implicações para o trabalho acadêmico e não pelo comportamento em si mesmo." (Carnoy e Levin, 1987:142). Os padrões de expectativas do professor sobre o aluno estabelecem não somente uma relação do aluno com o que se exige dele em termos de conduta, mas gera também diferenças na relação do aluno com a matéria de conhecimento, uma vez que essa relação também se constrói a partir das exigências do professor.

Quanto ao item (2), orientação para o futuro versus orientação para o presente, Carnoy e Levin verificaram que enquanto na Escola Huntington os alunos eram bastante orientados e lembrados em relação ao seu futuro escolar e profissional, na Escola Smith se verificava o oposto: "as crianças da Escola Smith gastavam a maior parte do tempo

fazendo coisas "divertidas", dava-se pouco destaque à preparação para o futuro." (Carnoy e Levin, 1987:145). Esta orientação para o futuro ou para o presente também pode se manifestar concretamente nos conteúdos selecionados para o programa, de acordo com as expectativas dos professores em relação aos alunos.

Em relação à manifestação verbal (item (3)), os pesquisadores concluíram que em atividades do tipo "mostrar e contar algo interessante" a professora da Escola Huntington frequentemente estimulava os alunos a continuar em sua manifestação, perguntando mais detalhes e enfatizava as qualidades de uma exposição adequada de idéias. Questões lançadas aos alunos normalmente eram de caráter aberto, estimulando uma verbalização mais extensa e profunda. No caso da Escola Smith, a professora normalmente não apresentava nenhuma reação à apresentação das crianças e as questões formuladas eram, em sua maioria questões factuais fechadas, que permitiam uma resposta simples e curta.

O quarto item analisado pela dupla de pesquisadores americanos - a realização cognitiva - acaba por confirmar certos padrões verificados nos outros itens:

*Na Escola Huntington observou-se maior ênfase na manifestação verbal, maior destaque na valorização dos progressos obtidos pela criança, maior orientação em relação ao aproveitamento do tempo de estudo e à maneira correta de estudar, maior quantidade de interações entre professoras e alunos que estimulando a compreensão e a repetição de raciocínio em vez da resposta factual direta e maior reforço é autonomia e responsabilidade dos alunos em relação ao próprio aprendizado do que o verificado na Escola Smith.*

(Carnoy e Levin, 1987:148-51).

Assim, percebemos que a divisão da escola em função da divisão de classes sociais possui reflexos concretos e visíveis em relação à prática interna da escola e, sobretudo, redefine implicitamente os objetivos da escola e os conteúdos efetivamente transmitidos em seu interior em função dessa divisão.

### *A busca de um projeto de escola alternativo.*

A crítica ao capitalismo, em particular a partir de Marx, deu origem a inúmeros projetos de sociedade rotulados genericamente de *socialistas*. Porém, como as concepções do que é socialismo são muito variadas, é difícil falar de um único projeto socialista de

sociedade e, portanto, de uma única proposta de escola socialista. De qualquer forma, o chamado pensamento socialista propõe, implícita ou explicitamente, diversas alternativas para a configuração da escola e sua inserção na sociedade.

De maneira geral, as propostas socialistas de escola partem da crítica aos modelos de escola liberais, procurando romper com a escolarização diferenciada por classe social a que eles acabam levando. Essas supostas "escolas socialistas", porém, só poderiam existir realmente sob o socialismo, pois sob o capitalismo, a divisão de classe presente em todas as instâncias da vida social iria, necessariamente, perpassar a estrutura da escola. Porém, enquanto *projeto*, essa escola pode e é concebida sob o capitalismo, influenciando concretamente os rumos da escola capitalista.

Sob o capitalismo, as propostas socialistas de escola se voltam para as classes populares, pela democratização da escola e sobretudo pela busca de uma escola que se coloque a serviço dos interesses da maioria. Converte-se, assim, no que costuma-se chamar de projetos de escola *progressistas*, emprestando o termo de Libâneo (1984). Reunindo sob o rótulo de *pedagogias progressistas*, Libâneo caracteriza essas tendências como sendo aquelas que "partindo de uma análise crítica das realidades sociais, sustentam implicitamente as finalidades sociopolíticas da educação." (Libâneo, 1984:32). Para ele, as pedagogias progressistas no Brasil podem ser subdivididas em três categorias: a pedagogia libertadora, baseada sobretudo na obra de Paulo Freire; a pedagogia libertária, de cunho autogestionário e a pedagogia crítico-social dos conteúdos, que segundo ele "acentua a primazia dos conteúdos no seu confronto com as realidades sociais". (Libâneo, 1984:32).

Alguns dos principais aspectos das propostas progressistas seriam:

- A visão crítica a respeito das bases que sustentam o sistema capitalista e a procura de articular sua prática pedagógica ao questionamento dessas bases.
- A procura de se colocar - de uma forma ou de outra, conforme a vertente - a escola a serviço dos interesses de classe dos trabalhadores ou das chamadas classes dominadas, dentro do contexto atual do capitalismo.

A pedagogia de Paulo Freire, nascida da proposta de alfabetização conhecida como "Método Paulo Freire", extrapolou em muito sua caracterização como simples método de alfabetização para se tornar uma referência teórica importante para os projetos de escola progressistas. Caracteriza-se em primeiro lugar pela valorização da dimensão humana, pela busca de caminhos para a "humanização do homem". Em uma sociedade dividida entre opressores e oprimidos a educação tem a tarefa de auxiliar no processo de luta dos oprimidos por sua libertação, através do diálogo, da conscientização e da

superação dos limites ideológicos impostos pelos opressores com o objetivo de manter a opressão.

Em uma linha um pouco distinta, a pedagogia dos conteúdos, da qual Libâneo é um dos mais destacados representantes, nasce de preocupações mais específicas em relação ao papel da escola na luta política que se trava no seio da sociedade capitalista. Nasce em um momento histórico onde se buscava uma valorização da escola pública como instrumento a serviço das classes dominadas, e portanto, da defesa da ampla democratização do acesso dessas classes ao sistema escolar. Para os defensores dessa linha, a recusa em enxergar na escola um espaço de luta para garantir os direitos das classes dominadas, só serviria aos interesses da classe dominante. A valorização dos conteúdos se deu sob a perspectiva de que estes constituíam os verdadeiros instrumentos que a escola poderia fornecer ao povo para a sua emancipação. Para isso porém, ao invés dos conteúdos tradicionais, se deveria procurar transformá-los de forma articulá-los à prática social dos alunos de modo que eles pudessem ter uma compreensão crítica do mundo e da sociedade onde vivem.

Os autores dessa linha se referem bastante ao trabalho do educador francês Geoges Snyders, basicamente por dois aspectos de sua obra: a crítica às teorias reprodutivistas do sistema escolar e a valorização dos conteúdos como forma de colocar a escola a serviço das classes populares.

As críticas de Snyders às teorias reprodutivistas se volta contra a visão de escola apenas a partir de sua dimensão de instrumento de dominação da classe dominante sobre a classe trabalhadora. Snyders e outros autores de linha marxista, aprofundam a análise das relações que se travam no interior da escola bem como sua inserção no contexto da sociedade capitalista, e mostram, dentro do referencial marxista, que a escola é palco da luta de classes e que portanto seria também um espaço para as conquistas dos trabalhadores.

Em um segundo momento, porém, sobretudo em seu livro "A alegria na escola" (Snyders, 1988), o autor vai além do referencial estritamente marxista para buscar ao valorizar os conteúdos não apenas por seu caráter de "emancipação" ou de instrumentalização para a luta dos trabalhadores, mas também pela sua dimensão de satisfação cultural. Busca, nos conteúdos, uma alegria inerente ao conhecimento. Dessa forma, o colocar a escola a serviço dos trabalhadores ganha outros aspectos que não apenas a luta de classes.

Os educadores brasileiros de perspectiva semelhante que se basearam em Snyders e outros autores para a formulação de uma pedagogia crítico-social dos conteúdos, apesar do trabalho sistemático que fizeram a respeito da escola e do papel dos conteúdos em sua dimensão crítica, não acrescentaram esse tipo de tema aos seus questionamentos. E embora tenham uma clara influência do trabalho Paulo Freire, também não incorporaram deste autor os temas ligados à humanização.

No nosso entender, porém, são justamente a satisfação cultural em Snyders e a humanização em Freire que trazem às pedagogias progressistas uma abrangência maior e a possibilidade de responder aos anseios dos trabalhadores e dos filhos de trabalhadores que freqüentam a escola. O que é interessante nesses autores é que eles não negam a compreensão trazida pela análise marxista, mas ao mesmo tempo não se furtam de buscar outros temas amplos e profundos que digam respeito à cultura, ao homem e ao conhecimento, e portanto, à escola.

Dessa forma, muitas das discussões que faremos a respeito dos conteúdos de física estarão baseadas em idéias de Freire e de Snyders, que iremos expondo conforme o contexto assim o exigir.

## 1.2 Objetivos gerais e objetivos específicos.

Colocadas algumas relações entre escola e sociedade, passemos a averiguar de que forma estas relações se refletem nos objetivos gerais da escola e, em especial nos objetivos gerais do ensino de física. Tal análise possibilitará uma compreensão dos conteúdos dentro de um contexto amplo, permitindo uma tomada de posição frente ao "para quê" do ensino da física.

Se se atribui à escola um papel na formação da cidadania, por exemplo, é certo que os conteúdos deverão refletir esta visão pedagógica. Assim, é necessário tentar compreendê-los conforme a interpretação dada ao conceito de cidadania e do efetivo papel que se acredita que a escola possa desempenhar em sua formação. Para cada caso, teremos uma abordagem diferente dos conteúdos. Porém, para se avaliar o papel dos conteúdos, é preciso ter claro que há objetivos explícitos e implícitos em relação à escola. Pode ser que os conteúdos não estejam cumprindo o papel explícito dados a eles, mas que estejam perfeitamente de acordo com objetivos mais sutis.

Poderíamos definir esses objetivos como uma espécie de "síntese" das expectativas sobre a escola que acabamos de discutir no item anterior. José Carlos Libâneo, que em sua

tese de doutoramento analisa detidamente a relação entre objetivos, conteúdos e métodos de ensino, coloca isso da seguinte forma:

*Os objetivos educacionais têm como fonte para a sua formulação:*

- a) os valores e ideais proclamados na legislação educacional e que expressam propósitos das forças políticas dominantes no sistema social;*
- b) os conteúdos básicos das ciências, produzidos e elaborados no decurso da experiência prática social da humanidade;*
- c) as necessidades e expectativas de formação cultural exigidas pela população majoritária da sociedade, decorrentes das condições concretas de vida e trabalho e das lutas pela democratização.*

(Libâneo, 1990:440)

Portanto, além dos conhecimentos básicos das ciências que eventualmente definirão os conteúdos escolares, nessa "síntese" terão influência as intenções e necessidades dos grupos que detém algum poder de decisão e influência sobre a escola, ou seja, os legisladores<sup>7</sup>, os grupos que apóiam o governo, a burocracia do sistema escolar, os movimentos de professores, os movimentos populares, os grupos de pais, estudantes, etc., cada um com seu peso, vão definir o funcionamento da escola e, portanto, acabar influenciando em seus objetivos.

No nível concreto da unidade escolar, grande parte do que a escola é e do que ela pode fazer também já está delimitado pelos objetivos que a ela foram destinados nas instâncias superiores de poder. No entanto, os objetivos da escola ainda podem ser rediscutidos e reprogramados nos níveis mais próximo ao ensino. Apesar dos limites, professores, diretores, funcionários, alunos e pais encontram, no contexto da escola, espaço para colocar em prática os objetivos e aspirações mais diversos, embora a falta de estímulo à participação e à reflexão sobre o papel da escola leve a resultados concretos que apenas reproduzem os objetivos colocados pelas instâncias superiores de poder.

Se for vencida essa "apatia", pedagogos e professores, dentro da escola, podem criar condições para que os objetivos e conteúdos da escola sigam mais de perto as necessidades de todos aqueles que participam diretamente do processo escolar, abrindo espaço para a discussão dos rumos da escola com os pais, funcionários e alunos, e o que é

---

<sup>7</sup>Lembremos que não só o poder legislativo tem poder de regulamentar o funcionamento do sistema escolar.

mais importante, para a realização concreta de mudanças. Para isso, no entanto, diante dos objetivos colocados pelos níveis hierárquicos mais altos de influência do sistema escolar,

*É preciso que os professores formem uma atitude crítica em relação a esses objetivos de forma a identificar os que convergem para a efetiva democratização escolar e os que a cerceiam, ou seja:*

- a) o que pensa sobre o papel da escola na formação de cidadãos ativos e participantes na vida social;*
- b) o que pensa sobre a relação entre o domínio de conhecimentos e habilidades e as lutas sociais pela melhoria das condições de vida e pela ampla democratização da sociedade;*
- c) como fazer para derivar dos objetivos amplos aqueles que correspondem às tarefas da transformação social, no âmbito do trabalho pedagógico concreto nas escolas e nas salas de aula.*

(Libâneo, 1990:444)

Portanto, como professores de física trabalhando em um processo de (re)elaboração de objetivos para o ensino dessa disciplina, é preciso colocar em discussão os pontos necessários para uma tomada de posição a respeito do papel da física na escola:

- O papel da escola de hoje: o que escola de hoje é e porque ela é assim;
- O papel "futuro" da escola: o que ela pode vir a ser e o que ela deve vir a ser;
- Objetivos de longo prazo: como a física pode se incluir nesse projeto de escola;
- Objetivos de curto prazo: o que é possível fazer com a física hoje na escola, na direção das mudanças pretendidas.

Dentro deste processo, é preciso ter clara a diferença entre o que estamos chamando de objetivos gerais do ensino e os chamados objetivos específicos:

*Os objetivos gerais expressam propósitos mais amplos acerca do papel da escola e do ensino face às exigências postas pela realidade social e face ao desenvolvimento da personalidade dos alunos. (...) Os objetivos específicos de ensino determinam exigências e resultados esperados da atividade dos alunos referentes a conhecimentos, habilidades, atitudes e convicções, cuja aquisição e desenvolvimento ocorre no processo de transmissão ativa das matérias de ensino.*

(Libâneo, 1990:442)

Quando incluímos um determinado tópico no programa de física - força de atrito, por exemplo - podemos nos perguntar o que exatamente queremos que o aluno aprenda. Resolver um problema envolvendo atrito? Definir força de atrito? Medir experimentalmente a força de atrito? Esses são os objetivos que definem o que esperamos do aluno em termos de habilidades, conhecimentos, etc., e que portanto determinam o que um conteúdo realmente é na prática da sala de aula. Somente o tópico força de atrito não revela o que queremos ensinar. São portanto, objetivos específicos, que representam, ao lado dos conteúdos e dos métodos, a realização do processo de ensino.

Um outro nível de preocupação mais abrangente são os objetivos gerais. Estes aparecem quando se procura explicitar o que se quer da escola. Nasce portanto, de indagações do tipo: o 2º grau deve ser um curso terminal, de caráter profissionalizante? Ou uma preparação para níveis superiores? Ou, quem sabe, simplesmente uma extensão da escola básica? Esses objetivos traduzem portanto, finalidades atribuídas à escola.

Mas de que forma os objetivos específicos das disciplinas se articulam com esses objetivos gerais da escola? Nesse ponto entra o que chamamos de objetivos gerais das disciplinas. Os objetivos gerais da escola serão colocados em prática, em grande parte, por aquilo que as diversas disciplinas realizarem em sala de aula. Isso torna necessário definir, para cada uma delas, a forma pela qual elas podem dar conta das finalidades que se atribui à escola. Se, por exemplo, se decide que a escola de 2º grau é uma mera passagem ao ensino superior é de se esperar que os conteúdos se coloquem como objetivo abordar os temas de acordo com o que são exigidos nos vestibulares. Certamente isso trará de imediato conseqüências tanto para a seleção dos conteúdos a serem ministrados como em relação aos objetivos específicos. No nosso exemplo específico, habilidades ligadas ao trabalho experimental provavelmente poderiam ser dispensadas, uma vez que o vestibular não exige este aspecto. Segundo Libâneo,

*Os objetivos específicos particularizam a compreensão das relações entre escola e sociedade e especialmente do papel da matéria de ensino. Eles expressam, pois, as expectativas do professor sobre o que deseja obter dos alunos no decorrer do processo de ensino. Têm sempre um caráter pedagógico, porque explicitam o rumo a ser imprimido no trabalho escolar, em torno de um programa de formação.*

(Libâneo, 1990: 446; grifos do autor)

Os objetivos específicos constituem assim a tradução concreta de expectativas mais amplas em relação ao conteúdo de ensino. Eles colocam em limites práticos aquilo que se espera atingir no plano imediato. Assim, por exemplo, um professor pode estabelecer como objetivo que seus alunos sejam capazes de reconhecer se determinada figura geométrica é um triângulo ou não. Este objetivo é diferente de esperar que o aluno saiba definir conceitualmente um triângulo ou de saber desenhar um triângulo usando lápis, régua e papel. A escolha depende de um objetivo mais geral, ou seja, o objetivo do ensino da geometria.

Houve épocas nas quais estava "na moda" a definição precisa de todos os objetivos antes de se proceder ao ensino. Influenciados pela chamada tecnologia educacional, muitos educadores defendiam a necessidade de se colocar todo o processo de ensino sob objetivos previamente especificados e cujos resultados pudessem ser avaliados com objetividade.

O problema é que esse processo de definição aparentemente tão precisa dos objetivos não responde à questão primordial: de que forma o objetivo específico responde ao objetivo geral? Ou ainda: como traduzir o objetivo geral em termos de objetivos específicos? Além disso, é improvável (felizmente) que um professor consiga ter um controle tão absoluto da situação escolar que lhe permita estabelecer tão rigidamente os objetivos a seguir.

Embora seja importante trabalhar com os objetivos específicos mais ou menos definidos, mais importante ainda é tentar estabelecer relações entre esses objetivos e os objetivos mais gerais. Como já dissemos, muitas vezes o professor não está consciente dos objetivos gerais aos quais está vinculado seu trabalho. Sem essa consciência, por mais que ele procure definir previamente os objetivos específicos e mesmo que consiga atingi-los, não poderemos afirmar que está satisfazendo às necessidades educacionais de seus alunos.

Outro ponto importante é que os objetivos específicos não são absolutos porque sua tradução em relação aos objetivos gerais não é única, dependendo tanto das condições específicas de ensino e de aprendizagem, quanto dos conteúdos que se pretende ministrar.

Para um objetivo geral do tipo "dar condições aos alunos de que percebam a relação entre o desenvolvimento econômico acelerado e a destruição dos recursos naturais", que pode estar presente em diversas disciplinas, podemos ter inúmeras traduções concretas em termos de objetivos específicos, em função da matéria que está sendo desenvolvida, do tempo de que se dispõe, da maturidade dos alunos, de seu envolvimento com o tema, das condições da escola, etc.

Para cada situação, é necessário um encaminhamento diverso. Querer que os alunos consigam debater e opinar sobre a importância e a necessidade das usinas nucleares, talvez pudesse ser um objetivo específico derivado daquele objetivo geral. Porém, isso vai depender de que eles conheçam minimamente a função de uma usina elétrica, que tenham idéia do que é uma usina nuclear, e de uma série de conhecimentos e informações. Além disso, é importante que possuam o hábito de debater, de que se sintam estimulados a debater esse tema específico, e assim por diante. Essas condições, muitas vezes possíveis de serem reunidas em determinado momento e local, não o são em outros. Insistir nesse objetivo, pode levar os alunos simplesmente a repetir verbalmente idéias previamente colocadas pelo professor, o que possivelmente não contribui para lhes "dar condições de que percebam a relação entre o desenvolvimento econômico acelerado e a destruição dos recursos naturais" ou coisa parecida. Assim, os objetivos específicos, devem ter sua definição norteada por um lado, por propostas mais gerais em relação ao ensino e por outro, do exame das situações concretas nas quais se dará o processo de ensino-aprendizagem.

### 1.3 Os conteúdos.

A questão do conhecimento envolve pelo menos três aspectos importantes: a produção social do conhecimento, o conteúdo do conhecimento em si e a aquisição individual dos conhecimentos. Dependendo da área em que se trabalha, um desses aspectos é enfatizado e os demais podem ficar fora do foco das preocupações. Quando o conhecimento se converte em conhecimento escolar os três aspectos são primordiais.

De acordo com Libâneo,...

*os conteúdos de ensino compõe-se de quatro elementos:*

- *Conhecimentos sistematizados;*
- *Habilidades e hábitos;*
- *Atitudes e convicções;*
- *Capacidades cognitivas;*

(Libâneo, 1990:450)

O primeiro elemento dos conteúdos de ensino, os *conhecimentos sistematizados*, vai bem além de uma mera seleção de leis e conceitos. De acordo com Libâneo os eles são constituídos de:

- *conceitos e termos fundamentais das ciências;*
- *fatos e fenômenos da ciência e da atividade cotidiana;*
- *leis fundamentais que explicam as propriedades e as relações entre objetos e fenômenos da realidade;*
- *métodos de estudo da ciência e história de sua produção;*
- *problemas existentes no âmbito da prática social (contexto econômico, político, social e cultural do processo de ensino e aprendizagem) conexos com a matéria.*

(Libâneo, 1990:451)

Para o autor, os conhecimentos sistematizados constituem a base dos conteúdos de ensino, sobre a qual se dá a transmissão da "herança cultural da humanidade". No caso de uma disciplina escolar científica, por exemplo, além do estudo dos fenômenos e de suas interpretações por parte da ciência (seja em termos de conceitos, de leis, de regras, etc.) podemos incluir no item conhecimento sistematizado o estudo da própria natureza e desenvolvimento dessa ciência, de seus métodos de produção do conhecimento, de seus limites, de sua inserção social, etc.

De acordo com Libâneo (1990:451), "as *habilidades* são qualidades intelectuais necessárias para a atividade mental no processo de assimilação de conhecimentos" enquanto os hábitos seriam "modos de agir relativamente automatizados que tornam mais eficaz o estudo ativo e independente". Dessa forma, há habilidades como a habilidade de leitura, de estabelecer comparações, de fazer esquemas, de resolver problemas matemáticos e assim por diante, bem como há hábitos que podem surgir de tais habilidades, como o hábito da leitura, por exemplo.

Libâneo acrescenta que a caracterização prévia das habilidades e hábitos dentro de um certo conteúdo não é possível em todos os casos, uma vez que sua formação acaba ocorrendo dentro das atividades desenvolvidas.

As *atitudes e convicções*, referem-se a valores e estão ligadas a determinados modos de agir que se espera conseguir formar nos alunos. Libâneo (1990:451) cita como exemplo, "valores e atitudes em relação ao estudo e ao trabalho, à convivência social, à responsabilidade pelos seus atos, à preservação da natureza", etc.

Finalmente, as *capacidades cognoscitivas* estão ligadas mais diretamente à atividade mental. Seriam capacidades que dependem do nível de desenvolvimento cognitivo e que influem diretamente no aprendizado da matéria. De acordo com Libâneo,

englobam "a compreensão da relação parte-todo, das propriedades fundamentais de objetos e fenômenos, diferenciação entre objetos e fenômenos" e assim por diante.

Portanto, os conteúdos não são simplesmente os tópicos de uma matéria expressos nos índices dos livros didáticos. A noção de conteúdo extrapola em muito a idéia de um agrupamento de conceitos e definições mais ou menos sistematizados dados por um certo ramo do conhecimento. O conteúdo da disciplina física no 2º grau, por exemplo, não pode ser considerado simplesmente como um certo subconjunto de leis e conceitos dessa ciência escolhido de acordo com sua adaptação ao nível dos alunos.

Nos parece, entretanto, que não se tem dado a devida atenção a todos estes aspectos e isso tem como conseqüência privar os alunos do aprendizado de habilidades, hábitos, atitudes, etc. que poderiam ser importantes para eles e que poderiam ser incluídas no programa disciplinar, enquanto pode-se estar desenvolvendo implicitamente outras habilidades, hábitos, etc. incompatíveis ou contraditórias em relação ao conhecimento sistematizado desenvolvido.

Vamos citar um exemplo: um professor, ao expor sobre as escalas termométricas, pode se omitir em relação aos métodos e procedimentos pelos quais se estabelecem essas escalas. Ao mesmo tempo em que deixa de possibilitar a formação de diversos hábitos e habilidades (por exemplo: o aluno, esclarecido da arbitrariedade da definição das escalas termométricas, pode adquirir o hábito de se questionar em relação a outros tipos de escalas de medida), pode estar formando no aluno o hábito de procurar sempre saber apenas o resultado numérico de um exercício ( $68^{\circ}\text{F}$  é igual a  $20^{\circ}\text{C}$ ) sem procurar se questionar se o mesmo é coerente fisicamente ou não. Nesse caso, podemos afirmar que o aluno está adquirindo um hábito que vai contra o conhecimento trazido pela física, para o qual um dos aspectos mais importantes é a interpretação física de um resultado matemático. Porém, como veremos a seguir, a interpretação a respeito de se uma habilidade é ou não importante é bastante relativa.

Definidos dessa forma ampla, os conteúdos mostram estreita relação com os objetivos de ensino. Se o objetivo principal é formar um aluno capaz de responder a uma prova de exame vestibular provavelmente várias das habilidades que mencionamos acima serão dispensáveis, enquanto a habilidade de se chegar a um resultado numérico independentemente de sua interpretação física pode ser vantajosa.

A questão é que os conteúdos não se constituem de forma alguma independentemente dos objetivos que se busca. Isso significa que embora haja muito de pré-determinado na estrutura de conhecimento de um determinado ramo científico,

artístico, técnico, etc., a tradução deste conhecimento em disciplina de ensino passará necessariamente por um filtro de objetivos, implícitos ou explícitos, que determinarão o resultado concreto deste conteúdo em sua transmissão. Portanto, de forma alguma os conteúdos estão dados. Sua interpretação, suas ênfases, suas relações com a vida prática, as habilidades que irão constitui-lo, e tudo mais, serão determinados, em primeiro lugar pelos objetivos. E os objetivos, como já comentamos, só possuem significado no nível específico se forem conscientemente derivados de objetivos mais gerais.

#### 1.4 Os métodos.

A discussão que acabamos de efetuar em relação aos objetivos e conteúdos de ensino podem causar a impressão de que se reserva aos métodos de ensino um papel menor no processo de ensino-aprendizagem. Em absoluto, isso não é verdade. São os métodos de ensino que irão viabilizar, na prática, a transmissão dos conteúdos (entendidos da forma ampla que discutimos anteriormente), e portanto, a consecução dos objetivos. Por isso mesmo, os métodos de ensino não se colocam independentemente destes objetivos e conteúdos, mas devem responder às demandas deles. Segundo Libâneo, os métodos de ensino:

*... não se reduzem a quaisquer medidas, procedimentos e técnicas, ainda que possam ser distinguidos de um método geral. Eles decorrem de uma concepção de sociedade, da natureza da atividade prática humana, do processo do conhecimento e, particularmente, de uma determinada compreensão da prática educativa na sociedade. Neste sentido, antes de se constituir em passos, medidas e procedimentos, os métodos de ensino se fundamentam num método de reflexão e ação sobre a realidade e aspectos da realidade, sobre a lógica interna e as relações dos fenômenos entre si, de modo a vincular a todo momento o processo de conhecimento e a atividade humana prática no mundo.*

(Libâneo, 1990:460)

O autor mostra com isso que o método de ensino não é simplesmente uma maneira eficaz de se fazer aprender, mas sim a realização prática de uma visão a respeito do processo educativo, dos seus objetivos e de suas possibilidades. À visão tradicional do processo de ensino-aprendizagem, que coloca o aluno na posição de espectador correspondia um método de ensino que valorizava a palavra do professor e não a atuação

dos alunos. O reconhecimento da atividade do aluno como propulsora da aprendizagem trouxe, nas chamadas pedagogias novas uma inversão de papéis e uma radical mudança de métodos. Ora, cada uma reflete uma diferente concepção do processo educativo, uma concepção e um projeto de homem e de sociedade, uma concepção e um projeto de escola, e tudo o mais. O método não é senão o resultado de cada concepção geral e se enquadra dentro de seu contexto. No nível mais concreto da sala de aula, os métodos estarão, portanto, vinculados a objetivos determinados, sejam eles os explicitados pelo professor, sejam eles a reprodução inconsciente de objetivos amplos colocados como tarefas atribuídas à escola pelos grupos socialmente hegemônicos.

Segundo Libâneo, os métodos também irão depender bastante das particularidades do ramo de conhecimento de que trata a disciplina escolar. De fato, cada área do conhecimento possui seus métodos próprios de interpretação e abordagem de seus objetos, que embora não se identifiquem com os métodos de ensino, neles irão influir. Em outras palavras, o método para se ensinar artes não pode coincidir, a não ser nos aspectos mais gerais, com o método para se ensinar física.

A forma como os conteúdos estão vinculados a objetivos, (e vice-versa) e os métodos vinculados tanto a objetivos quanto a conteúdos, também numa relação recíproca, mostra a importância de se procurar compatibilizar esses três elementos, dentro das condições específicas de ensino e de aprendizagem, em função de uma proposta geral para a educação escolar.

Dermeval Saviani se propõe a reinterpretar a questão dos métodos gerais de ensino em função de uma pedagogia que supere tanto o ponto de vista conservador da Pedagogia Tradicional quanto o ponto de vista liberal da Pedagogia Nova. Procura, com isso, um ponto de vista que rompa com as concepções burguesas de sociedade, que conferem à escola um papel de reclassificação social, servindo a diversos propósitos que, de uma forma ou de outra, procuram manter a estrutura das relações sociais e de produção ou adaptá-la ao desenvolvimento do capitalismo. Para esse autor,

*Uma pedagogia revolucionária centra-se, pois, na igualdade essencial entre os homens. Entende, porém, a igualdade em termos reais e não apenas formais. Busca, pois, converter-se, articulando-se com as forças emergentes da sociedade, em instrumento a serviço da instauração de uma sociedade igualitária. Para isso, a pedagogia revolucionária, longe de secundarizar os conhecimentos, descuidando de sua transmissão, considera a difusão de conteúdos, vivos e*

*atualizados, uma das tarefas primordiais do processo educativo em geral e da escola em particular.*

(Saviani, 1983:75)

Para isso, Saviani propõe a reformulação dos passos do processo didático que caracterizam o método geral da Pedagogia Tradicional e da Escola Nova, que resumimos no quadro a seguir (elaborado a partir de Saviani, 1983:79-82):

	Escola Tradicional	Escola Nova	Pedagogia Revolucionária
1º passo	preparação	atividade	prática social
2º passo	apresentação	problema	problematização
3º passo	assimilação	coleta de dados	instrumentalização
4º passo	generalização	hipótese	catarse
5º passo	aplicação	experimentação	prática social

Na pedagogia proposta por Saviani, o ponto de partida e o ponto de chegada é a prática social, num processo, que segundo ele, leva da síntese à síntese, ou seja de uma visão sincrética da realidade a uma visão reelaborada, através dos passos do processo de ensino.

Na Pedagogia Tradicional, o ensino centrado no professor tem como pressuposto os conteúdos pré-estabelecidos e a visão de que a seleção de conteúdos é neutra e que seu aprendizado ou não por parte dos alunos está vinculado às suas aptidões naturais.

Na Escola Nova, a proposta se baseia na criação de uma situação, tomada como natural e representativa da realidade, na qual os alunos, de novo supostamente de acordo com suas aptidões, e agora também de acordo com seus supostos interesses espontâneos irão se desenvolver. Tanto uma como outra, ao ignorar as condições concretas das relações sociais travadas pelos alunos, em função de sua classe social, serve ao propósito de manter e justificar essas relações.

A grande diferença da pedagogia proposta por Saviani é justamente partir de e chegar à prática social dos alunos e, com isso, estabelecer um ensino que não oculte as diferenças de origem, mas que as desvele e permita interpretar suas causas e seus caminhos de superação através do conhecimento. Não é preciso rediscutir aqui que esse processo tem limites dentro do sistema capitalista pela própria função nele destinada à escola. O que importa é mostrar que os métodos estão longe de ser simplesmente a

maneira eficaz ou a mais eficiente de se ensinar algo, mas que estão diretamente vinculados à direção que se pretende dar ao processo pedagógico como um todo.

### 1.5 As condições.

Conteúdos, métodos e objetivos se relacionam sob condições específicas de aprendizagem dos alunos, de suas disposições e expectativas em relação à escola, de suas condições sócio-culturais e materiais. Dependem também dos recursos disponíveis nas escola, das condições de trabalho de professores e demais funcionários ligados ao sistema escolar, da distribuição do tempo e do espaço escolares, etc. Libâneo resume isso da seguinte forma:

*Tais condições, sumamente importantes na medida em que são irrepetíveis, são aquelas que o professor encontra e que devem potencializar ou transformar (por ex. o plano pedagógico-político da escola, a organização escolar, os meios de ensino, as forças sociais da escola, as condições sócio culturais e individuais dos alunos etc.) e aquelas que cabe ao professor e ao coletivo de professores transformar e "criar" (produzir) (por ex., o nível de desenvolvimento dos alunos, o interesse de aprender por parte dos alunos, a disciplina, relações professor-aluno etc.).*

(Libâneo, 1990:417)

Levar em conta essas condições é fundamental, uma vez que elas irão determinar em grande parte o que é possível e o que é viável. Mas mais fundamental ainda é ter claro que as condições, sejam elas quais forem, não podem ser consideradas simplesmente como resultado de uma fatalidade ou de uma razão circunstancial qualquer. Desde as dificuldades de aprendizado de um grupo de alunos até a precariedade de uma instalação escolar, todas as condições podem e devem ser entendidas sob um ponto de vista que as inclua em causas mais amplas.

Vejamos alguns exemplos que colhemos como condições desfavoráveis e limitadoras do processo de ensino-aprendizagem: "Os alunos chegam ao 2º grau sem sequer saber somar frações". Certamente trata-se de uma condição limitadora uma vez que impõe uma série de restrições ao professor de física que vai ensinar determinado tópico que depende de soma de frações. "O professor de física só dispõe de 2 aulas

semanais de 40 minutos". Também é um limite concreto que pode inviabilizar o cumprimento de um programa.

Certamente, condições deste tipo terão influência significativa na escolha de objetivos, conteúdos e métodos. Um professor que possui apenas duas aulas por semana pode se sentir desestimulado a trabalhar com atividades experimentais, por exemplo, enquanto outro que possui alunos que não sabe somar frações pode desistir de falar sobre a equação das lentes esféricas.

Soluções deste tipo respondem de forma imediata à constatação das condições impostas sem um questionamento mais amplo a respeito das causas dessas situações e das maneiras de contorná-las de acordo com os objetivos educacionais amplos que se estabeleceu. Não estariam as condições precárias das escolas respondendo justamente ao papel que se destina à ela na estrutura social vigente? Ou seja, as condições não são consequência mais ou menos direta do projeto de escola proposto pelos grupos hegemônicos?

Aceitar condições desfavoráveis como representativas de uma situação dada e inalterável significa portanto aceitar o projeto de escola (e de sociedade) que produz essas condições. Ela devem, isso sim, ser levadas em conta como ponto de partida para sua própria transformação. Assim, quando nos indagamos sobre que física ensinar no 2º grau, é preciso ter consciência das condições desfavoráveis, mas sem aceitá-las como dado.

## 2. As propostas de ensino de física e seus objetivos, conteúdos e métodos.

### 2.1 Os objetivos do ensino da física e os projetos de escola.

Da mesma forma que é difícil situar uma determinada escola em um dos "tipos" que apresentamos nos itens anteriores, seria bastante impreciso querer associar diretamente as propostas de ensino de física que analisamos no capítulo I a um ou outro projeto de escola.

Mas é possível identificar alguns aspectos importantes em cada uma delas que nos dão indicações das possíveis compatibilidades que elas podem possuir com um ou outro modelo de escola, e até de intenções ou visões dos elaboradores das propostas em relação aos modelos de escola que de alguma forma tinham em mente e, a partir deles, dos objetivos do ensino da física que estão implícitos em cada proposta.

#### *O Ramalho*

O Ramalho, por exemplo, parece se prestar bastante bem a uma escola mais tradicional, mais elitista, sobretudo por sua característica de livro enciclopédico, que "tem tudo". O prefácio do livro também dá a entender que se trata de uma obra destinada a um público selecionado:

*O livro é destinado aos estudantes que, em suas futuras carreiras e em sua formação profissional irão precisar da Física e àqueles que deverão enfrentar os exames vestibulares ao fim de seu curso de 2º grau.*

(Ramalho, 1-1993:3)

Mas isso não impede que ele seja usado em qualquer tipo de escola, afinal. E a possibilidade de que um aluno de escola pública tenha, a princípio, acesso ao mesmo conhecimento de física que um aluno de uma escola particular das mais caras nos leva a uma configuração de "escola única". Essas duas interpretações não são incompatíveis, uma vez que o Ramalho atende a determinadas expectativas para a formação dos alunos da escola de elite, sobretudo aquelas de preparo para o exame de ingresso no nível superior, mas ao mesmo tempo, pelo menos em tese, se aplica a qualquer clientela, embora na prática tenha efeitos diferentes em uma ou outra.

A partir da década de 70, enquanto nas escolas de classe média foi se desenvolvendo uma espécie de “física de cursinho”, inspirada nos cursos pré-vestibulares, para atender aos anseios pelo ensino superior, o que ocorreu na escola pública e demais escolas destinadas às classes populares foi uma tentativa de adaptar os conteúdos dessa física à “realidade” de seus alunos. O mercado editorial passou a oferecer, a partir do modelo representado pelo Ramalho, livros didáticos de profundidade variada conforme a clientela. É curioso comparar a seqüência de conteúdo presente nos livros didáticos com o que é desenvolvido normalmente em uma escola estadual de 2º grau. O volume único do "Bonjorno", por exemplo, traz os seguintes conteúdos:

**PARTE A - MECÂNICA**

*Unidade I - Introdução*

*Unidade II - Cinemática*

*Capítulo 1 - Cinemática Escalar*

*Capítulo 2 - Cinemática Vetorial*

*Capítulo 3 - Movimento Circular*

*Unidade III - Dinâmica*

*Capítulo 1 - Princípios Fundamentais*

*Capítulo 2 - Forças no Movimento Circular*

*Capítulo 3 - Gravitação Universal*

*Capítulo 4 - Energia*

*Capítulo 5 - Conservação da Quantidade de Movimento*

*Unidade IV - Estática*

*Capítulo 1 - Equilíbrio de um Ponto Material*

*Capítulo 2 - Equilíbrio de um Corpo Extenso*

*Unidade V - Hidrostática*

*Capítulo 1 - Pressão*

*Capítulo 2 - Empuxo*

**PARTE B - TERMOLOGIA**

*Unidade VI - Termometria*

*Unidade VII - Dilatação Térmica*

*Unidade VIII - Calorimetria*

*Unidade IX - Estudo dos Gases*

*Unidade X - Termodinâmica*

**PARTE C - ÓPTICA GEOMÉTRICA**

*Unidade XI - Princípios Fundamentais*

*Unidade XII - Reflexão da Luz*

*Unidade XIII - Refração da Luz*

**PARTE D - ONDULATÓRIA**

*Unidade XIV - Ondas*

*Unidade XV - Acústica*

**PARTE E - ELETRICIDADE**

*Unidade XVI - Eletrostática*

*Capítulo 1 - Primeiros Conceitos*

*Capítulo 2 - Força Elétrica*

*Capítulo 3 - Campo Elétrico*

*Capítulo 4 - Trabalho e Potencial Elétrico*

*Capítulo 5 - Capacidade de um Condutor*

*Capítulo 6 - Capacitores*  
*Unidade XVII - Eletrodinâmica*  
*Capítulo 1 - Corrente Elétrica*  
*Capítulo 2 - Estudo dos Resistores*  
*Capítulo 3 - Associação de resistores*  
*Capítulo 4 - Medidores Elétricos*  
*Capítulo 5 - Geradores e Receptores*  
*Capítulo 6 - Circuitos Elétricos*  
*Unidade XVIII - Eletromagnetismo*

(Bonjorno, 1993: 4-5)

Ou seja, aparentemente *todo* o conteúdo do Ramalho em um único volume de 496 páginas (um terço do Ramalho), mas com a omissão de detalhes e com menos exercícios. Um conteúdo ainda mais *compactado* do que o do Ramalho, respondendo ainda à estratégia das editoras de lançarem livros que parecem abordar tudo.

Além dessa simplificação dos livros pelas editoras, nas consideradas mais “fracas” (como nos cursos noturnos em geral) os próprios professores passaram a adotar suas próprias adaptações, procurando não “puxar muito” e permanecer nos conteúdos mais simples ao longo de todo o curso.

Em contraste com o programa proposto pelo Ramalho e pelo Bonjorno, sabemos que, normalmente, na 1ª série os professores desenvolvem apenas a cinemática escalar. Para o 2º ano, reserva-se as leis de Newton e a lei da conservação da energia enquanto no terceiro em geral opta-se entre a eletrostática e a eletrodinâmica, conteúdos do 3º volume do Ramalho. Por aí se percebe uma parcela ínfima do que é proposto no livro é dado ao longo dos três anos, no máximo um quarto dos tópicos propostos por Bonjorno (observe que os autores deste livro seguem a tendência de enfatizar fortemente a Mecânica e a Eletricidade em detrimento dos outros temas, coisa que os professores também fazem na prática).

Mas as simplificações vão mais além. Em primeiro lugar, porque nem a cinemática, nem as leis de Newton ou a conservação da energia são trabalhadas com a abrangência proposta nos livros-texto. Determinados tópicos não são desenvolvidos enquanto outros são abordados apenas superficialmente. Dentro de um determinado tópico o professor se sente obrigado a abandonar muitos detalhes e a evitar a maior parte dos problemas e exercícios simplesmente porque percebe que seus alunos parecem ser incapazes de compreendê-los. O *guia do mestre* da coleção do Ramalho até indica explicitamente em que pontos o professor pode omitir exercícios e capítulos bem como

quais capítulos podem ser tratados de forma simplificada. Ao perceber isso é que as editoras procuram lançar obras que não trazem tópicos e exercícios mais complicados.

Portanto, temos um fenômeno semelhante ao observado por Carnoy e Levin: a expectativa do professor em relação à origem social do estudante o leva a adaptações que acentuam ainda mais este caráter. Se o professor duvida das condições do estudante incorporar integralmente o conteúdo, ele dará uma ênfase maior ainda no "fazer", entendido aqui como resolução de exercícios, simplificando e padronizando ao máximo as questões colocadas de forma que os alunos possam seguir um algoritmo pré-determinado sem maiores dificuldades. Em termos práticos isso significa para o professor um resultado conveniente em termos de avaliação, porque basta elaborar um teste com questões praticamente idênticas e aplicar aos estudantes, que será obtido um alta porcentagem de notas boas. O pragmatismo do professor, nesse caso, se coloca em função das suas expectativas de classe em relação aos alunos. Se "não adianta" tentar "aprofundar a matéria" o professor adapta os conteúdos à "realidade dos alunos".

Mais grave do que isso porém, é o engodo que essa "física de cursinho" acaba por representar para esses alunos. Isso porque ela exige:

- uma dedicação em termos de tempo de estudo e treino que os alunos não podem cumprir.
- um tempo de aula de que o professor não dispõe. E boa parte desse tempo é perdido na revisão matemática.
- o *livro didático* para o aluno, com muitos exercícios para que o aluno possa treinar em casa.

Ela só tem algum efeito se cumprida em todas as suas etapas e sob essas condições. Ora, nem uma coisa nem outra estão dadas. Essas condições exigidas pela "física de cursinho" são conseqüências diretas da estrutura social, que não podem ser mudadas pelo professor ou pelos livros. O aluno que trabalha não tem tempo para estudar em casa, estuda em cursos noturnos onde a carga horária é menor e em condições de cansaço físico e mental, e não tem dinheiro para comprar o livro. E, nessas condições, não há como evitar as simplificações. Mas se em suas condições originais esse ensino só serve para o treinamento para o vestibular, e se agora nem a isso ele atende, então, para que ele serve?

A "física de cursinho" se converte então, mais do que nunca, em algo que possui um fim em si mesmo. A função do professor é ensinar os alunos como usar uma

formulinha e chegar no resultado. E a do aluno, em usar a tal formulinha e chegar ao tal resultado no dia certo, ou seja, no dia da prova. E é só.

Essa "física de cursinho" representada pelo Ramalho e seus derivados, possui portanto duas versões: a dos "ricos" das escolas de elite para quem a "física de cursinho" representa uma porta de acesso ao ensino superior, e a dos "pobres" das demais escolas, para os quais, além de não servir como acesso a nada a "física de cursinho" representa uma negação do acesso ao conhecimento científico mais básico.

### O FAI

A elaboração de projetos brasileiros no início da década de 70 parece estar ligada a tentativas de ao mesmo tempo renovar o ensino da física e torná-lo acessível a um grande contingente de estudantes, coisa que não foi possível, por exemplo, com o PSSC. Utilizando-se de estratégias distintas, tanto o FAI quanto o PEF parecem querer *atingir* os alunos e não apenas aqueles que freqüentavam as chamadas "melhores escolas".

A opção do FAI parece ter sido a de possibilitar o aprendizado da física mais "tradicional" nas mais diversas condições. O esquema auto-instrutivo, além de seguir o ritmo "natural" de cada aluno, viabilizaria o aprendizado mesmo que o professor não tivesse uma formação adequada.

Mas há dois pontos que no FAI que nos levam a concluir que, da mesma forma que no Ramalho, o FAI proporciona dois "ensinos diferentes". Em primeiro lugar, com a proposta auto-instrutiva, nem todos os alunos chegavam a cumprir todo o programa. E o que fazer com os que não conseguiam? O eles eventualmente deixaram de estudar não é relevante? Não é difícil prever que será o aluno que possui o livro, tem tempo de estudo em casa, tem maior carga horária na escola e conta com um professor capaz de auxiliar nas dúvidas que surjam no decorrer do caminho é que terá melhor proveito, em termos de aprendizado. Quanto a esse ponto, realmente, nem o FAI nem qualquer outro projeto tem controle direto.

Mas o que é mais importante é que, diante desse quadro o FAI não se pergunta para que irá servir este tipo de aprendizado. Qual é a profundidade do conhecimento a que se consegue chegar? Fica apenas no *definir*, *caracterizar* e *descrever* ou consegue atingir no nível de resolução dos problemas? Dentro da abordagem que o FAI apresenta, que *utilidade* teria, na formação de um estudante, ficar apenas no nível de *definir*, *caracterizar* e *descrever*?

O problema é que, como no Ramalho, ou se aprende *tudo*, e com *toda* a profundidade que a proposta encerra e aí, em tese, se está apto, por exemplo, a prestar um vestibular, ou o que se aprendeu não serve para muita coisa, por que é um saber que acaba em si mesmo, não tem a preocupação de proporcionar ao aluno uma compreensão maior das coisas, mas apenas de *definir, caracterizar e resolver exercícios*.

É interessante notar que as práticas implícitas no conteúdo proposto por essa "física tradicional" presente, de formas pouco diferentes, tanto no FAI quanto no Ramalho, induzem a que Carnoy e Levin chamaram de um *padrão externo de incorporação do conhecimento* em detrimento de um padrão interno. Isso ocorre quando se estabelece o modo de fazer ou de resolver um determinado tipo de exercícios que não se preocupam com a análise física da situação ou com a comparação dos resultados numéricos com aquilo que se esperava fisicamente, enfatizando-se o procedimento e esquecendo-se as razões desse procedimento. Esse tipo de ensino transmite a idéia de que o que importa é fazer o exercício da forma correta, sem importar-se necessariamente com as razões que o envolve. Além da ênfase exagerada em questões numéricas em detrimento das questões conceituais, há o fato de que as questões conceituais são, em geral, fechadas, permitindo uma resposta específica e simples.

A expectativa do professor em relação ao aluno, quando é colocada em termos do resultado, puro e simples, reforça ou condiciona o aluno a esse tipo de relação com o conhecimento. É claro que essa maneira de lidar com o conteúdo não foi criada pelo professor, mas provém de uma visão estabelecida pelo próprio livro didático, que enfatiza a resolução dos problemas e a obtenção de um resultado numérico sem discutir as razões que leva àquele resultado.

Se somarmos esses fatos às condições diferenciadas que encontramos nas escolas destinadas às elites e aos "pobres", vemos que também o FAI acaba por negar um conhecimento físico relevante a esses últimos já que, como dissemos, a escola para eles é um dos poucos meios de acesso a esse conhecimento.

### **O PEF**

A estratégia do PEF vai em uma outra direção. Parte, inicialmente, de um dimensionamento da proposta em função das condições encontradas na escola pública. Restringe o conteúdo àquilo que se considera básico (Mecânica e Eletricidade), como forma de garantir que ao menos essas duas áreas da física sejam desenvolvidas e procura dar ao conteúdo um caráter diferente da física tradicional, tentando incluir elementos que

pudessem servir para uma formação científica geral mesmo para aqueles aluno que não fossem prosseguir seus estudos em nível superior:

*(...) O objetivo principal foi o de criar um curso adequado especificamente às condições atuais da escola média brasileira.*

*O PEF destina-se aos alunos do curso médio, ou seja, alunos que em geral, não mais estudarão Física, vencido esse nível. Julgamos assim importante proporcionar ao aluno um contato com assuntos que, com toda probabilidade, não mais serão abordados em sua formação subsequente. Dessa maneira, procuramos levar o aluno a conhecer o método científico através do estudo de alguns fenômenos e conceitos específicos da Física; e chegar também aos aspectos contemporâneos dessa ciência.*

(PEF, 1-1984: folheto introdutório)

Nesse sentido, podemos dizer que o PEF foi além do FAI na tentativa de proporcionar um ensino de física que servisse a um número maior de alunos. É claro que, da mesma forma que ocorreria a qualquer projeto, as condições das escolas de elite e de seus alunos serão melhores e portanto, o material do PEF poderia ser melhor aproveitado nessas circunstâncias. Porém, mesmo nas condições mais precárias das escolas populares, o PEF proporcionaria um ensino relevante, ao abandonar o "tradicionalismo" e a "física dos exercícios" em direção de um ensino que pudesse levar os alunos a terem contato com a ciência. Também, nessas mesmas condições, aumenta as chances de se cumprir os assuntos mais relevantes, inclusive as leituras suplementares, ao promover uma seleção prévia de conteúdos, evitando a seleção tradicional do "começo do livro".

Porém, o tipo de conteúdo que observamos no PEF nos leva a perguntar: para quê? Qual é a intenção de se ensinar essas coisas? Somente esse questionamento nos dará respostas sobre os critérios de escolha que foram usados. Entretanto, achamos que não é exatamente essa a questão que permeia o PEF, mas algo como "o que é ensinar física direito?". Dizemos isso porque, ao estabelecer como "clientela" alunos que em geral não estudarão mais física, em nenhum momento o PEF parece se preocupar em dizer *para que* é essa física que se vai ensinar.

Ao tentar estabelecer a ligação entre "guia do multimetro", "domínios magnéticos" e outras coisas que o PEF traz de diferente, chegamos à conclusão de que o que determina essa escolha é mais uma questão do tipo "o que é física, afinal?" do que uma como "para quê queremos ensinar física?".

Isso porque se observarmos o conteúdo tradicional de física veremos muita preocupação com os probleminhas, nomenclaturas e fórmulas e pouca coisa que lembre laboratórios, teorias científicas, novas descobertas e assim por diante. E física para o PEF, não são os probleminhas, mas os experimentos, os fenômenos, as leis. O conteúdo e o método do PEF se coloca em função de passar a física como ciência, tal como ela é, ou como seus autores pensavam que seja. Por isso é de suma importância a questão dos métodos experimentais, o que envolve gráficos, medidas e instrumentos de medida, bem como as leis e modelos que dão suporte às explicações dos fenômenos.

Está claro portanto, que se o PEF não concorda com a "física convencional" de sua época, é mais por uma visão de que aquilo que se ensina não é a física "correta" do que por causa de uma consideração de que aquela física não atenda às necessidades dos alunos.

Em resumo, por vias bem diversas, caímos no mesmo problema do FAI: não se tem claro o "para quê". O ponto em comum entre esses dois projetos tão diferentes é que ambos consideram a física como uma coisa dada. O FAI, repetindo o conteúdo da *física como disciplina escolar*, dado pela tradição. O PEF, se guiando pela *física como Ciência*, dada pela visão dos professores/cientistas que elaboraram o projeto.

Talvez o PEF tenha errado na escolha do que é realmente relevante em uma formação científica geral, e tenha colocado seus objetivos em riscos ao elaborar um projeto que exigia materiais experimentais específicos para sua execução. Não é difícil imaginar conteúdos mais relevantes dentro do tema "medidas de tempo" do que a calibração do relógio de areia proposta no capítulo 2 de Mecânica. No próprio texto há temas interessantes pouco explorados. Mas optou-se por centralizar o trabalho e a discussão na calibração de um instrumento, que fora as dificuldades de se manipular o material (e às vezes de obtê-lo), ainda exigia um consumo de tempo considerável na tomada de medidas, na construção dos gráficos de calibração e depois em seu uso para medidas de tempo.

Assim, parece que o PEF "errou a mão" ao valorizar excessivamente, em todo o curso, a tomada e análise de dados ou, de forma mais geral, o que ele chama de "método científico", que contraditoriamente ao espírito de formação geral, encaminha para o

aprofundamento na formação de habilidades específicas de um curso introdutório de física universitário.

### *O PSSC*

Não há dúvida que o objetivo do PSSC não é proporcionar formação geral em ciência para um grande contingente. Ao contrário, a impressão que causa é que se trata um projeto para "escolhidos", para alunos que irão integrar uma certa "elite científica". Não é de se espantar que o projeto não tenha "emplacado" no Brasil, apesar das tentativas individuais e dos investimentos governamentais. Por um lado, um projeto que não tem como instituir-se na grande maioria das escolas, simplesmente porque é difícil demais até para os professores. Por outro, porque não encontra ressonância na tradição de formação das escolas de elite brasileiras, interessadas sempre em um ensino mais para o "erudito" do que para o "científico", mesmo em se tratando das próprias disciplinas científicas.

Por isso, o PSSC deixou como legado apenas as referências indiretas a ele, presentes nos livros tipo Ramalho, que trataram de adaptar os exemplos do projeto à física "tradicional" e alguns *kits* experimentais incompletos e em geral, nunca usados, nas escolas públicas mais antigas.

Infelizmente, muita coisa interessante que existe no projeto e que poderia ser adaptada para um ensino de física de formação mais abrangente, não foi aproveitada. O PEF, que procurou adaptar vários desses elementos, também acabou recaindo em um ensino voltado um pouco demais para a formação do "físico", e o que se encontra nos livros didáticos atuais descaracteriza totalmente o espírito original.

### *O GREF*

O projeto GREF surge na década de 80 com o objetivo explícito de proporcionar a formação científica básica para os alunos da rede pública de ensino:

*(...) as idéias aqui expressas foram desenvolvidas e experimentadas nas condições regulares (portanto adversas...) da rede oficial de ensino no Estado de S. Paulo.*

*As metas eram e ainda são, por um lado, tornar significativo esse aprendizado científico mesmo para os alunos cujo futuro profissional não dependa diretamente da Física; por outro lado, dar a todos os alunos condições de*

*acesso a uma compreensão conceitual e formal consistente, essencial para a sua cultura e para uma possível carreira universitária.*

(GREF, 1-1990:15)

Assim, o GREF estaria mais próximo de um modelo de escola progressista, que tenta, dentro do capitalismo, desenvolver um ensino que seja voltado às classes populares. Para isso, a estratégia do projeto possui alguns elementos que a distinguem significativamente das outras:

- O objetivo de formação do professor em serviço: ao invés de elaborar, como o FAI um projeto que a princípio pudesse ser independentes do professor, adaptando-se às suas eventuais condições de formação precárias, o GREF prefere apostar na possibilidade de transformar essas condições através de uma recapacitação do professor que fosse na direção desejada.
- Propor atividades com materiais facilmente disponíveis e de conhecimento dos alunos de uma escola pública, ao invés de *kits* experimentais, incorporando ao mesmo tempo a idéia de partir do universo vivencial do estudante e a meta de viabilizar a aplicação da proposta em quaisquer condições concretas.
- Desenvolver o conteúdo objetivando a compreensão das coisas que cercam o estudante, partindo de sua investigação para a apresentação dos elementos teóricos, e voltando a elas após a formalização das leis, conceitos, etc.

Dentro dessa estratégia, porém, há alguns pontos que precisam ser melhor articulados para que o projeto pudesse se viabilizar como alternativa à "física tradicional".

Embora possua ênfases claras, o conteúdo extenso do GREF ainda abre a possibilidade de que a seleção do conteúdo a ser trabalhado em aula siga o conhecido critério do "começo do livro". Em alguns momentos, faltou ousadia para romper em definitivo com a "física tradicional" e abordagens que poderiam ser tranquilamente abandonadas estão incluídas, como alguns detalhamentos conceituais e matemáticos que só interessariam em cursos de nível superior.

A atual elaboração de um livro para o aluno pode vir a cobrir essas deficiências, além de resolver o problema da falta de um material que, a exemplo dos outros projetos, possa ser empregado diretamente em sala de aula.

## 2.2 Os conteúdos de ensino e suas abordagens.

Vamos partir da definição de Libâneo para os conteúdos de ensino e procurar interpretá-la, em cada um de seus elementos, ao caso específico do ensino de física. Exploraremos um pouco mais as conseqüências dessa definição, relacionando-as com as questões da produção social e da aquisição individual dos conhecimentos e com a definição dos objetivos do ensino de física.

### a) *Conhecimentos sistematizados*

Os conhecimentos sistematizados são compostos, de acordo com Libâneo (1990:450), de *conceitos e termos fundamentais das ciências; leis fundamentais que explicam as propriedades e as relações entre objetos e fenômenos da realidade; métodos de estudo da ciência e história de sua produção* e os *problemas existentes no âmbito da prática social conexos com a matéria*. Passemos a interpretar cada um desses elementos de acordo com o conhecimento sistematizado da física, como disciplina escolar.

#### *Conceitos e termos fundamentais das ciências.*

Como *conceitos e termos fundamentais das ciências* entendemos, no âmbito da física, as nomenclaturas e convenções, as definições da física e os conceitos que elas envolvem. Podemos exemplificar, com definições e conceitos usuais como velocidade média ou corrente elétrica. Eles envolvem uma *nomenclatura formal* estabelecida pela física, de forma que não podemos usar *força* como sinônimo de *velocidade* nem *energia elétrica* como sinônimo de *corrente elétrica*, sendo que cada uma desses termos se refere a uma definição formal de uma grandeza física. Mais do que isso, envolvem também uma conceituação, que é a base que permite as definições consistentes e a formulação de novas definições e de leis a partir delas.

Deve-se notar que há um razoável grau de arbitrariedade nos termos ou nas nomenclaturas. A palavra *peso* poderia muito bem ser usada no lugar da palavra *massa* e vice-versa. Tratam-se, portanto, de convenções. No entanto, pelas mais variadas razões tanto as convenções representadas pelas nomenclaturas como as outras muitas convenções existentes na física, perduraram e se universalizaram, tornando-se parte de uma certa "cultura" dessa ciência. Não raro, por trás desses nomes e convenções aparentemente arbitrários encontram-se uma história riquíssima e pouco explorada.

Menor arbitrariedade está presente nos conceitos. Independente dos nomes dados a *massa* e *peso*, o fato é que se pode formular tais conceitos, distingui-los perfeitamente e

relacioná-los à luz de determinadas teorias físicas. Por trás dessa possibilidade estão os conceitos físicos subjacentes a cada um desses termos.

As definições, sejam elas qualitativas ou quantitativas, situam-se em um nível intermediário entre as convenções e os conceitos. Há um razoável grau de arbitrariedade presente em uma definição, uma vez que um termo pode ser definido de diversas maneiras a partir de outros. Assim, podemos definir *impulso* como a *variação da quantidade de movimento* ou como a *integração da força resultante no tempo*. Embora essas duas definições sejam matematicamente equivalentes, em virtude de uma determinada lei física, conceitualmente elas são bem distintas.

Manoel Robilotta (Robilotta, 1985:II-5 a II-7) exemplifica a relação entre definição e conceito através do exemplo do campo elétrico. Formalmente, o campo elétrico de uma carga 1 é definido como a razão entre a força que ela provoca em uma carga 2 e o valor dessa carga 2 ( $\vec{E}_1 = \vec{F}_2 / q_2$ ). Porém, pode-se associar a essa definição uma certa "visão de mundo", que atribui ao campo elétrico uma "imagem", que Robilotta caracteriza como "algo sutil, semimaterial, tênue que existe em volta da carga" (II-6) e que representa a capacidade de uma carga de "dotar os pontos do espaço com uma propriedade latente" (II-5), que estaria associada à interação elétrica.

E logo em seguida se pergunta: será que tudo isso é verdade? Ou seria uma interpretação forçada do formalismo matemático? E é justamente aí que entra a questão interessante. De fato, Robilotta reconhece que não se pode dizer que sejam ou não verdade essas interpretações. O que se pode dizer é que elas são compatíveis com o formalismo e que são úteis para se pensar sobre essas coisas.

*Conceber o campo elétrico como uma aura indissociável da carga pode levar-nos a muitas perguntas interessantes. Por exemplo, o que acontece quando damos um puxão bem forte numa partícula carregada? Será que a carga se move e a aura de campo fica para trás? Ou a aura acompanha a carga? O que significa uma aura deformada? Porque a carga acelerada irradia? Qual a relação entre o campo e o espaço? O campo elétrico pode ser modificado pela presença de um campo gravitacional? O campo de uma carga pode modificar o campo da outra?*

(Robilotta, 1985: II-7)

Como se vê ganha-se muito com as imagens físicas dos conceitos. Ganha-se, sobretudo, na possibilidade de questionamentos, de aprofundamento do conhecimento

implícito no formalismo e na possibilidade de estabelecer novas relações. É o caso de se pensar: não é isso o que se quer? O que se espera do ensino de física? Se é apenas para resolver probleminhas, está claro que essas coisas são desnecessárias e o Ramalho tem razão em dispensá-las. Mas e nós? O que queremos?

O fato é que as nomenclaturas e convenções, as definições e os conceitos são elementos fundamentais do *conteúdo* de física e como tais, devem ser explorados em suas possibilidades e em suas relações. No entanto, percebemos que muitas propostas deixam de lado esses aspectos, tratando conceitos e definições da mesma forma que os termos e nomenclaturas.

O texto do Ramalho, por exemplo, apresenta o conteúdo como uma seqüência interminável de definições puramente formais, sem buscar os significados subjacentes a elas. Dessa forma, a "sua" física parece um conhecimento absolutamente arbitrário tornando difícil para o leitor vislumbrar conseqüências reais para o que está sendo exposto. O FAI segue um caminho bastante semelhante, tratando os conceitos como definições. A diferença básica para com o Ramalho é a *forma* como isso é feito, pois enquanto o Ramalho apenas expõe sucintamente as definições e o FAI o faz em passos curtos, sempre fornecendo ao leitor um momento para verificar se entendeu o que a definição diz.

O PEF, o PSSC e o GREF por sua vez, dão um outro tratamento à questão. Os conceitos físicos que consideram importantes são discutidos em seus diversos aspectos, com exemplos práticos e contraste com idéias intuitivas. Ao discutirem *quantidade de movimento*, os três projetos, cada um a seu modo, argumentam para o leitor, procurando demonstrar que é razoável a definição *massa*  $\times$  *velocidade*, o nome *quantidade de movimento* e eventualmente discutem o porquê desse nome e ou dão exemplos que o justifique.

Mas há outros aspectos que também poderiam ser explorados nesse trabalho com os conceitos físicos. Trata-se sobretudo da maneira como os conceitos se ligam à prática social das pessoas de uma forma mais ampla.

Um mecânico de automóveis, por exemplo, lida com questões físicas complexas em seu dia a dia. Utiliza aparelhos medidores de pressão, velocidades, correntes e tensões

elétricas entre outros. Seus conceitos intuitivos ou espontâneos, apesar de não estarem estritamente de acordo com o que a física estabelece, são capazes de dar conta dos problemas concretos que sua prática coloca.

O que queremos dizer é que um conceito espontâneo desse tipo tem um contexto onde foi gerado e ao qual se aplica, sendo capaz de responder às demandas deste contexto. Algo semelhante ocorre com o conhecimento científico "puro". O conceito newtoniano de força é extremamente útil para resolver os problemas de um engenheiro civil, mas não os de um físico de partículas elementares. Por outro lado, o conceito quântico de função de onda é inútil ao engenheiro, embora *a princípio* se aplique às interações existentes num edifício.

Portanto, os conceitos físicos precisam ser contextualizados, dentro dos critérios de respeito ao conhecimento histórico, científico e técnico. Um conceito sem contexto é uma abstração inútil, uma definição sem sentido. O contexto dá sentido ao conceito.

Devemos observar, entretanto, que esse contexto não precisa se referir necessariamente a uma prática social concreta específica, como o trabalho de um mecânico de automóveis ou um engenheiro civil. A busca de compreensão do mundo pelo homem também faz parte de sua prática social, e dentro dela, muitas vezes o contexto no qual um conceito irá se inserir poderá ser até bastante abstrato.

O que é importante é que esse contexto realmente exista para o aluno. Ou seja, não pode ser um contexto que esteja somente na mente do professor ou do elaborador do livro didático. Tem que ser constituído de problemas relevantes colocados pela prática social ou que, colocados pelo professor ou pelo livro, consigam inserir-se de forma relevante nessa prática social.

*Leis fundamentais que explicam as propriedades e as relações entre objetos e fenômenos da realidade.*

Interpretamos como *leis fundamentais que explicam as propriedades e as relações entre objetos e fenômenos da realidade* no escopo da física desde o corpo mais abrangente das teorias físicas até os modelos mais ou menos simplificados criados para a abordagem de determinada classe de fenômenos ou situações físicas, englobando, nesse caminho, as chamadas leis físicas fundamentais.

---

<sup>8</sup> Estamos entendendo aqui como "conceito espontâneo ou intuitivo" aquele conhecimento conceitual que um indivíduo constroi em sua prática social, e que faz parte do que Snyders (1984) chama de *cultura primeira*.

Dessa forma, entendemos teorias como a *Mecânica Clássica* e a *Termodinâmica*, leis como *Lei da Conservação da Energia* e a *Lei de Faraday* e modelos como o *modelo atômico de Böhr* e o *modelo cinético-molecular da matéria* como estruturas globais a partir das quais o conhecimento da física da conta de *explicar as propriedades e as relações entre objetos e fenômenos da realidade*.

Quando enfatizamos as leis e as teorias, estamos optando por uma abordagem talvez menos extensiva e detalhada, mas por outro lado, por um conhecimento mais abrangente e poderoso. E dificilmente podemos ter as duas coisas ao mesmo tempo: o excesso de detalhes tira a atenção do que é mais importante. Uma grande lista de conceitos e definições não é compatível com a idéia de uma ciência que consegue apreender seu objeto a partir de poucas e poderosas leis.

Em geral, os textos didáticos de física definem e apresentam inúmeros conceitos em seqüência, sem permitir ao aluno perceber uma estrutura geral subjacente, os poucos princípios que dão origem a esses conceitos e os tornam úteis.

Sônia Salém, em sua dissertação de mestrado, discute o problema da fragmentação do conhecimento que hoje existe na escola, não só na área da física, mas em todas as disciplinas, tanto no nível de 1º e 2º graus como na Universidade:

*No interior de uma disciplina, ou de uma teoria particular, a fragmentação aparece claramente quando analisamos livros didáticos ou apostilas em geral adotados nos cursos. (...) Sua organização é linear e construtiva: os conceitos são introduzidos parte por parte, seriadamente, em geral dos mais específicos e elementares aos mais gerais e complexos. Esse tipo de organização seriada assemelha-se a um empilhamento de conceitos, e é tal que muitas de suas inter-relações ficam omitidas e o resultado final nem sempre parece ter alguma unidade que o caracteriza como um todo.*

(Salém, 1986:19)

A fragmentação do conhecimento não permite a apreensão da realidade a que a teoria se refere, pois trabalha apenas com dados isolados e com precárias relações lineares entre eles. A teoria perde assim, sua capacidade de lidar com a realidade.

Um exemplo típico é o ensino de Mecânica no 2º grau. O aluno começa estudando conceitos como ponto material, trajetória e posição numa trajetória e referencial. Depois parte para o estudo da definição de velocidade média e velocidade

instantânea. Quando atinge o tópico de movimento uniforme, lá pelo fim do primeiro bimestre, o que possui é apenas um acúmulo de definições que apesar de aparentemente estarem bem relacionadas (um conceito é definido em função de outro), não dão conta de nenhum fato ou fenômeno relevante que o aluno conheça.

Procurar enfatizar o conhecimento dessas estruturas gerais e mostrar como elas se aplicam ao objeto de estudo nem sempre é um ponto priorizado. Verificamos porém que alguns projetos, sobretudo o PSSC e o GREF, de formas diferentes, tiveram essa preocupação.

Aparentemente, pode parecer que o conhecimento dos conceitos físicos em si dá conta deste aspecto. Mas, na verdade, temos aqui uma perspectiva mais ampla do que os conceitos, tomados isoladamente, podem abordar. A preocupação de estar entendendo os objetos, suas propriedades e suas relações a partir de princípios ou leis gerais é diferente de se estar explorando determinados conceitos com profundidade.

Esse exame da realidade a partir das leis e princípios, pode partir de totalidades ou contextos diversos. No caso do PSSC, o contexto era o da intenção de formar um aluno com atitude "científica". Nesse caso, as leis são entendidas como a base que irá guiar o trabalho de investigação científica, dar conta dos problemas que ela coloca. No GREF, as teorias e os modelos vêm como instrumentos de compreensão de fenômenos e objetos da vida cotidiana. De qualquer forma, trata-se de centrar a atenção nos problemas que são colocados e nas idéias mais gerais que permitem entendê-los e resolvê-los e não simplesmente em buscar mais e mais exemplos elucidadores de um determinado conceito.

As leis e princípios dizem respeito a questões mais abrangentes do que os conceitos e é preciso ter claro, em função dos objetivos, em que momento dar um peso maior às leis e em que momento centralizar a atenção sobre os conceitos. Às vezes se procura explorar com profundidade um conceito, como o de quantidade de movimento por exemplo, e acaba-se esquecendo de explorar as conseqüências dos princípios mais gerais do qual ele deriva, como a lei conservação da quantidade de movimento. O aluno aprende a diferenciar bem velocidade ou energia cinética de quantidade de movimento, mas não compreende o significado da conservação dessa grandeza. Mas essa grandeza é importante justamente em função de sua conservação! É para esse tipo de distorção que precisamos estar atentos.

Sob este ponto de vista ganham relevância tanto as leis e princípios mais gerais da física, uma vez que são eles que permitem a compreensão de uma gama ampla de

fenômenos quanto as teorias ou modelos que possuam uma inserção acentuada e relevante no mundo técnico e social.

Quanto às primeiras, além da óbvia e interessante ligação com os fundamentos básicos da Ciência e com a visão de mundo que eles fornecem, há também o fato de que elas permitem a inclusão em uma mesma classe de fenômenos, produtos tecnológicos e processos os mais diversos. O princípio da conservação da quantidade de movimento, por exemplo, une coisas aparentemente díspares como o voo de uma andorinha e o movimento de um petroleiro em uma única idéia geral. No caso das teorias, modelos e conceitos que embasam produtos e processos tecnológicos e fenômenos e objetos ligados à prática social, destacam-se aquelas que dão origem a uma grande variedade de aplicações.

#### *Métodos de estudo da ciência e história de sua produção.*

O *método de estudo* em física pode ser compreendido em vários níveis. Desde os procedimentos globais de formulação/refutação de teorias tão estudados atualmente pelos epistemólogos da ciência até os métodos matemáticos e experimentais com que a física lida com suas questões mais concretas e específicas. Entre esses dois extremos é possível identificar uma série de níveis que poderiam estar sendo considerados como "método de estudo" da ciência. Quanto à *história da produção do conhecimento científico* entendemos desde simples fatos que marcaram o desenvolvimento da física até o processo de desenvolvimento da ciência e suas teorias, tanto no que diz respeito aos seus aspectos internos, quanto em sua relação com o desenvolvimento histórico da sociedade.

Nesse sentido, os *métodos de estudo da física*, aparece de forma mais ou menos explícita em algum nível em todas as propostas. No Ramalho e no FAI a ênfase maior se localiza na resolução padronizada de problemas comuns na física desacompanhada, entretanto, de uma contextualização que permita ao leitor a compreensão da forma como esses métodos se inserem no processo de investigação da física.

A visão de "método científico" implícita geralmente nos livros atuais é, segundo Zanetic, uma visão de caráter *empirista ou indutivista*, isto é, uma visão que crê que a ciência se faz através de seqüências de observações controladas da natureza. Tais, observações que devem sempre ser de caráter o mais *objetivo* possível, são sistematizadas e dão origem às teorias, que vão formando o corpo de conhecimento da ciência. Zanetic detalha essas etapas nos seguintes passos:

- i. o cientista principia fazendo observações e experimentos que lhe forneçam informações controladas e precisas;*

- ii. *essas informações são registradas sistematicamente e eventualmente divulgadas;*
- iii. *outros cientistas trabalhando na mesma área acumulam mais dados;*
- iv. *com o acúmulo de dados é possível uma certa ordenação dessas informações, permitindo que o cientista formule hipóteses gerais por meio de enunciados ajustados aos fatos conhecidos;*
- v. *passa-se a seguir à fase de confirmação ou verificação dessas hipóteses, procurando-se novos experimentos que evidenciem suas afirmações;*
- vi. *se essa busca de confirmação é bem sucedida, o cientista chega a uma lei científica que passa a ser aplicada a casos semelhantes, buscando-se, dessa forma, ampliar seu campo de aplicação;*
- vii. *com esse alargamento de aplicação do conhecimento assim obtido, novas leis ligadas a fenômenos semelhantes vão permitir que se construa toda uma teoria.*

(Zanetic, 1989: 64)

Segundo Robilotta (1985, III-5), essa visão do processo de desenvolvimento da Ciência encerra três falhas principais:

*A lógica indutivista:* por maior que seja o número de observações de um determinado fato, sem a correspondente observação do seu contraditório, nada garante que em alguma observação futura o contraditório não seja observado. Robilotta menciona um exemplo dado por Popper: por mais cisnes brancos que alguém tenha visto, sem jamais ter observado um de outra cor, não se pode concluir *a partir disso* que *todos* os cisnes sejam brancos.

*A questão da observação objetiva:* o próprio Robilotta mostra, e muitos outros autores também mostraram, que a observação objetiva de fatos e fenômenos está longe de ser uma coisa definida. Segundo o autor,

*Os processos de observação dependem da cultura onde se dão a educação e a socialização dos indivíduos. No caso da física, as observações experimentais dependem também de teorias, que justificam o emprego de determinados aparelhos.*

(Robillota, 1985: III-6)

*O respaldo histórico:* o processo de indução não encontra suporte histórico quando se pesquisa a forma como historicamente a Ciência foi se desenvolvendo. São

inúmeros os exemplos da elaboração de teorias a partir de procedimento completamente diverso daquele proposto pelos indutivistas.

O PEF e o PSSC parecem ter mais sucesso, em relação aos livros atuais, em vincular os métodos da ciência ao conteúdo de conhecimento a que eles se referem. No PSSC, isso se dá pela ênfase que o projeto tem na formação de uma "atitude científica". Assim, conforme vai apresentando as leis e conceitos, este projeto vai abordando técnicas experimentais, formas de se lidar com um problema, construção de modelos e desenvolvimento de formalismos matemáticos. Podemos dizer que o trabalho do PSSC tem como pano de fundo o que poderíamos chamar de "método da física contemporânea". Na parte de quantidade de movimento, por exemplo, podemos observar muitas influências dos trabalhos experimentais em aceleradores de partículas (PSSC, 2-1974: 67-94).

Uma grande contribuição do PSSC é trazer para o conhecimento de física de 2º grau o caráter de ciência que certamente ele não tinha nos velhos compêndios e nem tem hoje no Ramalho e seus discípulos. Neste aspecto podemos dizer que o PEF herdou muito do PSSC, embora possamos identificar algumas diferenças significativas, como a ênfase experimental mais acentuada no PEF e a abordagem da física Contemporânea no PSSC.

Muitos livros, novos e velhos, dizem ensinar a física Contemporânea, mas, pelo menos no Brasil, nenhum se aproxima do PSSC. O PSSC tem "cheiro" de Instituto de física, dos laboratórios onde as coisas estão acontecendo. Isso pode parecer contraditório, uma vez que ele trata em boa parte da física clássica, de coisas do século XVII e até anteriores. Porém o que define a "contemporaneidade" do conteúdo de física não é exatamente sua idade, mas seu valor como base para a continuidade da construção do conhecimento científico.

Tomemos um exemplo concreto. Como hoje, na época do PSSC, grande parte da física se cria e se recria nos aceleradores de partículas, no estudo das colisões entre diversas categorias das chamadas *partículas elementares* (que nem sempre são tão elementares). Pois bem, abra-se o Ramalho, o FAI e mesmo o PEF, na parte de Mecânica. Lá está a Mecânica Newtoniana, que as partículas não obedecem, e as Leis de Conservação, que elas obedecem. Quem enxerga ali a física que se passa nos aceleradores? Um ou outro exemplo no PEF, talvez, mas não em geral.

No PSSC, a física moderna permeia tudo, porque tudo é considerado como instrumento para as questões dessa física. Na parte de Mecânica (parte 3), há duas coisas que perpassam todo o conteúdo: a gravidade e a colisão/interação de partículas. Essa Mecânica Clássica é tomada como base do estudo atual das interações entre partículas.

Prova disso é a parte 4, que trata da Eletricidade e da Física Atômica, totalmente construída sobre as bases da Parte 3. A Eletricidade no PSSC é sobretudo o restante da física dos aceleradores e das colisões que não foi tratado na Mecânica. E tudo desemboca na física do Átomo.

O PEF, por sua vez, tenta aprofundar os aspectos experimentais e desenvolver explicitamente técnicas e métodos ligados a eles. Porém, a forma como os experimentos são elaborados e propostos estão muito mais próximos de uma lógica didática do que do método de investigação científica, o que em função do seu objetivo de transmitir o "método científico" acaba propiciando uma certa confusão e uma possível distorção do que seria esse "método científico".

O GREF explicita os aspectos metodológicos muito sutilmente, principalmente em suas sucessivas formulações de modelos e teorias. Entretanto, a forma como são desenvolvidos os modelos/teorias, sobretudo na parte de Mecânica, às vezes dão a entender que são de alguma forma extraídos da análise das chamadas situações "vivenciais".

Quanto aos aspectos mais ligados à experimentação podemos, grosso modo, identificar quatro maneiras como eles são apresentados nas propostas:

*Como uma etapa histórica já superada.* Livros como o Ramalho se referem à experiência na física como feitos de cientistas que levou a produção de um conhecimento que agora está somente sendo apresentado.

Implicitamente, essa visão traz duas idéias: que a experimentação é, ou melhor, foi a fonte do conhecimento em física e a visão de que a física está "pronta", os experimentos que deram origem ao conhecimento já foram feitos e cabe agora apenas aprendê-los.

*Como comprovação ou verificação da teoria.* Outros textos trazem atividades experimentais como algo que comprove as teorias que foram discutidas no livro. Essa visão, explicitada pelo guia do professor do FAI (GETEF, P-1973:8) é seguida por outros livros-texto e não exclui a primeira visão.

A principal diferença é que essa visão reforça a idéia de que a experiência em física tem o papel de *comprovar* as teorias. Muitas vezes, no entanto, o que é "comprovado" são aspectos menores, como a lei de Hooke das molas e em geral não se discute se um experimento pode mesmo *provar* uma teoria.

*Como elemento de aprendizado.* No PEF, principalmente, a experiência tem o papel de "explicar" os conceitos. O aprendizado de física está vinculado ao experimentar, ao "ver acontecer".

Diferentemente da física do Ramalho, a visão passada aqui é de uma física que pode e precisa ser vista, ouvida e sentida. Os fenômenos, em geral desvalorizados perante os conceitos, ganham força e passam a ter papel direto no aprendizado. Conhecer física também é ter vivenciado os fenômenos diretamente. Mais do que isso, a física é um conhecimento que abre a possibilidade de provocar fenômenos que, em condições normais, por diversas razões, não são observados ou percebidos.

*Como etapa da produção do conhecimento atual de física.* O PSSC de certa forma inclui todos os outros elementos, mas acrescenta o aspecto de que o aprendizado da atividade experimental é também o aprendizado de um tipo de atividade que constitui o trabalho do cientista de hoje. Mesmo que o aluno esteja fazendo uma experiência que já foi repetida milhares de vezes por outros, ele está aprendendo técnicas que lhe permitirão realizar experiências sobre coisas atuais. As técnicas experimentais, são assim, parte de um repertório de conhecimento que um profissional de ciência precisa ter e, portanto, são parte integrante do conhecimento científico.

Outra idéia que é passada é que a ciência física está em processo, não é algo acabado, e que a experimentação é um dos instrumentos necessários àqueles que irão participar do processo de produção do conhecimento científico.

Quanto à abordagem histórica, percebemos que o GREF a deixa de lado, enquanto o Ramalho e o FAI permanecem quase que exclusivamente no aspecto factual, mencionando nomes e feitos, com pouca ou nenhuma abordagem do processo de desenvolvimento histórico da ciência. Por outro lado, em alguns pontos onde isso parece bastante relevante, o PSSC e, em menor escala, o PEF, se preocupam em discutir o desenvolvimento históricos de determinadas visões de mundo, teorias e conceitos. No PSSC, isso é feito, por exemplo, na parte de Gravitação (PSSC, 3-1974: 50-68) onde se discute diversas teorias ligadas ao assunto que se sucederam historicamente. O PEF, também leva em conta a dimensão histórica, procurando mostrar que os conceitos evoluem, como faz na própria exposição sobre quantidade de movimento, onde coloca inicialmente as idéias de Descartes e depois as contrasta com as de Newton. Pode-se questionar a visão do processo de produção do conhecimento científico implícito nessas explicações, mas de qualquer forma não se trata de uma história justaposta em textos

complementares que desfilam uma lista de cientistas e descobertas. Esse tipo de discussão porém, está longe de ser predominante, mesmo nesses dois projetos.

Uma análise um tanto difícil, mas possivelmente necessária, seria a investigação sistemática das visões *implícitas* que as diversas propostas acabam propiciando em relação ao processo de construção do conhecimento científico. Embora possamos levantar algumas hipóteses baseadas na leitura de cada uma delas, somente uma análise mais sistemática dos textos e de seu uso poderiam fornecer esse tipo de informação.

Talvez fosse o caso de, ao elaborarmos uma proposta, buscarmos explicitar melhor esses aspectos como parte integrantes do conteúdo. Evidentemente, não da forma tradicional, onde os conteúdos são sempre imaginados isoladamente: primeiro eu ensino o método científico, depois o conteúdo conceitual, e assim por diante. Essa explicitação é necessária no sentido de garantir a abordagem desses aspectos e evitar distorções a respeito da produção do conhecimento em ciência.

#### *Problemas existentes no âmbito da prática social conexos com a matéria.*

Podemos identificar algumas classes de *problemas existentes no âmbito da prática social conexos com a física*. Talvez a mais evidente seja a das questões ligadas à tecnologia, mas poderíamos incluir desde questões localizadas como a prática esportiva até as mais amplas, como a dos recursos energéticos do planeta.

Esse é o aspecto dos conhecimentos sistematizados que mais facilmente foge do planejamento do conteúdo da física disciplina escolar. Isso porque, em geral, acredita-se que o conteúdo da disciplina deva ser o conteúdo de conhecimento da ciência, esquecendo-se das eventuais ligações que estes conhecimentos tenham com a prática social.

Mas a questão deve ser encarada por um prisma diferente. É preciso pensar: é necessário/interessante discutir temas como usinas nucleares, efeito estufa, efeitos das radiações e coisas do gênero? Se a resposta é afirmativa, e acreditamos que é, fica outra questão: cabe a que disciplina escolar discutir esses temas?

Certamente disciplinas como História, Geografia e Biologia têm suas contribuições para o entendimento desses e de outros temas do gênero. Mas é preciso ter claro que a base fundamental, no caso específico desses exemplos e de muitos outros, é uma compreensão que só a física pode fornecer.

Dessa forma, fica claro que são temas que a *disciplina escolar* chamada física não pode ignorar, porque são parte do que se deseja para a formação dos alunos e que cuja

compreensão em nível razoável depende da física. Ou seja, podemos estar às vezes entrando questões que extrapolem a "física-ciência" mas que são perfeitamente cabíveis dentro da "física-disciplina".

Como possibilidades para um conteúdo de física no 2º grau, poderíamos imaginar duas grandes categorias de "problemas existentes no âmbito da prática social conexos com a matéria":

*A alfabetização tecnológica:* José André Angotti, em sua tese de doutoramento, nos fala de "paradigmas tecnológicos" (Angotti, 1991:13) para mostrar que no âmbito da tecnologia também há idéias abrangentes que sobrevivem ao tempo e que possibilitam muitas novas aplicações. Aponta, claro, diferenças entre tais paradigmas e os paradigmas da ciência apontados por Kuhn (1975). Pela própria natureza da tecnologia, os paradigmas tecnológicos não seriam nem tão abrangentes, nem tão duradouros quanto os científicos, podendo ser superados por fatores diversos como por exemplo, disputas de mercado.

Mas eles existem e possuem, em sua base, a ciência. E talvez sejam mais duradouros do que parecem. O tubo de raios catódicos do televisor talvez seja substituído pela tela de cristal líquido ou por algum outro sistema, mas o acelerador de partículas que está embutido nele é uma idéia que ainda se aplica e se aplicará a muitas outras coisas, um paradigma que ainda não esgotou suas possibilidades.

E o entendimento de que um acelerador de partículas necessariamente baseia-se numa fonte de alta tensão, para obter um intenso campo elétrico; de que o controle da trajetória das partículas se dá pelo uso adequado de campos magnéticos; de que a aceleração e a posterior desaceleração das partículas carregadas implica sempre em radiação, tudo isso faz parte ao mesmo tempo de um conhecimento de física relevante e de fatos que dizem respeito diretamente à vida das pessoas, como o choque que alguém pode tomar manipulando o interior de uma TV e a radiação a que ela está sujeita ao usar o aparelho. E o que é mais importante: o conhecimento do televisor e da física do televisor é também o conhecimento de muitas outras coisas, via paradigmas tecnológicos e científicos. Dentro dessa abordagem, são de diversas naturezas as questões podem surgir:

*A compreensão do uso da ciência pela sociedade.* As coisas tecnológicas, como elas são e suas razões físicas: por que o rádio não "pega" dentro do túnel? por que os pontinhos da tela da TV são verdes, azuis e vermelhos? por que não fabricam o carro movido à água que apareceu na TV?

*O uso da tecnologia.* A ciência e a sociedade do ponto de vista de definir a quem serve o conhecimento científico. por que os EUA temem em vender supercomputadores para o Brasil? por que não se incentiva o carro a álcool?

*A ciência e a tecnologia como atividade histórico-cultural da humanidade.* A tecnologia como cultura, as causas/conseqüências históricas de certas invenções, as novas possibilidades de expressão artística com instrumentos tecnológicos. Tais questões não *substituem* o conteúdo de física em si, mas dão sentido a ele ao mesmo tempo em que ganham sentido em função dele.

*As grandes questões sócio-políticas:* Angotti defende que "dos assuntos técnicos aos éticos deverá tratar a educação em Ciências Naturais" (Angotti, 1991:20). Temas atuais como o efeito estufa, a energia nuclear, a poluição, os acidentes de trânsito, extrapolam o técnico ou tecnológico, e vão em direção ao ético, a questões políticas amplas que interessam a todos.

Estes temas têm algumas características básicas, que faz com que certos cuidados devam ser tomados em sua abordagem:

- Dependem, em grande parte, de posições políticas. Envolvem questões de éticas e de opinião, de forma que não se pode colocar uma posição como a única possível.
- Muitas vezes estão ligados a previsões ou interpretações não conclusivas dentro da própria ciência. O potencial hidrelétrico no Brasil dura por mais quantos anos? Está mesmo ocorrendo o aquecimento pelo efeito estufa? Qual tem sido o fator que mais contribui? Também aqui não se pode colocar a afirmação do último cientista que apareceu na TV ou deu entrevista no jornal de domingo como sendo a definitiva.
- Como muitas vezes estes temas estão ainda em pesquisa, as informações científicas confiáveis podem mudar, o que torna necessário verificar a atualidade das informações de que dispomos.

Se nos decidimos por abordar alguns destes temas, e provavelmente sentiremos a necessidade disso, é preciso levar em conta essas particularidades.

É sempre complicado introduzir temas polêmicos na escola. Por um lado, não queremos (ou não deveríamos querer) impor nossa opinião aos alunos. Por outro, não podemos ser neutros, pois não há como introduzir um tema deste tipo sem estar passando o que pensamos, direta ou indiretamente. Quando pensamos em mencionar fatos, não serão quaisquer fatos, mas fatos que são escolhidos de acordo com a nossa visão.

Mas certamente há coisas a respeito deste tipo de tema que podemos estar discutindo em aula ou em um texto que não imponham uma posição pré-estabelecida, mas que forneçam informações, idéias, esclarecimentos e fatos que podem levar o aluno a se posicionar diante dessas situações.

Se procuramos este tipo de abordagem nos livros-texto, seja no aspecto tecnológico, seja nos problemas socio-políticos ligados à ciência, veremos que ela é praticamente inexistente. Observamos, sim, aqui e ali, um texto complementar sobre um ou outro tema atual, que constitua algum tipo de preocupação global. Mas são textos "fora" da matéria, complementos. Não são assumidos portanto como coisas que precisam ser sabidas *mesmo* e discutidas com profundidade equivalente à que se dá aos conceitos, leis, etc.

Iríamos além, inclusive. Diríamos que esse aspecto do conhecimento sistematizado, juntamente com os outros três, estarão dentro de uma totalidade, o que significa que irão aparecer como aspectos simultâneos de uma mesma realidade que está sendo posta em estudo através dos instrumentos da física. Em outras palavras, são aspectos inseparáveis e que só podem ser compreendidos criticamente, em sua relação e em sua situação dentro da totalidade que os abrange.

Dos cinco projetos analisados, poderíamos dizer que o GREF é o único que traz alguma contribuição relevante, sobretudo no aspecto tecnológico. Descartamos textos e quadros complementares dos outros projetos, uma vez que não se encaixam em uma abordagem minimamente sistemática dessas questões. Dentro do GREF, esse aspecto é mais visível na proposta de Eletromagnetismo, que consegue fornecer de forma relativamente bem articulada a compreensão a respeito das diversas categorias de equipamentos elétricos e de sistemas amplos, como a rede de distribuição de energia e os sistemas de telecomunicações, e o desenvolvimento dos modelos e leis desse ramo da física. Em Óptica uma articulação razoável foi conseguida na discussão dos instrumentos ópticos e da fotografia e em Física Térmica, na discussão de máquinas térmicas e dos ciclos naturais. A proposta de Mecânica, por outro lado, se preocupa mais em estabelecer leis físicas do que em articulá-las à compreensão de elementos relevantes da prática social.

### ***b) Habilidades e hábitos.***

Podemos entender como *habilidades* ligadas ao conteúdo de física coisas como ser capaz de realizar uma medida física com um instrumento (termômetro, por exemplo), de montar um circuito elétrico ou algum aparato experimental ou de traduzir um enunciado

de um problema em um esquema simbólico-matemático. Quanto aos *hábitos* poderíamos citar algo como: antes de abordar um problema, sempre procurar descobrir quais são as causas e os efeitos e identificar as variáveis envolvidas; quando for avaliar uma quantidade física qualquer (a altura de um prédio ou o número de pessoas em uma praça) buscar parâmetros conhecidos de comparação; verificar se um instrumento está calibrado antes de efetuar uma medida.

As habilidades e os hábitos aparecem necessariamente ligados ao conhecimento sistematizado, o mesmo valendo para *atitudes e convicções* e para as *capacidades cognoscitivas* que comentaremos a seguir.

Dentro de uma certa gama de conhecimentos estão envolvidas determinadas habilidades e determinados hábitos, que dizem respeito a natureza desse conhecimento e ao seu uso como elemento da prática social.

Em geral, entretanto, o que observamos é a busca da formação de determinadas habilidades/hábitos desvinculadas do conteúdo do conhecimento em si e o concomitante desprezo de outras habilidades/hábitos que poderiam ou deveriam estar sendo exploradas.

Tanto na "física de cursinho" do Ramalho quanto no FAI, explora-se ao máximo determinadas habilidades como encontrar a fórmula correta, definir termos, interpretar/traduzir diagramas, realizar cálculos, etc, mas sem se preocupar em explorar com um mínimo de profundidade o significado das idéias que estão por trás dessas representações simbólicas que se ensina aos alunos.

Além disso, ignora-se uma série de outras habilidades/hábitos que poderiam estar sendo trabalhadas e que fariam parte de uma formação mais cuidadosa. Habilidades ligadas por exemplo, à capacidade de redação/leitura sobre temas científicos; relatos/relatórios de observações experimentais; concepção, construção e montagem de aparatos experimentais; concepção de experimentos, de produtos derivados do conhecimento trabalhado; abordagem de problemas concretos colocados pela prática social e assim por diante.

A redação e a leitura sobre temas científicos, por exemplo, está longe de ser equivalente a qualquer outra leitura e redação pela especificidade do texto de ciência. O aprendizado dos temas científicos passa pelo aprendizado da expressão (leitura e escrita) a respeito desses temas e vice-versa.

Projetos com ênfase no texto como o PEF e o PSSC, vêm contribuir na habilidade de leitura. O PEF, ao centrar o processo de ensino no uso do material escrito parece tentar estabelecer a leitura como *hábito*. O GREF, apesar de sua grande ênfase no texto, constitui-se de livros voltado ao professor, enquanto somente um texto para o aluno pode estar incorporando a habilidade de leitura. No entanto, o GREF abre uma maior possibilidade para habilidade de escrita sobre temas científicos ao propor exercícios que exigem uma redação mais longa e detalhada do que aqueles que levam a uma resposta direta, mais comuns nas demais propostas.

Um outro exemplo são as observações experimentais. Diante de uma experiência ou uma demonstração experimental, é normal a dificuldade em discriminar os aspectos importantes e redigir sobre as observações. São várias coisas envolvidas: enumerar os materiais utilizados na experiência e perceber sua função, compreender e descrever o procedimento experimental realizado, perceber quais as observações a serem realizadas e descrevê-las, apontar conclusões, etc. Em todos eles, existe uma dificuldade natural de quem não está *habitado* a observar e redigir sobre essas coisas.

O PEF e o PSSC são as propostas que mais enfatizam a habilidade de observação experimental, sendo que o PEF, pela forma mais gradual como são redigidas suas experiências, procura sistematizar a formação dessa habilidade juntamente com a de descrição das observações.

Há muitas outras habilidades específicas que podem ser incluídas no ensino da física, como as que citamos logo acima, muitas delas ainda mais complexas do que as ligadas à leitura, redação e observação. O importante é perceber a necessidade de se explicitar as principais habilidades e, eventualmente, hábitos que estamos querendo formar, de acordo com os objetivos que colocamos para o ensino da física e, a partir dessa explicitação, definir formas de incorporá-las aos conhecimentos sistematizados que estamos propondo.

### *c) Atitudes e convicções.*

Entre as *atitudes* que poderíamos incluir no conteúdo de física podemos ter coisas do tipo: procurar consumir produtos que não agridam o meio ambiente, usar protetor solar ao ir à praia, verificar a temperatura de um frigorífico de supermercado ao comprar um alimento. Podemos imaginar também algumas *convicções*: posicionar-se em relação a temas relevantes da vida social relacionados com o assunto da disciplina, tais como o uso

da radiação no tratamento e conservação de alimentos, o emprego obrigatório de cinto de segurança nos automóveis, a construção de usinas nucleares e outros.

A questão das atitudes e convicções segue uma mesma linha do que colocamos para as habilidades e hábitos. Em geral, atitudes e convicções são passadas de forma implícita junto com a transmissão dos conteúdos. Porém, aqui há duas diferenças:

1. As atitudes e convicções estão ainda mais "escondidas" dentro da forma de exposição dos conteúdos de conhecimento e dependem muito das próprias atitudes e convicções do professor.
2. As atitudes e convicções estão profundamente vinculadas a posições políticas e à cultura específica de cada um, de forma que é necessário um cuidado especial no momento de se definir o que são atitudes e convicções desejáveis, e o que é mais importante, até que ponto temos o direito de estar passando atitudes e convicções na escola.

Temos portanto, ligado a esse tema, um problema com o alcance e com o limite do que podem ser as atitudes e convicções que estamos querendo formar. É preciso estabelecer com relativa clareza qual pode ser o papel da escola na formação da cidadania, para se poder falar em formação de atitudes e convicções.

A formação intencional de atitudes e convicções, da mesma forma que a formação de hábitos, é de controle extremamente difícil, sobretudo em situação escolar, por depender fortemente de condições culturais, sociais e psicológicas específicas.

O mais fundamental talvez, seja o cuidado de não se estar *impondo* aos alunos valores que não dizem respeito à sua prática social, à sua cultura específica ou de forma mais abrangente, à sua forma de encarar o mundo. Quando Paulo Freire estabelece a categoria de *invasão cultural* mostra justamente que é muito comum o educador, convencido da coerência e correção de sua visão de mundo, querer impô-la aos alunos como a visão de mundo correta. Não importa o quão progressista essa visão possa ser, sua imposição configura uma invasão cultural se coloca na verdade a serviço da opressão.

Isso não significa que devemos nos abster de trabalhar com atitudes e convicções. Pelo contrário, quer dizer que podemos incentivar a tomada de posição dos alunos a respeito de questões importantes, que dizem respeito a vida social, e que o conhecimento científico sirva como suporte para as discussões que levem a essas tomadas de posições.

Em outras palavras, não se trata, por exemplo, de tentar convencer os alunos de que a Astrologia (ou algo assim) é um conhecimento inválido porque o professor acredita

nisso, ou porque os físicos acreditam nisso. Nem, por outro lado, de convencer os alunos de que usar cinto de segurança (ou algo assim) é importante, por todas as razões físicas e estatísticas.

Trata-se, isso sim, de identificar *que discussões* são relevantes no contexto atual, em quais delas a física pode trazer uma contribuição para o debate, e propiciar essas discussões entre os alunos, incentivando sua tomada de posição, não *com base* no conhecimento científico, mas *de posse* do conhecimento científico, podendo usá-lo como argumento.

O fundamental é não cair na discriminação social tão comum, ao dar a entender que quem acredita em Astrologia e não usa cinto de segurança é ignorante, fazendo parte de uma "estirpe social inferior". Isso ocorre sutilmente, mas com frequência. Não nos esqueçamos que muitos médicos fumam e muitos físicos acreditam em Astrologia e nem por isso são taxados de ignorantes.

Podemos acrescentar ainda que *atitudes e convicções* estão bastante ligadas tanto às práticas sociais dos sujeitos, quanto às habilidades implícitas nessas práticas. Ao pretendermos contribuir em uma *alfabetização tecnológica*, estaremos entrando em aspectos diretamente ligados à prática social, necessariamente envolvidos com um conjunto de atitudes, convicções, hábitos e habilidades.

Atualmente, o conhecimento científico perpassa todos os âmbitos da vida social, implícita ou explicitamente. O leitor desse trabalho, nesse momento, está diante de um produto que na forma e no conteúdo, é perpassado por uma síntese de várias das chamadas "conquistas tecnológicas". Essa dissertação, não fosse a existência de computadores, certamente seria diferente em sua forma e também o seria em conteúdo, uma vez que o uso de um computador nos possibilita uma liberdade muito maior na manipulação do texto escrito, e portanto, um resultado final qualitativamente diferente.

Mas o computador precisa ser acionado, manipulado, enfim, usado. E usar implica saber usar ou, pelo menos, aprender a usar. Mais do que isso, em *querer usar*, convencer-se de que esse uso representa realmente um ganho.. Isso nos leva a um outro ponto importante: embora o conhecimento científico esteja apenas implícito no computador ou em qualquer outro produto tecnológico, o domínio sobre esse produto requer um conhecimento que não é dado a princípio, mas que vai se incorporando à cultura conforme a inserção do objeto técnico na prática social das pessoas.

Mas, em geral, estamos bem aquém do conhecimento necessário para um domínio razoavelmente profundo desses produtos tecnológicos. Hoje, quem usa um

computador ou mesmo algo mais simples como um televisor muitas vezes tem a sensação de que não está aproveitando grande parte dos recursos que eles oferecem, justamente em função da superficialidade do conhecimento que tem sobre ele.

Isso pode parecer pouco importante, mas nos transportemos do problema do professor universitário que não consegue imprimir a prova que vai aplicar amanhã para a pessoa que entra em uma farmácia ou supermercado para comprar aquele produto que, como assegura sua propaganda, prolonga a vida e tem gosto de *milk-shake*.

Tal produto, colocado no mercado como mais uma "conquista" da Ciência, é tão verossímil e misterioso quanto o computador e uma miríade de pequenas e grandes coisas que nos cercam todos os dias. Mas é difícil distinguir o que *realmente* faz o que eu quero, daquilo que faz *mais ou menos*, daquilo que *não faz nada* e daquilo que, *além de não fazer nada, me prejudica*.

Em outras palavras, vivemos numa sociedade cujo modo de produção incorporou intensamente o conhecimento científico e que todas as pessoas, queiram ou não, têm sua vida em grande parte determinada por esses conhecimentos e pelo uso que se faz deles. Porém, observamos também que o domínio das pessoas sobre esses produtos tecnológicos é pequeno, de modo que sua única alternativa é acreditar no que lhe dizem as propagandas.

Portanto, há uma ligação muito forte entre os problemas colocados pela prática social que podem ser abordados na disciplina de física e a formação de atitudes e convicções. Esses aspectos poderão ganhar importância na (re)elaboração dos conteúdos na medida em que mais e mais for se incorporando a esse processo a preocupação de uma matéria escolar que se envolva com a prática social.

Das propostas analisadas, o GREF é a única que aborda elementos da prática social mais sistematizadamente e que, como veremos a seguir, incorpora à sua metodologia algum tipo de problematização dessa prática. Porém, os conteúdos que propõe ainda não abordam diretamente as questões da natureza que exemplificamos aqui, de forma que é difícil identificar na proposta a idéia de formação intencional de atitudes e convicções.

#### ***d) Capacidades cognoscitivas.***

A formação de *capacidades cognoscitivas*: se refere a coisas como capacidades gerais de organização de raciocínios; distinção entre processos, fenômenos e conceitos;

aperfeiçoamento de métodos de resolução de problemas e de experimentação; distinção entre interpretação e observação, etc. A formação e o desenvolvimento dessas ou de outras capacidades cognoscitivas está presente em qualquer atividade de ensino, embora de forma diferente de acordo com a atividade.

Ao elegermos os conhecimentos sistematizados como elemento fundamental do conteúdo, não podemos desejar desenvolver as capacidades cognoscitivas de forma independente desse conteúdo. Mas por outro lado, não podemos imaginar que podemos transmitir os conteúdos independentemente dessas capacidades. Assim, torna-se fundamental estarmos conscientes de quais são as capacidades cognoscitivas com que estamos lidando.

Pode ser que determinado conceito exija *raciocínio sobre hipóteses*, como por exemplo, estabelecer relações entre grandezas físicas em uma equação mantendo inalteradas algumas variáveis e variando outras. Se se imagina que um certo raciocínio necessário à compreensão de um tema estará muito além do estágio do alunos, pode-se evitar exemplos que exijam estes raciocínios, arcando com o ônus de abordar o conceito de forma incompleta, ou então elaborar uma situação de ensino que leve os alunos a construir gradativamente o raciocínio que julgamos necessários.

A primeira opção, de evitar os conceitos/raciocínios difíceis, por exemplo, pode significar evitar conhecimentos fundamentais. Podemos supor que os alunos sejam capazes de, em algum nível, compreender coisas que julgamos importante que eles saibam. A questão é como adequá-las ao seu nível de compreensão. Por outro lado, às vezes um conceito pode ser bem complexo, mas sua importância não tão grande assim, e dessa forma, insistir em seu ensino pode significar um gasto desnecessário de tempo que poderia ser empregado em coisas mais relevantes. Finalmente, há o caso de conceitos não tão importantes, mas de compreensão simples e que podem ajudar no contexto global do aprendizado. Nesse caso, talvez seja interessante mantê-los.

Quanto à segunda alternativa, de elaborar uma situação de ensino que leve o aluno a construir o conceito/raciocínio, também é preciso alguns cuidados. Em primeiro lugar, de não levar a um gasto de tempo com conceitos de pouca importância dentro dos objetivos mais gerais. E mesmo para conceitos aparentemente muito importantes é preciso certos cuidados. Deve-se avaliar se, por exemplo, é realmente interessante passar um ano inteiro até que o aluno compreenda perfeitamente a diferença e a relação entre os conceitos de calor e temperatura, sem discutir, por exemplo, as leis da Termodinâmica.

Em outras palavras, o nível de desenvolvimento dos alunos não estabelece prioridades, mas reforça ou enfraquece a prioridade de determinados conteúdos em função da importância que lhe atribuímos a partir de objetivos mais gerais.

Finalmente, há determinadas capacidades cognoscitivas que em si, são importantes no quadro da compreensão da física, como por exemplo aquela que citamos em relação ao raciocínio hipotético. Não podemos imaginar porém que podemos construir uma atividade que dará conta de formar tais capacidades, que só podem ser desenvolvidas num processo razoavelmente longo. O que se pode fazer é estar favorecendo o desenvolvimento dessas capacidades onde elas sejam relevantes e necessárias.

É difícil identificar esse tipo de preocupações nas propostas que estivemos analisando. O Ramalho apresenta suas definições, seus exercícios como exemplo e os resolve de forma sucinta. O PSSC e o GREF parecem ter a preocupação com um texto inteligível e com conteúdo razoavelmente denso, mas nada indica uma preocupação com as capacidades cognoscitivas em cada etapa. O PEF aparentemente poderia ter essa preocupação, pelo gradualismo que parece haver em sua proposta, com questões para o aluno e tudo o mais. Mas a complexidade das capacidades exigidas logo nos primeiros capítulos, com calibração de instrumentos, erros experimentais, elaboração de gráficos coloca isso em forte dúvida.

Em uma primeira observação, parece que o FAI teria sido o projeto que mais levou em conta esse aspecto, já que o texto auto-instrutivo é todo elaborado para um aprendizado razoavelmente independente do aluno.

Porém, o que pudemos perceber, pela descrição de Saad e pelo exame dos textos, é que quando se elaborou os itens auto-instrutivos, com as lacunas para a resposta, as informações para o item seguinte e tudo o mais, partiu-se inicialmente de uma visão que o elaborador do programa tem do conceito físico, por um lado, e da visão que ele tem a respeito de como o aluno perceberá o conceito, por outro. Porém, em que se fundamenta as hipóteses que esse elaborador faz a respeito de como o aluno irá pensar? Neste ponto a intuição entra em grande escala, uma vez que a psicologia behaviorista, empregada como base do projeto, não trabalha com respostas a questões deste gênero.

A resolução do problema se deu então de forma puramente empírica. Testou-se o material com o aluno: se ele deu a resposta correta (comportamento esperado) isso significou que o material é eficaz, caso contrário, procedeu-se a modificações (novamente baseadas em hipóteses intuitivas) do material até obter o comportamento desejado. Não se

supõe que um comportamento esperado pode não corresponder, necessariamente, a um aprendizado.

Baseando-se na psicologia comportamentalista, o FAI contenta-se com a apresentação dos comportamentos previstos em sua especificação de objetivos. Considera que o cumprimento destes objetivos, constatada através da observação do comportamento previsto e desejado, significa o aprendizado dos conceitos que se propunha a transmitir. O interessante de se notar é que essa visão do processo de aprendizagem tem conseqüências no caráter dado ao conteúdo pelo FAI, que acaba enfatizando definições e nomenclaturas.

### 2.3 Os métodos de ensino das/nas propostas.

Vimos que os métodos de ensino, mais do que simples formas eficientes de transmitir conteúdos, estão ligados a visões mais amplas do processo de ensino. Podemos dizer que os métodos são formulados no contexto das idéias que se tem a respeito do *papel* do ensino, e determinam em grande parte as ênfases que serão dadas aos conteúdos.

#### *O Ramalho e o método "tradicional".*

Ao compararmos a estrutura do Ramalho com os *passos do processo didático* do ensino tradicional, que mencionamos por Saviani na primeira parte deste capítulo, percebemos o quanto sua proposta se enquadra nessa perspectiva. O Ramalho segue os cinco passos (preparação, apresentação, assimilação, generalização, aplicação) em direção ao seu objetivo: ensinar aos alunos como resolver a prova de física do vestibular.

O primeiro passo, a preparação, constitui-se em um momento onde o professor deve expor aos alunos alguns parâmetros que estabelecem a base lógica do que será exposto a seguir. Não constitui, portanto, o conteúdo em si, mas uma etapa introdutória. É isso o que o Ramalho faz no texto de cada seção: apenas apresenta sucintamente nomenclaturas, critérios, fórmulas e diagramas.

A apresentação é o momento central, também expositivo, onde o professor irá desenvolver o assunto em questão. No Ramalho é o exercício resolvido (e não o texto) que constitui o conteúdo a ser desenvolvido, uma vez que é aí que são apresentados os métodos e os algoritmos para resolver os problemas. Podemos associar, portanto, o passo da apresentação ao momento da resolução dos exercícios em lousa pelo professor.

Na etapa da assimilação o aluno entra em ação para, em comparação com os exemplos fornecidos pelo professor, tentar incorporar o conhecimento que lhe foi

transmitido na etapa anterior. Ainda é um momento preliminar do processo de ensino, pois envolve ainda um uso bastante direto do que foi apresentado. Essa é a função cumprida pelos *exercícios propostos* do Ramalho, que em geral se assemelham bastante aos exercícios resolvidos, com o propósito de que o aluno, mediante a comparação, possa reproduzir os métodos e algoritmos apresentados pelo professor.

A generalização constitui o momento mais difícil, onde os conteúdos desenvolvidos nas etapas anteriores irão se revestir de uma caráter mais geral, podendo ser estendido a situações diferentes das anteriormente trabalhadas. É nesse ponto que entram os *exercícios propostos de recapitulação*, que apesar do nome não são um mero reforço dos anteriores e sim uma etapa mais complexa, com as situações mais gerais que aparecem nos exames vestibulares. Na verdade, são esses exercícios que apresentam o "mundo real" do vestibular. Por isso, muitos deles estão resolvidos no *guia do mestre*, para que o professor possa dar conta de cumprir essa etapa sem maiores sobressaltos.

Finalmente, atinge-se o objetivo final: a aplicação. Nesse ponto espera-se que os alunos sejam capazes de empregar seu conhecimento em uma variedade de situações diferentes. No nosso caso, é o vestibular, com seus inúmeros testes que se colocam como prova ao aluno. Para que essa etapa seja adequadamente cumprida estão lá os *testes propostos*, que são uma reprodução daquilo que o aluno encontrará no vestibular.

Tudo isso mostra que o Ramalho é um texto muito bem estruturado em função do objetivo a que se propõe. E o método utilizado segue a seqüência lógica transmitida pela escola tradicional.

### *O PEF, o FAI e a tecnologia educacional.*

Tanto o PEF quanto o FAI se caracterizam por inovar na metodologia de ensino. São projetos que surgem numa época onde a influência da tecnologia educacional, com sua busca por meios mais eficientes de ensino, é bastante grande entre o pessoal da área de ensino.

Devido a essa clara influência, seria incorreto enquadrar a metodologia desses dois projetos nos passos da pedagogia tradicional, como fizemos com o Ramalho. Também, apesar de procurarem valorizar a atividade do aluno, não podem ser considerados ligados à pedagogia da Escola Nova, pois sua metodologia está bem distante do que é por ela proposto. Eles se enquadrariam antes no que Libâneo denomina "pedagogia tecnicista", cujos métodos de ensino

*Consistem nos procedimentos e técnicas necessários ao arranjo e controle das condições ambientais que assegurem a transmissão/recepção de informações. Se a primeira tarefa do professor é modelar respostas apropriadas aos objetivos instrucionais, a principal é conseguir o comportamento adequado pelo controle do ensino; daí a importância da tecnologia educacional.*

(Libâneo, 1984:29)

Embora diferentes em cada um dos projetos temos "procedimentos e técnicas" bem definidas que visam, acima de tudo o "arranjo e controle das condições ambientais". No FAI, esse controle é bastante forte, de forma a tentar tornar o curso independente das condições específicas do local onde ocorrerá. Sendo centrado no material instrucional escrito, o aluno poderia estar aprendendo inclusive em casa, sem a necessidade do professor. No PEF, embora esse controle seja menor, pois o curso depende do professor, sua seqüência e os materiais, cuidadosamente planejados, está prevista para evitar "desvios de rota".

No caso desses projetos, a tarefa que Libâneo atribui ao professor, já teria sido executada pelos elaboradores dos projetos, que determinaram, em cada caso, as respostas que desejavam em termos de comportamentos e testaram seus projetos para verificar se elas ocorriam concretamente. Como já comentamos, no caso do FAI esse processo foi bastante sistemático e detalhado e foi muito empregado no aperfeiçoamento do projeto até a sua versão final, seguindo de perto todos os seguintes passos mencionados por Libâneo:

- a) estabelecimento de comportamentos terminais, através de objetivos instrucionais;*
- b) análise da tarefa de aprendizagem, a fim de ordenar sequencialmente os passos da instrução;*
- c) executar o programa, reforçando gradualmente as respostas corretas correspondentes aos objetivos.*

(Libâneo, 1984:30)

No entanto, verificamos que, apesar desse empenho, o caráter do conhecimento proposto pelo FAI é bem pouco abrangente, restringindo-se a definições e resolução de exercícios. Vemos no PEF um espaço maior para a contribuição do aluno nos caminhos tomados para a apreensão do conteúdo. Enquanto no FAI cada passo e cada seqüência já está previamente planejada, no PEF o aluno encontra uma mobilidade maior. As atividades

dão margem a questionamentos diversos e não somente dentro da previsibilidade do pré-programado. Em outras palavras, o PEF, nos momentos em que não persegue tão de perto a idéia de "controle da situação de aprendizagem", dá margem para o aluno pensar em coisas diferentes e não somente naquilo que estava estrita e detalhadamente previsto. Esse tipo de liberdade o FAI não permite, em função de sua rigorosa tecnologia educacional.

Essa análise vem mostrar que a adoção de uma nova metodologia não implica somente em "melhorar" a transmissão dos conteúdos, mas influi diretamente no caráter que o conhecimento proposto irá assumir. Os métodos estão revelando, portanto, não só uma forma mais ou menos eficiente de apreensão dos conteúdos, mas também uma visão da natureza do conhecimento implícito nesse conteúdo, e estão ligados aos objetivos que se atribui à educação escolar.

### *O PSSC: metodologia seletiva para um projeto seletivo.*

O projeto PSSC, apesar de também possuir claras influências da tecnologia educacional, ao estabelecer os meios e condições para o cumprimento de certos objetivos, também dá grande margem a um ensino nos moldes tradicionais. Sua metodologia parece ser mais inspirada em um (bom) curso universitário de física, de qualquer forma, ainda centrado no professor, e ainda seguindo os passos tradicionais da *preparação, apresentação, assimilação, generalização e aplicação*.

Por conta disso, e por não fazer muitas concessões de adaptação às condições de aprendizagem dos alunos, o projeto acaba por se configurar na prática como uma proposta extremamente seletiva, o que era de se esperar em função dos objetivos que se tinha em mente.

### *O GREF e a metodologia "revolucionária".*

No GREF, como nas outras propostas, a metodologia não possui nenhuma sistematização ou referência teórica bem definida. As particularidades dessa metodologia, bastante diversa das outras propostas, a tornam objeto de interesse, no sentido de que consegue articular intencionalmente métodos, objetivos e conteúdos.

Entre as idéias básicas, podemos destacar a meta de se buscar uma física que pudesse levar o aluno a compreender os fenômenos físicos com que ele tem contato em seu cotidiano e as várias coisas e situações nas quais eles se manifestam. Essa idéia porém, pode dar margem a várias interpretações e, portanto, a diferentes concretizações.

Embora o grupo não tenha explicitado a fundamentação teórica, existe uma grande afinidade com as idéias de Paulo Freire e das pedagogias progressistas, perceptível na estrutura do projeto e nos trabalhos de pessoas ligadas ao grupo (Menezes, 1988; Zanetic, 1990). Podemos entender a metodologia do GREF de uma forma geral, reportando-nos à descrição que Saviani faz das *pedagogias revolucionárias* (Saviani, 1983). Os passos metodológicos são os seguintes:

### *1. Prática social.*

*O ponto de partida seria a prática social (1º passo) que é comum a professores e alunos. Entretanto, em relação a essa prática comum, o professor, assim como os alunos podem se posicionar diferentemente enquanto agentes sociais diferenciados. E de ponto de vista pedagógico há uma diferença essencial que não pode ser perdida de vista: o professor, de uma lado, e os alunos, de outro, encontram-se em níveis diferentes de compreensão (conhecimento e experiência) da prática social. Enquanto o professor tem uma compreensão que podemos chamar de “síntese precária”, a compreensão dos alunos é de caráter sincrético.*

(Saviani, 1983:80)

Para Saviani, a compreensão do professor é sintética, porque expressa um determinado nível sistematizado de compreensão a respeito da prática social, que os alunos, em sua condição de imaturidade ainda não podem ter atingido. Porém, como o autor diz, essa síntese é precária, porque o professor não tem condições de antecipar todos os possíveis desdobramentos de sua prática pedagógica inserida no todo maior da prática social, uma vez que não dispõe de conhecimento detalhado a respeito do nível de compreensão e potencialidades que seus alunos possuem a respeito dessa realidade. Por outro lado o saber que os alunos detêm a respeito de sua prática social é descrito por Saviani como *sincrético*, porque se trata de um conjunto de experiências, habilidades, conceitos e valores que foram adquiridos nessa prática sem uma articulação sistemática, e portanto sem uma estrutura mais ampla na qual o aluno possa situar e relacionar esses conhecimentos.

O GREF, ao propor como ponto de partida um levantamento das “coisas” do cotidiano relacionadas a determinado tema, está justamente possibilitando uma primeira interação entre as práticas sociais do aluno e do professor e as suas respectivas formas de compreensão a respeito dessa prática social. A cada novo tema, o texto sempre inicia com

uma espécie de "investigação" preliminar dos elementos do cotidiano, seja através de uma atividade de observação direta, seja através de uma discussão a respeito de coisas conhecidas.

Ao iniciar a investigação desses elementos, já está se partindo para a segunda etapa: a *problematização*.

## 2. *Problematização.*

*Caberia, neste momento, a identificação dos principais problemas postos pela prática social. (...) Trata-se de detectar que questões precisam ser resolvidas no âmbito da prática social e, em consequência, que conhecimento é necessário dominar.*

(Saviani, 1983:80)

Podemos associar essa etapa com aquilo que o GREF denomina algumas vezes por *fenomenologia*, ou seja, a interpretação de fenômenos físicos usualmente observados por professores e alunos em seu cotidiano. Por que a garrafa térmica tem aquele invólucro interno de vidro espelhado? Por que as lâmpadas possuem filamentos de espessuras diferentes? Porque um revólver dá um "coice" ao disparar? Veja que não se trata de questões de cunho meramente *físico*, pois se referem a práticas que envolvem determinados usos *sociais* do conhecimento científicos que tais objetos encerram.

A partir desse momento, está se estabelecendo as questões ou problemas relevantes que a física pode abordar para a compreensão de tais fenômenos ou objetos e seu uso. A etapa seguinte é procurar os instrumentos que a física fornece para permitir essa compreensão.

## 3. *Instrumentalização.*

*Trata-se de se apropriar de dos instrumentos teóricos e práticos necessários ao equacionamento dos problemas detectados na prática social. Como tais instrumentos são produzidos socialmente e preservados historicamente, a sua apropriação pelos alunos está na dependência de sua transmissão direta ou indireta pelo professor.*

(Saviani, 1983:81)

Nesse ponto, o GREF inicia a apresentação de conceitos, modelos, teorias e leis que representam instrumentos para a compreensão das situações inicialmente colocadas. Assim, partindo da investigação das lâmpadas e dos chuveiros, revela-se como instrumentos de compreensão desses elementos, os conceitos de resistência, potência e corrente, bem como suas relações. A compreensão mais profunda dos efeitos que eles produzem se estabelece a partir da formulação de um modelo microscópico para a corrente elétrica.

O próximo passo é procurar estender esses instrumentos teóricos para a apreensão de outros elementos presentes na prática social.

#### 4. *Catarse.*

*Adquiridos os instrumentos básicos, ainda que parcialmente, é chegado o momento da expressão elaborada da nova forma de entendimento da prática social a que se ascendeu. Chamemos essa quarto passo de catarse, entendida na acepção gramsciana de “elaboração superior da estrutura em superestrutura na consciência dos homens” (Gramsci, 1978:53). Trata-se da efetiva incorporação dos instrumentos culturais, transformados agora em elementos ativos da transformação social.*

(Saviani, 1983:81)

Nessa fase, é necessário passar para uma compreensão generalizada que permita incorporar diversas situações em uma classe mais ampla, de se perceber capaz de compreender uma certa categoria de fenômenos e objetos e de atuar sobre eles de forma intencional, empregando-se para isso, os instrumentos teóricos adquiridos.

É assim que se pretende que o estudante consiga incorporar os instrumentos teóricos adquiridos a partir do exame das lâmpadas e chuveiro para uma compreensão global de toda uma classe de situações e objetos tecnológicos presentes em sua prática social e, a partir disso, estabelecer uma nova relação com esses elementos. Nesse momento, se caminha para a etapa final, que é novamente a prática social.

#### 5. *Prática Social.*

*O ponto de chegada é a própria prática social, compreendida agora não mais em termos sincréticos pelos alunos. Neste ponto, ao mesmo tempo que os*

*alunos ascendem ao nível sintético em que, por suposto, já se encontrava o professor no ponto de partida, reduz-se a precariedade da síntese do professor, cuja compreensão se torna mais e mais orgânica.*

(Saviani, 1983:81)

Nessa volta à prática social, a síntese estabelecida no processo de catarse permitirá uma compreensão nova e possibilitará uma transformação da própria prática social. Evidentemente, o sucesso deste trabalho só pode ser avaliado em função de se verificar se realmente essa nova relação do sujeito com a prática social se estabeleceu.

O texto de mecânica do GREF, por exemplo apresenta logo em seu início as seguintes situações vivenciais:

*Existem situações em que o início de um objeto depende da interação com outro objeto já em movimento.*

*O pé que atinge uma bola de futebol em repouso faz com que ela adquira um movimento que lhe é atribuído pelo futebolista.*

*Também num jogo de bolas de "gude", o movimento das bolas paradas pode ser obtido a partir do choque com outra, que por sua vez é posta em movimento pelo jogador.*

(GREF, 1991: 28-9).

Analisando somente do ponto de vista físico, ou seja, do nosso ponto de vista enquanto físicos, ambas as situações são bastante complexas. A análise física de um chute em uma bola de futebol envolve intermináveis considerações a respeito das propriedades dos objetos que colidem e das condições a que eles são submetidos, o mesmo valendo para o caso das bolinhas de gude.

O texto do GREF, logicamente, não entra em considerações dessa natureza. Ao contrário, abstrai, de todo o conjunto de fenômenos e atributos físicos que poderiam ser levantados, um único fato: a transmissão do movimento. Ao que parece considera-se esse fato físico - a transmissão do movimento - o mais explícito e relevante no fenômeno real apresentado.

E o aluno, como vê essas situações? Certamente, se apresentarmos a ele uma foto onde um jogador chuta uma bola ou um menino joga bolinhas de gude sua atenção não

irá se concentrar no fato físico mencionado, mas sim no fato em si como um todo, na situação como ele a vê. O explícito e o relevante não será a transmissão do movimento. Inúmeras considerações, das mais variadas, podem ser extraídas de codificações desse tipo. Estamos aqui na primeira etapa, a *prática social*.

É o professor que propõe a análise física da situação, convida os alunos a pisar em um terreno pouco familiar a eles. Os alunos são chamados a considerar fatos em que não pensariam espontaneamente. E em sua análise física irão utilizar inicialmente a sua visão do mundo físico, não a do professor. Ao propor a análise nesses termos, encaminha-se para a *problematização*.

Porém, nada pode nos garantir que de imediato o aluno julgue como transmissão de movimento o fato que está considerando. É bem possível que não veja espontaneamente ali transmissão de coisa alguma, que tenha uma visão física totalmente diferente da maneira como a física estabelece. Essa interpretação, ao ser colocada insere-se na etapa de *instrumentalização*.

A partir desse ponto começa a incluir conceitualmente esses elementos problematizados em uma classe mais ampla, que incluirá também muitos outros elementos e situações onde se percebe a transmissão dos movimentos como algo relevante. Ao estabelecer essas relações, atingimos a etapa da *catarse*.

Finalmente, a volta à *prática social* deve se dar a partir da incorporação dessa compreensão e de sua eventual utilização, seja na explicação/compreensão de fenômenos observados, seja na previsão de novos fenômenos, seja em uma atuação concreta intencional.

Portanto, embora seja possível identificar diversas lacunas ao longo da proposta, a metodologia empregada pelo GREF vai na direção de traduzir uma pedagogia progressista ao ensino da física.

## Considerações finais

Da análise das diversas propostas de ensino de física, fica a constatação de que a questão dos objetivos *gerais* do ensino de física é um verdadeiro nó que ainda está para ser adequadamente desatado pelos educadores que atuam nesta área. São poucas as propostas, como o PSSC e o GREF, que possuem uma clareza razoável a respeito desses objetivos, de forma que seus conteúdos não reproduzem aquilo que tradicionalmente constitui o programa de física no 2º grau.

Os livros didáticos empregados atualmente, seguindo a tendência do "Ramalho" apresentam uma suposta "física do vestibular" e praticamente nada mais. Se essa física realmente dá conta do conteúdo do vestibular ou não, é uma questão que precisaria estar sendo analisada mais cautelosamente. De qualquer forma, parece bem claro que a idéia que os editores querem transmitir é que seus livros fornecem a melhor formação com vista ao sucesso nos exames de ingresso às universidades. Somente esse dado é suficiente para percebermos o papel que este tipo de proposta atribui ao ensino de 2º grau: o de grau preparatório para o *exame* de ingresso no nível superior.

Um objetivo restrito como este deu origem a uma proposta pobre em diversos aspectos do conhecimento que a física poderia estar proporcionando aos estudantes de 2º grau. Para os alunos que não quiserem/puderem estar ingressando no nível superior, a física proposta nesses livros claramente não possui sentido. Para os demais, ficam duas indagações:

*Até que ponto este tipo de proposta determina realmente o sucesso nos exames vestibulares?* Não temos dados para responder definitivamente esta questão, mas é preciso lembrar que, além de a física não ser a única nem a principal disciplina dos exames, a simples apresentação e treino da resolução de inúmeras questões que apareceram nos vestibulares não garantem o sucesso nos exames. Por outro lado, um aprendizado mais conceitual seria muito mais eficaz no que diz respeito à habilidade de abordar questões que fogem aos padrões mais comuns.

*A física "restrita" que esses livros propõem fornecem algo de útil, em termos de conhecimentos gerais de física, aos estudantes universitários em suas futuras profissões?* Diversas profissões de nível superior, como arquitetura, geografia, odontologia entre outras exigem algum nível básico de conhecimentos de física que, a princípio estariam sendo fornecidos pela escola de 2º grau. Porém, o tipo de conhecimento que estes livros fornecem, baseados em "probleminhas" estão longe de fornecer essa compreensão geral

básica. Trata-se fundamentalmente de um conjunto de definições e regras que podem até permitir a resolução de exercícios padronizados, mas que não dão conta das questões mais abrangentes que aparecem em situações práticas. Portanto, embora tenha um caráter propedêutico no que se refere ao exame vestibular, a "física de cursinho" que encontramos nos livros não respondem sequer às demais exigências propedêuticas que um curso teria, em relação ao conhecimento de física.

Quando iniciamos a análise de outras propostas, constatamos que algumas delas possuem outros objetivos mais ou menos definidos, enquanto outras parecem possuir uma indeterminação de objetivos ainda maior do que os livros-textos mais comuns.

O projeto FAI é um exemplo no qual a questão dos objetivos gerais do ensino da física no 2º grau parece não ter sido levada em conta em sua elaboração. O conteúdo que ele propõe é, em termos de tópicos e de abordagem, bastante semelhante ao que encontramos nos livros-textos usualmente empregados. Embora não enfatize a preparação para o vestibular e discuta mais detalhadamente os tópicos, ainda se trata de uma física baseada em definições, nomenclaturas, diagramas, fórmulas e probleminhas. O conhecimento que ele oferece dificilmente poderia ser encarado como um elemento de formação mais ampla, seja no aspecto puramente científico, seja no aspecto de conhecimento básico para outros estudos, seja na compreensão do conhecimento científico inserido no contexto social do estudante. Isso porque se trata de um conhecimento que se refere apenas a suas próprias questões, definições e abstrações de objetos físicos.

O PEF parece mais preocupado em propor um ensino que pudesse servir como formação geral aos alunos de 2º grau e inclui em sua proposta de conteúdo uma variedade maior de elementos, como a atividade experimental, as discussões históricas, alguns elementos do cotidiano e tenta passar uma idéia de como se dá a produção do conhecimento científico. Embora, ao contrário do que observamos no FAI e no Ramalho, tais elementos estejam realmente incorporados a estrutura do projeto, ainda sobra muitas dúvidas se o PEF realmente deu conta de estabelecer objetivos mais claros para a formação científica no 2º grau. Esses elementos que vieram a fazer parte do projeto não formam um "todo orgânico", não permitem vislumbrar uma linha mestra a partir da qual pudéssemos compreender a idéia de formação que está implícita na proposta. Aparentemente, houve uma certa sensação de que eram elementos importantes, e por isso foram incluídos.

Se analisarmos mais detidamente a proposta, percebemos que a idéia de *ensinar uma física "correta"*, com uma visão que os elaboradores julgam correta é muito mais

forte do que a questão de *que física ensinar* ou *como deve ser o conteúdo de física para atender a tais e tais objetivos de formação*. Ou seja, não estão muito claros os objetivos do ensino da física.

Completamente diferente é a forma como o PSSC elaborou sua proposta. A leitura de qualquer um dos volumes deixa claro que há uma intenção de formação em pesquisa científica que está presente nos textos, nos exercícios e nas experiências propostas. Com isso, os tópicos do conteúdo de física são apresentados com uma abordagem que enfatiza ao mesmo tempo seu aspecto de instrumento de pesquisa, como conhecimento básico, e de fundamentos gerais da física que permitem formar uma cosmovisão do universo físico, necessária à pesquisa. A metodologia do trabalho científico aparece com força em todos os momentos, seja no âmbito teórico, seja no âmbito experimental, e se revela através da formação de habilidades básicas para a pesquisa experimental e teórica, como observação, uso de instrumentos e formulação de hipóteses; nas informações mais ou menos profundas sobre os instrumentos de pesquisa experimental, como o telescópio e o acelerador de partículas; e na formulação dos problemas e dos exemplos na forma questões típicas que surgem no trabalho de pesquisa.

Portanto, trata-se de um projeto com um objetivo formativo muito bem definido, o que se reflete em um conteúdo criteriosamente selecionado e organicamente estruturado. Os conteúdos não estão lá simplesmente como um conhecimento a ser transmitido e assimilado, mas com um elemento de formação que pretende um sujeito capaz de realizar determinadas tarefas da vida social, que nesse caso seria um pesquisador em ciências.

O GREF, por sua vez, também deixa transparecer objetivos relativamente claros, embora não tão específicos como o do PSSC. A intenção do projeto, mencionada nos textos que abrem a proposta, é fornecer ao aluno uma compreensão dos elementos "vivenciais" a partir das dimensões "prático-transformadora" e "teórico-universalista". Ou seja, pretende, como o PSSC, formar uma cosmovisão do universo físico, porém ao invés de objetivar que o aluno compreenda esse universo com uma visão de físico-pesquisador, que o faça como alguém que procura responder a questões práticas e teóricas que o mundo social e natural lhe exige.

É assim que o conteúdo do GREF irá procurar estabelecer grandes "generalizações" na forma de modelos, leis e teorias físicas, mas sempre com o objetivo de estabelecer uma compreensão das coisas técnicas e naturais que cercam o aluno em seu cotidiano. O objetivo de formação em física no 2º grau, para o GREF, parece ser o de

fornecer ao aluno *instrumentos* no âmbito do conhecimento científico que possam lhes responder às demandas da sua vida social. Dessa forma, acaba por propor um conteúdo selecionado de acordo com o critério de que seja relevante na formação daquela cosmovisão, como as leis mais gerais da Mecânica, ou de elementos importantes da vida cotidiana como as equações e grandezas que permitem compreender, projetar e dimensionar aparelhos e instalações elétricas.

O que essa comparação entre os projetos nos mostra é que a *física como disciplina escolar* (que é o que necessariamente existe na escola) não precisa nem ser *o que sempre foi* nem ser um panorama da *física como ciência* adaptado à escola. Repensar a física no 2º grau implica em colocar a questão do papel da escola pública hoje, de estabelecer projetos para essa escola, com esses alunos, e inserir a física nesses projetos. E que a física, para que dê conta daquilo que dela esperamos também seja repensada, de um lado como ciência inserida no todo maior da sociedade, e de outro, como conhecimento a ser transmitido dentro da escola.

Uma visão educacional excludente, seletiva pode originar propostas bem elaboradas como o PSSC, mas não pode ser capaz de atender às necessidades de formação científica da parcela majoritária da população. Por mais interessante que seja o projeto PSSC, principalmente para nós, físicos, a verdade é que se trata de uma proposta inadequada para a formação geral, porque priva aqueles que não seguirão a carreira acadêmica em ciências naturais de aspectos do conhecimento físico que poderiam acrescentar muito em sua vida. Mais grave ainda é a visão excludente que a proposta dos livros didáticos atuais representa, pois se trata de um objetivo ainda mais restrito, que sequer é de formação científica em algum nível. Um amontoado de fórmulas e definições sem sentido aparente não serve, na realidade, nem àquele que irá prestar o exame vestibular na área de ciências exatas, porque está lhe privando de uma formação que talvez nem a faculdade, com seus outros objetivos, poderia lhe dar.

Ao se atribuir à escola um papel propedêutico, seja sofisticado como o do PSSC que prepara o aluno para um curso superior de ciência, seja restrito como o do Ramalho que vê na escola de 2º grau uma "passagem" para o vestibular, o que está se propondo é uma escola que exclui, que "escolhe" e não uma escola que forneça uma formação minimamente adequada a cada um que a freqüente. É uma escola de "ganhadores" e "perdedores".

Porém, para se estender um objetivo de formação a todos, e não somente aos "escolhidos", não basta investir em métodos supostamente "eficientes" de se transmitir os

conteúdos, se esses conteúdos se compõem de conhecimentos que não dizem respeito a quaisquer necessidades formativas mais gerais. Nesse sentido, o conteúdo do FAI acaba por lhe dar um caráter tão excludente quanto o do Ramalho, pois mesmo que, por hipótese, seu método fosse muito eficiente, o conhecimento teria pouco significado para o aluno.

Em relação aos métodos de ensino, o que a análise das propostas nos permitiu perceber é o quanto eles estão ligados à própria visão de educação implícita no projeto. A formulação de uma metodologia não pode se dar independentemente de uma formulação, ainda que implícita, de um projeto educacional. Porém, quando esse projeto educacional é explícito, é possível estar avaliando a metodologia em função daquilo que se deseja. Por isso nos parece que o GREF, o PSSC, e até o Ramalho fizeram uma escolha relativamente consciente da metodologia que propõem, de acordo com a visão educacional de cada um.

Também um projeto com um número menor de tópicos abordados, porém com maior profundidade e diversidade de aspectos, como o PEF, não significa necessariamente uma educação que realmente esteja a serviço dos interesses da maioria da população que frequenta os bancos escolares. É preciso que a esses conteúdos estejam associadas idéias formativas que permitam aos alunos *usufruir* de alguma forma do conhecimento que lhes é oferecido. Este usufruto se concretiza no momento em que este conhecimento tenha uma repercussão real na vida deste estudante, seja por lhe fornecer novas formas de ação e compreensão sobre a realidade, seja pela simples busca de compreensão do universo em que vive. Não há dúvida que o PEF está bem mais próximo disso que o FAI, mas sua ênfase no aspecto "interno" do conhecimento físico dificulta o estabelecimento de ligações entre esse conhecimento e as questões que preocupam os alunos ou que influem em sua vida.

Caracterizaríamos, portanto, as propostas educacionais do PEF e do FAI como *indefinidas*. Não está claro em nenhum dos dois projetos, o que realmente se pretende da escola de 2º grau.

O GREF, apesar das lacunas observadas, consegue aliar uma metodologia e um conteúdo de caráter progressista, procurando colocar o conteúdo como instrumento para a compreensão e atuação do aluno em sua prática social. Possui um conteúdo preciso do ponto de vista físico articulado com os elementos vivenciais. Com o aprofundamento dessa articulação e com as adaptações necessárias para se viabilizar nas salas de aula da escola pública pode vir a tornar-se a alternativa mais interessante à "física de cursinho" simplificada hoje reinante.

No nosso entender, a principal característica da proposta é a possibilidade de que seu conteúdo realmente se coloque como o instrumento que deixa antever. Para isso, talvez ainda fosse necessário estabelecer um estudo mais sistemático da articulação entre o conhecimento físico e a prática social do estudante, ou seja, como esse conhecimento possa se tornar o mais significativo.

Nesse ponto, certas referências pedagógicas teriam muito a contribuir. Entre elas mencionariamos trabalho de Paulo Freire, no que se refere à questão do conhecimento como instrumento de compreensão e atuação sobre a realidade (Freire, 1987). Para Freire, estes dois aspectos do conhecimento - compreensão e atuação - são inseparáveis. A cisão do conhecimento, com a valorização de apenas um dos dois aspectos redundando em um conhecimento "vazio", uma palavra sem sentido que acaba em si mesma, muito semelhante àquela física presente no Ramalho.

*.... ação e reflexão (estão) de tal forma solidárias, em uma interação tão radical que, sacrificada, ainda que em parte, uma delas, se ressentem, imediatamente, a outra. Não há palavra verdadeira que não seja práxis.*

(Freire, 1987:77)

O conhecimento científico traz em si uma grande potencialidade de ação e de reflexão sobre a realidade. O nível de elaboração das teorias da física é o resultado de um processo de reflexão extremamente profundo, que permite uma compreensão da realidade realmente extraordinária. Por outro lado possui um caráter transformador muito grande, haja visto as tão veneradas conquistas tecnológicas. O problema é que os conteúdos da física escolar passam ao largo desse processo e é necessário um estudo sistemático das formas como podemos estar concretizando essas suas potencialidades.

Outra referência importante é a de Georges Snyders (Snyders, 1984), que embora possua muitos elementos em comum com a pedagogia proposta por Freire, vem acrescentar alguns aspectos interessantes. Dentre esses aspectos, julgamos fundamental sua valorização da dimensão de *satisfação cultural* que deve estar presente nos conteúdos de ensino.

Mais do que ser um instrumento de ação-reflexão sobre a realidade, o conhecimento é algo que estabelece um crescimento do sujeito, que Freire traduz como *humanização* no sentido de se libertar frente a uma condição opressiva, mas que Snyders acrescenta a idéia de *satisfação*, o prazer presente nesse crescimento, de adquirir tal

conhecimento, de poder realizar algo novo, de saber como as coisas são. Algo ligado com a vontade de conhecer e de poder fazer coisas novas, uma dimensão do conhecimento que algumas pessoas às vezes experimentam ao estudar física ou ao usá-la para resolver uma questão prática.

Tudo isso implicar em reconhecer o conhecimento trazido pelo aluno a respeito das questões do mundo natural e da prática social, sua *cultura primeira*, no dizer de Snyders, que será *problematizada* em um processo de *diálogo*, no dizer de Freire para que se possa estabelecer uma nova compreensão e uma nova prática do mundo que não nega simplesmente essa cultura primeira, mas ao mesmo tempo que parte dela, rompe com ela e ao mesmo tempo que a supera, a transforma e a incorpora. Essa visão essencialmente dialética da natureza do conhecimento e de sua construção é que pode tornar o conhecimento de física realmente relevante no sentido de sua formação.

Redunda em um projeto de escola "includente", ou seja, que parte de uma situação de exclusão, de limitações a que a maioria da população é submetida, e procura fornecer instrumentos para que esse sujeito realize essa sua "inclusão".

## Bibliografia

Alvarenga, Beatriz e Máximo, Antônio.

1-1991 *Curso de Física. Volume 1.* 3ª edição. São Paulo, Harbra, 1991.

2-1992 *Curso de Física. Volume 2.* 3ª edição. São Paulo, Harbra, 1992.

Angotti, José André Peres.

1991 *Fragmentos e totalidades no conhecimento científico e no ensino de ciências.* Tese de doutoramento. São Paulo, Universidade de São Paulo, 1991.

Baudelot, Christian e Establet, Roger.

1990 *La escuela capitalista.* 11ª edição. Cidade do México, Siglo Veintiuno. 1990.

Bittencourt, Diomar da Rocha Santos.

1977 *Uma análise do Projeto de Ensino de Física: Mecânica. Dissertação de mestrado.* São Paulo, Universidade de São Paulo, 1977

Bonjorno, Regina Azenha et. al.

1993 *Física fundamental: 2º grau: volume único.* São Paulo, FTD, 1993.

Carnoy, Martin e Levin, Henry M.

1987 *Escola e trabalho no estado capitalista.* São Paulo, Cortez: 1987.

Cunha, Luiz Antonio.

1988 *Educação e desenvolvimento social no Brasil.* 10ª edição. Rio de Janeiro, Francisco Alves, 1988.

Frigotto, Gaudêncio.

1989 *A produtividade da escola improdutiva: um (re)exame das relações entre educação e estrutura econômico-social capitalista.* 3ª edição. São Paulo, Cortez/Autores Associados, 1989.

Freire, Paulo.

1987 *Pedagogia do oprimido.* 17ª edição. Rio de Janeiro, Paz e Terra, 1987.

GETEF - Grupo de Estudos em Tecnologia de Ensino de Física.

1-1973 *FAI 1, Física auto instrutivo.* São Paulo, Saraiva, 1973.

2-1976 *FAI 2, Física auto instrutivo.* 6ª edição. São Paulo, Saraiva, 1976.

3-1976 *FAI 3, Física auto instrutivo.* 6ª edição. São Paulo, Saraiva, 1976.

4-1974 *FAI 4, Física auto instrutivo.* São Paulo, Saraiva, 1974.

5-1974 *FAI 5, Física auto instrutivo.* São Paulo, Saraiva, 1974.

- P-1973 *FAI, Física auto instrutivo*. Manual do professor. São Paulo, Saraiva, 1973.
- GRAF - Grupo de Reelaboração do Ensino de Física.
- 1-1990 *Física 1: Mecânica*. São Paulo, Ed. da Universidade de São Paulo, 1990.
- 2-1991 *Física 2: Física térmica / Óptica*. São Paulo, Ed. da Universidade de São Paulo, 1991.
- 3-1993 *Física 3: Eletromagnetismo*. São Paulo, Ed. da Universidade de São Paulo, 1993.
- B6-1990 Boletim GRAF nº 6. Mimeo. GRAF, São Paulo, 1990.
- Kuhn, Thomas S.
- 1975 *A estrutura das revoluções científicas*. São Paulo, Perspectiva, 1975.
- Libâneo, José Carlos.
- 1984 Democratização da escola pública. A pedagogia crítico-social dos conteúdos. São Paulo, Loyola, 1984.
- 1990 *Fundamentos teóricos e práticos do trabalho docente: estudo introdutório sobre pedagogia e didática*. Tese de Doutorado. São Paulo, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, 1990.
- Machado, Lucília Regina de Souza.
- 1991 *Politecnia, escola unitária e trabalho*. 2ª edição. São Paulo, Cortez/Autores Associados, 1991.
- Manacorda, Mario Alighiero.
- 1989 *História da educação da Antiguidade aos nossos dias*. 3ª edição. São Paulo, Cortez-Autores Associados, 1992.
- Menezes, Luís Carlos de
- 1988 *Crise, cosmos, vida humana: física para uma Educação Humanista*. Tese de Livre-docência. São Paulo, Universidade de São Paulo, 1988.
- Paraná. (Djalma Nunes).
- 1993 *Física*. Volume 1. Mecânica. São Paulo, Ática, 1993.
- PEF - Universidade de São Paulo, Instituto de Física.
- 1-1984 *Projeto de Ensino de Física. Mecânica 1*. 5ª edição. Rio de Janeiro, FAE, 1984.
- 2-1981 *Projeto de Ensino de Física. Mecânica 2*. 4ª edição. Rio de Janeiro, FAE, 1981.
- 3-1981 *Projeto de Ensino de Física. Eletricidade*. 4ª edição. Rio de Janeiro, FAE, 1981.
- 4-1984 *Projeto de Ensino de Física. Eletromagnetismo*. 5ª edição. Rio de Janeiro, FAE, 1984.
- P1-1973 *Projeto de Ensino de Física. Mecânica 1 e 2*. Guia do professor. 2ª versão preliminar. São Paulo, edição mimeografada, 1973.

P3-1976 *Projeto de Ensino de Física. Mecânica I e 2.* Guia do professor. Versão preliminar. São Paulo, edição mimeografada, 1973.

PSSC - Physical Science Study Committee.

1-1970 *Física.* Parte I. 6ª edição. São Paulo, Edart, 1970.

2-1966 *Física.* Parte II. 2ª edição. São Paulo, Edart, 1966.

3-1974 *Física.* Parte III. 4ª edição. São Paulo, Edart, 1974.

4-1971 *Física.* Parte IV. 2ª edição. São Paulo, Edart, 1971.

P2-1967 *Guia do professor de Física.* Parte II. São Paulo, FBDE/CECISP, 1967.

Ramalho Jr., Francisco et al.

1-1993 *Os fundamentos da física.* Mecânica. 6ª edição. São Paulo, Moderna, 1993.

2-1993 *Os fundamentos da física.* Termologia, Óptica e Ondas. Idem.

3-1993 *Os fundamentos da física.* Eletricidade. Idem.

P-1993 *Os fundamentos da física.* Guia do mestre. Idem.

Robilotta, Manoel Roberto.

1985 *Construção & realidade no ensino de física.* Apostila do curso Construção e Realidade no Ensino de Física oferecido no VI Simpósio Nacional de Ensino de Física. São Paulo, Universidade de São Paulo, 1985.

Romanelli, Otaiza de Oliveira.

1989 *História da educação no Brasil 1930/1973.* 11ª edição. Petrópolis, Vozes, 1989.

Saad, Fuad Daher.

1977 *Análise do projeto FAI - uma proposta de um curso de física auto intrutivo para o 2º grau.* Dissertação de mestrado. São Paulo, Universidade de São Paulo, 1977.

Salém, Sônia.

1986 *Estruturas conceituais no ensino de física: uma aplicação à eletrostática.* Dissertação de mestrado. São Paulo, Universidade de São Paulo, 1986.

Saviani, Dermeval.

1983 *Escola e democracia: teorias da Educação, curvatura da vara, onze teses sobre educação e política.* 25ª edição. São Paulo, Cortez-Autores Associados, 1991. Primeira edição de 1983.

Snyders, Georges.

1988 *A alegria na escola.* São Paulo, Manole, 1988.

1993 *Alunos felizes.* São Paulo, Paz e Terra, 1993.

Suchodolski, Bogdan.

1968 *Tratado de pedagogia*. Madrid, Ediciones Peninsula, s/d. Original polonês de 1968.

Zanetic, João.

1989 *Física também é cultura*. Tese de Doutorado. São Paulo, Universidade de São Paulo, 1989.

# APÊNDICE 1: EXEMPLOS DE TEXTO

## ÍNDICE:

Ramalho.....	A-2
FAI .....	A-3
PEF .....	A-6
PSSC.....	A-8
GRF .....	A-9

## 1. INTRODUÇÃO

Nos capítulos anteriores estudamos uma grandeza (trabalho) que é o produto de uma força por um deslocamento, de importância fundamental devido a um princípio de conservação (conservação da energia). Como a força atua durante um certo intervalo de tempo, podemos propor: será que o produto da força pelo intervalo de tempo tem, em Física, tanta importância quanto o produto da força pelo deslocamento? Será que está relacionado a algum princípio de conservação?

A resposta é positiva: a grandeza em questão é o **impulso de uma força** (força multiplicada pelo intervalo de tempo) associada ao **princípio da conservação da quantidade de movimento**.

## 3. QUANTIDADE DE MOVIMENTO

Considere um corpo de massa  $m$  com velocidade  $\vec{v}$  num determinado referencial (Fig. 4). A **quantidade de movimento** desse corpo é a **grandeza vetorial**:

$$\vec{Q} = m\vec{v}$$

**Quantidade de movimento** é uma **grandeza vetorial** e possui, portanto, intensidade, direção e sentido.

$$\vec{Q} = m\vec{v}$$

- a) **intensidade:** (módulo)  $|\vec{Q}| = m |\vec{v}|$
- b) **direção:** a mesma de  $\vec{v}$  (paralela a  $\vec{v}$ )
- c) **sentido:** o mesmo de  $\vec{v}$  (pois  $m$  é positivo)

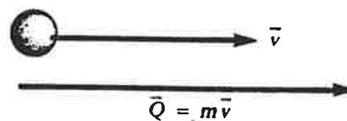


Figura 4

No Sistema Internacional de Unidades (SI), a unidade do módulo da quantidade de movimento é o **quilograma x metro por segundo** ( $\text{kg} \cdot \text{m/s}$ ).

## SEÇÃO 2 – QUANTIDADE DE MOVIMENTO LINEAR

Definiremos nesta seção uma grandeza vetorial muito relacionada com a velocidade de um objeto. Em muitos eventos ou acontecimentos físicos, tal grandeza torna-se muito mais importante que a velocidade simplesmente. Por exemplo: numa colisão de um carro de passeio com um caminhão tanque carregado, mesmo que ambos possuam velocidades de mesmo módulo, é evidente que o carro sofrerá muito mais avarias que o caminhão. Numa colisão, não somente a velocidade, mas a velocidade e a massa, conjuntamente, é que são fatores importantes.

## A – QUANTIDADE DE MOVIMENTO LINEAR DE UM OBJETO

$$\vec{p} = m \cdot \vec{v}$$

$$|\vec{p}| = m \cdot |\vec{v}|$$

- 1 ■ Suponha que duas bolas de massas iguais possuam velocidades de módulos iguais a 10 m/s e 20 m/s respectivamente. É mais difícil alterar o estado de movimento da bola com velocidade de módulo \_\_\_\_\_. Sob outro ponto de vista, é mais fácil alterar o estado de movimento da bola que possui velocidade de módulo (maior; menor).

★★★★★★★★★★

20 m/s; menor

- 2 ■ Se as bolas acima citadas possuírem velocidades de mesmo módulo, a facilidade ou a dificuldade de alterar seus estados de movimento (seria a mesma; seria diferente).

★★★★★★★★★★

seria a mesma

- 3 ■ Aparentemente é mais fácil alterar o estado de movimento de objetos que possuem velocidade de módulo (maior; menor) e mais difícil dos que possuem velocidade de módulo \_\_\_\_\_.

★★★★★★★★★★

menor; maior

- 4 ■ Suponha agora que duas bolas de massas diferentes possuam velocidades de mesmo módulo. É mais difícil alterar o estado de movimento da bola que possui \_\_\_\_\_.

★★★★★★★★★★

maior massa

- 5 ■ Por outro lado, é mais fácil alterar \_\_\_\_\_.

★★★★★★★★★★

o estado de movimento da bola que possui menor massa

- 6 ■ Aparentemente, a massa de um objeto está relacionada com a facilidade ou dificuldade de alterar seu estado de movimento. Quanto maior for a massa do objeto, (maior; menor) será a dificuldade de \_\_\_\_\_.

★★★★★★★★★★

maior; alterar seu estado de movimento

- 7 ■ Considere duas massas. Uma de 10 kg e outra de 1 kg, que se movem com velocidades cujos módulos são 2 m/s e 8 m/s, respectivamente. Qual das duas oferece maior facilidade em modificar o estado de movimento? Possivelmente você não saberá dar uma resposta de imediato. Já analisamos que tanto a massa como a velocidade estão relacionadas com a facilidade ou dificuldade oferecida pelo objeto em modificar seu estado de movimento. Definiremos então uma grandeza que está intimamente ligada a esta facilidade ou dificuldade: tal grandeza denominar-se-á quantidade de movimento linear do objeto. O termo linear aparece porque trataremos

apenas de movimento de translação, isto é, movimento ao longo de uma trajetória. Movimentos como o de rotação em torno de um eixo não serão considerados no momento. Portanto, quanto maior for a quantidade de movimento linear de um objeto (maior; menor) será a **facilidade** de alterar seu \_\_\_\_\_.

★★★★★★★★★★

menor; estado de movimento

8 ■ Quanto menor a quantidade de movimento linear de um objeto, (maior; menor) será a **dificuldade** de alterar seu \_\_\_\_\_ e \_\_\_\_\_ será a **facilidade** de modificar seu estado de movimento.

★★★★★★★★★★

menor; estado de movimento; maior

9 ■ A quantidade de movimento linear de um objeto de massa  $m$  e velocidade  $\vec{v}$  é dada como sendo o produto da massa pela velocidade. Representaremos esta grandeza pela letra  $\vec{p}$ . Portanto:  $\vec{p} = \underline{\hspace{2cm}}$ .

★★★★★★★★★★

$m \cdot \vec{v}$

10 ■  $\vec{p} = m \cdot \vec{v}$  A massa é uma grandeza (escalar; vetorial) e a velocidade é uma grandeza \_\_\_\_\_. O produto de uma grandeza escalar por uma vetorial resulta sempre uma grandeza (escalar; vetorial). Logo, a quantidade de movimento linear é uma \_\_\_\_\_.

★★★★★★★★★★

escalar; vetorial; vetorial; grandeza vetorial

11 ■ A quantidade de movimento linear, sendo uma grandeza \_\_\_\_\_, possui \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ e \_\_\_\_\_.

★★★★★★★★★★

vetorial; módulo; direção; sentido

12 ■  $\vec{p} = m \cdot \vec{v}$  A expressão ao lado representa simbolicamente a \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de um objeto de \_\_\_\_\_ (m) e \_\_\_\_\_ ( $\vec{v}$ ). O módulo da quantidade de movimento linear é dado pelo produto da \_\_\_\_\_ do objeto pelo \_\_\_\_\_ da velocidade. Simbolicamente:

$$|\underline{\hspace{1cm}}| = \underline{\hspace{1cm}} \cdot |\underline{\hspace{1cm}}|$$

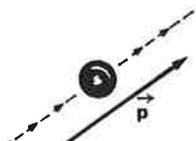
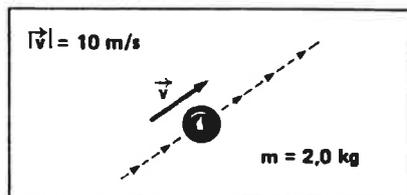
★★★★★★★★★★

quantidade; movimento linear; massa; velocidade; massa; módulo;  $|\vec{p}| = m \cdot |\vec{v}|$

13 ■ A figura ao lado representa uma esfera movimentando-se com velocidade de módulo 10 m/s. Sendo a massa de 2,0 kg, calcule o módulo da quantidade de movimento linear e represente na figura o vetor quantidade de movimento.

★★★★★★★★★★

$$|\vec{p}| = 2,0 \text{ kg} \cdot 10 \text{ m/s} = 20 \text{ kg m/s}$$



- 14 ■ Uma bola movimenta-se horizontalmente para o norte com velocidade cujo módulo é 5,0 m/s. Se sua massa é 1,2 kg, o módulo de sua quantidade de movimento linear vale \_\_\_\_\_; sua direção é \_\_\_\_\_ e o sentido é \_\_\_\_\_.

★★★★★★★★★★

6,0 kg m/s; horizontal; para o norte

- 15 ■ Um corpo de massa 1,5 kg possui num determinado instante velocidade de módulo 2,0 m/s e um outro de massa 3,0 kg, velocidade de módulo 1,0 m/s. Qual dos dois possui quantidade de movimento linear de módulo maior? \_\_\_\_\_.

★★★★★★★★★★

Nenhum, pois ambos possuem  $|\vec{p}| = 3,0 \text{ kg m/s}$ .

- 16 ■ No Sistema Internacional de Unidades, a unidade padrão de massa é \_\_\_\_\_ e a unidade de velocidade é \_\_\_\_\_. Portanto, a unidade de quantidade de movimento, neste sistema, é \_\_\_\_\_.

★★★★★★★★★★

kg; m/s; kg m/s

- 17 ■ Um caminhão de massa 2 000 kg movimenta-se para o norte com velocidade igual a 20 m/s enquanto outro carro de massa 800 kg movimenta-se para o leste com velocidade igual a 50 m/s. A quantidade de movimento do caminhão possui módulo \_\_\_\_\_ e a do carro, \_\_\_\_\_. Entretanto, estas quantidades não são iguais porque \_\_\_\_\_.

★★★★★★★★★★

$4 \cdot 10^4 \text{ kg m/s}$ ;  $4 \cdot 10^4 \text{ kg m/s}$ ; a do caminhão está dirigida para o norte e a do carro, para o leste, diferindo portanto quanto à direção e ao sentido.

No século XVII, alguns filósofos que estudavam a natureza não acreditavam que o Universo — a máxima criação da perfeição divina — pudesse ser uma máquina imperfeita, cujos movimentos cessariam um dia. Esses filósofos acreditavam que o movimento, ou melhor, que a **quantidade de movimento** do Universo não podia aumentar nem diminuir, mas permanecer constante: ela é uma grandeza que deve se conservar.

Restava então descobrir como medir essa grandeza.

## 1. A medida da quantidade de movimento

Uma das primeiras hipóteses que se aventou foi considerar a velocidade como medida da quantidade de movimento. De acordo com a necessidade filosófica, a velocidade deveria se conservar. No entanto, essa idéia foi logo rejeitada, pois mesmo experiências muito simples demonstraram que a velocidade não se conserva. Assim é que uma velocidade relativamente alta de uma bola de futebol desaparece quando ela é defendida por um goleiro; além disso, a velocidade que a bola possui não se transfere para o jogador, mesmo que este não esteja com os pés no chão: se ele estiver saltando, seu corpo sofre um pequeno recuo no momento em que defende a bola, mas a velocidade desse recuo é muito pequena.

Por volta de 1630, René Descartes propôs que a **quantidade de movimento de um corpo fosse medida pelo produto massa vezes velocidade** ( $m \times v$ ). Então, segundo Descartes, a quantidade de movimento não só depende da velocidade, mas também da massa do corpo em questão. Uma abelha e um cavalo, por exemplo, ambos a 10km/h, terão diferentes quantidades de movimento. Se as massas forem de 0,001kg e de 300kg, suas quantidades de movimento serão:

**abelha**

$$m_a v_a = 0,001\text{kg} \times 10\text{km/h} = 0,01\text{kg} \cdot \text{km/h}.$$

**cavalo**

$$m_c v_c = 300\text{kg} \times 10\text{km/h} = 3000\text{kg} \cdot \text{km/h}.$$

A hipótese de Descartes é mais razoável: ela explica, por exemplo, o que ocorre no caso da bola e do goleiro. A bola transfere ao goleiro uma velocidade menor porque a massa deste último é muito maior.

**Q1** — Se a velocidade da bola fosse de 20m/s e sua massa 0,40kg, qual seria sua quantidade de movimento ( $mv$ ) antes da defesa?

**Q2** — Qual era a quantidade de movimento do goleiro antes da defesa, supondo que ele estivesse parado e que sua massa é 63,6kg?

Como a quantidade de movimento da bola era 8,0kgm/s e a do goleiro 0kgm/s, a quantidade de movimento total dos dois corpos juntos era  $m_b \cdot v_b + m_g \cdot v_g = 8,0\text{kgm/s} + 0\text{kgm/s} = 8,0\text{kgm/s}$ .

Depois da defesa os dois corpos (goleiro e bola) formam um corpo cuja massa é  $63,6\text{kg} + 0,4\text{kg} = 64,0\text{kg}$ . Supondo que a **quantidade de movimento**, definida segundo Descartes, se conserve, ou seja, que a quantidade de movimento do conjunto antes da defesa é igual à quantidade de movimento final, podemos calcular a velocidade do sistema goleiro-bola logo após a defesa. Assim: quantidade de movimento inicial = quantidade de movimento final

$$8,0\text{kgm/s} = 64,0v_{(g + b)}\text{kg}.$$

$$v_{(g + b)} = \frac{8,0}{64,0} \text{ m/s} = 0,125\text{m/s}.$$

Outra experiência que mostra ser razoável a hipótese de Descartes é a colisão frontal de dois discos, cuja fotografia estroboscópica está na figura 1.

**Q3** — Determine, a partir da fotografia, a velocidade do disco A antes do choque.

**Q4** — Qual a velocidade do disco B antes do choque?

**Q5** — Qual o valor da quantidade de movimento de cada um dos discos antes do choque?

A quantidade de movimento total do sistema constituído pelos dois discos pode ser calculada adicionando as quantidades de movimento do disco A e do disco B.

- Q6** — Qual o valor da quantidade de movimento total antes do choque?
- Q7** — Determine, agora, as quantidades de movimento de cada disco depois do choque.
- Q8** — Qual é a quantidade de movimento total do sistema depois do choque?
- Q9** — Houve conservação da quantidade de movimento?

Verificamos, então, que a quantidade de movimento do disco A foi toda transferida ao disco B, de tal forma que houve conservação da quantidade de movimento do sistema.

Façamos agora o mesmo estudo, utilizando a figura 2, que mostra dois discos inicialmente em repouso e entre os quais está comprimida uma mola. Quando a mola é liberada, ela empurra os dois corpos, que então se afastam. Podemos pensar no processo como uma "explosão" do sistema constituído pelos dois discos e a mola.

- Q10** — Qual é a quantidade de movimento total antes da explosão?
- Q11** — Qual é a quantidade de movimento do disco A depois da explosão?
- Q12** — E a do disco B?
- Q13** — Qual é a quantidade de movimento total do sistema, depois da explosão?

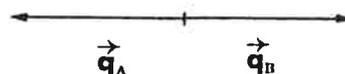
Sua resposta a esta última questão deve ter sido 8,8kgm/s; ou seja, a quantidade de movimento do sistema passou de zero (valor antes da explosão) a 8,8kgm/s (valor depois da explosão). Dessa maneira, a quantidade de movimento, tal como foi definida por Descartes, não se conservou nessa experiência, isso indica que alguma coisa falta para se definir corretamente a quantidade de movimento, uma vez que estamos procurando uma grandeza que se conserva. Vejamos como corrigir a situação.

Isaac Newton, em seu livro **Princípios Matemáticos da Filosofia Natural**, publicado em 1687, afirmou que a quantidade de movimento de um corpo é medida pelo produto de sua massa pela sua velocidade, mas considerou esta última como uma grandeza vetorial, isto é, dotada de uma direção e de um sentido. Dessa forma, a quantidade de movimento de um corpo é também uma grandeza vetorial, cuja direção e sentido coincidem com a direção e o sentido da velocidade do corpo; seu módulo é dado pelo produto da massa do corpo pelo módulo da velocidade. Isso pode ser escrito da seguinte forma:

$$\vec{q} = m \cdot \vec{v}.$$

Esta é a definição correta da quantidade de movimento de um corpo. A quantidade de movimento total de um sistema de vários corpos é definida como a soma vetorial das quantidades de movimento dos corpos do sistema; por exemplo, se o sistema consiste de dois corpos de massas  $m_1$  e  $m_2$  e velocidades  $\vec{v}_1$  e  $\vec{v}_2$ , a quantidade de movimento total do sistema é  $\vec{q}_t = m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2$ .

Voltando à experiência da figura 2, verificamos que as quantidades de movimento, consideradas vetorialmente, dos discos A e B depois da explosão são iguais em módulo, têm a mesma direção mas sentidos opostos. Representando essas grandezas na escala de 1cm para 2kgm/s, temos:

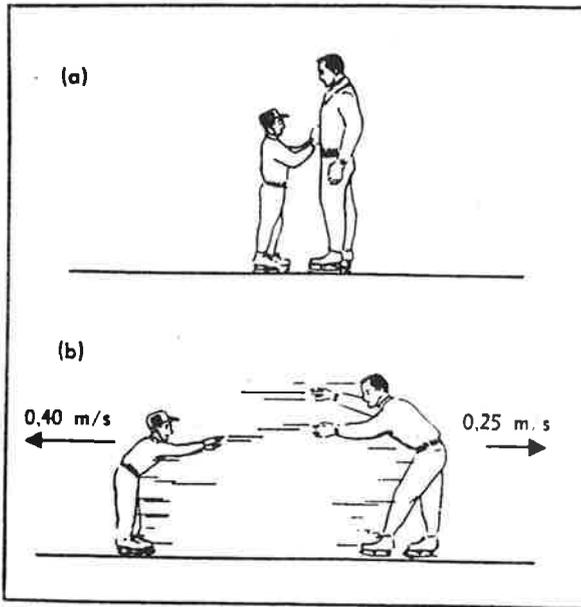


vê-se que a soma vetorial dessas grandezas é zero, de modo que a quantidade de movimento do sistema não é 8,8kgm/s, mas zero. Dessa maneira, a quantidade de movimento se conservou, pois seu valor permaneceu nulo.

É significativo notar a diferença entre **quantidade de movimento** e **movimento**; o fato de a quantidade de movimento total de um sistema ser nula não implica que os corpos que o constituem estejam imóveis: na situação mostrada na figura 2, a quantidade de movimento total é zero — mas cada um dos dois corpos que constituem o sistema está se movendo.

23 — 2. Quantidade de Movimento.

Quando a massa  $m$  está se movendo com velocidade  $v$ , sentimos que há certa quantidade de movimento. Ademais, se dois corpos, cada um de massa  $m$ , se movem com a mesma velocidade, deveríamos ter uma quantidade de movimento que é o dobro da de um só corpo. Po-



23-5 — Num lago gelado, um rapaz de 50 kg empurra um homem de 80 kg com força bastante para dar-lhe a velocidade de 0,25 m/s. O rapaz move-se a 0,40 m/s.

demos imaginar várias medidas do movimento, que seriam proporcionais à massa e aumentariam com a velocidade — por exemplo,  $mv$ ,  $mv^2$ ,  $mv^3$ , etc. Duas de tais medidas são de grande importância para a Física. Vamos estudar agora uma delas.

Uma medida da quantidade de movimento de um corpo que está se movendo com velocidade  $\vec{v}$  é o impulso necessário para fazê-lo mover-se à velocidade  $\vec{v}$  partindo do repouso. Como aprendemos na última seção, o impulso necessário é determinado por  $m\Delta\vec{v}$ , a massa multiplicada pela variação de velocidade; e, para uma massa que parte do repouso, a variação da velocidade é igual à velocidade final  $\vec{v}$ . O impulso que deveria ser dado ao corpo para dar-lhe a velocidade  $\vec{v}$  que ele tem no instante considerado é, portanto, igual a  $m\vec{v}$ , a massa multiplicada pela sua velocidade naquele instante. Sendo o produto  $m\vec{v}$  proporcional à massa e à velocidade, é uma medida do movimento, do tipo descrito no parágrafo acima. Chama-se *quantidade de movimento do corpo*, e sua unidade é o quilograma  $\times$  metro por segundo. Como usaremos muitas vezes as quantidades de movimento, introduziremos o símbolo  $\vec{p}$  para representá-la:  $\vec{p} = m\vec{v}$ .

Velocidade e quantidade de movimento, embora relacionadas, são coisas diferentes. O conhecimento da velocidade apenas nos indica a rapidez de um corpo e a direção em que ele se move. Nada nos diz sobre o esforço necessário para comunicar-lhe o movimento ou para fazê-lo parar. A quantidade de movimento, por outro lado, nada diz sobre a velocidade do objeto (ainda que nos diga a direção em que ele se move), mas determina o impulso necessário para colocá-lo em movimento ou para pará-lo. Resumidamente, velocidade é uma quantidade cinemática — ela dá uma descrição geométrica, enquanto a quantidade de movimento é uma quantidade dinâmica, ligada aos impulsos e, portanto, às causas das variações dos movimentos dos objetos.

Observe que a quantidade de movimento não depende do caminho segundo o qual o corpo adquiriu o movimento que possui;  $\vec{p} = m\vec{v}$  nada mais contém que a massa e seu movimento no instante considerado. O impulso que colocou o corpo em movimento pode ter sido fornecido de um número infinito de maneiras (como aprendemos na última seção) ou então a massa sempre se moveu com a quantidade de movimento  $\vec{p}$ . Análogamente, o impulso requerido para levar a massa ao repouso pode ser aplicado de infinitas maneiras, ou pode não vir a ser aplicado; de qualquer forma, pela quantidade de movimento atual, sabemos qual seria o seu valor.

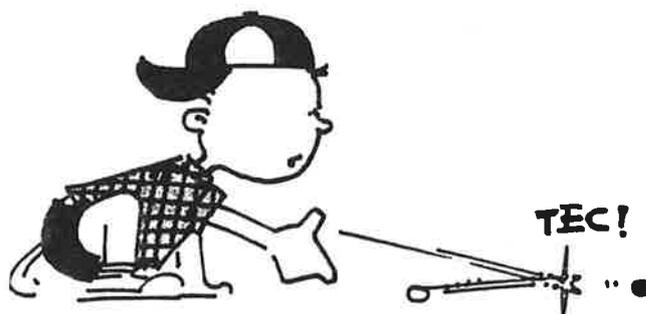
Seria necessário um impulso igual a  $-m\vec{v}$  para deter o corpo, quer usemos uma grande força durante pouco tempo, quer uma pequena força por longo tempo.

Devido à sua conexão com o impulso, que ocorre naturalmente na lei de Newton,  $\vec{F}\Delta t = m\Delta\vec{v}$ , é de se esperar que a quantidade de movimento se adapte bem à dinâmica newtoniana. Com efeito, Newton expressou sua lei do movimento em termos do produto  $m\vec{v}$ , que ele chamou quantidade de movimento. Podemos facilmente expressar a lei de Newton em termos da variação da quantidade de movimento, em vez da variação de velocidade:  $\vec{F}\Delta t = m(\vec{v}' - \vec{v})$ , onde  $\vec{v}$  e  $\vec{v}'$  são as velocidades antes e depois do impulso  $\vec{F}\Delta t$ . Mas o segundo membro da última equação pode escrever-se  $m(\vec{v}' - \vec{v}) = m\vec{v}' - m\vec{v} = \vec{p}' - \vec{p} = \Delta\vec{p}$ , a variação da quantidade de movimento. Finalmente, dividindo por  $\Delta t$  encontramos  $\vec{F} = \Delta\vec{p}/\Delta t$ ; a força é igual à taxa de variação da quantidade de movimento. Foi exatamente nessa forma, e não em termos de  $\vec{F} = m\vec{a}$  que Newton formulou originalmente sua lei.

### 1.2.2 O caráter vetorial e a expressão matemática da quantidade de movimento e de sua conservação

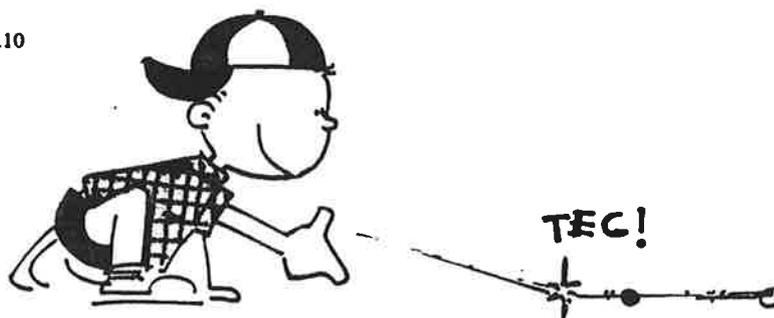
Vamos imaginar um jogo de bolas de gude com bolas de massas diferentes e de mesmo tamanho, por exemplo, uma de vidro e outra de aço. Se a bola de vidro colidir frontalmente com a de aço parada, esta avançará um pouco e a bola de vidro recuará com uma certa velocidade.

fig. 1.9



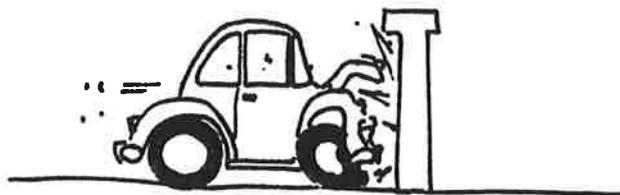
Se por outro lado atirmos com a bola de aço, após a colisão, ambas avançarão no mesmo sentido, embora com velocidades diferentes.

fig. 1.10



Quando ocorre uma colisão frontal entre um carro que se movimenta com pequena velocidade e um muro, o carro em geral recua um pouco. Se em lugar do carro fosse um ônibus, com a mesma velocidade, o muro seria destruído e o ônibus continuaria em seu movimento de avanço alguns instantes após a colisão.

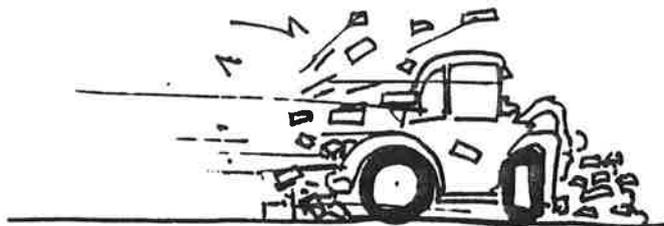
fig. 1.11



Se associamos aos objetos uma quantidade de movimento, podemos afirmar que para uma certa velocidade a quantidade de movimento é maior para massas maiores.

Se o carro da situação anterior estiver se movimentando com grande velocidade e colidir frontalmente com um muro, seu movimento após a colisão deverá ser diferente. Poderá destruir o muro e continuar seu movimento, alguns instantes após a colisão. Desse modo podemos afirmar que para uma certa massa, a quantidade de movimento é maior para velocidades maiores.

fig. 1.12



Na análise dos movimentos que surgem acoplados, associamos a eles uma direção e também um sentido. Quando afirmamos, por exemplo, que um nadador empurra a água para trás e avança para frente e, que quanto mais água ele empurra, maior será sua velocidade, estamos afirmando que a velocidade do nadador tem uma direção e um sentido enquanto a velocidade da água tem a mesma direção mas sentido oposto. Da mesma forma podemos dizer que a velocidade de um avião tem a mesma direção que a velocidade do ar que ele desloca, porém o sentido de suas velocidades é oposto.

O resultado das interações analisadas anteriormente permite atribuir à quantidade de movimento uma direção e um sentido. Isto porque leva em conta a direção e o sentido da velocidade dos objetos. Além disso, ela é uma grandeza que depende do valor da **massa** e da **velocidade**.

Grandezas físicas que, como a velocidade, necessitam de informações a respeito da direção e do sentido além da intensidade para ficarem perfeitamente caracterizadas, são denominadas grandezas vetoriais. Outras grandezas, como por exemplo a massa, que não necessitam dessas outras informações, bastando seu valor numérico para ficarem completamente caracterizadas, são denominadas grandezas escalares.

Nas situações discutidas anteriormente (criança sobre patins atirando pedras, o canhão lançando balas, uma jogada de bilhar e o jogo de bolas de gude), buscamos indícios que nos permitem afirmar que a quantidade de movimento dos sistemas permanece a mesma imediatamente antes e imediatamente depois da interação.

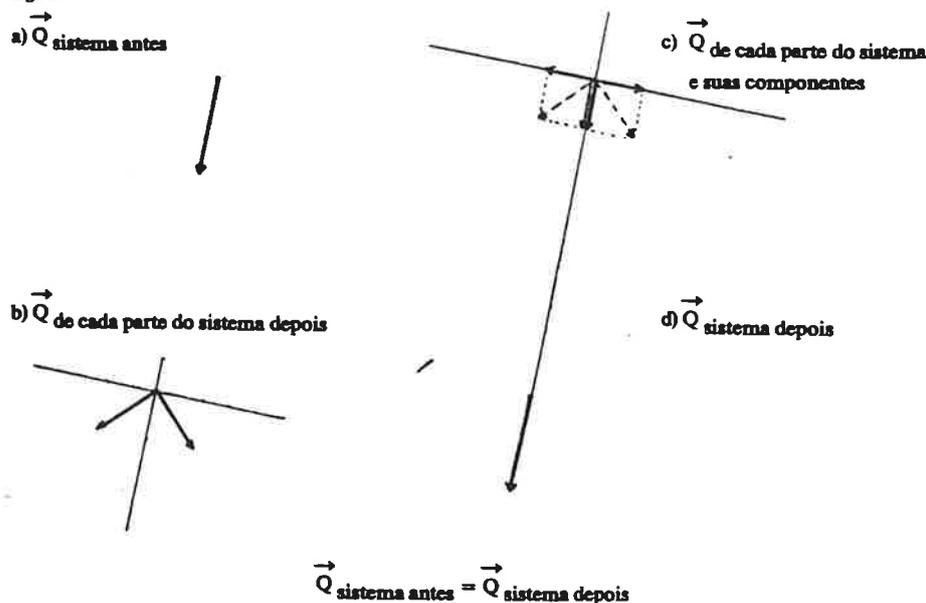
A maioria das colisões, entretanto, não é frontal. Num jogo de bilhar ou num jogo de bolas de gude, por exemplo, uma bola bate em outra um pouco de lado, ou de "raspão" e as duas se afastam em direções diferentes. Porém, mesmo nessas situações, a quantidade de movimento do sistema se conserva, só que a regra de soma já revela completamente seu caráter vetorial, como veremos.

fig. 1.13



Nas situações em que, após a colisão os objetos mudam a direção de seus movimentos, podemos analisar a quantidade de movimento de cada um deles, separando-a em duas componentes: uma na direção da quantidade de movimento inicial e outra na direção perpendicular a ela. A conservação da quantidade de movimento deve se dar nestas duas direções. Esse procedimento decorre do caráter vetorial da quantidade de movimento.

fig. 1.14



Por sua generalidade ou universalidade, a conservação da quantidade de movimento no sistema é um dos mais fundamentais princípios de conservação da Física. É utilizado para calcular a velocidade de recuo das armas; para projetar foguetes espaciais e máquinas industriais ou até, na descoberta de partículas integrantes dos átomos ou dos núcleos atômicos e de corpos celestes (que por diferentes razões não sejam visíveis mas cujos efeitos mecânicos podemos calcular).

A quantidade de movimento de um objeto, assim como sua velocidade, para ficar definida, deve associar à sua intensidade, uma direção e um sentido. Noutras palavras é uma grandeza vetorial.

Matematicamente expressamos a quantidade de movimento da seguinte forma:

$$\vec{Q} = m \cdot \vec{v} \text{ onde } m \text{ é a massa e } \vec{v} \text{ a velocidade do objeto.}$$

A expressão matemática da conservação da quantidade de movimento de um sistema isolado, constituído de  $n$  massas, ficaria assim:

$$m_1 \cdot \vec{v}_1 + m_2 \cdot \vec{v}_2 + \dots + m_n \cdot \vec{v}_n = \vec{Q}_{\text{sistema}} = \text{constante}$$

A unidade da medida dessa grandeza, no Sistema Internacional é Kg.m/s, embora possa ser expressa como o produto de unidades de massa e velocidade quaisquer.

## APÊNDICE 2: EXEMPLOS DE EXERCÍCIOS

### ÍNDICE:

Ramalho.....	A-13
FAI .....	A-14
PEF .....	A-15
PSSC.....	A-16
GRAF .....	A-17



## EXERCÍCIOS PROPOSTOS

P.202 (Vunesp) Enuncie a lei física à qual o herói da "tirinha" se refere.



(Folha de S. Paulo, 27/11/89, p. D-8.)

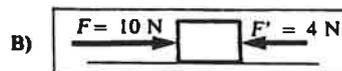
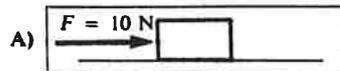
P.203 (PUC-SP) Com base no princípio de ação e reação, responda:

A) A afirmação abaixo está certa ou errada? Justifique.

"Quando exercemos uma força  $\vec{F}$  numa mesa, esta exerce uma força oposta  $-\vec{F}$  que anula a força  $\vec{F}$ , de modo que a força resultante sobre a mesa é nula e ela, portanto, não se move."

B) Descreva uma situação em que se evidenciem as forças de ação e de reação (mostre como as duas forças estão agindo).

P.204 Determine a aceleração de um bloco de massa 2 kg e que desliza, num plano horizontal sem atrito, nas situações indicadas abaixo:



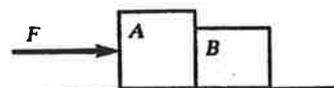
P.205 (UFMG) Submete-se um corpo de massa igual a 5000 kg à ação de uma força constante que, a partir do repouso, lhe imprime a velocidade de 72 km/h, ao fim de 40 s. Determine:

A) a intensidade da força;

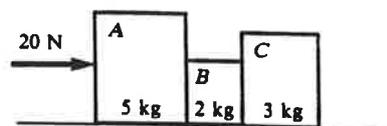
B) o espaço percorrido.

P.206 Qual o valor, em newtons, da força média necessária para fazer parar, num percurso de 20 m, um automóvel de  $1,5 \cdot 10^3$  kg a uma velocidade de 72 km/h?

P.207 (U. Mackenzie-SP) Uma força horizontal  $F = 10$  N é aplicada ao bloco A de 6 kg, o qual por sua vez está apoiado em um segundo bloco B de 4 kg. Se os blocos deslizam sobre um plano horizontal sem atrito, qual a força, em newtons, que um bloco exerce sobre o outro?



P.208 Três blocos A, B e C, de massa  $m_A = 5$  kg,  $m_B = 2$  kg e  $m_C = 3$  kg, estão numa superfície horizontal sem atrito. Aplica-se ao bloco A uma força de 20 N, constante, como indica a figura. Determine:

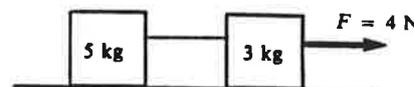


A) a aceleração do conjunto;

B) a intensidade da força que B exerce em C;

C) a intensidade da força que A exerce em B.

P.209 Dois blocos de massas 5 kg e 3 kg estão numa superfície horizontal sem atrito e ligados por um fio de massa desprezível. A força horizontal  $\vec{F}$  tem intensidade constante igual a 4 N. Determine a tração no fio que liga os corpos.



P.210 (FEI-SP) Sabendo-se que a tração no fio que une os dois blocos vale 100 N, qual é o valor do módulo da força  $\vec{F}$ ? Não há atritos.

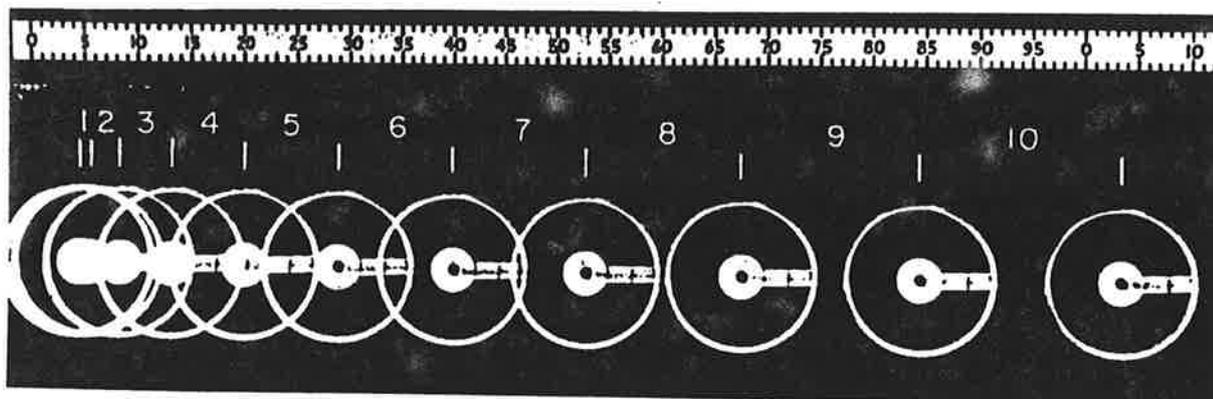


## SEÇÃO 9 – PROBLEMAS

- 1 ■ Quando uma força de 1,0 newton atua sobre um objeto que possui ampla liberdade de movimento, qual é a aceleração resultante, se a massa do objeto é 1,0 kg?
- 2 ■ Uma força de 1,0 newton atua sobre um objeto de peso 1,0 newton. Se ele possui ampla liberdade de movimento, qual é o módulo da aceleração resultante sobre o objeto?  $|\vec{g}_0| \cong 10 \text{ N/kg}$
- 3 ■ Um automóvel de massa 2 000 kg acelera de 20 m/s para 30 m/s num intervalo de tempo igual a 1 s. Determine a intensidade da força aceleradora resultante.
- 4 ■ Um homem encontra-se sobre uma balança calibrada em newtons dentro de um elevador. A escala da balança acusa 600 newtons. Quando o elevador começa a se movimentar, a escala acusa 800 newtons. Qual é o sentido do movimento do elevador? Justifique.
- 5 ■ Um elevador de massa 2 400 kg é suportado por um cabo de aço que pode aguentar com segurança uma tração de 30 000 newtons. Qual é a máxima aceleração, dirigida verticalmente para cima, que o elevador pode desenvolver? Supor  $|\vec{g}_0| \cong 10 \text{ N/kg}$
- 6 ■ Uma caixa movimenta-se com uma velocidade inicial de 5,0 m/s sobre uma superfície horizontal e percorre 12,5 m antes de parar. Supondo que a massa da caixa seja 2,0 kg, qual é a intensidade da força retardadora do atrito?
- 7 ■ Um bloco é puxado com uma força constante de módulo 8,0 N, dirigida horizontalmente para a esquerda. Sendo 4,0 kg a massa do bloco e zero a sua velocidade inicial:
  - a) qual é a intensidade da aceleração resultante?
  - b) qual é a velocidade do bloco depois de 2,0 s?
  - c) qual é o deslocamento do bloco depois de 2,0 s?
- 8 ■ Um homem puxa um objeto de 100 kg sobre uma superfície sem atrito de modo que sua aceleração seja  $4,0 \text{ m/s}^2$ . Qual é a força aplicada sobre o objeto?
- 9 ■ Considere o mesmo enunciado da questão 8. Suponha que o homem esteja puxando o objeto com um cabo de massa 5,0 kg. Qual é o módulo da força que o homem deve exercer, de modo que o objeto possua ainda aquela aceleração?
- 10 ■ No caso do problema 9. Qual é a tração ao longo do cabo?
- 11 ■ Após a reentrada na superfície, um astronauta de 80 kg de massa é recolhido no mar por intermédio de um helicóptero. Quando o helicóptero o acelera verticalmente para cima a  $0,50 \text{ m/s}^2$ , qual é a tração no cabo que o segura?  $|\vec{g}_0| = 10 \text{ N/kg}$ .
- 12 ■ Uma massa de 100 g é suspensa por intermédio de uma mola a um balão. Qual será a força da mola quando o balão subir a  $2,0 \text{ m/s}^2$ ?

## 5. Exercícios de aplicação

- E1** — Um disco de massa 0,5kg desliza sem atrito sobre uma superfície lisa, com aceleração de  $4\text{m/s}^2$ . Que força atua sobre ele?
- E2** — Diante de um imprevisto, um automóvel de massa 2000kg é freado, passando sua velocidade de 72km/h para 36km/h em 5s. Qual o valor da força que foi aplicada pelos freios?
- E3** — Um carro, cuja massa é de 600kg, quebrou sua barra de direção e precisa ser guinchado. Qual a aceleração que o carro adquire, quando o guincho começa a puxá-lo com uma força de 300N?
- E4** — Um foguete que leva em sua ogiva um satélite meteorológico é acelerado durante 10s; os gases expelidos pelo seu reator exercem sobre ele uma força inicial de  $2 \times 10^6\text{N}$ . Sendo a massa do foguete  $10^4\text{kg}$ , qual é a aceleração inicial produzida?
- E5** — Uma locomotiva acelera um vagão de massa 24000kg, imprimindo a ele uma aceleração de  $0,5\text{m/s}^2$ . Qual o valor da força que a locomotiva aplica ao vagão? Qual a intensidade da força necessária para imprimir a mesma aceleração a um conjunto de dez vagões iguais ao primeiro?
- E6** — Uma força constante é aplicada durante 1,0s num disco A, que desliza sem atrito sobre uma mesa. A velocidade do disco varia de  $2,0\text{m/s}$  nesse intervalo de tempo. A mesma força aplicada em outro disco B, durante 3,0s, acarreta uma variação de velocidade de  $5,0\text{m/s}$ .
- Qual dos discos possui maior massa?
  - Quais as massas dos discos A e B, sabendo que a força é de 10,0N?
- E7** — Em um tubo de TV, um elétron é acelerado por uma força constante de  $25 \times 10^{-11}\text{N}$ . Sendo a massa do elétron  $9,1 \times 10^{-31}\text{kg}$ , calcule:
- A aceleração do elétron.
  - A velocidade final do elétron, sabendo que ele parte do repouso e que o tubo o acelera durante  $2,6 \times 10^{-10}\text{s}$ .
- E8** — Um carrinho é puxado sobre uma superfície horizontal lisa, por uma mola mantida em distensão constante. Verifica-se que o carrinho é acelerado com a aceleração igual a  $12\text{cm/s}^2$ . Qual será a aceleração desse carrinho, se ele for puxado por duas molas, cada uma exatamente igual à primeira, lado a lado, e distendidas igualmente à primeira?
- E9** — Você tem três carrinhos A, B e C. Os carrinhos A e B, quando colocados em pratos opostos de uma balança de braços iguais, se equilibram. Colocando-os agora em um mesmo prato da mesma balança eles equilibram o carrinho C que está no outro prato. Aplicando certa força F ao carrinho A, ele é acelerado a  $2,5\text{m/s}^2$ . Supondo agora que você aplica a mesma força F ao carrinho B, e depois a mesma força F ao carrinho C, responda:
- Qual a aceleração adquirida pelo carrinho B?
  - Qual a aceleração adquirida pelo carrinho C?
- E10** — Uma força de 5,0N é aplicada a um corpo, acelerando-o a  $2,0\text{m/s}^2$ .
- Calcule sua massa, admitindo que essa seja a única força exercida sobre o corpo.
  - Que outro processo você poderia utilizar para medir a sua massa?
  - Se a medida feita com o primeiro método resultasse maior que a obtida pelo segundo método, que conclusões você poderia tirar?

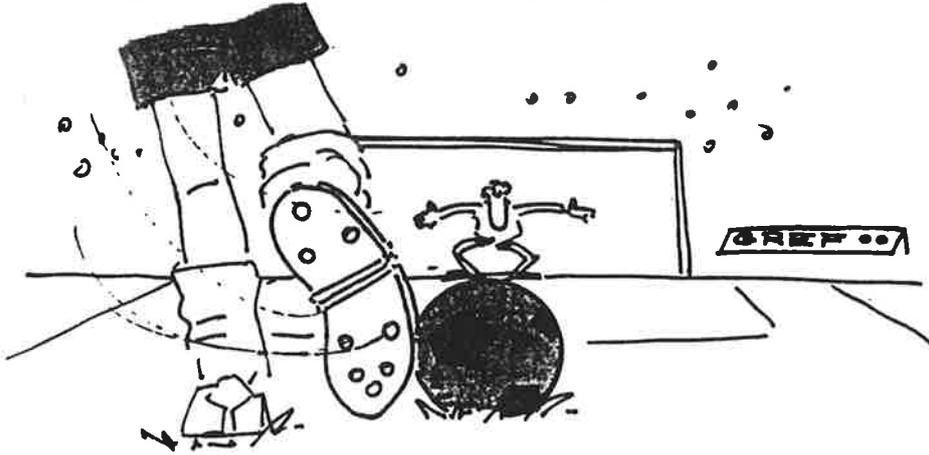


### PARA CASA, CLASSE E LABORATÓRIO

- 1 — Uma bola é abandonada a partir do repouso no plano inclinado da esquerda (Fig. 20-4) de uma altura 10 cm acima do ponto mais baixo.
  - (a) Se não houver atrito, que altura, segundo a vertical, atingirá ela no plano inclinado da direita?
  - (b) Se a inclinação do plano da direita for de 1 cm para cada 10 cm de distância horizontal, que distância a bola percorrerá sobre o plano?
  - (c) Se a inclinação for apenas 0,5 cm para cada 10 cm de distância horizontal, que distância alcançará a bola?
- 2 — Por que é perigoso saltar de um veículo em movimento? Em que direção tendemos a cair quando fazemos isso?
- 3 — Por que é particularmente perigoso dirigir numa estrada molhada?
- 4 — Certa força, exercida durante 1,2 s, eleva a velocidade de um objeto de 1,8 m/s, a 4,2 m/s. Depois, esta mesma força é aplicada durante 2,0 s. De quanto varia a velocidade no período de 2,0 s? (Em ambos os casos a força é aplicada no sentido do movimento).
- 5 — Certo corpo é puxado sobre uma superfície horizontal lisa, por uma mola mantida em distensão constante. Verifica-se que o corpo é acelerado a 15 cm/s<sup>2</sup>. Qual será a aceleração do corpo se ele for puxado por duas molas, cada uma exatamente igual à primeira, lado a lado, e distendidas igualmente? Veja Fig. 20-8 (a).
- 6 — Um objeto desliza sobre mancais com atrito desprezível, puxado com força constante. No intervalo de tempo de 0,3 s, a velocidade varia de 0,2 m/s para 0,4 m/s. Numa segunda experiência, o objeto é puxado com outra força; no mesmo intervalo de tempo, a velocidade varia, então, de 0,5 m/s a 0,8 m/s.
  - a) Qual a razão entre a segunda força e a primeira?
  - b) Se o corpo for puxado pela segunda força durante 0,9 s, qual será a variação de velocidade?
 (Note que as forças têm o sentido do movimento).
- 7 — Na seção 20-4, discutimos um modo pelo qual uma mola distendida poderia ser calibrada de forma a exercer o dobro da força de uma mola padrão, esticada de um dado comprimento. Prepare-se para discutir em classe como você saberia se uma mola esticada está exercendo a metade da força da mola padrão.
- 8 — Suponha que você acelera certo objeto com uma força constante e verifica que a variação de velocidade durante o intervalo de tempo  $\Delta t = 1$  s é 2,4 m/s. Depois você repete a medida, aplicando a mesma força a um segundo objeto, que adquire a velocidade de 3,3 m/s em 0,5 s.
  - a) Que corpo tem maior massa inercial?
  - b) Qual a razão entre a massa inercial do segundo objeto e a do primeiro?
- 9 — a) Forças iguais atuam sobre dois blocos de metais diferentes, idênticos em forma e tamanho, que deslizam sobre uma superfície horizontal lisa. Verifica-se que a aceleração do segundo bloco é 4,18 vezes a do primeiro. Qual a razão entre a massa do segundo bloco e a do primeiro?
  - b) Sabe-se que o primeiro bloco é de chumbo. Usando as densidades referidas na Tabela 2, Seção 7-4, decida de que material é feito, possivelmente, o segundo bloco.
- 10 — Por que é fechado o frasco da Fig. 20-10? Esteja preparado para explicá-lo em classe.

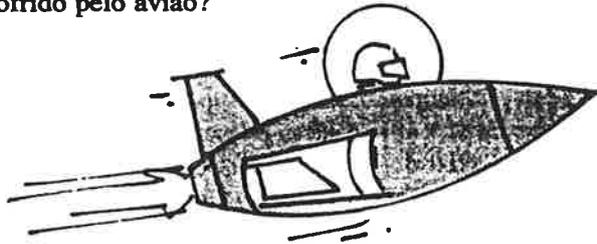
1.6. Após o chute para cobrança de uma penalidade máxima, uma bola de futebol de massa igual a 0,40 kg sai com velocidade igual a 24 m/s. O tempo de contato entre o pé do jogador e a bola é de 0,03s.

- a) qual a quantidade de movimento adquirida pela bola com o chute?
- b) qual a força média aplicada pelo pé do jogador?

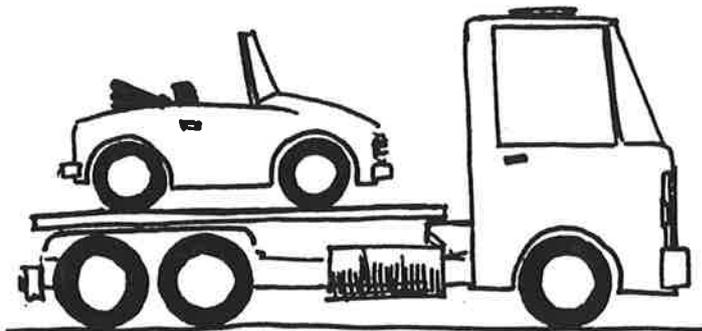


1.7. Um avião a jato cuja massa é 40 toneladas ejeta 100 kg de gás que sofre uma variação de velocidade de 500m/s.

- a) qual a variação da velocidade do avião?
- b) qual a força aplicada no avião se o tempo de ejeção foi de 5 segundos?
- c) qual a variação da quantidade de movimento ou impulso ( $\Delta \vec{Q} = \vec{I} = \vec{F} \cdot \Delta t$ ) sofrido pelo avião?



C.11. Um caminhão transporta um carro na sua carroceria, como indica a figura.



- a) por que o motorista deve fazer a curva em baixa velocidade?
- b) na situação em que o caminhão se desloca em linha reta:
  - b<sub>1</sub>) qual a máxima aceleração que pode ser imprimida ao caminhão para que o carro não escorregue?
  - b<sub>2</sub>) qual a máxima força de freamento aplicada ao caminhão para que o carro não se choque com a cabine?

# APÊNDICE 3: EXEMPLOS DE EXPERIÊNCIAS

## ÍNDICE:

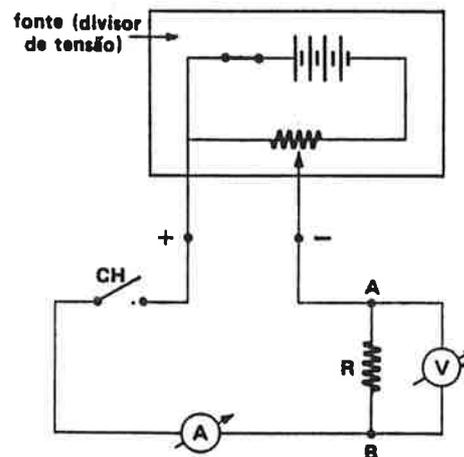
FAI .....	A-19
PEF .....	A-21
PSSC .....	A-23
GRAF .....	A-24

**EXPERIÊNCIA 3. LEI DE OHM**

- OBJETIVOS:**
- Verificar a Lei de Ohm.
  - Caracterizar resistências ôhmicas.
  - Caracterizar resistências não-ôhmicas.

- MATERIAL UTILIZADO:**
- fonte de FEM variável: divisor de tensão;
  - amperímetro e voltmímetro-multitester (dois);
  - resistores de carvão de  $100 \Omega$  e  $220 \Omega$ , de aproximadamente 0,5 watts de potência;
  - lâmpada de lanterna, de 6,0 volts;
  - resistor VDR;
  - firos de ligação;
  - suportes para resistências (vide Apêndice à pág. 185).

- PROCEDIMENTO:**
- Monte um divisor de tensão conforme a experiência 2, utilizando-se do potenciômetro comercial.
  - Monte o circuito conforme o diagrama ao lado, inserindo entre os pontos A e B um resistor de carvão ( $100 \Omega$ ).
  - Ligue a chave. Importante: antes de ligar a chave, certifique-se de que não irá danificar os instrumentos. Consulte seu professor para o uso correto do multitester.
  - Varie a tensão de 0,5 em 0,5 volts (leia no voltmímetro) através do divisor de tensão e leia os correspondentes valores de corrente indicados pelo amperímetro.
  - Repita as operações descritas acima colocando agora uma resistência de  $220 \Omega$  entre A e B. Anote os valores da voltagem e da corrente no resistor.
  - Idem para a lâmpada (filamento).
  - Idem para o resistor VDR.



- ANÁLISE E QUESTÕES:**
- PARA O RESISTOR DE CARVÃO**
    - Construa uma tabela indicando as voltagens e as respectivas correntes.
    - Construa um gráfico  $V \times I$ . É linear a relação entre voltagem e corrente?
    - Escreva as correspondentes funções  $V = f(I)$  para cada resistor.
    - Compare a função do gráfico com a Lei de Ohm.
    - O que significa a declividade das retas?
    - Compare os valores das resistências obtidos experimentalmente com aqueles nominais (leia os valores através dos códigos de cores).
    - Houve interferência, nos resultados da experiência, proveniente das resistências internas do amperímetro e do voltmímetro?

**2. PARA O FILAMENTO DA LÂMPADA**

- a) Construa uma tabela indicando as voltagens e as respectivas correntes.
- b) Construa o gráfico  $V \times I$ . É linear a relação entre voltagem e corrente?
- c) A resistência do filamento aumenta ou diminui com o aumento da voltagem?
- d) Como varia a resistência do filamento na região de baixa voltagem (temperaturas baixas)?

**3. PARA O RESISTOR VDR**

- a) Construa uma tabela indicando as voltagens e as respectivas correntes.
- b) Construa um gráfico  $V \times I$ .
- c) Analisando o gráfico, como se comporta a resistência VDR em relação à variação de voltagem?
- d) Compare os comportamentos de um resistor de filamento aquecido e de um VDR. Qual é a diferença básica?
- e) Dos elementos que você analisou qual ou quais são ôhmicos e qual ou quais não-ôhmicos? Por quê?

**RELATÓRIO:** Você deverá entregar um relatório do trabalho. Nele deverão constar claramente: nome do autor, título do trabalho, objetivos, materiais necessários, tabelas, gráficos, respostas às questões formuladas, justificativas dos resultados e suas conclusões. O trabalho não deverá ser feito em folha de papel de caderno.

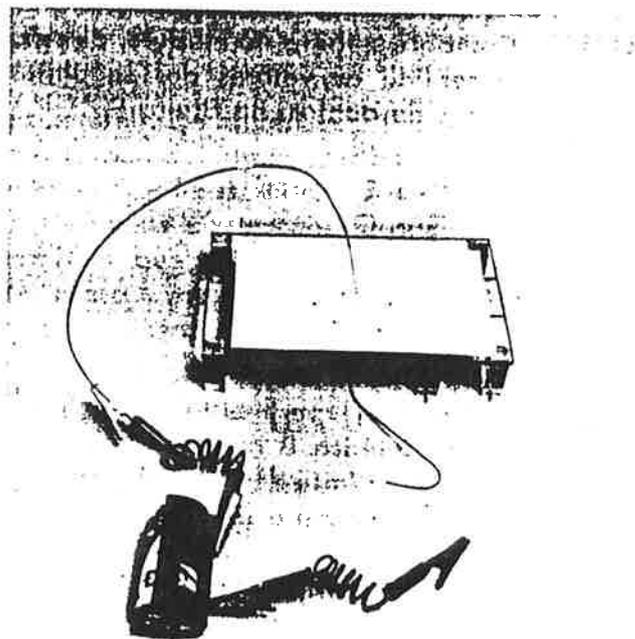


figura 10

## 5. Campos produzidos por correntes

---

Você já estudou que fios percorridos por corrente elétrica se comportam de maneira análoga a ímãs. Além disso, verificou que uma agulha imantada toma uma direção bem definida, quando está próxima de uma espira em que circula uma corrente elétrica. Ora, se fios percorridos por corrente elétricas agem sobre agulhas, poderemos dizer também, como no caso do ímã, que ao redor de tais fios se produz um campo magnético.

Você vai agora estudar experimentalmente o campo magnético produzido por uma corrente elétrica.

Prenda uma folha de papel com fita adesiva ao suporte. Passe um fio condutor por um furo, de modo que ele fique perpendicular ao plano do suporte. Veja a figura 10.

Marque, sobre o papel, alguns pontos próximos do fio (cerca de 2 ou 3cm), como está indicado na figura.

Coloque a bússola sobre um dos pontos e ligue, momentaneamente, os extremos do fio a uma pilha.

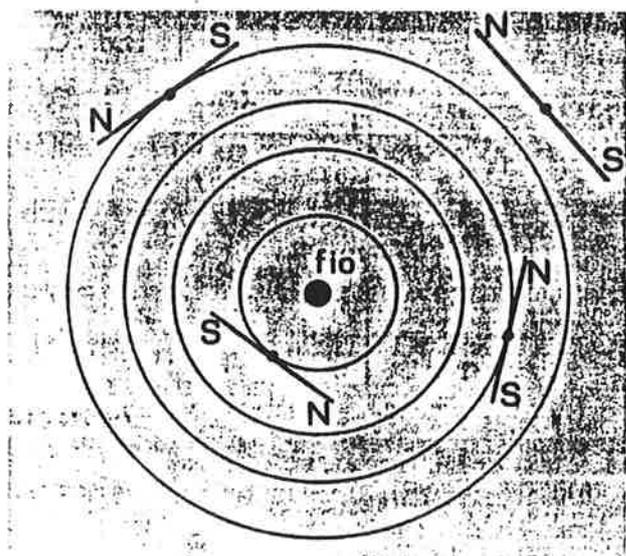


figura 11



figura 12

**RESPOSTAS**

R<sub>13</sub> -

R<sub>14</sub> -

Trace no papel a direção que a agulha da bússola tomou, com a respectiva orientação N-S, quando o fio foi ligado à pilha.

Repita o procedimento para os outros pontos marcados, tomando cuidado para que a corrente circule pelo fio sempre no mesmo sentido. Para isso, mantenha a pilha com a mesma polaridade em relação ao fio.

Inverta agora o sentido da corrente no fio, invertendo as ligações com a pilha, e observe o comportamento da bússola nos mesmos pontos.

Q13 - A direção assumida pela agulha da bússola continua a mesma?

Q14 - A orientação dessas direções continua a mesma?

Retire o papel do suporte e use um compasso ou outro dispositivo para traçar algumas circunferências com centro no furo por onde o fio passou. Você poderá verificar que as direções que traçou com a bússola são aproximadamente tangentes a circunferências como essas. Veja a figura 11.

Com os resultados dessas medidas e outras mais precisas, pode-se concluir que as

linhas de campo, nas proximidades de um fio retilíneo, são linhas em planos perpendiculares ao fio e concêntricas com ele. A orientação das linhas depende do sentido da corrente no fio.

Usaremos agora uma regra prática para prever a orientação das linhas de campo produzidas por uma corrente retilínea.

Imagine que você pega o fio com a mão direita, tendo o polegar apontando para o sentido da corrente; os outros dedos lhe darão a orientação das linhas de campo (veja a figura 12).

Utilizando essa regra, confirme as orientações que você determinou com a bússola.

A intensidade do campo  $\vec{B}$ , criado por um fio retilíneo percorrido por corrente, depende, em cada ponto, do valor dessa corrente e da distância desse ponto ao fio.

Com base em experiências nas quais se mede  $\vec{B}$  para pontos a diferentes distâncias de um condutor retilíneo muito longo, pode-se concluir que  $\vec{B}$  diminui à medida que os pontos se afastam do condutor.

## I - 7. Espectros de elementos

Todos sabem que quando cai um pouco de sopa ou leite sobre um bico de gás, sua chama azulada se transforma numa mistura de cores, na qual predomina o amarelo. Podem estas cores ser utilizadas para identificar os elementos da substância derramada sobre a chama? Um bom meio para poder responder, consiste em observar as cores produzidas, nestas condições, por substâncias conhecidas.

Desde que muitos elementos são de difícil manuseio isoladamente, nós os usaremos sob a forma de compostos. Empregaremos o mesmo tipo de composto para cada elemento, desde que será experimentado somente um por vez. No nosso caso, estes compostos serão o cloreto de lítio, cloreto de sódio, cloreto de potássio, cloreto de cálcio, cloreto de estrôncio, e cloreto cúprico.

Ligue um bico de Bunsen, regulando-o para obter uma nítida chama azul. A fim de conseguir uma quantidade de sal facilmente manejável, aqueça a alça metálica (Fig. 15) na chama, e, em seguida, mergulhe-a rapidamente no sal. Parte desta substância fundirá e ficará presa à alça. Situe, então, a alça dentro da chama, na ponta do cone por esta formado, e observe a cor que se manifesta predominantemente. Repita a experiência com as outras substâncias, usando, em cada caso, uma nova alça (para evitar confusão, rotule os cabos dos fios). Cada chama se manifesta realmente diferente?

Usando uma nova alça, experimente uma outra mistura dos dois sais, formada quase que inteiramente de cloreto cúprico com traços somente (~ 5%) de cloreto de lítio. Que vê você sem o espectroscópio? E com o espectroscópio? Faça a experiência com uma mistura do cloreto de sódio contendo traços de cloreto de lítio. Percebe você a presença de lítio sem o espectroscópio? E com o espectroscópio?

Que pode você fazer para certificar-se que as cores que vê são realmente características do sódio, cálcio, cobre, etc., e não de seus cloretos?

Tente verificar as cores produzidas por ferimento em pó e por pó de giz. Pode você identificar um elemento em cada uma destas substâncias?

Use seu espectroscópio para verificar a luz produzida por diferentes fontes, tais como lâmpada de néon e lâmpada de vapor de mercúrio.

Para aumentar nossa acuidade de diferenciação das cores, usaremos um espectroscópio simples. Monte o espectroscópio num suporte com pinça de mufa, situando sua fenda paralelamente à chama (Fig. 16). Como a chama do bico de Bunsen é fraca, peça ao seu companheiro que mantenha a alça na parte interna da mesma. O fio ficará incandescente, auxiliando-o a dispor o espectroscópio corretamente. Após ter alinhado o espectroscópio com a chama, mova ligeiramente sua cabeça para o lado, até que você veja a imagem do fio incandescente sob a forma de uma extensa faixa colorida.

Você está, então, apto para testar os vários sais que observou anteriormente. Verifique as cores detalhadamente, e confronte-as com as impressões gerais obtidas quando você olhou para a chama diretamente. A extensa faixa, imagem do fio incandescente, pode servir como um referencial para as estreitas raias coloridas fornecidas pelas substâncias.

Misture, num recipiente limpo, dois dos sais, digamos, cloreto de cobre e de lítio. Pode você distinguir as cores separadamente, olhando diretamente para a chama? (Use uma nova alça para a mistura). Conseguir vê-las quando olha através do espectroscópio?

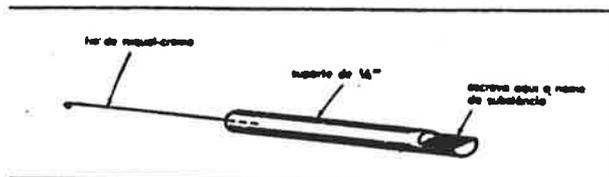


Figura 15

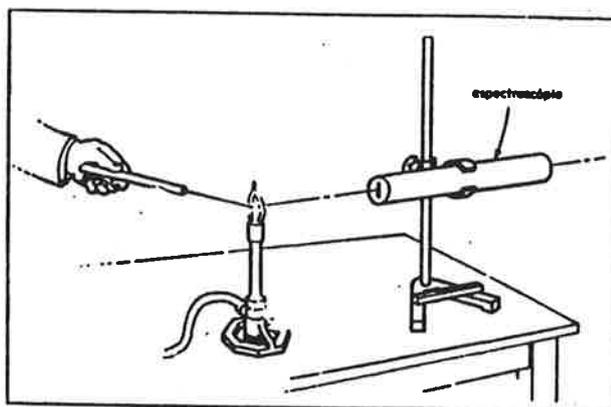


Figura 16

## Atividade 2: Fusíveis, Lâmpadas e Chuveiros

A partir da observação de fusíveis de diversas especificações (10A, 20A, 30A) buscamos estabelecer, na parte A desta atividade, uma relação entre a espessura dos seus filamentos e corrente máxima (amperagem) que eles suportam.

Na parte B, a partir da comparação da espessura do filamento de várias lâmpadas incandescentes (sob a mesma tensão), investigamos como isso se relaciona às diferentes dissipações de potências dessas lâmpadas.

Na parte C, desmontamos um chuveiro e buscamos relacionar o comprimento do resistor utilizado e a dissipação da potência nominal (valor impresso no chuveiro).

Ao final propomos a construção de uma tabela que sistematize as relações qualitativas entre as grandezas identificadas na atividade anterior (potência, tensão e correntes) com as características do resistor (comprimento, espessura e material).

### Procedimentos:

#### Parte A: fusíveis

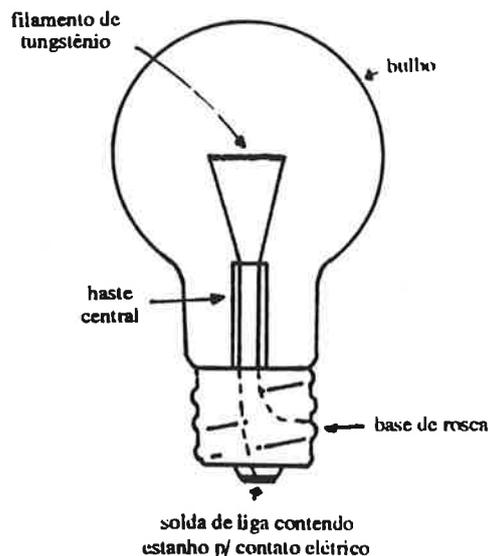
1. Identifique num fusível de rosca seus elementos essenciais: pontos de contato elétrico, filamento e outros materiais que o constituem.



2. Compare a espessura dos filamentos de três fusíveis de rosca de 10A, 20A e 30A. Estabeleça uma relação qualitativa entre a espessura dos filamentos e a amperagem do fusível (valor máximo de corrente permitida), sabendo que os filamentos são de mesmo material (estanho) e têm o mesmo comprimento.

#### Parte B: lâmpadas

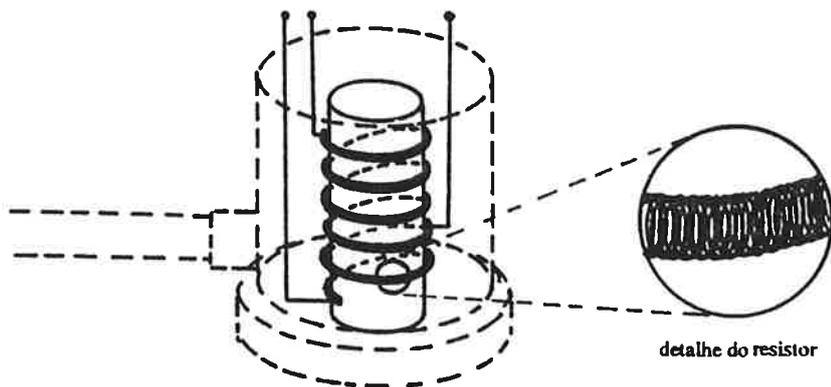
3. Identifique numa lâmpada incandescente seus elementos essenciais: filamentos, pontos de contato elétrico e outros materiais que a constituem.



4. Compare a espessura dos filamentos de lâmpadas de um mesmo fabricante\* de diferentes potências (25W, 40W, 60W, 100W) e de mesma tensão (110V). Estabeleça uma relação qualitativa entre a espessura dos filamentos das lâmpadas com a potência nominal, sabendo-se que os filamentos têm o mesmo comprimento e são feitos de um mesmo material, o tungstênio.
5. O que você espera que aconteça se ligarmos uma lâmpada de 110V na tensão 220V? E uma lâmpada de 220V na tensão 110V? Utilize lâmpadas de um mesmo fabricante.
6. Baseando-se nas observações dos filamentos das lâmpadas de 110V e nas respostas do item anterior como você imagina ser a espessura do filamento de uma lâmpada de mesma potência e de tensão 220V? Observe o filamento de uma lâmpada de 220V, comparando-o com o de outra de mesma potência de 110V. Estabeleça uma relação qualitativa entre a espessura do filamento e a tensão estabelecida nos terminais da lâmpada, para um mesmo valor da potência a ser dissipada.

#### Parte C: chuveiros

7. Abra um chuveiro elétrico.
8. Identifique no mecanismo interno do chuveiro o circuito hidráulico localizando o diafragma que, quando pressionado pela água, fecha o circuito elétrico.
9. Identifique o circuito elétrico apontando os pontos de contato no resistor que é constituído de uma liga de níquel-cromo.



10. Observe que o resistor tem três pontos de contato, sendo que um deles permanece sempre ligado ao circuito. Quando o chuveiro está na posição "verão", onde é feito o outro contato elétrico?
11. Relacione o comprimento do resistor utilizado com os contatos elétricos feitos nas posições "verão" e "inverno" do chuveiro.
12. Em que posição a potência consumida é maior?

\* Lâmpadas de diferentes marcas possuem filamentos de formatos distintos e a comparação fica inviabilizada.

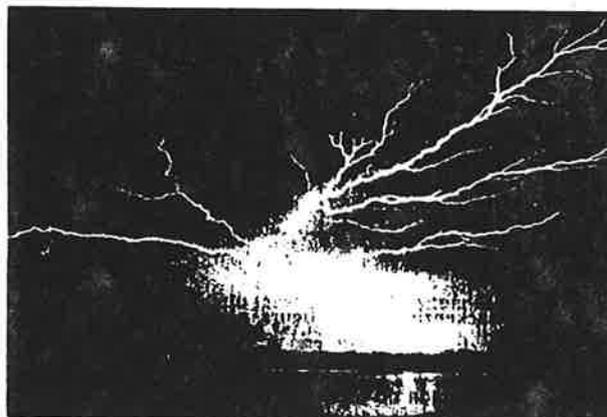
# APÊNDICE 4: EXEMPLOS DE LEITURAS

## ÍNDICE:

<b>Ramalho.....</b>	<b>A-27</b>
<b>FAI .....</b>	<b>A-31</b>
<b>PEF .....</b>	<b>A-34</b>
<b>GRF .....</b>	<b>A-37</b>

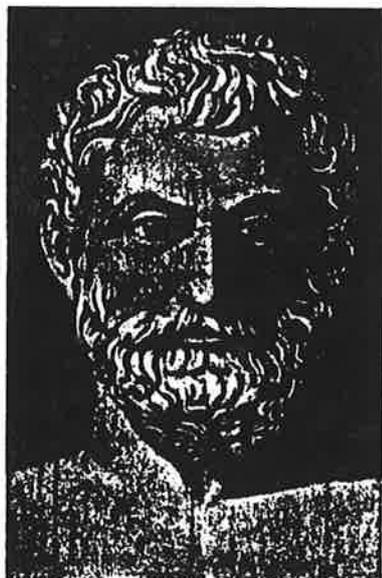
## LEITURA • HISTÓRIA DA FÍSICA I

*Um dos contatos mais fascinantes e também mais perigosos e violentos do homem com a natureza se dá através da eletricidade. Os raios, com sua brilhante luminosidade (o relâmpago) e seu som estrondoso (o trovão), ao mesmo tempo que assustam, embevecem o homem desde os tempos mais remotos.*



W. HODGES/AM. STOCK PHOTOS

*Historicamente, registra-se que a eletricidade tornou-se objeto de observação quando o filósofo grego TALES DE MILETO, no século VI a.C., notou que o âmbar, atritado com a pele de um animal ou um tecido qualquer, adquiria a propriedade de atrair objetos leves. Uma observação aparentemente tão banal marca o início dessa ciência, fundamental para o progresso de nossa civilização.*



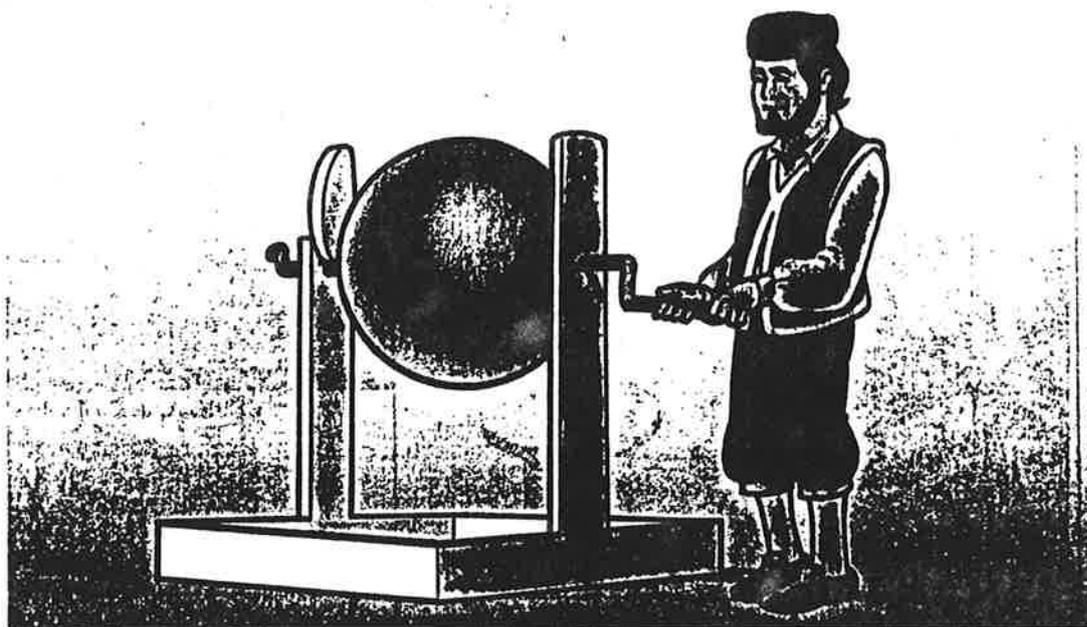
Tales de Mileto, um dos sete sábios da Grécia Antiga.

*Muitos séculos se passaram, após a observação pioneira de Tales, até os fenômenos elétricos serem analisados cientificamente. Coube ao cientista inglês WILLIAM GILBERT (1544-1603) retomar a experiência original, verificando que a propriedade apresentada pelo âmbar era comum a várias outras substâncias quando atritadas entre si. Foi Gilbert quem cunhou o termo "elétrico" para designar esse fenômeno, derivando-o de elektron, palavra grega que designa o âmbar. A partir daí, os corpos que atraíam objetos leves depois de atritados passaram a ser chamados corpos eletrizados ou carregados de eletricidade.*



William Gilbert, médico da rainha Elisabeth I, foi um dos pioneiros da Eletricidade.

Vários cientistas dedicaram-se então a investigar os fenômenos elétricos. Destacaram-se, nessas atividades, entre outros, OTTO VON GUERICKE (1602-1686), que construiu a primeira máquina para gerar eletricidade estática, STEPHEN GRAY (1666-1736), que estabeleceu a distinção entre condutores isolantes elétricos, e CHARLES DU FAY (1698-1739), responsável pela teoria da existência de duas espécies de eletricidade, a vítrea e a resinosa. Entretanto, foi o cientista e político americano BENJAMIN FRANKLIN (1706-1790) que deu o impulso definitivo à ciência elétrica, não só pela conhecida invenção do pára-raios, mas principalmente por suas investigações e teorias no campo da eletricidade.



Máquina eletrostática de Otto Von Guericke.

Para explicar a eletrização dos corpos, Franklin concebeu que todos os corpos no estado neutro possuíam uma quantidade normal do que chamou fluido elétrico. Quando o corpo tivesse excesso desse fluido (fluido a mais) ele estaria positivamente eletrizado, apresentando propriedades semelhantes às do vidro atritado com a seda; corresponderia à eletricidade vítrea de Du Fay. Se o corpo apresentasse falta de fluido (fluido a menos), ele estaria negativamente eletrizado, manifestando propriedades semelhantes às do âmbar (resina) atritado com a seda; corresponderia à eletricidade resinosa de Du Fay. Assim, de acordo com Franklin, na eletrização por atrito ocorreria a passagem do fluido elétrico de um corpo para o outro, de modo que aquele que ganhasse fluido ficaria positivo e o que perdesse fluido ficaria negativo.

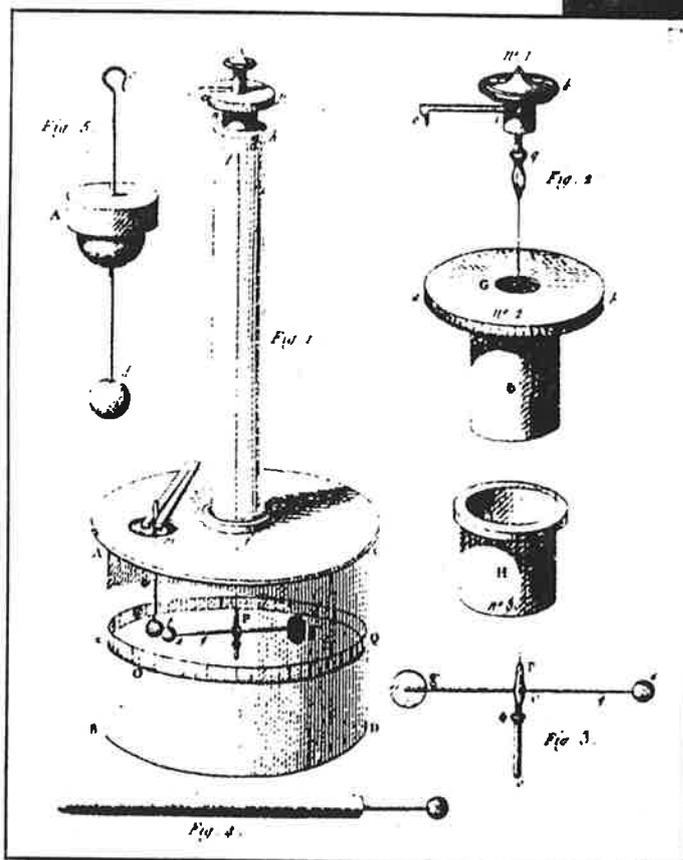


Franklin, o inventor do pára-raios.

Hoje, sabe-se que o fluido elétrico não existe e que os responsáveis pela eletrização dos corpos são os elétrons. No entanto, para que os termos criados por Franklin fossem mantidos, arbitrou-se que os elétrons teriam "eletricidade negativa". Desse modo, os corpos positivos são os que apresentam falta de elétrons (em vez de excesso de fluido) e os corpos negativos são os que apresentam excesso de elétrons (em vez de falta de fluido).



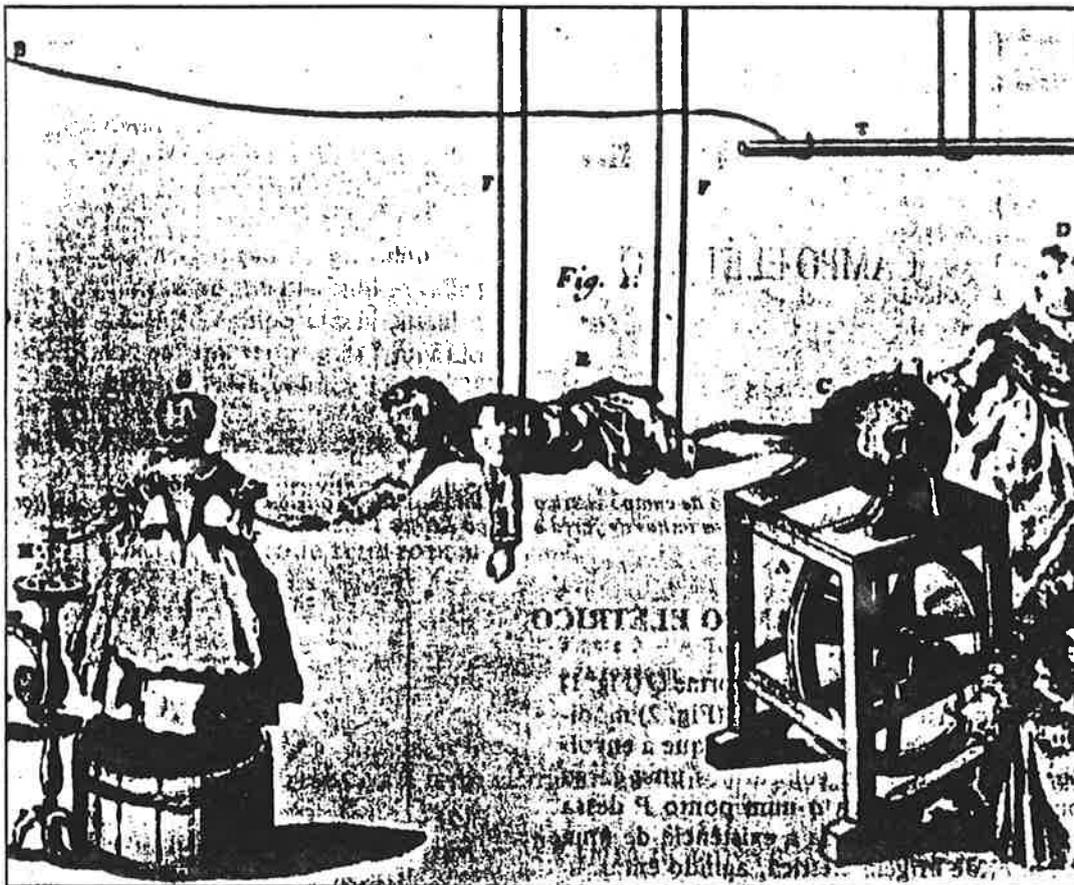
Charles A. de Coulomb.



A balança de torção utilizada por Coulomb, segundo esquema publicado em sua obra *Memórias sobre eletricidade e magnetismo*.

Foi o cientista francês CHARLES AUGUSTIN DE COULOMB (1736-1806) quem realizou os primeiros estudos quantitativos sobre as ações entre corpos eletricamente carregados. Utilizando uma balança de torção, Coulomb conseguiu estabelecer a lei que leva seu nome.

No início do século XIX, o físico italiano ALESSANDRO VOLTA (1745-1827) construiu sua pilha elétrica. A partir daí teve início a fase mais importante da eletricidade, com a obtenção da corrente elétrica, isto é, de cargas elétricas em movimento ordenado.



Gravura do século XVIII, na qual está representada uma demonstração prática dos fenômenos eletrostáticos: o menino é eletrizado por atrito com uma máquina eletrostática; a menina, por contato, é também eletrizada, e passa a atrair pequenos pedaços de papel.

## SEÇÃO 10 – A ELETRICIDADE ATRAVÉS DOS TEMPOS – HISTÓRICO

### NA ERA ESPACIAL

“O homem pousa em Marte, após duzentos e sessenta dias de viagem.” Grandes possibilidades existem de que ainda neste século esta frase apareça estampada em revistas e jornais.

O homem, este pequeno ser racional, conquistou a terra, o ar e agora inicia sua conquista do espaço. Neil Armstrong, no dia 20 de julho de 1969, pisa no solo lunar e recolhe amostras de rochas. Os cientistas estudam estas amostras e tentam decifrar a origem da Lua, da Terra, do nosso Sistema Solar, enfim do Universo.

Mas como o homem conseguiu chegar à Lua? Será que os cientistas, vendo que podiam construir um avião, tiveram uma idéia súbita de que poderiam também construir um foguete e para lá embarcar?

A resposta é, certamente, não. Para alcançar esse desenvolvimento científico e tecnológico, foi necessário muito esforço, trabalho e dedicação, numa caminhada lenta, porém progressiva.

A Eletricidade, assim como outras partes da Física, é de importância primordial nesta luta progressiva pela conquista do espaço. Todo instrumental externo para acionar e comandar uma nave espacial, bem como toda aparelhagem interna – seja de comunicação, ou de controle, ou de verificação das condições de saúde dos astronautas – utilizam-se das leis eletromagnéticas.

A eletricidade conta com um longo passado. Desde a Antiguidade o homem despertou para ela, mas somente no século XVII estabeleceu-se um estudo sistemático do ponto de vista metodológico e científico. Sabemos hoje quanto fundamental é a eletricidade para nossa civilização.

Voltemos então ao passado. Ao final do século XVI e início do século XVII, após grandes tumultos experimentados pelo pensamento do homem renascentista, nasce na Europa uma nova maneira de encarar a ciência e que nos séculos posteriores irá desenvolver-se e difundir-se por todo o mundo.

Nesta época dá-se o “rompimento” da ciência com a filosofia. Até então, o conhecimento era visto como um todo e a palavra filosofia era usada para designar qualquer espécie de investigação, quer fosse científica, quer fosse filosófica.

A Física qualitativa cede lugar à Física quantitativa. Inicia-se a fase dos experimentos e medições, introduzindo-se assim uma linguagem matemática para descrever o conhecimento sobre a natureza.

Kepler, Galileo, Descartes e Newton foram elementos essenciais para a ciência atual, pois souberam fazer a síntese do conhecimento físico existente na época. Com Newton a mecânica fica estabelecida e a Física torna-se adulta.

Somente após o período newtoniano é que se desenvolve a ciência da eletricidade, não obstante os fenômenos elétricos já serem observados de longa data.

### OS GREGOS

Desde os mais remotos tempos o homem se preocupou e se deslumbrou com as propriedades “mágicas” do âmbar. Encontramos na literatura grega e na latina referências sobre estas propriedades. Atribui-se ao grego Tales de Mileto, filósofo, astrônomo, matemático e mercador do século V a.C., as primeiras observações sobre as propriedades do âmbar atritado.

A atração produzida pelo âmbar era comumente interpretada pelos antigos como um fenômeno mágico. Estas rudimentares observações continuaram durante muitos séculos. Teorias a respeito de tais fenômenos foram formuladas, influenciando a filosofia de então.

### RENASCENÇA

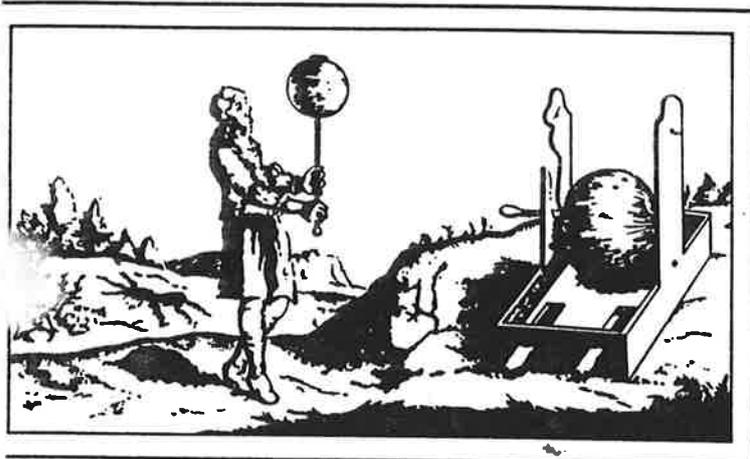
O século XVI abre suas portas para o estudo sistemático da eletricidade, pois durante a Idade Média pouco se fez para que a eletricidade fosse compreendida.

#### William Gilbert

As pesquisas de William Gilbert sobre eletricidade podem ser consideradas como o início do estudo mais racional desta ciência. Gilbert demonstrou que não só o âmbar como também outras substâncias (o vidro, o lacre, o enxofre, etc.) apresentavam propriedades elétricas quando friccionadas. Construiu o primeiro **eletroscópio** e, através de suas muitas experiências, descobriu que, enquanto o âmbar atritado atraía objetos leves, como pequenos pedaços de papel, dois corpos leves, tendo sido tocados pelo âmbar atritado, repeliam-se mutuamente. E ainda observou que, quando um corpo não carregado era posto em contato, através de um fio metálico, com um outro corpo carregado eletricamente, verificava-se a transferência de cargas para o primeiro corpo.

As pesquisas de William Gilbert fomentaram o desenvolvimento da eletricidade, que começou a ser melhor entendida a partir de novas descobertas.

Em 1665, Von Guericke, inventor da bomba de ar, construiu uma **máquina capaz de gerar eletricidade**; era constituída de uma esfera de enxofre, com um diâmetro próximo de 15 cm, disposta de forma a poder girar através de um eixo. Ao ser atritada com as mãos ou com um pedaço de pano, produzia faíscas devido às cargas armazenadas. Quando carregada, a esfera era capaz de atrair papéis, penas e pequenos objetos leves colocados ao seu redor.

**Stephen Gray**

Os experimentos de Stephen Gray, em 1729, levaram-no ao descobrimento da transmissão da eletricidade. Verificou que a eletricidade produzida por fricção em um tubo de vidro poderia ser transmitida a grandes distâncias. Com o auxílio de um fio de metal conseguiu transportar eletricidade de um local para outro.

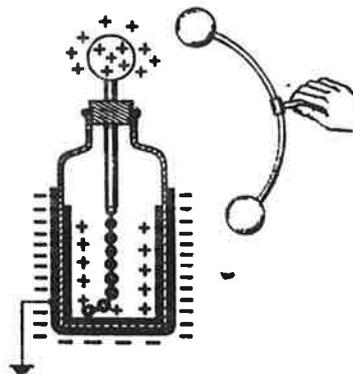
Sua descoberta fundamental consistiu em verificar que a eletricidade era "algo" que podia ser deslocado de um lugar para outro, aparentemente sem nenhum movimento material; não tinha peso: era um "fluido imponderável". Hoje sabemos que isso não é verdade.

Gray chamou de "elétricos" os corpos que transmitiam eletricidade, que atualmente são os condutores, e de "não-elétricos" os que não transmitiam, que hoje são os não-condutores ou dielétricos.

**Du Fay**

Em princípios do século XVIII, Du Fay descobre, através de seus experimentos, a existência de dois tipos de eletricidade. O âmbar, o lacre, as substâncias resinosas, quando atritadas, produzem uma das espécies de eletricidade, sendo a outra espécie verificada quando o vidro ou a mica eram usados. Estes fluidos elétricos eram chamados de "resinoso" e "vítreo", respectivamente, ficando estabelecido que espécies iguais de eletricidade se repelem e espécies diferentes se atraem.

Com estas descobertas surgiu a idéia de armazenar o fluido elétrico em garrafas. Em 1745, Von Kleist e Musschenbroeck, de Leyden (cidade da Holanda), trabalhando independentemente, construíram o frasco de Leyden, onde se podia condensar grandes quantidades de eletricidade. Tal frasco era feito de vidro, revestido interna e externamente por uma delgada camada de prata. Ao se ligar a folha externa à Terra e a interna a um corpo eletricamente carregado, ou vice-versa, a eletricidade, vítrea ou resinosa, tenta escapar para a Terra, sendo impedida pela parede de vidro. Estes frascos transformaram-se em várias formas de condensadores hoje existentes, que armazenam energia elétrica e têm larga aplicação em todos os setores da Física e Eletrotécnica.



Frasco de Leyden. Cargas positivas sobre o revestimento interno atraem elétrons da Terra para o revestimento externo. As cargas opostas se atraem, de modo que se pode obter uma grande carga na garrafa.

Após construir o frasco, Musschenbroeck recebeu, ao manipulá-lo, uma descarga elétrica produzida artificialmente, o que talvez tenha sido o primeiro choque elétrico. Os efeitos de tal descoberta foram literalmente explosivos. Tornou-se o jogo da moda nas cortes conseguir choques elétricos e divertir-se, observando seus efeitos sobre os demais.

**Benjamim Franklin**

O interesse pela eletricidade chegou até a longínqua Filadélfia, onde o estadista e escritor Benjamim Franklin interessou-se pelos fenômenos elétricos e tentou chegar a uma explicação para os mesmos. Postulou existir um só tipo de eletricidade: a vítrea, sendo os dois tipos diferentes correspondentes à carência ou ao excesso de eletricidade. Um excesso de fluido fazia com que o corpo ficasse com carga positiva, ao passo que uma insuficiência tornava-o negativamente carregado. Quando dois corpos de cargas opostas entravam em contato, a corrente deveria fluir do positivo, com excesso de carga, para o negativo, com deficiência. Tal idéia levou à terminologia moderna, segundo a qual a corrente elétrica flui do eletrodo positivo para o negativo (ânodo e cátodo, respectivamente).

As idéias de Du Fay, como vimos, estavam muito próximas da realidade, embora a situação seja mais complexa do que foi visualizada, tanto por ele como por Franklin, pois existem tanto partículas carregadas positivamente como partículas carregadas negativamente.

Franklin ganhou grande reputação científica com suas teorias, e não obstante impressionou o mundo inteiro quando da analogia entre as faíscas de laboratório e os relâmpagos. Em 1792, empinou papagaios, até chegarem às nuvens trovejantes, para delas colher eletricidade num frasco de Leyden, através do fio úmido dos papagaios que servia de condutor. Seus estudos levaram-no a participar como membro da Real Sociedade para o Desenvolvimento da Ciência, de Londres, e da Real Academia de Ciência, de Paris.

## COULOMB – A LEI DAS FORÇAS ELÉTRICAS

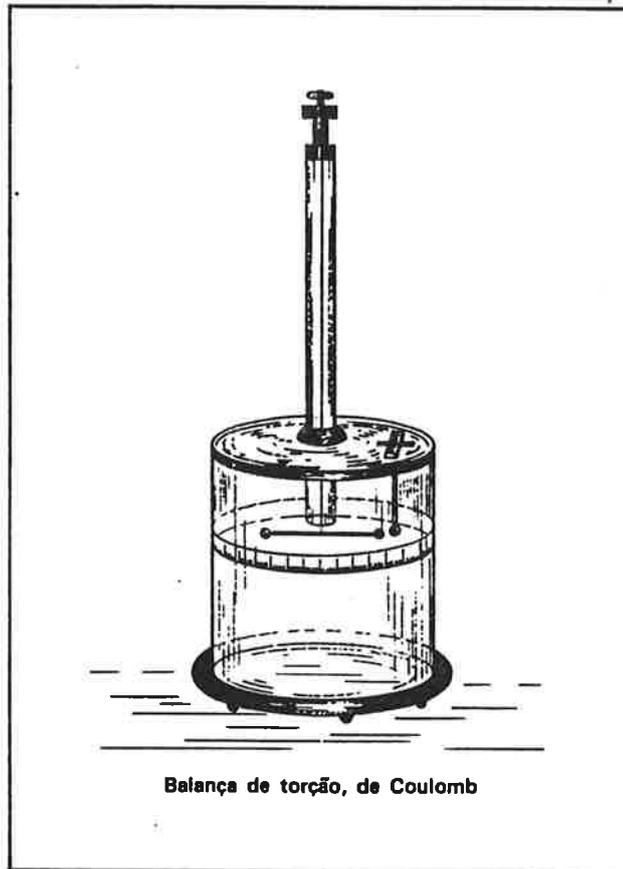
Na segunda metade do século XVIII, físicos de muitos países empenharam-se no estudo da eletricidade. Até aí os misteriosos fluidos imponderáveis não tinham sido estudados quantitativamente, pois não existia um método para medi-los.

Em 1785, Charles Augustin de Coulomb preocupou-se com o estudo quantitativo da eletricidade. Foi o inventor da balança de torção para medida de forças muito pequenas. O instrumento consiste em uma barra suspensa por um longo fio delgado, com duas esferas equilibradas em cada extremidade. Quando não existe força atuando sobre as esferas, a barra toma certa posição de equilíbrio. Se uma das esferas é carregada eletricamente e outra esfera qualquer também carregada for colocada em suas proximidades, a força elétrica agindo sobre a esfera móvel fará com que a barra gire em torno do ponto de suspensão até que a torção no fio equilibre a força atuante. Assim, o ângulo de rotação será proporcional à força.

Carregando tanto a esfera móvel quanto a imóvel com diferentes quantidades de eletricidade e variando a distância entre elas, Coulomb demonstrou o que já se suspeitava há muitos anos: que as forças existentes entre as cargas elétricas obedecem à lei do inverso do quadrado da distância, como na gravidade, isto é, as forças de atração e repulsão são diretamente proporcionais ao produto das duas cargas e inversamente proporcionais ao quadrado da distância entre elas.

Nesta época, na Inglaterra, viveu Henry Cavendish, um homem solitário que se dedicou exclusivamente às experiências sobre a Física e a Química. Enquanto viveu, Cavendish publicou alguns trabalhos de pouca importância. Após sua morte, porém, foi encontrada uma grande quantidade de anotações que mostrou ser ele um grande cientista experimental. Descobriu, ao mesmo tempo que Coulomb, as leis da Interação elétrica.

A cada descoberta dos fenômenos elétricos, a eletricidade ia sendo aos poucos compreendida, o que proporcionava novas reflexões e descobertas.



Balança de torção, de Coulomb

Convém aqui salientarmos que, embora tenhamos apenas descrito o desenvolvimento da eletricidade, o ímã apresentava propriedades semelhantes às do âmbar atritado. Destarte, o estudo do magnetismo vinculou-se ao da eletricidade, sendo sempre estudados juntos, apesar de até 1800 não haver sido encontrada uma relação concreta entre as duas ciências.

Descrevemos até agora somente os efeitos elétricos simplesmente por questões didáticas. O desenvolvimento do magnetismo e a sua relação com a eletricidade será tratado no próximo capítulo, como você verá.

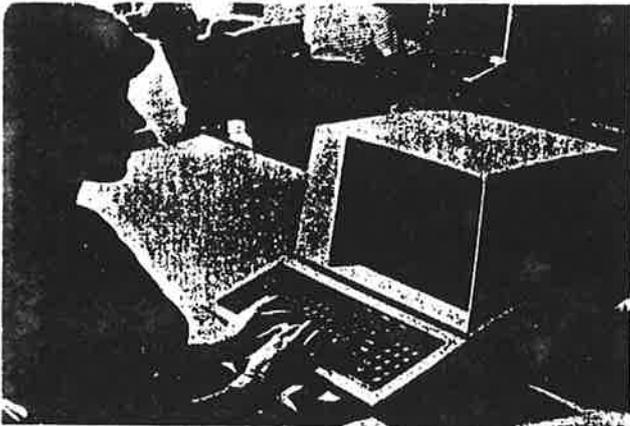


figura 18



figura 19

## Leitura Suplementar

### Computadores

Máquinas de calcular e computadores são dispositivos capazes de efetuar "cálculos" de diversos graus de complexidade.

Numa máquina de calcular típica existe um processo pelo qual um operador "informa" à máquina que tipo de cálculo deseja executar e quais os números com que deve operar. A máquina, após o processamento, isto é, a execução das operações, "informa" ao operador o resultado da operação.

A interação homem—máquina pode-se dar por vários processos. Do homem para a máquina pode-se usar um teclado, uma fita, um cartão perfurado ou um dispositivo de discagem (como num telefone). Da máquina para o homem, pode-se usar a impressão em papel (é o que faz uma máquina de escrever elétrica), um mostrador luminoso ou um tubo de raios catódicos semelhante a um tubo de televisão (figura 18).

Num computador, os cálculos executados podem ser muito complexos, envolvendo decisões lógicas, como, por exemplo, alterar o próprio procedimento do cálculo, dependendo dos resultados obtidos e resolvendo, de forma automática, equações complexas.

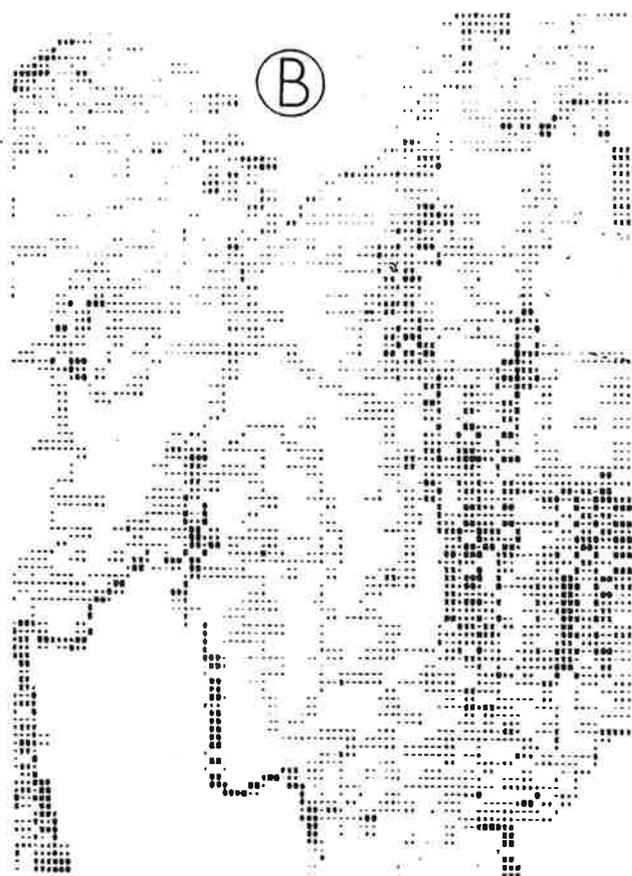
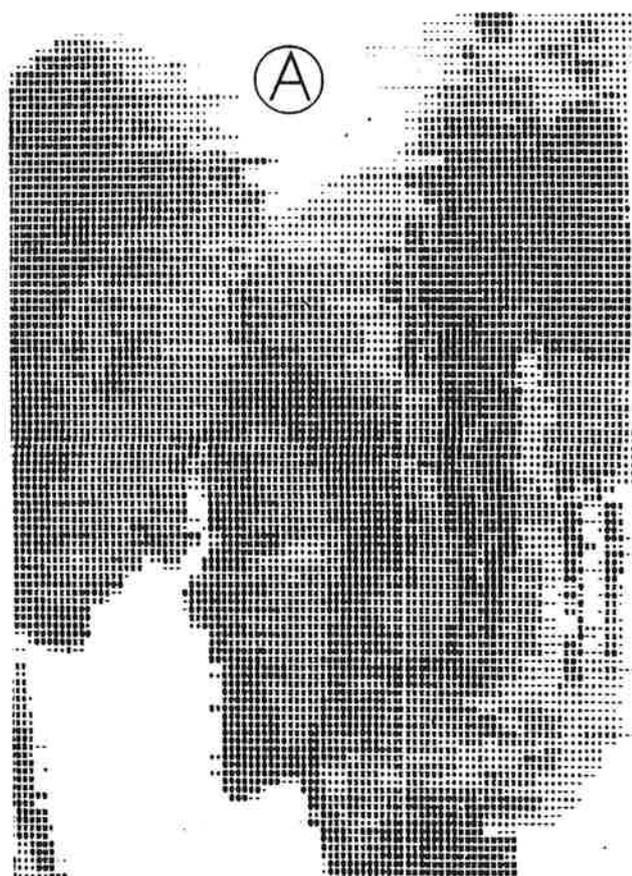
As situações acima descritas envolvem cálculos **digitais**, isto é, cálculos em que os dados de entrada e saída estão na forma de **números**. Existem entretanto situações em que os dados de entrada e/ou saída não estão na forma de núme-

ros, mas são representados por uma grandeza física que varia continuamente. Como exemplo de saída **não-digital**, podemos citar o caso de um computador que, em vez de fornecer os dados na forma de tabela, aciona uma máquina que constrói gráficos. Neste caso, dizemos que o gráfico é uma saída *analógica* do computador (figura 19).

Um exemplo de entrada analógica e saída digital é um sistema usado em muitos supermercados para marcar o preço de produtos de peso variável, como queijos, frangos, tomates, etc. Para isso, o computador é formado por uma balança automática, um calculador e um impressor.

Antes de iniciar o processo, o operador, por meio de um teclado, "informa" à máquina o preço de um quilograma de produto. Ao se colocar o produto no prato da balança, o sistema efetua uma multiplicação imprimindo o resultado em uma etiqueta a ser colocada no objeto para a venda. Você pode agora concluir que num posto de gasolina a "bomba de gasolina" inclui um "computador **analógico digital**".

A tecnologia moderna utiliza um grande número de computadores **analógico-analógico**, isto é, com entrada e saída analógicas, para controlar processos. Alguns são puramente mecânicos e de funcionamento simples e foram inventados muito antes de aparecer o termo **computador**. Outros são eletrônicos, complexos e usam os avanços mais sofisticados da tecnologia moderna. Um exemplo de um computador **analógico-analógico** simples é a bóia das caixas-d'água. Estes dispositivos têm um  **sinal de entrada**, que é o nível da



Exemplo de uso de computador no processamento de imagens. Cada ponto foi representado internamente ao computador por um número de 0 a 7 representando uma intensidade mais clara ou mais escura. Assim, a imagem A foi formada na impressora de um computador por caracteres mais pretos ou menos pretos, de acordo com as regiões mais escuras ou mais claras da figura original. Na imagem B, as regiões brancas correspondem a áreas de intensidade constante, e as regiões escuras correspondem a mudanças

de intensidade da imagem A (quanto maior for a diferença de intensidade entre duas áreas vizinhas, mais escura será a região). A imagem A nos transmite uma mensagem visual a partir de uma representação de claro e escuro, ao passo que a B nos transmite uma mensagem visual semelhante a partir de uma representação por linhas.

Esse trabalho foi realizado no computador IBM 360 do Instituto de Física da USP por Giorgio Moscati (físico) e Waldemar Cordeiro (artista plástico), em 1968.

de 10 cm e tenha uma resistência de  $10\Omega$ . Verifica-se experimentalmente que a resistência elétrica de um fio metálico é proporcional ao seu comprimento. Suponhamos que a mola da balança se alonga de 1 cm para cada quilograma colocado no prato. Suponhamos ainda que o custo do material colocado na balança seja de Cr\$ 25,00 por quilograma. É fácil ver que, se a corrente for fixada em 25 ampères (valor numericamente igual ao custo por quilograma), a tensão em volts indicada pelo voltímetro será numericamente igual ao preço de venda do produto (em cruzeiros), pois  $V = iR$ . Assim, se a massa for de 3,5 kg, a mola se alongará de 3,5 cm e o voltímetro medirá a tensão de um trecho de 3,5 cm do fio, que terá  $3,5\Omega$  de resistência. A leitura do voltímetro será  $V = iR = 25 \text{ ampères} \times 3,5\Omega = 87,5 \text{ volts}$ . O preço de venda será Cr\$ 87,50.

Neste exemplo, o operador gera um  **sinal de entrada**  ajustando a corrente  $i$  num valor que corresponde ao custo por quilograma. A colocação

do frango no prato da balança ajusta o valor da resistência  $R$  de forma que tenha tantos ohms quantos quilogramas tiver o frango (outro sinal de entrada). A passagem da corrente pelo resistor fará com que a tensão  $V = Ri$  tome numericamente o valor do preço da venda.

O voltímetro é o elemento de acoplamento entre o computador e o operador, permitindo que o resultado do cálculo, na forma de tensão (sinal de saída), possa ser compreendido pelo operador.

Este processo ilustra como uma lei física pode ser usada como princípio de funcionamento de um calculador analógico. No entanto, para tarefas mais simples há em geral processos menos sofisticados que este (as balanças de açougue fazem este cálculo tendo simplesmente várias escalas de custo para vários preços por quilograma).

Na indústria usam-se procedimentos semelhantes ao acima descrito que efetuam cálculos analógicos para controlar processos industriais.

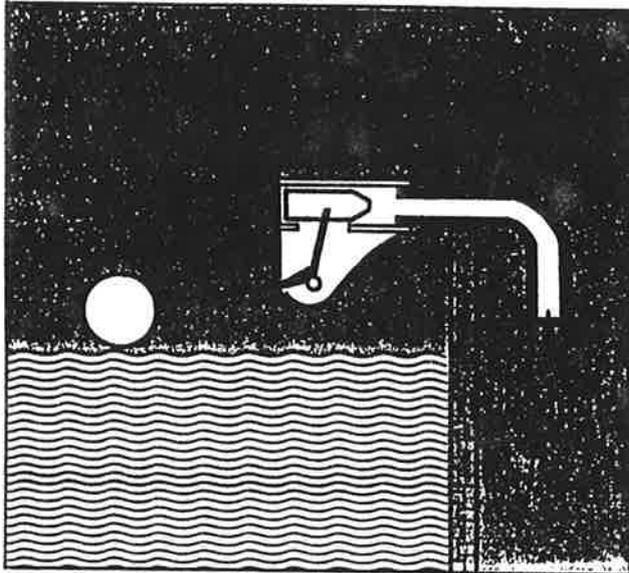


figura 20

água na caixa, e um  **sinal de saída**, que abre ou fecha a entrada da água. Tanto mais cheia a caixa, menos água entra, até que, quando a água atinge um certo nível, a válvula de entrada da caixa é fechada (figura 20).

Um computador **analógico-analógico** complexo é, por exemplo, o sistema de aterrissagem automática de aviões em aeroportos modernos que permite a aterrissagem de um avião em condições de visibilidade zero (campo coberto por neblina). Os sinais de entrada para o computador são informações referentes à posição, velocidade e orientação do avião em relação ao aeroporto. Os sinais de saída do computador acionam os controles do avião. Sistemas semelhantes a este foram usados nos módulos lunares para o alunisagem.

Até aqui tratamos da entrada e saída de um sistema de cálculo. Internamente ao computador, as informações podem ser processadas **analógicamente** ou **digitalmente**. Se o computador é digital e a entrada e a saída são analógicas, existem dispositivos que convertem informações analógicas em digitais (CAD — conversor analógico digital) e outros que convertem informações digitais em analógicas (CDA — conversor digital analógico). Outras combinações de entrada e saída e processamento envolvem conversões adequadas. Num **processamento digital** todas as informações são processadas no computador na forma digital. Assim, nos passos intermediários do cálculo, as informações são transferidas e armazenadas na forma digital, isto é, haverá números sendo transmitidos e armazenados em sistemas de engrenagem ou por processos eletrônicos em que os números são convenientemente codificados.

Num processamento analógico, as informações são transmitidas e armazenadas na forma de alguma grandeza física que toma valores variáveis, proporcionais ao valor das grandezas que representam. Assim, um número, uma força, um deslocamento ou uma velocidade podem es-

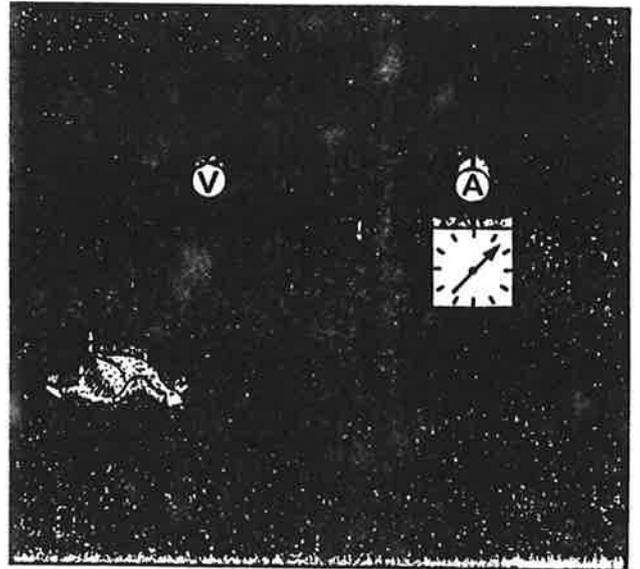


figura 21

tar representados num computador analógico por uma tensão ou uma corrente.

Vejamos, a título de exemplo e usando conhecimentos que você já adquiriu no curso, como poderia ser construído um computador analógico que calculasse o preço de venda de produtos ( $P$ ), conhecendo o custo por quilograma ( $C$ ). O problema envolve uma multiplicação de  $C$  pela massa  $M$  do produto, assim:  $P = CM$ .

Entre os fenômenos elétricos que estudou, você deve lembrar que corrente, tensão e resistência num resistor estão relacionados da seguinte forma:  $V = Ri$ , isto é, a tensão no resistor é igual ao produto da corrente que percorre pelo valor da resistência.

Será possível fazer uma analogia entre a relação  $V = Ri$  do fenômeno elétrico com a relação  $P = CM$  do problema que se quer resolver?

Se for possível variar o valor da resistência de forma que seja proporcional à massa e o valor da corrente de forma que seja proporcional ao custo por quilograma, a tensão no resistor será proporcional ao produto — (massa)  $\times$  (custo por quilograma) — e, portanto, proporcional ao preço de venda. Isto é, fazemos corresponder  $P$  a  $V$ ,  $C$  a  $i$  e  $M$  a  $R$ .

Como podemos variar o valor de um resistor de forma que seja proporcional a uma massa?

Podemos associar um resistor variável a uma balança de mola. Uma forma de fazer esta associação seria usar como resistor um fio com um dos contatos deslizantes. Se a posição do contato depender do peso no prato da balança (figura 21), o problema estará resolvido.

Como podemos variar a corrente pelo resistor?

É possível construir fontes que geram uma corrente cujo valor é ajustável manualmente. No caso do sistema da figura 21, a corrente é medida por um amperímetro.

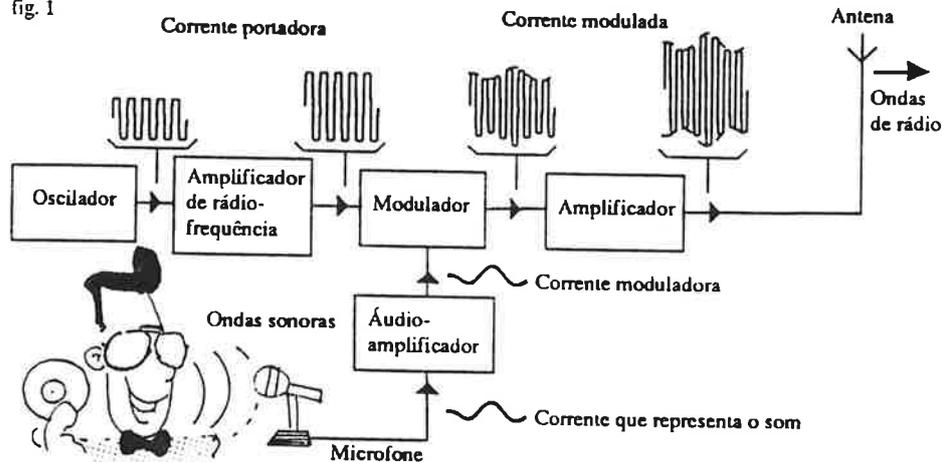
Consideremos um caso numérico. Suponhamos que o resistor de fio tenha um comprimento total

## TEXTO COMPLEMENTAR 7

### DESCRIÇÃO DO PROCESSO DE MODULAÇÃO E DE RECEPÇÃO DAS ONDAS DE RÁDIO

O esquema da figura abaixo ilustra as fases da emissão das ondas de rádio, moduladas em amplitude. Nele, as ondulações desenhadas no esquema são representações das correntes.

fig. 1



O oscilador produz uma corrente de alta frequência que é intensificada, aumentando sua amplitude e mantendo sua frequência, pelo amplificador de radiofrequência. Esta corrente é denominada portadora.

As ondas sonoras que incidem sobre o microfone produzem corrente alternada de baixa frequência. O áudio amplificador aumenta a amplitude dessa corrente, que é denominada moduladora, e a faz passar pelo modulador. Nele, esta corrente de baixa frequência, que transporta a mensagem, faz com que a amplitude ou a frequência<sup>6</sup> da corrente portadora seja modificada de acordo com as características das ondas sonoras que incidem no microfone.

A corrente de alta frequência, denominada agora de modulada, é, então, amplificada pelo amplificador, que aumenta a potência da corrente alternada, de modo que o transmissor possa irradiar a longas distâncias.

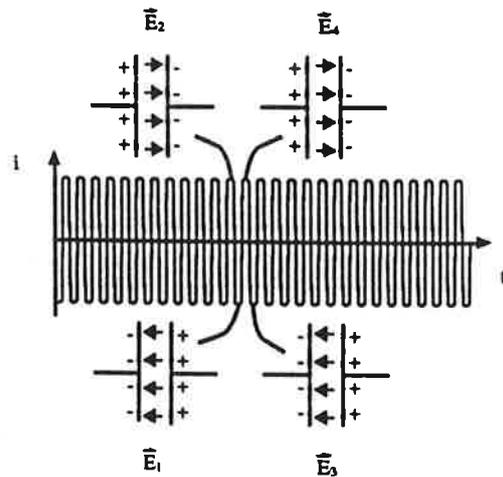
Quando a corrente amplificada chega à antena, ondas de rádio transportando o som são emitidas com a velocidade da luz.

Agora vamos discutir o que ocorre no processo de modulação AM (amplitude modulada). A corrente produzida no microfone, após ser amplificada, modula num capacitor, existente no modulador, a corrente proveniente do amplificador de radiofrequência. Nesse capacitor são conectadas duas correntes de amplitudes aproximadamente iguais: a portadora de alta frequência e a moduladora de baixa frequência.

A corrente portadora, na ausência da moduladora, carrega as placas do capacitor ora positivamente, ora negativamente, conforme ilustra a figura 2, criando no circuito uma corrente alternada cuja amplitude e frequência que "chegam" numa placa sejam as mesmas que saem da outra.

6. No esquema anterior a modulação é feita em amplitude.

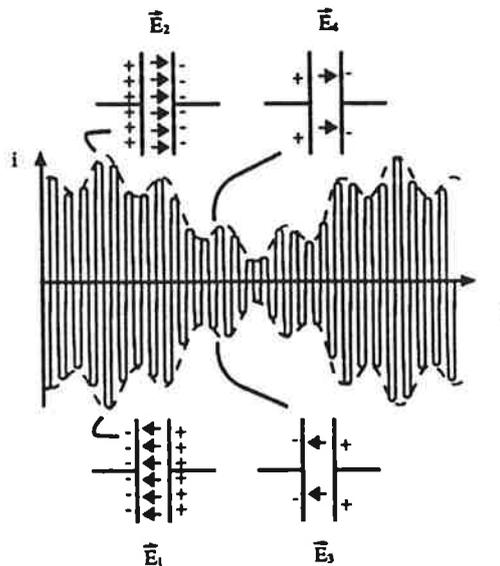
fig. 2



Placas do capacitor carregado em quatro instantes distintos sob a influência só da corrente portadora.

A função da corrente moduladora neste capacitor é mudar a intensidade do campo elétrico entre suas placas, conforme ilustra a figura 3, alterando as variações na intensidade do campo elétrico, responsável pela corrente portadora.

fig. 3



Placas do capacitor carregado em quatro instantes distintos sob a influência da corrente modulada.

Assim, a corrente portadora, agora modulada, sai do capacitor, ou seja, do modulador, com uma amplitude distinta. Essa variação será proporcional à amplitude da corrente moduladora<sup>7</sup>.

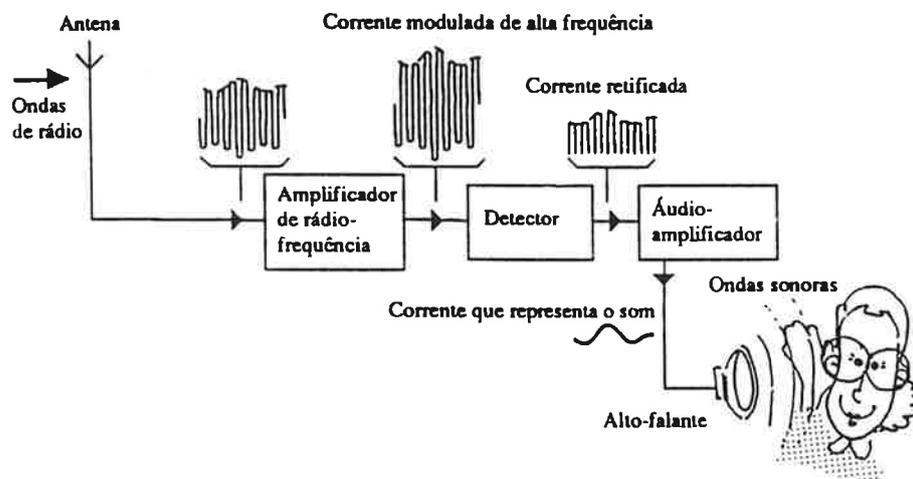
A modulação em FM (frequência modulada) é obtida pelo acoplamento da corrente moduladora diretamente com o capacitor do circuito oscilante. Dessa forma, alterações na intensidade do campo proporcionais às da corrente moduladora causarão alterações na frequência da corrente portadora.

As fases da recepção das ondas de rádio, moduladas em amplitude, podem ser representadas como ilustra a figura 4.

7. Observe no esquema de bloco, na representação da corrente elétrica modulada, que a linha pontilhada guarda as características da moduladora.

À medida que as ondas de rádio, emitidas pelas estações, são captadas pela antena de um receptor, reproduzem correntes elétricas de alta frequência (correntes moduladas). Essas correntes, induzidas na antena, são fracas porque as ondas de rádio emitidas pelo transmissor espalham sua energia no espaço e a antena só coleta uma pequena fração dessa energia. Quando sintonizamos o amplificador na frequência da estação que desejamos escutar, o receptor amplifica a corrente modulada que tem aquela frequência.

fig. 4



Além disso, essas correntes deverão também ser intensificadas para poderem produzir movimentos numa bobina acoplada à membrana de um alto-falante. Porém, devido a sua inércia, a membrana não pode vibrar com a rapidez com que a corrente de alta frequência muda de sentido e, mesmo que a membrana conseguisse vibrar nessa frequência, o ouvido humano não captaria tais vibrações.

Para solucionar este problema, a corrente passa por um detector. Nele, a corrente alternada de alta frequência, modulada, é transformada em corrente contínua e pulsante, a parte negativa de cada oscilação é cortada e a parte que passa é a corrente de baixa frequência.

Finalmente, a corrente será amplificada e permitirá que a força que atua na bobina possua um único sentido, com intensidades que variam com as características da onda sonora.