

44427 PEREIRA

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**  
**INSTITUTO DE FÍSICA/FACULDADE DE EDUCAÇÃO**

**UMA REELABORAÇÃO DE CONTEÚDO  
DE FÍSICA DO SEGUNDO GRAU  
A ELETRICIDADE COMO EXEMPLO**

***JAIRO ALVES PEREIRA***

**Dissertação de Mestrado em Ensino de  
Ciências (Modalidade Física) apresen-  
tada ao Instituto de Física e à  
Faculdade de Educação da USP para  
obtenção do grau de Mestre.**

**Prof<sup>a</sup>.Dr<sup>a</sup>. YASSUKO HOSOUME**  
**Orientadora**

**Dezembro de 1995**

**À Luci e aos meus filhos:**

**Samara, Carolina, João Batista e Sasha.**

## AGRADECIMENTOS

Aos meus amigos do GREF, que muito me incentivaram durante a realização deste trabalho, dando-me total apoio, até mesmo respondendo por tarefas minhas dentro do grupo.

À professora Yassuko Hosoume, minha orientadora, que abriu espaços para que este trabalho pudesse ser realizado, mostrando caminhos, incentivando-me na redação dessa dissertação, procurando valorizar e aproveitar as coisas que escrevia.

Aos professores do Instituto, com quem muito aprendi nesses anos de convivência profissional.

Aos amigos todos que nas horas incertas nas várias fases desse meu trabalho, souberam, com carinho, me dar o empurrão e a força necessária para concluí-lo.

À minha amiga Maria Inês Nobre Ota pela inestimável colaboração na organização, discussão e elaboração deste trabalho.

Às amigas Eliane Pereira, Maria Cristina e Maria Mavília (Lia) pelo apoio decisivo para a finalização deste trabalho.

À CAPES pelo apoio financeiro.

*Handwritten signature*  
*05/03/96*

## RESUMO

Este trabalho procura ressaltar as dimensões de educação e de ciência que estão implícitas em diversos livros de Física do 2º grau.

Para isso, procuramos explicitar quais dimensões que priorizamos para o ensino de Física: as dimensões de educação estão fundamentadas nos pressupostos dialógicos de Paulo Freire e no movimento de continuidade-ruptura de Georges Snyders. As dimensões de ciência fundamentam-se nas categorias: produto e processo, fragmentação e totalidade, conceito e forma.

Com base nessas dimensões que compõem o ensino, analisamos três livros de Física do 2º grau, bastante conhecidos por alunos e professores dessa disciplina. Nesta análise apontamos, criticamente, os momentos em que os autores desses livros deixam transparecer suas concepções sobre o ensino de Física. Em outro momento deste trabalho, procuramos apresentar e justificar a proposta de conteúdo de Física desenvolvida pelo GREF, colocando-a como alternativa válida na prática do professor em sala de aula.

## ABSTRACT

This work emphasises the dimensions of education and science that are implicit in several textbooks of high school Physics.

With this purpose we explicitate the dimensions that we consider important for Physics teaching. The education dimensions are based on Paulo Freire's dialogics and on Georges Snyders' movement of "continuity and rupture". The dimensions of science are based in the categories: product and process, fragmentation and totality, concept and form.

Using these dimensions we analysed three textbooks of high school Physics well known by teachers and students of this subject. In this analysis we point out the moments that authors reveal their conceptions of Physics teaching. In another part of this work, we show and justify the Physics contents developed by GREF, arguing that it is a valid alternative for the teacher's work inside a classroom.

# ÍNDICE

<b>CAPÍTULO 1 - O CONTEXTO E OS OBJETIVOS</b>	1
1.1 Meu início como professor e os problemas...	2
1.2 Meu ingresso no GREF e algumas questões...	10
1.3 Uma reelaboração de conteúdo	14
<b>CAPÍTULO 2 - DIMENSÕES QUE COMPÕEM O ENSINO DE FÍSICA</b>	20
2.1 Concepção de educação	23
2.2 Concepção de ciência	37
<b>CAPÍTULO 3 - ANÁLISE DE CONTEÚDO DE ALGUNS LIVROS DE FÍSICA ADOTADOS NO SEGUNDO GRAU</b>	69
3.1 Leitura e análise do livro 1	74
3.1.1 Quanto às dimensões de educação	87
3.1.2 Quanto às dimensões de ciência	88
3.2 Leitura e análise do livro 2	88
3.2.1 Quanto às dimensões de educação	102
3.2.2 Quanto às dimensões de ciência	102
3.3 Leitura e análise do livro 3	103
3.3.1 Quanto às dimensões de educação	118
3.3.2 Quanto às dimensões de ciência	119
3.4 Resumo da análise - Conclusões sobre essa análise	120
<b>CAPÍTULO 4 - ELETRICIDADE DO GREF</b>	122
4.1 As partes do livro Física 3 - Eletromagnetismo do GREF	127
4.2 Um distanciamento próximo do livro Física 3 do GREF	128
4.2.1 As dimensões educacionais	128
4.2.2 As dimensões da ciência	139
4.3 Aproximação distanciada da parte 1	147
<b>CAPÍTULO 5 - CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	159
<b>ANEXO 1</b>	1.1
<b>ANEXO 2.1</b>	2.1.1
<b>ANEXO 2.2</b>	2.2.6
<b>ANEXO 3.A</b>	3.A.16
<b>ANEXO 3.B</b>	3.B.20
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	

# **CAPÍTULO 1:**

## **O CONTEXTO E OS OBJETIVOS**

Ao iniciar este meu trabalho pretendo relatar alguns detalhes de minha trajetória como professor de física do 2º grau na Escola Pública, ao longo de mais de duas décadas durante as quais me defrontei com inúmeros problemas que afligem até hoje a educação como um todo. Poderia optar por levantar as mazelas que campeiam na educação pública em nosso país, como por exemplo, as más condições de trabalho, remuneração ridícula, ausência de uma política de educação, e tantas coisas mais. No entanto, sem descuidar desses problemas, acredito que existem algumas saídas para mudarmos um pouco esse quadro desalentador que é a educação pública, pois assim como eu, existem também muitos professores preocupados em consubstanciar a sua prática num projeto que privilegie uma forma contextualizada de tratar o conteúdo, com a intenção de melhorar e qualificar o ensino público. Isto pode ser constatado pelo significativo número de professores que, apesar das condições adversas, procuram espontaneamente cursos de aperfeiçoamento na Universidade Pública, ou alguma outra forma de reciclagem, via participação em seminários, mini-cursos, oficinas, em Simpósios e Encontros Educacionais e até mesmo a razoável procura dos textos e materiais do Grupo de Reelaboração do Ensino de Física (GREF), do qual participo desde a sua formação em 1984. Como um elemento dessa expressiva parcela de professores que procuram desenvolver o seu trabalho como educador, apesar das condições desfavoráveis dadas, a minha reflexão sobre o ensino de física do 2º grau será feita olhando este ensino não só de fora com distanciamento, mas também, de dentro para fora, embasado numa prática de sala de aula de mais de 20 anos. É bom lembrar que o ensino nos dias atuais está até

pior do que apresento em meu relato, principalmente se olharmos para as condições de trabalho e a remuneração do professor.

## **1.1 MEU INÍCIO COMO PROFESSOR E OS PROBLEMAS...**

Ainda como aluno de Licenciatura em Física, comecei a lecionar em Escola Pública do Estado de São Paulo, no ano de 1969, ministrando aulas de Ciências e Matemática no 1º Grau. Permaneci lecionando essas disciplinas durante dois anos seguidos, não por opção, mas simplesmente porque eram essas as aulas oferecidas no momento da atribuição. No curso de Ciências que ministrava, por razões de afinidade com a matéria, procurava explorar e dar mais ênfase às partes relacionadas com a Física e a Química, embora esses conteúdos estivessem distribuídos de maneira estanque, ao longo dos textos usados tanto no âmbito da própria disciplina como numa utópica interdisciplinaridade. Este fato conduzia os professores, de um modo geral, a uma prática muito semelhante àquela proposta nos livros textos.

Os temas ligados à Biologia, além de apresentarem os mesmos problemas, acrescentavam mais um: a própria dificuldade com o conteúdo, que enfadonhamente procurava vencer, reciclando-me com a ajuda de apostilas de cursinho, livros e dicionários. Claro que também nesses manuais os conteúdos estavam estanques seguindo a linha "cabeça-tronco-membro" ao invés de uma interrelação entre essas partes na formação do todo.

Esse modo de apresentar o conteúdo passava uma visão fragmentada da ciência e muitos problemas que podiam ser tratados considerando os conteúdos de várias disciplinas, dando-lhes respostas globais e

mais interessantes, em geral eram esquartejados, tanto na sua formulação como na sua solução. A visão do todo quase nunca era trabalhada para que as partes fizessem sentido. Essas questões já eram mais ou menos percebidas por mim, mas como solucioná-las?

Apenas no início do terceiro ano de meu trabalho, como professor, é que "sobraram" algumas aulas de física nas primeiras séries do 2º grau. O assunto era Mecânica,... que estava subdividida em Cinemática, Dinâmica e Estática,... começava-se por Cinemática,... Foi assim o início de minha prática como professor de física na Escola Pública, de certa forma reproduzindo aquilo que tivera em minha formação no Curso de Licenciatura em Física e que também estava exposto nas apostilas de cursinho e nos livros "didáticos" que existiam na época e proliferaram nos anos subseqüentes.

Devido à instabilidade do professor aluno ou não concursado, no ano seguinte, na fase de atribuição de aula, a Escola me reservava apenas aulas de Química, não permitindo, dessa forma, que meu trabalho como professor de Física, tivesse continuidade. Lecionei esta matéria durante dois anos, mas a partir de 1973, pelo menos uma parte da minha jornada de trabalho passou a ser constituída por aulas de Física, embora também tivesse que ministrar aulas de Química e Matemática, conforme fosse minha classificação na escola em que trabalhava.

Em 1974 foi implantado na E.E.P.S.G. Prof. Sebastião de Souza Bueno, através do decreto 5692 de 1970, o curso semi-profissionalizante de Eletricidade. Na época éramos em dois professores de Física na referida Escola e, além das aulas normais de Física nas três séries dos 2º

grau, tínhamos que trabalhar o conteúdo e a prática de um "Curso de Eletricidade Básica" para nossos alunos que teriam a "formação" semi-profissionalizante em Eletricidade.

É claro que esta era uma tarefa difícil, pois não tínhamos uma prática em cursos técnicos de eletricidade, apesar da nossa formação em física. Procuramos nos preparar, inicialmente consultando manuais de cursos técnicos, como por exemplo os livros de eletricidade básica de Van Valkenburgh, Nooger e Neville<sup>1</sup>, além de outros como o do engenheiro Hélio Creder<sup>2</sup>.

A leitura desses livros me causava uma sensação que na ocasião não sabia bem caracterizar, pois se referia a conceitos que eram de certa forma trabalhados por mim nas aulas "normais de física", mas com uma linguagem típica de eletricitas e técnicos de rádio e mesmo por pessoas sem essas atribuições. Uma linguagem aparentemente descomprometida com o rigor e precisão dos "termos físicos", mas que no momento da aula era melhor compreendida pelos alunos, por isso talvez aquelas aulas tornavam-se mais interessantes e atrativas para eles e para mim.

Essa situação criava-me um certo desconforto, pois a falta de alguém com quem discutir deixava-me inseguro, questionando-me sobre o "nível de ensino". Por outro lado esta situação era contraposta por uma participação maior dos alunos nessas aulas, quando comparadas com aquelas

---

<sup>1</sup> Valkenburgh, Van, Nooger e Neville, Inc. Eletricidade Básica. Ed. Livraria Freitas Bastos. Rio de Janeiro/São Paulo, 1ª edição brasileira, 5 vol. 1960. Uma coleção para os cursos de Eletricidade Básica, recomendada pelo SENAI.

<sup>2</sup> Creder, Hélio. Instalações Elétricas. Livros Técnicos e Científicos Editora S.A. Rio de Janeiro, 3ª edição, 1974.

do "curso normal". As aulas eram bem mais dinâmicas que as tradicionais e os alunos demonstravam maior interesse que podia ser constatado através das perguntas e sugestões que eles faziam.

Uma das atividades que realizamos, num desses cursos foi a construção de uma maquete de casa na qual foi instalada uma rede elétrica de dimensões compatíveis, com fios, lâmpadas, soquetes, tomadas, interruptores, chaves, que deveria funcionar como as de uma residência concreta. Essa atividade era realizada por grupos de até 10 alunos, os quais dividiam, entre si, as despesas na compra do material utilizado.

A minha avaliação era que eles sentiam-se felizes por estarem participando da construção da "casinha" com toda a instalação elétrica funcionando muito bem. Claramente havia um sentimento de posse sobre aquela construção. Essa atividade prática - construção da instalação elétrica residencial - causava-me espécie pois não era proposta nem sugerida em nenhum texto de física embora nos cursos de física fossem discutidos os resistores, qual a sua função em circuito elétrico, como eles podem ser associados... Por outro lado, não se podia desprezar o interesse e algum conhecimento do aluno sobre o assunto e a sua manifesta alegria em realizar atividades desse tipo.

Fiz esse trabalho durante os anos seguintes e provavelmente essa sensação, as vezes de culpa, as vezes de cumplicidade, com a "eletricidade do eletricitista", tenha gerado elementos que em princípio me conduziram a insatisfações relativas ao ensino de física, que paralelamente vinha ministrando nos cursos normais. Sentia falta de um interlocutor, para ouvir

e discutir a respeito dessas questões. Para agravar a situação, uma jornada de 40 aulas semanais na Escola Pública, e outras tantas horas de trabalho na Escola Particular além de isolar-me não deixava espaço nem tempo para aprofundar sozinho essas questões.

Entretanto este tipo de trabalho enfocando o lado mais técnico e de uso da Eletricidade me motivou a ilustrar, também, as aulas do curso normal de Física com alguns experimentos pertinentes. Por isso no final da década de 70, procurei organizar com os alunos da E.E.P.S.G. Augusto Graco da Silveira Santos, para a qual tinha me removido, as chamadas aulas de Laboratório de Física.

Junto com os professores de Química e Biologia fizemos uma limpeza na sala destinada a ser o Laboratório da Escola, mas que até aquele momento estava (inclusive os corredores de acesso) entulhado de carteiras velhas e outras tranqueiras, desmotivando seu uso. Em um canto dessa sala encontramos uma razoável quantidade de material, para realizar atividades experimentais em Física, Química e Biologia, toda encaixotada. Esse material havia chegado à Escola dois ou três anos antes e fora encostado ali, provavelmente, sem chamar a atenção dos professores na época.

Havia também entre nós uma certa crença que se o aluno tivesse "aulas de laboratório" de física, química, o seu rendimento poderia ser melhor e por isso, começamos a preparar com o material encontrado nos caixotes, algumas atividades e experimentos relacionados aos conteúdos que ministrávamos em cada série. Apesar dessa ação "motivar" os alunos,

sentíamos que as dificuldades no aprendizado tanto em física como em química ainda persistiam! O que poderia ser feito então?

Um outro fato importante foi a criação, em 1980 nessa Escola, do Curso de Magistério. Tal curso tinha e tem ainda a finalidade de preparar e formar professores de 1º grau, com um conhecimento geral inclusive em ciências físico-químico-biológicas, para trabalhar com alunos de 1ª a 4ª séries, nesse grau de ensino. Por isso era necessário pensar um plano geral para esse curso e em particular um programa com escolha de conteúdos para as disciplinas que compunham a grade curricular, entre elas a Física.

Entretanto devido a inúmeros problemas na estrutura de uma Escola Pública, como por exemplo a rotatividade do corpo docente, a quase completa solidão do professor com a sua disciplina, sem ter um parceiro para discussões, qualquer tipo de trabalho acabava, na prática, inviabilizado. Assim a avaliação sobre o que se faz fica prejudicada, devido a quebra de continuidade, além do empobrecimento das discussões por completa ausência de massa crítica para isso. Por isso, um programa com conteúdo de física e forma de abordagem para o magistério não se constituía, na prática, em algo muito diferente dos programas para o colegial comum. Esta era uma questão que devia ser enfrentada, mas devido aos motivos expostos acima criava-se uma aura de dificuldades que impediam a criação de um programa (de física) para o magistério que abordasse de modo mais qualitativo os conceitos físicos mais relevantes para esse fim e que pudesse ser melhor aproveitado pelos alunos desse curso.

Em uma Escola de 2º grau da Rede Pública, em São Paulo, dificilmente existem mais de dois professores de Física, por que as jornadas de trabalho pelas quais eles são contratados são constituídas em função do número de aulas que cada disciplina requer nas três séries desse grau. Por exemplo, na Escola em que trabalhava, além de mim que era efetivo em jornada integral, poderia ter mais um ou dois professores completando a sua jornada de trabalho com as poucas aulas remanescentes da fase de atribuição. Ainda hoje é assim, o professor é efetivado ou contratado pelo número de aulas e não por um período de trabalho na Escola. Além disso nem sempre esses professores eram os mesmos, pois quase sempre, a cada início de ano eram substituídos por outros pelas mais variadas razões. Assim, devido ao pequeno número de aulas que ministravam e seu vínculo com outras escolas, os horários desses professores eram tão rígidos que na prática impediam qualquer tipo de trabalho em conjunto e conseqüentemente a avaliação sobre o que se fazia ficava prejudicada. De novo a falta de um interlocutor se fazia sentir.

Sentia também a necessidade de discutir com alguém o que se estava fazendo em termos de ensino de física que pudesse ser uma alternativa ao ensino tradicional, que quase sempre priorizava o lado formal da Física e a resolução de problemas idealizados, com objetivo único no exame vestibular. Esta maneira de ensinar discriminava grande parte dos alunos e podia justificar o baixo rendimento da maioria deles que "via" a Física como matéria para "loucos". Mas o que fazer, já que para o aprendizado da Física também se requer um conhecimento formal e abstrato?

Esse sentimento levou-me à procura de novas propostas que pudessem revelar outras formas e métodos para o ensino de física,

que não fossem aquelas tradicionais, repetidas nas Universidades e reproduzidas no ensino do 2º grau, mas que também não seguissem, por exemplo, a linha do PSSC<sup>3</sup>, um projeto destinado a formação de físicos, distante de nossa realidade cuja tônica deveria ser a formação do cidadão. Alguns outros projetos<sup>4</sup>, embora apresentassem novidades pedagógicas interessantes, a meu ver, ainda deixavam pendente a questão relativa a parte formal e abstrata da Física.

Assim, buscava nos trabalhos e bibliografias da época uma proposta de ensino de Física que tivesse significado para o aluno, que não o discriminasse via abstração e que pudesse, com interesse e satisfação coletivos, ser viabilizada em sala de aula.

Lembro-me de alguns cursos que fiz, nessa mesma época, que foram organizados pela 4ª Delegacia de Ensino da capital, em que essas questões pedagógicas não eram sequer mencionadas. Em termos de apoio oficial na área de ensino de Física apenas os Guias Curriculares<sup>5</sup> com os quais tivemos contato no início da década de 80. Mas esses Guias seguiam uma linha tradicional e davam mais ênfase à parte experimental. Na verdade, em relação ao ensino de Física, não haviam propostas inovadoras que pudessem oferecer uma maneira mais concreta de tratar o conteúdo de física, ligadas ao universo vivencial de professores e alunos. Todas as insatisfações eram atribuídas a uma dose maior de dificuldade que esta matéria carregava em relação às outras.

---

<sup>3</sup> Physical Science Study Committee. Ed. Edart, São Paulo. 1974.

<sup>4</sup> GETEF - Grupo de Estudos em Tecnologia de Ensino de Física. Projeto FAI (Física Auto Instrutiva). Ed. Saraiva S.A. 1975. PEF - Projeto de Ensino de Física, constituído de quatro conjuntos destinados ao ensino do 2º grau, elaborado pela equipe técnica do IFUSP, mediante convênio MEC/FENAME/PREMEN. Editado em 1976.

<sup>5</sup> Guias Curriculares. Coordenadoria de Estudos e Normas Pedagógicas - Secretaria da Educação do Estado de São Paulo. ed.1972.

Conhecíamos na época apenas algumas coleções de livros de Física<sup>6</sup>, mas que apresentavam uma mesma linha de abordagem e seqüência, privilegiando o formal e o abstrato. Livros ou coleções com esse mesmo tipo de enfoque começaram a se multiplicar, com alterações de um ou outro detalhe, mas que substancialmente seguiam o mesmo padrão dos anteriores, sem que houvesse alguma reflexão sobre o ensino de física, não se constituindo numa proposta nova. Ao lado dessas coleções repetitivas, como que apostando na queda do nível de ensino, os editores começaram a lançar na praça um livro síntese. O conteúdo que antes estava distribuído em três livros, passou como que numa forma mágica a se concentrar em apenas um volume, as famosas séries sinopses!<sup>7</sup> Com isso houve perda ainda maior da qualidade. Esse fato é relevante porque uma parcela significativa dos professores preparam suas aulas tendo em vista o livro do aluno, e em muitas localidades este livro é o único disponível!

## **1.2 MEU INGRESSO NO GREF E ALGUMAS QUESTÕES...**

Nessas condições é que um dia recebi em minha casa uma relação de cursos de extensão oferecidos pelo IFUSP, em 1982, entre os quais um me chamou a atenção: "Física das coisas" que seria ministrado pelo Prof. Luis Carlos Menezes. Havia um aspecto importante no resumo desse curso, que aproximadamente afirmava o seguinte: ao desmontar um motor elétrico podemos fazer descortinar todo o eletromagnetismo; assim, se o professor tiver essa competência, uma aula partindo desse concreto seria bem mais proveitosa e interessante para o aluno, pois o ponto de partida seria um

---

<sup>6</sup> Como por exemplo: Santos, Udmir Pires dos. Física, Editora Companhia Nacional, 1972. Antunes, Nora A.A. Física - Escola Nova. Ed. Moderna. São Paulo. 1972.

<sup>7</sup> Omote, Noryiasu. Física 2º grau. (Série Sinopse) Ed. Moderna. São Paulo. 1976.

motor que funciona e não apenas o abstrato do formalismo associado as leis que regem essa teoria, que invariavelmente está distante do aluno.

Achei interessante a proposta desse curso, pois aceitava uma maneira de tornar o ensino de Física mais significativo para o aluno, oferecendo-lhe elementos para uma melhor compreensão de objetos tecnológicos presentes com muita frequência em sua vida. Além disso o tipo de enfoque dado ao curso, poderia apontar uma possível solução para os problemas que de certa forma estavam me incomodando, com relação às aulas de eletricidade que vinha até então ministrando no 2º grau.

Este curso colocou para os seus alunos, um pequeno grupo de professores do 2º grau, uma possibilidade de trabalho alternativo para o ensino de física. As idéias ali colocadas e discutidas podiam se constituir numa proposta em que o cotidiano, o concreto e o diálogo pudessem ser a base através da qual se iniciaria o estudo dos conceitos físicos.

No 2º semestre de 1983, vários professores do IFUSP entre eles, Prof. Luis Carlos Menezes, Profª Yassuko Hosoume, Prof. João Zanetic, Prof. Roberto Kishinami e outros, reuniram um grupo de professores do 2º grau, entre eles alguns que, como eu, haviam feito o curso "A Física das coisas", com o objetivo de trabalhar uma proposta alternativa para o ensino de física. Elaborou-se um projeto, que ficou conhecido pela sigla GREF - Grupo de Reelaboração Crítica do Conteúdo no Ensino de Física<sup>8</sup>, onde professores, em sua maioria oriundos da rede pública e com alguns anos de experiência no magistério de 2º grau, pudessem, assessorados por docentes

---

<sup>8</sup> Equipe sediada no IFUSP, desde 1984.

universitários, trabalhar e concretizar uma proposta de ensino de física partindo do cotidiano vivido de alunos e professores.

As questões que deram motivação para o desenvolvimento do projeto de reelaboração do conteúdo de física estão no boletim<sup>9</sup> GREF número zero, o primeiro de uma série publicada a partir de 1984, que indagava o seguinte:

*"O ensino de Física tem cumprido sua função? Dá ao cidadão em geral a formação e as informações que lhe permitem compreender o mundo físico ao seu redor? Dá ao futuro universitário o embasamento necessário para a continuação do aprendizado a um nível mais avançado de abstração? Será que o problema ao ensinar física, é meramente uma questão didática do professor? Falta de base do aluno? Conteúdo que é ensinado? Está o aprendizado de física vinculado a uma compreensão de situações reais, tanto do cotidiano do cidadão como do cotidiano do sistema produtivo? Será que a física que ensinamos hoje serve ao cidadão que é aluno do 2º grau? Será que vai servir ao futuro engenheiro, bancário, médico, comerciante, professor, operário?"<sup>10</sup>.*

Em resposta a estas perguntas, o projeto tinha a pretensão de elaborar propostas alternativas para o ensino de física que fossem significativas para o aluno e que também contribuíssem para a formação de sua cidadania.

O grupo de Eletromagnetismo, do qual participava, procurava compreender certos tipos de fenômenos naturais como por exemplo o relâmpago; entender o funcionamento de instrumentos e aparelhos elétricos utilizados nas residências ou no trabalho de cada um; observar e compreender o

<sup>9</sup> Produzido pela equipe do GREF e publicado pela gráfica do IFUSP no 2º semestre de 1984.

<sup>10</sup> Boletim GREF nº zero. pp. 2-3.

modo como esses aparelhos são construídos e o porquê de sua construção ser daquele jeito. Essas questões, entre muitas outras, passaram a fazer parte da rotina de trabalho do grupo e por conta delas havia muita discussão entre os integrantes do grupo.

Muitas vezes, entretanto, tornava-se forte a sensação de que o conhecimento de física que tínhamos adquirido, através dos cursos de Licenciatura e da nossa prática em sala de aula, era um saber não totalmente apreendido, já que em várias vezes os conceitos necessários para uma explicação já eram "conhecidos" por nós porém não os associávamos ou utilizávamos para uma explicação possível do objeto concreto que estava sendo estudado. Existia uma certa dificuldade e insegurança para relacionar o conceito físico com a situação concreta questionada. Sentíamos uma certa "segurança" no uso dos conceitos físicos apenas quando se tratava de resolver problemas ou responder questões idealizadas como as que existiam nos livros de formação de 2º e 3º graus. Isto podia ser razoavelmente compreendido uma vez que nossa prática estava consubstanciada na formação acadêmica que se espelhava, de certo modo, em tais livros. Assim, na análise de muitas situações concretas, nem sempre aqueles conceitos pretensamente "sabidos" afloravam de modo natural no momento de responder às questões colocadas.

Desse modo, tenho trabalhado juntamente com os meus companheiros do GREF desde 1984 na reelaboração de conteúdo de física buscando concretizar uma proposta alternativa que viesse dar respostas às questões colocadas e principalmente ser viabilizada em sala de aula. Durante todo esse tempo, a minha dedicação mais intensa dentro da equipe GREF, foi junto ao grupo que trabalhava na reelaboração do conteúdo de Eletromagnetis-

mo, cuja proposta está concretizada em um livro editado, pela EDUSP, em janeiro de 93.

Com esse relato pretendi fazer um recorte, no espaço de múltiplos problemas educacionais, dando ênfase às questões relacionadas com o conteúdo de física a ser ensinado no 2º grau, principalmente no que se refere à sua falta de significado. O meu trabalho desenvolvido no GREF vem na direção de elaborar concretamente uma proposta de ensino de física onde a aprendizagem do conteúdo significa conhecer a forma mais elaborada de compreender o mundo vivencial tanto no aspecto fenomenológico como no tecnológico.

### **1.3 UMA REELABORAÇÃO DE CONTEÚDO**

Uma reelaboração de conteúdo se torna necessária quando pretendemos e definimos novos objetivos para a educação. Para isso é preciso repensar o conteúdo a ser ensinado fazendo escolhas que permitam alcançar as finalidades propostas. Por exemplo, dentro do contexto no qual defendemos um ensino significativo, como concretizar uma proposta de ensino que propicie ao estudante uma compreensão mais refinada de seu mundo vivencial? Seria, por exemplo:

1. Complementar o conteúdo que normalmente é ministrado com situações do cotidiano? Assim, após o ensino da 1ª lei de Newton, seriam apresentadas e discutidas situações como aquelas em que os passageiros de um ônibus precisam de um suporte para se segurarem, no momento que o veículo freia bruscamente, ou a derrapagem de um carro ao fazer uma curva numa pista molhada, e assim por diante. Este modo de apresentar o ensino de física é

comum encontrar nos livros atuais dessa disciplina para o 2º grau em que o cotidiano é colocado apenas como uma ilustração do conteúdo físico dado.

2. Trabalhar com elementos, coisas, fatos do cotidiano e analisá-los a partir de várias abordagens ou áreas da física? Por exemplo, analisar um carro do ponto de vista de seu movimento, de sua parte elétrica, das transformações térmicas de seu motor, ou utilizar a geladeira para discussão dos processos termodinâmicos,... Essa é a proposta do curso "Física das Coisas"<sup>11</sup> do qual já nos referimos e de outros textos de Física<sup>12</sup>.

3. Escolher um tema importante tanto do ponto de vista da física como do sistema produtivo e utilizá-lo como o elemento unificador dos conceitos e relações a serem desenvolvidos? Um desses temas poderia ser, por exemplo, "Energia", em torno do qual poderiam ser desenvolvidas quase todas as áreas da física. Esse modo de apresentar os conteúdos de física está concretizado em um livro de física da Coleção Magistério para o 2º grau<sup>13</sup>.

Nas propostas que acabamos de citar, o cotidiano está incluído, de várias maneiras, no ensino de física, cada uma mostrando uma estrutura na qual visões de educação e ciência são privilegiadas.

Uma outra proposta que caminha nessa direção é a forma como o GREF trata os conteúdos, partindo sempre que possível da análise de situações reais vivenciadas por alunos e professores. A idéia é que o conhecimento que o aluno já traz sobre tais situações não deve ser ignorado; antes, deve ser tomado como ponto de partida para seu posterior apro-

---

<sup>11</sup> Curso ministrado pelo Prof. Luis Carlos de Menezes, no IFUSP em 1982 e que trouxe como resultado alguns textos apostilados, como por exemplo, A Física da Geladeira, elaborado pelos integrantes do GREF.

<sup>12</sup> Por exemplo, Física Recreativa de Y. Perelman. Editorial MIR-MOSCOU, tradução espanhola de 1975.

<sup>13</sup> Física - Série Formação Geral - de D. Delizoicov e J.A. Angotti, Ed. Cortez, 2ª edição, 1992. SP.

fundamento e sistematização. O GREF propõe que seja feito um levantamento inicial de situações cotidianas, aparelhos, máquinas e fenômenos, que possam estar relacionados a cada tema de estudo da física. A seguir as coisas presentes nesse levantamento são classificadas de acordo com critérios escolhidos formando grupos de coisas ou elementos que posteriormente serão motivos de observações e estudo. A proposta do GREF, portanto, é extrair desse procedimento inicial, baseado em coisas concretas, elementos que possam propiciar uma transição, ou melhor, um salto para o conhecimento mais elaborado.

Em relação ao que foi exposto podem ainda surgir outras dúvidas, como por exemplo: será que partir sempre que possível de situações concretas significa apenas motivar o estudante? Ou ainda, mudar a seqüência de conteúdo significa simplesmente trocar a ordem mantendo a mesma visão de física? Isso é possível?

Como essa proposta indica que devemos ensinar uma física significativa; que o ensino de física deve contribuir para a formação do cidadão, o que significam essas considerações na articulação dos conteúdos? Será que se propõe apenas um certo aprofundamento conceitual e alguma aplicação para a vida diária na física que se ensina normalmente?

Se considerarmos como conteúdo de física não apenas um rol de conceitos, leis, relações, exemplos, atividades, exercícios e outras coisas do gênero, mas também o contexto e a intenção com que eles comparecem, então a forma como esses elementos são articulados têm, implicitamente, visões de ciência e de educação que pretendemos explicitar.

Assim reelaborar um conteúdo significa reorganizá-lo de forma a garantir o seu desenvolvimento na direção do objetivo que se quer alcançar e nessa empreitada algumas das várias dimensões do ensino de física são privilegiadas e outras não incluídas. O trabalho que será desenvolvido nessa pesquisa trata de um aprofundamento da compreensão do significado de reelaborar um conteúdo de física, através da análise das principais dimensões que compõem uma estruturação de conteúdo.

Sabendo que o conteúdo só ganha significado dentro de uma visão mais totalizadora que é a educação, iniciamos o capítulo 2 desenvolvendo algumas idéias sobre os principais elementos que possibilitam caracterizar a educação. O primeiro trata de sua *finalidade* e o seu reconhecimento será feito através de considerações sobre o papel da educação; o segundo trata do *significado* de ensinar uma ciência e será abordado ao discutirmos a conceituação de cultura primeira e cultura elaborada definida por Snyders e, finalmente, o terceiro elemento trata do *processo* de aprendizagem que será explícito ao caracterizarmos os termos dialógico e bancário empregados por Paulo Freire e continuidade e ruptura conceituadas por Snyders.

Quanto ao conteúdo científico (caracterização de ciência) será abordado através de elementos que tratam da *construção do conhecimento* pela compreensão do mesmo como produto e processo; da *estrutura do conhecimento* pelo estudo do significado da parte e o todo que o compõe, e por último, da *representação do conhecimento* com a descrição do significado das características de formal e conceitual.

No terceiro capítulo são analisados três propostas de ensino de eletricidade, contidas em três livros dos mais usados atualmente: "Física - Eletricidade e Ondulatória" de Edson, Robortela e Avelino<sup>14</sup>; "Os Fundamentos da Física" de Ramalho, Nicolau e Toledo<sup>15</sup> e "Curso de Física" volume 3, de Beatriz Alvarenga e Antônio Máximo<sup>16</sup>.

Essas análises são feitas utilizando como parâmetros as dimensões do ensino de física definidas no capítulo 2. Os dois primeiros livros, os mais usados entre os três, são exemplos de propostas de ensino nas quais várias dimensões da física desaparecem. Já o terceiro comporta um número maior de dimensões. O que estas análises evidenciam é que o aparecimento das dimensões do conteúdo físico depende dos objetivos do ensino e possibilita formas diferentes de estruturação e sequenciação dos conteúdos.

No capítulo 4 é apresentado o Eletromagnetismo do GREF como um exemplar de uma proposta de ensino no qual a quase totalidade das dimensões que caracterizam o conhecimento científico é contemplada. Para uma melhor compreensão da articulação ou reelaboração dos conteúdos desta proposta, a mesma é olhada a partir de três enfoques: geral descritivo, a partir do qual se tem a visão global da proposta em termos de concepções de educação e de ciência; distanciamento próximo, com o qual se explicitam as dimensões, definidas no capítulo 2, que estão contidas nas partes que compõem o todo da proposta; e finalmente, o enfoque mais próximo onde a Parte 1 da

---

<sup>14</sup> Alves Filho, A.; Oliveira, E. E.; Roboertella, J.L.C. Física - 2º grau. 3º vol. Ed. Ática. SP. 1984.

<sup>15</sup> Ramalho Junior, F.; Santos, J.I.C.; Ferraro, N.G.; Soares, P.A.T. Os Fundamentos da Física, 3º vol. Ed. Moderna.SP. 1988.

<sup>16</sup> Alvarenga, B.; Máximo, A.; Curso de Física, vol. 3, 2ª edição, Editora Harbra, SP. 1.986.

proposta é analisada com profundidade para elucidar mais concretamente as dimensões que compõem o ensino de física.

Finalmente no capítulo 5 são feitas algumas considerações sobre o que significa reestruturar um conteúdo de física e os cuidados e as dificuldades que este empreendimento exige. É também neste espaço que tecerei comentários sobre as consequências práticas de propostas de ensino nas quais faltam algumas das dimensões discutidas neste trabalho.

## **CAPÍTULO 2:**

### **DIMENSÕES QUE COMPÕEM O ENSINO DE FÍSICA**

A problemática do ensino de Física contém em sua essência questões de pelo menos duas naturezas: uma relativa à educação e outra intrínseca ao próprio conhecimento físico. Ensinar uma ciência, no nível de segundo grau, não significa apresentar ao estudante pedaços de uma área de conhecimento, escolhidos normalmente em função daquilo que se acredita ser mais fácil de ser ensinado.

No ensino de física os conteúdos “mais fáceis” são normalmente compreendidos como os “mais simples” e estes por sua vez identificados com as grandezas fundamentais da área. O que tradicionalmente ocorre é o desenvolvimento de um conteúdo a partir de definições ou enunciados de grandezas fundamentais como se elas fossem o único ponto de partida. Essa forma de conceber o ensino da Física traz em seu bojo um ensino fragmentado, sem significado e linear. Obter compreensão de conceitos ou de grandezas fundamentais é um processo exaustivo de interligação dos vários elementos que compõem a estrutura de uma área do conhecimento.

Quando em minha prática docente procurava trabalhar com alguns conteúdos que tivessem significado para os estudantes, por exemplo na atividade de instalação elétrica da “casinha”, estaria tentando mostrar que aquilo que o aluno aprende na escola como Física tem algo a ver com a sua vida; e portanto, apresentar uma visão um pouco diferente de Física,

do que aquela que a trata como um conjunto de fórmulas que o aluno tem que estudar para passar no vestibular ou, como em muitos casos, apenas para “passar de ano”.

Entretanto, se procuramos mostrar que a ciência tem tudo a ver com o mundo que o rodeia, não basta utilizar a vazia estrutura do conhecimento sistematizado, enchendo com exemplos do mundo real. É necessário uma nova organização do conhecimento, uma reestruturação.

A escolha de um conteúdo a ser ensinado e a seqüência de desenvolvimento do mesmo não devem ter como critério apenas a relevância interna da área do conhecimento científico, mas primordialmente o objetivo do ensino deste conteúdo. Em função do que se quer com o ensino de uma ciência, um conhecimento científico deve ser reorganizado, de forma a privilegiar aquelas dimensões que potencializam a compreensão na direção do desejado. Esse processo de reorganização pode ser entendida como uma reestruturação do conhecimento onde a essência, ou o cerne, da estrutura do conhecimento científico deve ser preservada dentro de uma nova totalidade dada pelo objetivo estabelecido para o seu ensino.

Uma analogia que poderia ser feita para explicitar melhor um processo de reelaboração é imaginar o conhecimento físico, com sua estrutura e conceitos, sendo projetado sobre o espaço do ensino definido pelas dimensões educacionais. O ensino de física do segundo grau seria então uma física projetada nesse espaço do ensino, estruturado por uma nova totalidade de

natureza educacional, contendo intrinsecamente os elementos estruturantes do conhecimento físico.

Neste capítulo abordaremos primeiramente as dimensões que caracterizam o espaço educacional e a seguir aquelas que compõem o espaço do conhecimento físico. Em relação à primeira serão analisadas primeiramente aquelas que tratam dos objetivos da educação. Iniciaremos nossa discussão utilizando como referência algumas das obras do educador Paulo Freire nas quais o autor concebe a educação como um ato de humanização do homem, um processo de aquisição de um instrumental para compreender e agir sobre o mundo, no sentido de transformá-lo.

A valorização dos conteúdos sistematizados não apenas pelo seu caráter emancipador ou instrumental, mas também na sua dimensão de satisfação cultural será também abordada utilizando como referência as obras de Snyders. Esta dimensão se mostra intrinsecamente relacionada com o significado de “aprender ciência”, compreendido pelo autor como a capacidade de obter uma satisfação cultural mais refinada, só possível através do conteúdo elaborado. Assim, aprender uma ciência é também sentir aquela satisfação que apenas um conteúdo estruturado é capaz de permitir.

Uma outra dimensão que caracteriza o ensino trata da questão do processo de ensino-aprendizagem. Sendo o conteúdo e o método de ensino elementos indissociáveis de um processo, utilizaremos fundamentalmente os mesmos autores para tratarmos dessa dimensão do

ensino: de um lado, a educação dialógica de Paulo Freire e do outro, a questão da continuidade e ruptura de Snyders.

Para caracterizarmos o conhecimento físico abordaremos num primeiro momento a dimensão que trata do processo de construção do conhecimento científico, utilizando como referências: Kneller com sua concepção de ciência como atividade humana e Bernal com sua visão de construção social e não individual. Na caracterização do conhecimento científico (o produto) o trabalho de Pregnotatto será referência para a discussão das dimensões que tratam da formalização e conceituação da física. Por último será considerada a questão da totalidade e partes, apoiada nos trabalhos de Salém e Bohm.

## **2.1 CONCEPÇÃO DE EDUCAÇÃO**

Atualmente o diálogo é bastante exaltado como uma condição fundamental para o desenvolvimento de um conteúdo. Mas o que essa palavra significa dentro de um processo educacional comprometido com um saber crítico e transformador? Para não usá-la também sem uma conotação mais precisa, vamos explicitar o que entendemos por diálogo dentro desse processo.

De acordo com o Dicionário Aurélio, diálogo significa:

*”fala entre duas ou mais pessoas; conversação; colóquio; troca ou discussão de idéias, de opiniões, de conceitos com vista à solução de problemas ao entendimento ou à harmonia...”<sup>1</sup>.*

Com essas conceituações podemos compreender o significado da palavra diálogo como uma conversa onde há troca ou discussões de idéias ou de opiniões, o que só ocorre se as pessoas envolvidas possuírem, pelo menos em princípio, uma mesma condição, revelar um mesmo nível intelectual. Assim, o diálogo, como troca de idéias ou de opiniões na busca da solução de problemas, se apresenta como uma relação simétrica da qual se pode esperar fluxos de informação e contribuição de mesmo nível, entre os pares.

No ensino, de modo geral, essa concepção de diálogo esbarra no fato de que alunos e professores estão em níveis diferentes e por isso o professor precisa fazer concessões, espécies de doações, mesmo que sua postura não seja autoritária. Sob esse ponto de vista, a relação professor aluno é assimétrica já que o professor sabe mais e por isso a sua contribuição é determinante, é a que decide, é a que se impõe. Não se trata de uma conversa entre iguais, não se constituindo, portanto, num diálogo.

Entretanto não é essa a concepção de diálogo vislumbrada pela educação problematizadora ou dialógica proposta por Paulo Freire:

---

<sup>1</sup> Aurélio Buarque de Holanda Ferreira. Novo Dicionário da Língua Portuguesa. Editora Nova Fronteira. 1975.

*“...não devemos encarar o diálogo como uma técnica para obter bons resultados nem como uma tática para fazermos amigos. Isto faria do diálogo uma técnica para manipulação em vez de iluminação. Ao contrário, o diálogo deve ser entendido como algo que faz parte da própria natureza histórica dos seres humanos. É uma espécie de postura necessária, na medida em que os seres humanos se transformam cada vez mais em seres criticamente comunicativos. O diálogo é o momento em que os homens se encontram para refletir sobre a sua realidade tal como a fazem e refazem. O diálogo sela o relacionamento entre os sujeitos cognitivos”.*<sup>2</sup>

Nessa concepção de Paulo Freire o diálogo é um ingrediente fundamental na formação de um indivíduo socialmente crítico, e ainda, é ele que permite e sustenta o relacionamento entre sujeitos cognitivos na direção da reflexão e ação sobre a realidade. Assim, no contexto da educação freiriana o diálogo e os papéis do educador e +educando são compreendidas da seguinte forma:

*“...o educador já não é o que apenas educa, mas o que, enquanto educa, é educado, em diálogo com o educando que, ao ser educado, também educa. Ambos, assim, se tornam sujeitos do processo em que crescem juntos e em que os argumentos de autoridade já não valem. Em que, para ser-se funcionalmente, autoridade, se necessita de estar sendo com as liberdades e não contra elas”*<sup>3</sup>.

---

<sup>2</sup> Freire, P. e Shor, Ira. Método e Ousadia. O cotidiano do Professor. Ed. Paz e Terra, Rio de Janeiro - 4ª edição - 1987. pp.122-123.

<sup>3</sup> Freire, P. Pedagogia do Oprimido. Ed. Paz e Terra, Rio de Janeiro - 12 edição - 1983. pp. 78, 79.

Neste contexto, o diálogo é uma relação em que ambos os participantes da ação se educam como sujeitos de um processo e a autoridade que se estabelece é reconhecida em práticas não autoritárias.

Na educação dialógica, o objeto de estudo é mediatizador da reflexão crítica de educador e educandos num ato onde a realidade é desvelada, se constituindo no conteúdo a ser trabalhado em sala de aula. Conforme uma outra citação de Paulo Freire, a educação dialógica:

*“...identifica-se com o próprio da consciência que é sempre ser consciência de, não apenas quando se intenciona a objetos mas também quando se volta sobre si mesma”<sup>4</sup>.*

A educação problematizadora procura resgatar e considerar o conhecimento que o aluno possui do seu contato com o mundo. É sobre esse conhecimento, ainda na sua forma ingênua e superficial que, em princípio, o educador procura estabelecer uma relação com seus alunos, levantando questões e oferecendo-lhes elementos que possam contribuir para superar esse nível ingênuo de conhecimento buscando a sua forma mais elaborada e crítica. O conhecimento que o aluno trás de fora da escola, fruto de sua vivência social é valorizado pelo professor dentro de um contexto crítico e significativo para os alunos, e se torne o conteúdo a ser trabalhado com eles. Como salienta Paulo Freire, é nesse momento que se inaugura o diálogo da educação como prática da liberdade:

---

<sup>4</sup> Freire, P. Pedagogia do Oprimido. Ed. Paz e Terra, Rio de Janeiro - 12ª edição - 1983. p. 77.

*“...é o momento em que se realiza a investigação do que chamamos o conjunto de seus temas geradores. Esta investigação implica, necessariamente, numa metodologia que não pode contradizer a dialogicidade da educação libertadora. Daí que seja igualmente dialógica. Daí que, conscientizadora também, proporcione, ao mesmo tempo, a apreensão dos temas geradores e a tomada de consciência dos indivíduos em torno dos mesmos”<sup>5</sup>.*

Dessa forma a educação dialógica é incompatível com uma postura autoritária do professor, pois o seu papel não é simplesmente a condução do processo, mas caminhar junto com os alunos, propiciando-lhes condições para superar e transcender o estágio atual de seus conhecimentos.

O objeto de estudo não é considerado apenas como uma meta final e, na medida que é problematizado, mediatiza todo o processo educacional. Sobre essa colocação, assim se expressa Paulo Freire:

*“Quanto mais se problematizam os educandos, como seres no mundo e com o mundo, tanto mais se sentirão desafiados. Tão mais desafiados, quanto mais obrigados a responder ao desafio. Desafiados, compreendem o desafio na própria ação de captá-lo. Mas, precisamente porque captam o desafio como um problema em suas conexões com outros, num plano de totalidade e não como algo petrificado, a compreensão resultante tende a tornar-se crescentemente crítica, por isto, cada vez mais desalienada”<sup>6</sup>.*

Esse modo de pensar que caracteriza a educação dialógica contrapõe aquilo que Paulo Freire considera como educação bancária,

---

<sup>5</sup> Freire, P. Pedagogia do Oprimido. Ed. Paz e Terra, Rio de Janeiro - 12ª edição - 1983. pp. 101-102.

<sup>6</sup> Freire, P. Pedagogia do Oprimido. Ed. Paz e Terra, Rio de Janeiro - 12ª edição - 1983. p. 80.

em que o professor se torna um mero narrador e o aluno, quando muito, um simples memorizador desses conteúdos. Em suas próprias palavras:

*“...a narração os transforma em vasilhas, em recipientes a serem enchidos pelo educador. Quanto mais vá enchendo os recipientes com seus depósitos, tanto melhor educador será. Quanto mais deixam docilmente encher, tanto melhores educandos serão. Desta maneira, a educação se torna um ato de depositar, em que os educandos são os depositários e o educador o depositante”<sup>7</sup>.*

Neste tipo de educação bancária é possível vislumbrar dois momentos bem distintos na ação do professor: um, quando ele solitariamente, em sua casa ou no laboratório, realiza seu ato cognoscente em relação ao objeto de estudo e, outro momento, quando na sala de aula, narra ou discursa sobre o objeto para seus alunos. Aos alunos, cabe, quando muito, memorizar ou arquivar essas informações, que não representam conhecimento nem cultura verdadeiros, já que não nasceram de uma reflexão crítica de ambos sobre o objeto de estudo em sua correlação com o mundo e seus significados. Esse procedimento caracteriza um ensino abstrato, mesmo que a fala do professor seja sobre um objeto concreto, cujo motivo de análise ou de estudo não tenha partido de uma reflexão conjunta reunindo aluno e professor, num contexto que tenha significado para ambos.

A educação problematizadora ou dialógica de Paulo Freire, ao contrário da bancária, propõe ação e reflexão sobre o conteúdo a ser estudado. Essa ação se concretiza na medida que as noções, mesmo

---

<sup>7</sup> Freire, P. Pedagogia do Oprimido. Ed. Paz e Terra, Rio de Janeiro - 12ª edição - 1983. p. 67.

superficiais e ingênuas, que o aluno tem sobre tal conteúdo sejam valorizadas pelo professor que, em seu trabalho de orientação, o envolve com outros elementos propiciando, ao grupo, novas reflexões e reavaliações na busca de um nível mais elaborado. O conteúdo ou objeto de estudo não são, dessa maneira, colocados como pontos finais a serem atingidos sem vínculos ou relações com a realidade do aluno. Ao contrário, o que propõe a educação problematizadora é que tais conteúdos sejam meios pelos quais alunos e professores possam se desenvolver na busca de um conhecimento mais global. Conforme explica Paulo Freire:

*“...a educação problematizadora, já não pode ser o ato de depositar, ou de narrar, ou de transferir, ou de transmitir conhecimentos e valores aos educandos, meros pacientes, à maneira da educação bancária, mas um ato cognoscente. ...em que o objeto cognoscível, em lugar de ser o término do ato cognoscente de um sujeito, é o mediatizador de sujeitos cognoscentes, educador, de um lado, educandos, de outro,...”*

Dessa forma, ocorre um compromisso entre alunos e professores, que se pretendem sujeitos no processo educacional, em torno de um desenvolvimento crítico de conteúdo e que seja significativo para a fase atual de suas vidas. A postura dialógica não pode ser assumida sem uma perspectiva de transformação da realidade. Apenas a palavra, no vazio, sem o contexto no qual ela possa ganhar relevância, soa, muitas vezes como manobra ou artificialidade, sem consequência.

Como estamos querendo para o ensino, de modo geral e, em particular, para o de física, um processo educacional dialógico, fica

a questão: é possível estabelecer um diálogo sobre assuntos técnicos, ou de caráter científico? Essa questão já foi suscitada e discutida por Paulo Freire, que a relaciona com a incompreensão do que é diálogo, do que é o saber, quando afirma que:

*“O que se pretende com o diálogo, em qualquer hipótese (seja em torno de um conhecimento científico e técnico, seja de um conhecimento experimental), é a problematização do próprio conhecimento em sua indiscutível reação com a realidade concreta na qual se gera e sobre a qual incide, para melhor compreendê-la, explicá-la, transformá-la... Uma coisa é 4 x 4 na tabuada que deve ser memorizada; outra coisa é 4 x 4 traduzidos na experiência concreta: fazer quatro tijolos quatro vezes. Em lugar da memorização mecânica de 4 x 4, impõe-se descobrir sua relação com um quefazer humano”<sup>8</sup>.*

Buscando traçar um paralelo com as colocações acima, poderíamos afirmar: uma coisa é usar a fórmula  $P=U_i$ , numa aplicação numérica e, outra, é procurar o significado de cada termo, a sua relação com situações concretas e cotidianas dos alunos, quando e em que situação ela pode ser aplicada, e assim por diante. Uma questão semelhante a essa também é colocada por Delizoicov, indagando como garantir, na sala de aula, a dialogicidade e ao mesmo tempo a apropriação do conhecimento que o aluno ainda não tem. Certamente não seria sobre a teoria eletromagnética ou sobre as leis de Newton que, em princípio, os alunos pouco ou nada teriam o que falar:

*“o diálogo deveria se dar em torno dos fenômenos e/ou situações que ocorrem quer naturalmente, quer na natureza transformada pelo homem, identificados como significativos*

---

<sup>8</sup> Freire, P. Extensão ou Comunicação? Ed. Paz e Terra, Rio de Janeiro - 6ª edição - 1982. p. 52.

*e envolvidos nos temas geradores obtidos durante a investigação temática. Do ponto de vista gnoseológico de Freire o conhecimento se dá na relação dos homens com a natureza e com outros homens. Portanto, em princípio, o aluno dialoga com e sobre os fenômenos e/ou situações em que vive e presencia, sendo a eles dada uma interpretação. É essa interpretação que, dialogicamente, precisávamos obter”<sup>9</sup>.*

Tal interpretação, que representa de alguma forma, o conhecimento ingênuo do aluno, é que precisa ser reconhecida pelo professor, que assim poderá trabalhar sobre ela, apontando limites e contradições, proporcionando aos alunos novas reflexões.

*“... a finalidade é promover o distanciamento crítico do aluno do seu conhecimento prevalente e enfim formular problemas que os alunos não formulam e, problematizadamente, ao longo do processo educativo, desenvolver as soluções que o conhecimento científico a eles tem dado”<sup>10</sup>.*

Na prática da educação dialógica, não basta apenas a postura do professor, é necessária uma proposta de conteúdo compatível e adequada que de alguma forma estimule alunos e professores a pensarem a escola como um lugar onde o conhecimento útil para o momento presente possa ser buscado. Ter algo a dizer sobre ou algo a perguntar sobre, não como uma mera formalidade ou para “gastar” o tempo, mas como alguma coisa de interesse comum que transcenda a curiosidade e carregue alunos e professores em busca de um outro nível de conhecimento.

---

<sup>9</sup>Delizoicov, D. Conhecimento, Tensões e Transições. Tese de Doutorado apresentada à Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo. 1991. p. 178.

<sup>10</sup>Delizoicov, D. Conhecimento, Tensões e Transições. Tese de Doutorado apresentada à Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo. 1991. p. 179.

Mas para que isso aconteça não se pode trabalhar a educação com um modelo que se impõe, fruto de propostas autoritárias através das quais os conteúdos são expostos, muitas vezes sem nenhum sentido para o aluno. Em relação a isso, recorreremos mais uma vez, ao educador Paulo Freire, quando ele, identificando as práticas bancárias, coloca:

*“Ditamos idéias. Não trocamos idéias. Discursamos aulas. Não debatemos ou discutimos temas. Trabalhamos sobre o educando. Não trabalhamos com ele. Impomos-lhes uma ordem a que ele não adere, mas se acomoda. Não lhe propiciamos meios para o pensar autêntico, porque recebendo as fórmulas que lhe damos simplesmente as guarda. Não as incorpora porque a incorporação é o resultado de busca de algo que exige, de quem o tenta, esforço de recriação e de procura. Exige reinvenção”<sup>11</sup>.*

Ainda com relação ao conhecimento que os alunos possuem devido aos contatos que estabelecem com o mundo, podemos considerá-lo como um trunfo valioso a ser trabalhado pela escola. Esse conhecimento que se encontra muitas vezes embutido no senso comum disseminado pelo mundo, outras vezes no convívio com coisas ou aparelhos tecnológicos, outras no trabalho, no lazer, na residência e também na própria cultura, se aproxima daquilo que Snyders considera como a cultura primeira.

*“Há muitas alegrias que não têm necessidade do sistemático - Há formas de cultura que são adquiridas fora da escola, fora de toda autoformação metódica e teorizada, que não são fruto do trabalho, do esforço, nem de nenhum plano: nascem da experiência direta da vida, nós a absorvemos sem*

---

<sup>11</sup> Freire, P. Educação como Prática da Liberdade. Ed. Paz e Terra, Rio de Janeiro - 14ª edição- pp. 96-97.

*perceber; vamos em direção a elas seguindo a inclinação da curiosidade e dos desejos; eis o que chamarei de cultura primeira”<sup>12</sup>.*

Por outro lado, existe um conhecimento construído, sistematizado, universalmente aceito que é transmitido às gerações seguintes, que podemos associá-lo ao que Snyders denomina de cultura elaborada.

A cultura primeira, embora, em princípio, possa ser fonte de alguma satisfação e alegria, não é capaz de atingir a plenitude da satisfação que um real conhecimento possa proporcionar, porque, em que pese estar ligada ao cotidiano, ao alcance direto das pessoas, é superficial, fragmentada. Sob esse ângulo, argumenta Snyders:

*“...queria evocar alegrias da vida cotidiana, alegrias da cultura de massa: essas são verdadeiras alegrias; não tenho absolutamente intenção de enfraquecê-las, mas tentarei dizer no que elas me parecem insuficientes e isso em relação às suas próprias promessas. Sustentarei que é a cultura elaborada que pode, melhor que a cultura primeira, atingir os objetivos, isto é, finalmente as satisfações da cultura primeira. A cultura primeira visa valores reais, fundamentais: em parte, ela os atinge, em parte, não o consegue: a cultura elaborada é uma chance muito maior de viver esses mesmos valores com plenitude,...”<sup>13</sup>.*

Ainda, de acordo com Snyders, para ir mais longe em busca dos mesmos objetivos da cultura primeira é preciso alegrias da cultura elaborada:

---

<sup>12</sup> Snyders, G. A Alegria na Escola. Ed. Manole Ltda. São Paulo. 1988. p. 23.

<sup>13</sup> Snyders, G. A Alegria na Escola. Ed. Manole Ltda. São Paulo. 1988. pp. 23-24.

*“...que nada tem do medicamento - milagre; é inicialmente um esforço para apoiar-se em métodos e procedimentos que, de perto ou de longe, relacionam-se com grandes sucessos, aquisições fundamentais - de tal modo que os próprios jovens (mas chegarão aí sozinhos?) adquiram consciência do que se passa em profundidade em seu grupo...”<sup>14</sup>.*

Uma outra dimensão importante dentro da educação, considerada por Snyders, é o processo continuidade-ruptura-continuidade, pelo qual deveria passar o aluno durante a sua aprendizagem. Nesse processo, todo conhecimento que constitui a cultura primeira dos alunos, selecionado de suas experiências concretas, se apresenta com uma continuidade e, de outro lado, a cultura elaborada, que é parte do conhecimento universal sistematizado, oferece os elementos de análise crítica que ajudam o aluno a transcender suas experiências e saber mais sobre elas, representa a ruptura. Na verdade, o que se pretende com esse processo, na análise de Delizoicov, é que:

*“...a cultura elaborada em processo de ruptura com a cultura primeira, ofereça a dimensão crítica do conhecimento para a compreensão e transformação da sociedade”<sup>15</sup>.*

Libâneo, ao discutir a prática pedagógica e a prática social no âmbito da pedagogia crítico-social dos conteúdos, coloca que:

---

<sup>14</sup> Snyders, G. A Alegria na Escola. Ed. Manole Ltda. São Paulo. 1988. p. 28.

<sup>15</sup> Delizoicov, D. Conhecimento, Tensões e Transições. Tese de Doutorado apresentada à Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo. 1991. p. 130.

*“Ao fazer da experiência (social) concreta dos alunos a própria trama do trabalho pedagógico, sobre o qual se introduz o conteúdo científico das matérias, está-se concebendo o conhecimento como uma atividade inseparável da prática (social). ...A ênfase nos conhecimentos não visa o acúmulo de informações, mas uma reelaboração mental que se traduzirá em comportamentos práticos, numa nova perspectiva de ação sobre o mundo (social). Da prática para a teoria, para regressar à prática: é um movimento de continuidade do já experimentado e aprendido; mas a continuidade é reavaliada criticamente por meio da ruptura, propiciada pelo saber organizado trazido pelo professor, o que alimentará novamente a prática e assim por diante”<sup>16</sup>.*

O processo continuidade-ruptura não se distancia da educação dialógica freireana, que também parte dos conhecimentos vivenciais dos alunos emergentes do levantamento temático. Tanto a cultura primeira de Snyders, quanto os temas geradores de Freire, são elementos que precisam ser considerados, pois desempenham importantes papéis no processo educacional : a cultura primeira apresenta seus elementos em nível de continuidade, com os quais a cultura elaborada entra em processo de ruptura, proporcionando “saltos qualitativos”, redimensionando e colocando em outro nível os elementos da cultura primeira; os temas geradores, levantados partindo de um contexto no qual carregam seus significados, portanto componente da cultura primeira, constituem o objeto de estudo da educação dialógica.

A escola, com promessas apenas para o futuro, é desestimulante, criando momentos de tensão ou de resignação entre os alunos, conforme sugerem algumas citações comumente registradas no âmbito escolar:

---

<sup>16</sup> Libâneo, J. C. Democratização da Escola Pública - A pedagogia crítico-social dos conteúdos. Edições Loyola. S.P. 9ª edição, 1990. p. 76.

*“...A escola abrindo-se para o futuro: trabalhe bastante para que mais tarde... ou então a variante pessimista, senão mais tarde... Para tanto, contribuem a vida diária - mais tarde, quando você não for mais criança -, o desejo do jovem de poder comportar-se enfim como os adultos e a pressão do seu círculo e da sociedade para que ele leve em conta o longo prazo...”<sup>17</sup>.*

Há necessidade que os alunos percebam finalidades nos seus momentos atuais de estudo, que sintam que estão de fato aprendendo algo de útil, que a escola lhes está acrescentando a cada dia e os aguarda no dia seguinte com coisas mais interessantes para a qual possam debruçar com interesse e satisfação. Assim, o ensino não pode ter um caráter exclusivamente propedêutico, oferecendo ao aluno apenas os pré-requisitos para uma fase posterior de estudos. São muitos anos que o aluno permanece na escola em troca de apenas um punhado de informações, que muitas vezes nem serão usadas por eles. É necessário usar esse tempo na escola... Snyders defende uma escola com alegria e com finalidades:

*“...há um mundo de alegria que só o presente pode dar, pois o presente é o lugar de minhas tarefas e dos meus projetos; mesmo se podemos, se devemos compreender e gostar do passado, é muito evidente que só podemos agir no presente. A cultura elaborada só me trará plenamente a alegria que espero se (evidentemente sem negligenciar o passado) ela for até o fim, até o presente, se, mesmo quando se ocupa do passado, ela se estender ao presente, às técnicas de hoje, às obras contemporâneas, às tarefas contemporâneas. Uma cultura que me ajuda a tomar consciência do mundo de hoje*

---

<sup>17</sup> Snyders, G. Alunos Felizes - Reflexão sobre a alegria na escola a partir de textos literários. Ed. Paz e Terra. São Paulo. 1993. p. 28.

*e me faça sentir que é digno apaixonar-se por ele - a despeito de tudo*<sup>18</sup>.

Para isso, sustenta que são os conteúdos referidos à realidade do aluno que poderão contemplar essas expectativas. Em particular, no ensino de física, uma forma de fazer isso, é considerar todo o universo tecnológico associado a esse conhecimento, como também as questões, de nível mais especulativo, que podem ser formuladas quando olhamos para o nosso mundo. Discutir e re-avaliar, em sala de aula, esse universo tecnológico e outras situações ligadas ao conhecimento físico, dentro de um contexto que proporcione uma melhor compreensão dessas realidades, não só em termos físicos, mas como elas estão inseridas em nossas vidas sob diferentes aspectos, são objetivos de uma educação dialógica comprometida com educandos sujeitos, e certamente se constituirá numa forma de maior satisfação ao estudante, como diz Snyders.

## **2.2 CONCEPÇÃO DE CIÊNCIA**

Embora os livros didáticos apresentem o conhecimento físico como algo pronto e acabado, não é assim que ele deve ser considerado. Existe todo um processo para a construção do conhecimento, que na maioria das vezes, é omitido na sua veiculação. Isto cria uma sensação de impotência que desestimula o leitor a enfrentar desafios na imersão desse produto acabado, que paira acima das pretensões do cidadão comum. É importante que se faça alguma discussão sobre a construção desse

---

<sup>18</sup> Snyders, G. A Alegria na Escola. Ed. Manole Ltda. São Paulo. 1988. p. 46.

conhecimento, mostrando que ele é fruto de um processo movido pela participação humana e, portanto, passível de erros e acertos, certezas e dúvidas; determinado por visões de mundo e suas crenças; influenciável por pressões sociais e econômicas do meio em que vive.

O conhecimento físico é um processo porque, na sua elaboração, existe toda uma dinâmica de embates entre idéias que se opõem, superação de crises, questionamentos de ordem racional e intuitiva e tantas outras dificuldades historicamente construídas através de caminhos não lineares; é produto, porque se apresenta de modo acabado e organizado, constituindo-se as teorias, modelos e leis que, de certa forma está pronto, para ser “colocado à venda aos interessados”.

Na construção desse conhecimento, a **racionalidade** está presente não apenas como uma manifestação objetiva do ser humano, mas porque o conhecimento científico como um empreendimento coletivo, tem necessidade de ser confiável, de modo hegemônico, no interior da comunidade científica, para se estabelecer, pelo menos num determinado período, como base para seu próprio desenvolvimento. Nesse caso, ser racional significa realizar coisas por boas razões avaliadas em debates coletivos, tendo como meta o desenvolvimento da ciência.

No entanto devemos olhar para esse acordo coletivo apenas como uma condição necessária, mas não suficiente para a racionalidade

da ciência, pois sempre haverá a possibilidade de um coletivo irracional. Conforme assinala Kneller:

*“A Ciência evolui através de atos de homens e mulheres, atos tais como inventar hipóteses, realizar experimentos, ponderar provas e publicar resultados. A finalidade desses atos é produzir um conhecimento verificado - conhecimento que mereça aceitação pela comunidade científica. Para produzir tal conhecimento, a Ciência precisa ser racional, pois, se as alegações do conhecimento não forem racionalmente baseadas, faltarão argumentos para que elas sejam preferidas às pretensões de gurus e adivinhos, e a investigação científica não terá qualquer significado”<sup>19</sup>.*

A **intuição**, como elemento da percepção humana, pode acrescentar categorias de pensamentos que podem propiciar a formação de uma série de imagens, com nuances e subjetividades que extrapolam o lado racional e objetivo da ciência e que por isso são capazes de dar significado e adornos humanos a esse conhecimento mais frio e objetivo.

O lado intuitivo estabelece níveis de compreensão diferentes, na medida que o ato de intuir permite ao pensamento vagar por entre os edifícios mais fixos e estruturados do conhecimento em busca de compreensão de significados. Com isso pode-se formar imagens, estabelecer analogias, se apoderar um pouco mais desse conhecimento, poder recriá-lo e transformá-lo.

---

<sup>19</sup> Kneller, G.F. A Ciência com Atividade Humana, Ed. Zahar/Edusp. 1978. p. 54.

A percepção de que o conhecimento científico pode ser apresentado como produto e processo, fica clara na exposição de Bento Jesus Caraça:

*“A ciência pode ser encarada sob dois aspectos diferentes. Ou se olha para ela como vem exposta nos livros de ensino, como coisa criada, e o aspecto é o de um todo harmonioso, onde os capítulos se encadeiam em ordem, sem contradições. Ou se procura acompanhá-la no seu desenvolvimento progressivo, assistir à maneira como foi sendo elaborada, e o aspecto é totalmente diferente - descobrem-se hesitações, dúvidas, contradições, que só um longo trabalho de reflexão e apuramento consegue eliminar, para que logo surjam outras hesitações, outras dúvidas, outras contradições. A ciência encarada assim, aparece-nos como um organismo vivo impregnado de condição humana, ... como um grande capítulo da vida humana social”<sup>20</sup>.*

As palavras de Bento Jesus Caraça refletem não somente a idéia de que o conhecimento físico é produto de um processo de elaboração desenvolvido e envolvido pelo homem, no qual, portanto, estiveram presentes, hesitações, incertezas e contradições, mas também, que esse conhecimento, muitas vezes, se nos apresenta como algo linear, acabado e estático, criando a sensação de uma realidade absoluta, independente de nosso modo de pensar, e por isso mesmo inculcando em nós um sentimento de impotência. Este último aspecto se configura também como uma forma alienante de mostrar o mundo.

---

<sup>20</sup> Pregnotatto, Yukimi Horigoshi. Tese para grau de Doutor na FEUSP. A Eletrostática: O conhecimento Possível e O conhecimento Aprendido. Citação na p. 2 de Caraça, Bento de Jesus, Conceitos Fundamentais da Matemática, Lisboa, 1975.

Entretanto, sentimo-nos encorajados e mais felizes quando temos a oportunidade de analisar o conhecimento físico, do ponto de vista histórico, em que ele aparece como resultado de um processo no qual estiveram envolvidas pessoas com suas intuições, visões de mundo, especulações, erros, acertos, e os interesses ligados aos aspectos políticos, sociais e econômicos, como realmente acontece na elaboração da maioria dos trabalhos científicos. Por exemplo, nos anos que antecederam a publicação do trabalho de Newton sobre a gravitação, os **Principia**, praticamente todos os grandes nomes da ciência procuravam uma solução para os problemas celestes, numa atmosfera influenciada por interesses que iam desde os religiosos até os econômicos, incluindo, como não poderia deixar de ser, o interesse pelo conhecimento da própria natureza.

Em relação a esse período, no qual muitas idéias sobre o movimento dos corpos celestes foram debatidas, John Desmond Bernal afirma o seguinte:

*"Muitas pessoas tinham especulado sobre as razões que levavam os planetas a girar em torno do Sol em órbitas que Kepler fora o primeiro a mostrar serem elípticas; tinham até imaginado que se manteriam nessas órbitas pela ação de uma força atrativa qualquer...., e o próprio Gilbert sugerira que o que mantinha os planetas nas suas posições respectivas e, na verdade, o que os impelia nos seus cursos, poderia muito bem ser precisamente o magnetismo"<sup>21</sup>.*

Além dessas considerações, continua Bernal, em seu livro *Ciência na História*:

---

<sup>21</sup> Bernal, John Desmond. *Ciência na História* 2º Vol. Ed. Livros Horizonte - Lisboa. p. 478.

*“Em 1666 Borelli introduziu uma idéia importantíssima: a de que o movimento dos planetas implicava a existência da necessidade de equilibrar a força centrífuga, tal como a que uma pedra exerce numa funda, por meio de outra força qualquer - que ele caracterizou como força da gravidade - que se estendia para além da vizinhança imediata da Terra até à Lua, e do Sol para os planetas.”<sup>22</sup>*

O problema agora era saber como a força da gravidade se comportava com a distância de forma a explicar uma órbita elíptica. Segundo Bernal, para explicar a força da gravidade em função da potência da distância:

*“Hooke, que já suspeitara que a gravidade diminuía com a distância, tentou confirmar essa hipótese procurando, em vão, variações de peso de um corpo no chão, no fundo de uma mina, e no cimo de uma torre. ... As coisas não podiam ir mais longe até que essas idéias gerais pudessem ser reduzidas a fórmulas matemáticas e verificadas por meio de observações”<sup>23</sup>.*

No meu modo de ver, essas considerações de Bernal sobre aquele período histórico, colocam o trabalho de Newton, não obstante seu talento e sua genialidade, numa dimensão humana. Elas nos permitem compreender que ele não desenvolveu sozinho todas as idéias presentes em seu trabalho, conforme ele mesmo reconhece em uma carta que enviou a Robert Hooke, onde dizia:

---

<sup>22</sup> idem citação anterior. p. 478

<sup>23</sup> idem citação anterior. pp. 478-479

*“se eu vejo mais longe é porque subi sobre ombros de gigantes”<sup>24</sup>.*

Os debates em torno das idéias, que circulavam na época, sobre o movimento dos corpos celestes, juntamente com as concepções de caráter religioso, poderiam ter-lhe propiciado o “insigth” que o levou a encontrar a solução para o problema com a construção da teoria da gravitação que, magistralmente, elaborou.

Acreditamos que o próprio Bernal, ao escrever sobre a história da ciência, tenha também passado a limpo parte desse processo, com o objetivo de torná-lo mais inteligível e lógico. Mas é claro que, nesse trabalho, ainda sobraram muito das idas e vindas, dos erros e acertos próprios da história não linear da construção de um conhecimento. É por isso que um trabalho como o de Bernal nos aproxima da atmosfera existente nos anos que antecederam a publicação dos Principia e assim, ao examiná-lo, além de nos sentirmos entusiasmados pelo conteúdo e qualidade do trabalho, nos colocamos numa posição privilegiada para a sua compreensão.

Da análise desse pequeno recorte da obra de Bernal, podem ser ressaltados alguns conteúdos novos e até mesmo revolucionários para a época, que Newton, talvez, poderia ter usado no desenvolvimento e elaboração de sua obra, como por exemplo:

---

<sup>24</sup> Nota de rodapé no livro de Física Resnick - Halliday, parte I - Mecânica-Acústica-Calor. Ed. Ao livro Técnico e Edusp. 1967. p. 409.

1- A possibilidade de uma força atrativa, como aquela exercida entre magnetos separados, atuando nos planetas para mantê-los em suas órbitas elípticas, era uma idéia até certo ponto revolucionária na época, pois dissolvia o mito da ordenação dos céus e introduzia uma outra visão de força a distância, contrapondo àquela originada de impulsos entre corpos materiais em contato, que era a visão de muitos cientistas daquele tempo.

2- A idéia de Borelli sobre a necessidade de uma força, a qual chamou de força da gravidade, para equilibrar a força centrífuga decorrente do movimento do planeta, comparando-o ao movimento de uma pedra presa a extremidade de um fio que gira em torno de um eixo, como nos antigos instrumentos de guerra que arremessavam pedras e outros projéteis.

3- A percepção de que a força da gravidade deveria ser uma função da potência da distância para poder explicar a trajetória elíptica no movimento dos planetas, fundamentada no fato de que a força da gravidade teria de aumentar quando o planeta estivesse mais próximo do sol. Isso levantava suspeitas, como a de Hooke, de que a força da gravidade devesse diminuir com o aumento da distância à Terra.

Todas essas idéias poderiam ter sido utilizadas de uma forma ou de outra por Newton, antes e durante a elaboração da teoria da gravitação, de alguma forma fornecendo-lhe elementos para sua meditação, mas ao mesmo tempo lhe instigando na busca do seu “insight” final, o qual lhe permitiria fazer a grande síntese, reunindo numa só teoria, os elementos para a explicação de todos os movimentos, os do Céu e os da Terra.

Com essa observação sobre o limitado trecho da obra de Bernal, estamos apenas querendo assinalar que o conhecimento científico é de fato um processo de construção que carrega consigo as mais diferentes influências advindas dos valores que o homem e a sociedade defendem, ou admitem, naquele momento. Pena é que, muitas vezes, esse conhecimento seja passado às gerações seguintes de uma forma estática, acabada e linear, com a omissão dos detalhes e de toda ordem de movimentos presentes na sua elaboração.

Com relação a essas constatações, Pregnoatto<sup>25</sup> procura deixar claro o que significa linearizar a construção do conhecimento. Para isso, descreve como um problema é resolvido e depois como é passado a limpo. Na resolução do problema, inicialmente é escolhido um caminho que pode conduzir a lugar nenhum, então outros caminhos são tentados, muitos dos quais também sem êxito. O problema muitas vezes é engavetado por uns dias, depois é retomado, descobre-se parte da solução, volta-se atrás refaz as contas, alguém dá uma sugestão, mais algumas horas de dedicação pensando no problema, buscando uma solução que, nesta altura, já parece madura, até que se consegue resolvê-lo integralmente. Ufa! Os rascunhos de todo esse processo estão em completa desordem, praticamente irreconhecível, com partes que necessariamente devem ser consideradas, outras não. O rascunho contém a ordem em que o processo de solução do problema foi-se desenvolvendo, isto é, ele retrata um tempo cronológico na resolução do problema.

---

<sup>25</sup> Pregnoatto, Yukimi Horigoshi. Tese para obtenção de grau de Doutor, apresentada na FEUSP. 1994.

No entanto, para entregá-lo ao professor, esse rascunho precisa ser passado a limpo deixando claro quais são, realmente, os passos necessários e lógicos para a solução do problema. Aí então procura-se escolher os passos necessários e em ordem de prioridade, entre aqueles muitos que foram dados até a resolução final, para a compreensão do problema.

Ao se fazer isto está-se linearizando a solução do problema, dissociando portanto o produto do processo e com isso associando a esta solução um tempo lógico seqüencial. Por isso o tempo lógico está associado a uma seqüência estabelecida pela ordem de prioridade dos passos no desenvolvimento da solução do problema. O tempo cronológico, por sua vez, está associado a ordem seqüencial dos passos durante o processo de resolução do problema.

O produto (problema passado a limpo) sob pretexto de uma exposição clara e lógica pode tornar-se de difícil compreensão, ou então nos produzir uma sensação de fragilidade e desânimo, na medida em que todas as dificuldades, quebra-cabeça, desencontros, horas de sono perdidas, incertezas e erros, foram retirados ou omitidos do processo.

Em seu trabalho, Pregnotatto considera que quando um conhecimento, como o problema passado a limpo, é transmitido de forma limpa, linear, sem nenhum aviso, pode ocorrer, na cabeça do interessado, uma superposição do tempo cronológico associado ao processo de resolução do

problema, ao tempo lógico presente na ordenação da solução do problema. Tal superposição, segundo a autora:

*“faz com que o tempo cronológico seja confundido com o tempo lógico, o que acarreta um problema pois sugere a existência de uma ordenação lógica onde de fato não ocorreu”<sup>26</sup>.*

Por isso, considerar no aprendizado da Física, a dualidade processo e produto, é muito importante, na medida em que o aluno é colocado diante de seu objeto de estudo sem disfarces, humanizado, com o qual pode estabelecer as mais íntimas e significativas relações para a posse e o domínio desse conhecimento.

Até aqui tratamos do processo de construção do conhecimento considerando os movimentos de idas e vindas, os percalços, as surpresas, as descobertas e outras considerações, mas sob um ponto de vista interno, isto é, em relação apenas ao desenvolvimento do conhecimento físico. No entanto, gostaríamos de ressaltar mais uma vez que, no processo de construção desse conhecimento, fatores externos, como os sociais, econômicos, políticos e religiosos, também exercem e marcam a sua influência, muitas vezes até a ponto de definir prioridades de pesquisa e mesmo de escolha entre modelos que competem entre si.

---

<sup>26</sup> Pregnoatto, Yukimi Horigoshi. Tese para obtenção de grau de Doutor, apresentada na FEUSP. 1994. p.11

Sob esse aspecto também poderíamos pensar numa dicotomia *análise internalista x análise externalista* permeando e dando um tom no processo de construção do conhecimento. Tais visões, ao contrário de serem antagônicas, se complementam: a visão internalista, sustenta um enfoque mais voltado para a própria natureza, em que os embates se dão em torno de idéias sobre como interpretá-la e percebê-la; a visão externalista, por outro lado, reúne todas aquelas influências de cunho religioso, social, político e econômico que acabam determinando, no processo de construção do conhecimento, por exemplo, a velocidade e direcionalidade dos projetos de pesquisas, a escolha de visões de mundo mais pareadas com os interesses da sociedade ou grupos dominantes existentes na época. Para compreender, no fim, porque um conhecimento científico é de tal modo, precisamos ter em mente essas duas possibilidades que acabam influenciando no produto final apresentado à sociedade pela comunidade científica.

Sendo assim, é importante que nós professores e também os alunos, possamos perceber que o conhecimento científico não é, como se podia supor, algo construído com neutralidade, despido de interesses e coisas do gênero, mas que carrega também altas doses de influências provenientes de grupos que em determinadas épocas impõem as suas “verdades e vontades”.

Podemos ressaltar que a própria compreensão do processo de construção da ciência tem diversas interpretações, desde o mais conhecido pensamento positivista, passando pelo refutacionismo de Popper, até a mais recente modelo dialético de Kuhn composta de períodos normal e

revolucionário. Uma discussão mais aprofundada das diferentes concepções, traduzindo modos de pensar, muitas vezes antagônicos em relação ao desenvolvimento e ao uso do conhecimento físico pode ser encontrado no Anexo 1.

Como vimos, a Física é um processo de produção de conhecimento a respeito da natureza, mas também é um produto desse processo. Como diz Pregnoatto:

*“... enquanto processo de construção do conhecimento, a física tem uma história, que envolve embates entre idéias contrastantes desenvolvida ao longo do tempo. Enquanto produto ela é organizada em complexas estruturas que constituem as teorias”<sup>27</sup>.*

Do ponto de vista internalista, esta colocação também nos permite reconhecer o conhecimento físico como o produto de um trabalho de construção humana no qual, portanto, estão presentes elementos como a razão e a intuição, cada qual contribuindo e dando seu tom característico na construção desse conhecimento. Por esse motivo o conhecimento físico carrega uma forte dose de racionalidade presente nas teorias, modelos e fórmulas, através das quais pode se estabelecer a comunicação precisa entre as pessoas.

Mas também essa elaboração se acha permeada pela intuição e por pensamentos subjetivos, como elementos extremamente

---

<sup>27</sup> Pregnoatto, Yukimi Horigoshi. Tese para obtenção de grau de Doutor, apresentada no FEUSP. 1994. p.2

importantes e necessários na construção do conhecimento, permitindo as interpretações, construções de analogias e de formação de imagens, que de certa forma nos levam a aprofundar esse próprio conhecimento. Ainda, como reconhece Pregnotatto:

*”... Ele [o conhecimento físico] tem duas faces: uma eminentemente racional, que corresponde as estruturas teóricas, e envolve interrelações entre conceitos; a outra, corresponde a um tipo de conhecimento intuitivo, profundo das entidades envolvidas, proveniente da prática de fazer física”<sup>28</sup>.*

A física, como produto de um conhecimento científico, não se resume apenas a fórmulas matemáticas como muitas vezes presenciemos em diversos livros texto do 2º e 3º graus, nem apenas a um rol de conceitos firmados em torno dos temas estudados por essa ciência.

O conceito e a matemática são dois momentos desse produto que precisam ser enfatizados, cada um a seu tempo e com a devida importância, pois dotam a física de uma estrutura e de um poder interpretativo, servindo como instrumento de percepção e previsão do mundo que nos cerca e até mesmo para proporcionar novas e excitantes descobertas. Essa dualidade formal e conceitual, típica do conhecimento físico, de fato se reveste de uma racionalidade, uma lógica e uma dose de intuição que o diferencia dos demais conhecimentos, para prever, com alto grau de segurança e exatidão, acontecimentos na esfera do campo físico.

---

<sup>28</sup> Idem citação anterior, pp. 2 e 3.

O lado formal de uma teoria ou modelo físico é estruturado pela matemática que oferece os elementos capazes de estabelecerem relações entre as grandezas envolvidas, enquanto que o lado conceitual procura carregar de significado essas grandezas e as relações entre elas. Por exemplo, quando escrevemos a relação matemática,  $E=F/q$ , entre o campo elétrico e a força que o mesmo comunica à carga, quais são os significados de todas essas grandezas, o que cada uma representa isoladamente, quais são seus atributos e suas funções nessa especial relação, qual o domínio de validade e aplicabilidade dessa equação, são perguntas, entre outras, que necessitam de respostas qualitativas, plenas de conceitos, sem os quais os possíveis cálculos não terão significados.

Mas como se constrói esse elo entre o formal, matemático/quantitativo e o conceitual, significativo/qualitativo? Na construção do conhecimento físico, o caminho mais natural é o cientista usar a matemática para expressar as suas idéias, tornando-as mais precisas e operacionais. Dessa forma as grandezas assim definidas já carregam uma dose de significados e as relações entre elas permitem estabelecer vínculos antes não colocados. Por exemplo, Newton precisou recorrer a matemática, inventando o cálculo integral, para mostrar que toda massa da Terra poderia ser admitida localizada no centro da mesma, equacionando os problemas relativos tanto aos movimentos dos astros, nos céus, como de outros corpos, nas proximidades da Terra. De modo semelhante, Maxwell tornou a teoria do campo eletromagnético de Faraday, expressa originariamente de modo qualitativo em termos de linhas de campo, mais precisa ao colocá-la na forma de equações diferenciais.

Vamos tentar dar mais significado às dimensões formal e conceitual através de situações de nosso dia a dia. Na construção de uma casa, por exemplo, podemos entender a sua **estrutura** como a base que a sustenta, representada pelo alicerce, vigas e colunas de concreto, paredes ligadas umas as outras, formando uma amarração que sustenta e representa o perfil da construção. Essa parte da construção requer cuidados especiais para dotá-la de firmeza e estabilidade e por isso necessita do trabalho de algum especialista que possa determinar profundidade de alicerces, capacidade de sustentação das vigas e colunas, modos de se fazer amarrações de paredes, com o objetivo principal de manter a construção em pé.

Além disso existem muitas extensões de canos para água e esgoto, conduites, fios, todos embutidos nas paredes, teto e piso, que dotam a construção de uma certa funcionalidade. Embora esses elementos pertençam a construção, quase nunca os consideramos, a não ser quando algum tipo de problema acontece com eles. Nesses casos, como eles não são visíveis, necessitamos de uma planta para localizá-los. A estrutura e esses elementos são fundamentais numa construção, pois criam a base e permitem a funcionalidade da mesma.

Mas a construção não termina aí, existe todo um trabalho de acabamento, que, ao contrário do caráter objetivo da estrutura, depende mais do bom do gosto e da sensibilidade de quem a projeta e constrói. Em uma construção, esse trabalho é mais da responsabilidade de um arquiteto,

que às vezes reúne-se com os proprietários para dar a ela, estilo, beleza e harmonia.

Diferentemente de tudo isso, e ainda em um sentido muito mais pessoal e subjetivo, cada morador pode reconhecer e sentir sua moradia em detalhes que são significativos apenas aos que habitam a residência. Por exemplo, o reconhecimento de um lugar especial como o canto do telefone, um lugar da casa que seja mais aconchegante para o casal, os móveis, adornos e enfeites que revestem a casa e lhe dão um jeito peculiar, a cozinha, os corredores que muitas vezes são percorridos no escuro, reservam um conhecimento que é típico de quem mora e circula pela casa.

Esse ato de morar e circular pela casa dá ao cidadão morador um conhecimento que é distinto daquele que pode ser passado a pessoas estranhas à casa, através de um desenho ou uma maquete, ou mesmo por um agente imobiliário, sobre o número e divisão de cômodos, metragem da construção, sistemas hidráulico e de esgotos através de plantas e o estilo da construção. Apenas o ato de morar e se ambientar com a casa é que traz esse tipo de conhecimento quase que indescritível, próprio e com significado apenas para as pessoas que vivem na casa.

Com essas nossas colocações podemos estabelecer uma analogia entre a casa como produto de um trabalho realizado pelo homem, com suas visões de segurança, beleza, estilo, harmonia e como local de sua moradia e o conhecimento físico, também produto de um processo de criação

humana com todas as suas contradições. Se olharmos para uma casa pronta, também ela nos passará a idéia de algo acabado, independente de quem a construiu. Mas o processo de sua construção envolve a história de muita gente, que pode ser contada em detalhes por quem participou de sua construção.

A casa como um todo, pode ser vista sob dois aspectos: a sua firmeza ou estabilidade caracterizada por alicerces firmes e paredes sem rachaduras, seu projeto com requintes artísticos no acabamento (coisa objetiva e racional - sua estrutura) e o ato de morar e portanto ter familiaridade na circulação pela casa, no reconhecimento de cantos e espaços especiais, com significados próprios (coisa mais pessoal e subjetiva - seu conceito).

Analogamente, o conhecimento físico também apresenta uma **estrutura** ligada mais ao lado racional, constituída pelas leis, teorias, modelos, relações e fórmulas matemáticas que oferecem à estrutura uma amarração conceitual rígida na qual se deposita confiança, e um lado conceitual, associado mais a intuição que permite a construção de imagens, interpretações de símbolos e grandezas construídas, de considerações mais filosóficas e qualitativas.

Assim, excetuando as diferenças, achamos que pode se estabelecer uma analogia entre a casa no processo de construção civil e o conhecimento físico na construção intelectual do saber elaborado. Por isso o formal e o conceitual, presentes no conhecimento científico, podem achar seus correspondentes análogos na estrutura da casa, no seu processo de criação e

acabamento, e no ato de nela morar que permite o estabelecimento de relações mais afetivas e pessoais.

Conforme colocamos acima, a estrutura, dentro do conhecimento físico, se refere mais ao lado racional desse conhecimento, representada pelas teorias, as fórmulas e as relações. As teorias se compõem de elementos, passíveis de estabelecerem relações, que podem adquirir significado em dois níveis distintos: pela característica individual de cada elemento e pelas propriedades decorrentes do conjunto deles. Como afirma Jean Piaget:

*“uma estrutura é, por certo, formada de elementos, mas estes estão subordinados as leis que caracterizam o sistema como tal, e essas leis, ditas de composição, não se reduzem a associações cumulativas, mas conferem ao todo, enquanto tal, propriedades de conjunto distintas daquelas que pertencem aos elementos. Por exemplo, os números inteiros não existem isoladamente e não se os descobriu em uma ordem qualquer para os reunir, em seguida, em um todo: eles não se manifestam senão em função da própria seqüência dos números e esta apresenta propriedades estruturais de “grupos”, “corpos”, “anéis”, etc, bem distintas das que pertencem a cada número que, por seu lado, pode ser par ou ímpar, primo ou divisível por  $n > 1$  etc”<sup>29</sup>.*

Do que foi exposto, podemos entender que os elementos que compõem as estruturas são reconhecíveis devido a propriedades que os qualificam no todo, como por exemplo, na seqüência dos números inteiros, se reconhece o 10 porque existem o 9, o 11..., por outro lado, cada número em si pode ser caracterizado isoladamente com os atributos, par, ímpar, negativo, positivo, etc. Devido a isso, a estrutura como um todo, não se

---

<sup>29</sup> Piaget, Jean. O estruturalismo. Difel - Difusão Editorial S.A. São Paulo/Rio de Janeiro.1979. p. 10.

constitui numa simples soma dos elementos que a constitui, pois as propriedades que definem esses elementos isoladamente são distintas daquelas que os caracterizam na formação de um todo.

Ainda que percebamos que determinados elementos estejam logicamente articulados na formação de uma estrutura, poderíamos indagar, de modo mais direto, o que constitui a estrutura de uma teoria? Esta pergunta não tem uma resposta absoluta, pois depende da visão de mundo de quem a responde. Por exemplo, de acordo com os empiristas lógicos, a **estrutura** de uma teoria contém um **cálculo**, que é considerado a essência da teoria, algumas **regras de correspondência** que relacionam o cálculo e o conteúdo empírico da teoria e a interpretação do conteúdo empírico, através de um conjunto de sentenças ao qual se dá o nome de **modelo**. Segundo o empirista lógico, Ernest Nagel:

*“o modelo se constitui apenas num auxiliar heurístico servindo de guia para o estabelecimento dos pressupostos fundamentais da teoria, assim como uma fonte de sugestões para a ampliação da teoria”<sup>30</sup>.*

No estudo da eletrodinâmica, no qual se pressupõe que, a uma dada temperatura, a resistência elétrica de um fio é proporcional a sua geometria, se estabelece através de um regra de correspondência a relação entre as grandezas **resistência elétrica**, criado pela teoria e a **geometria do fio**

---

<sup>30</sup> Nagel, E. The Structure of Science, p.108-9. Citação em Kneller, G.F. A Ciência como Atividade Humana. Zahar / Edusp. 1980. p. 137.

(comprimento e área da secção transversal do fio), associado à observação e às medidas empíricas.

O cálculo tem o poder de quantificar essa relação de correspondência, estabelecendo a igualdade entre essas grandezas físicas, através da expressão:  $R = \rho L/A$ . O cálculo se constitui num importante instrumento de análise e de quantificação das grandezas físicas relacionadas pela regra de correspondência.

No estudo da eletrodinâmica, por exemplo, as fórmulas  $P = Ui$  e  $U/i = R$ , permitem fazer previsões de gastos de energia, usando as informações fornecidas pelo fabricante. Elas fazem parte da estrutura do eletromagnetismo e podem ser obtidas através da articulação de conceitos mais fundamentais. A primeira delas nos diz que o produto da tensão  $U$  pela intensidade de corrente  $i$  corresponde a potência elétrica desenvolvida pelo aparelho; a segunda define a razão entre a tensão  $U$  e a intensidade de corrente  $i$ , como sendo a resistência elétrica do resistor. Essas fórmulas representam um cálculo com sua lógica e coerência no seio da teoria, envolvendo elementos que pertencem a estrutura do eletromagnetismo.

Ao discutirmos as dimensões formal e conceitual, estamos querendo mostrar que a ciência, como um produto, além de ser influenciável por fatores externos como os sociais, políticos, econômicos, religiosos e internos como no embate filosófico que apresentamos, tem uma estrutura ligada ao lado racional, com base em teorias, modelos e relações

matemáticas e um lado intuitivo que dota esse produto de possíveis interpretações, que permitem estabelecer analogias e alcançar significados.

A base para essa estruturação é uma visão unificadora, dada pela teoria física que, através de símbolos matemáticos correlaciona de forma articulada e consistente os conceitos, leis, modelos explicativos de várias características ou aspectos da natureza. Uma teoria física é elaborada na busca de uma explicação para um certo conjunto de fatos ou fenômenos que são observados direta ou indiretamente. Por isso, através dela, coisas aparentemente separadas são vistas como manifestações de uma única unidade. Essa unidade não pode ser reduzida à mera soma das partes e nem as partes podem ser definidas independentemente do todo. Segundo Salém:

*“Ao mesmo tempo em que a teoria dá significado às suas partes, ela define o seu próprio significado; em outras palavras, ela tem uma estrutura auto-contida. Assim, objetos, fenômenos ou conceitos que eram vistos separadamente, passam a ser ligados entre si e a um todo que os liga quando vistos à luz de uma determinada teoria”.*<sup>31</sup>

Gostaria de chamar atenção que esta dualidade totalidade e fragmentação também está, de modo camuflado, presente em nossas atitudes, em nosso modo de pensar e em nosso modo de ver o mundo. Considero essa observação importante, até como uma lição de vida, pois ao tomarmos consciência de que agimos com base em construções fragmentárias e desconexas como se elas de fato representassem nosso verdadeiro modo de

---

<sup>31</sup> Salém, Sônia. Estruturas Conceituais no Ensino de Física - uma Aplicação à Eletrostática. Dissertação de Mestrado, IFUSP/FEUSP, 1986, p.49.

pensar, poderemos pelo menos caminhar em busca de uma totalidade que nos faça mais feliz.

Podemos começar a perceber o significado de fragmentação e totalidade reconhecendo que o homem desde épocas remotas tem vivido em uma sociedade construída de forma dividida, separada e fracionada em razão das concepções e distinções que ele mesmo criou, como por exemplo, as de tribo, raça, cor, nação, política, religião, entre outras. Essas distinções, segundo David Bohm, tem como origem um tipo de pensamento que trata as coisas como sendo inerentemente divididas, desconectadas e “fracionadas” em partes constituintes ainda menores. Cada uma dessas partes são consideradas, de forma ilusória, como essencialmente independentes e existentes por si mesma.

Admitindo essa forma de pensamento, em certo sentido, pode parecer natural que o homem considere como totalidade esse seu mundo formado por essas partes independentes e as defendam de modo corporativo em detrimento de algo maior no qual ele também está inserido, que é a humanidade como um todo, cujas reivindicações deveriam ser prioritárias. Ainda de acordo com David Bohm:

*“se o homem pensa a totalidade, ou sua visão geral do mundo, como constituída de fragmentos independentes então é assim que sua mente tenderá a operar. Por outro lado, se ele consegue incluir tudo, coerente e harmoniosamente, num todo global indiviso, ininterrupto e ilimitado, então sua*

*mente tenderá a mover-se de modo semelhante, e disto fluirá uma ação ordenada dentro do todo*<sup>32</sup>.

Um exemplo desse tipo de procedimento podemos encontrar em algumas torcidas uniformizadas as quais carregam uma forte dose de violência mesmo quando seu time está vencendo. Os ingredientes que constituem esse grupo se compõem muitas vezes de uma alta dose de fanatismo e paixão disseminados pela família ou pessoas com ascendência sobre os elementos do grupo. Para esses elementos o global se mostra constituído de sentimentos exclusivistas com os quais suas mentes operam, não permitindo uma visão mais totalizadora do problema, a qual certamente incluiria o esporte como uma forma de lazer e divertimento coletivos e não uma disputa como se fosse uma guerra.

Assim, queremos dizer que visões fragmentárias, com base em fanatismos, paixões e símbolos, comuns nos embates esportivos, podem trazer como consequência, atitudes e ações anti-desportivas, contrárias ao lazer e ao divertimento. Não se constrói uma unidade ou um todo harmonioso a partir de sentimentos fragmentários como o fanatismo, com o qual enxerga-se apenas as qualidades do próprio time; com a paixão, para a qual não existe racionalidade. Esses dois sentimentos se reforçam em torno de cores, distintivos, camisas, símbolos enfim, que representam essas facções. Às personagens de cada facção interessa apenas a vitória, seja a que custo for, para explodirem em um tipo de gozo que exala forte dose de uma paixão enraivecida, descarregando toda sua ira contra a torcida adversária como se ela

---

<sup>32</sup> Bohm, David. A Totalidade e a Ordem Implicada, Ed. Cultrix, 1992, p.11.

fosse a sua mais feroz inimiga. Muitas vezes, um mesmo motivo pode originar uma seqüência de risos ou então, desavenças e brigas.

Tais atitudes, decorrentes de sentimentos fragmentários, podem se contrapor mas também justificar o comportamento agressivo do grupo que continua a proceder de forma imprevisível, em nome de uma unidade ilusória que o sustenta. Essa unidade é ilusória porque ela circula apenas no interior do fragmento, não dando a dimensão do todo. Nesses casos, tomar consciência de uma totalidade indivisa e harmoniosa permitiria um comportamento diferente, mais racional e não violento. Uma reflexão dessa natureza é apresentada por Bohm:

*“Guiado por uma visão pessoal de mundo fragmentária, o homem então age no sentido de fracionar a si mesmo e ao mundo, de tal sorte que tudo parece corresponder ao seu modo de pensar. Ele assim obtém uma prova aparente de que é correta a sua visão de mundo fragmentária, embora, é claro, negligencie o fato de que é ele próprio, agindo de acordo com seu modo de pensar, a causa da fragmentação que agora parece ter uma existência autônoma, independente de sua vontade e do seu desejo”.*<sup>33</sup>

Entretanto , para entendermos certas coisas com profundidade precisamos muitas vezes dividir ou fragmentar. Muitas vezes é útil e conveniente, principalmente no domínio das atividades práticas, técnicas ou até funcionais. No caso da ciência natural, a divisão em áreas do conhecimento (Física, Química, Biologia, etc) e mesmo a divisão da Física em

---

<sup>33</sup> Bohm, David. A Totalidade e a Ordem Implicada, Ed. Cultrix, 1992, p.11.

função de alguns critérios, como diferentes níveis de energia, propiciou avanços incontestáveis. Segundo Bohm:

*“De fato, até certo ponto, sempre foi necessário e adequado para o homem, em seu pensamento, dividir e separar as coisas, de modo a reduzir os problemas a proporções controláveis; pois, evidentemente, se em nosso trabalho técnico prático tentássemos lidar com o todo da realidade de uma só vez, ficaríamos atolados. Logo, de certa forma, a criação de matérias especiais de estudo e a divisão do trabalho foram avanços importantes. Mesmo antigamente, a primeira compreensão que o homem teve de que não era idêntico à natureza foi um passo crucial, pois tornou possível uma espécie de autonomia em seu pensamento, que lhe permitiu ir além dos limites imediatos da natureza, a princípio em sua imaginação e, finalmente, em seu trabalho prático”.*<sup>34</sup>

Todavia este modo de pensar fragmentado deve ser utilizado de forma adequada para que os resultados dessa maneira de trabalhar não sejam negativos e destrutivos, como novamente aponta Bohm:

*“No entanto, essa habilidade do homem em separar a si próprio do ambiente, bem como em dividir e distribuir as coisas, levou em última instância a um largo espectro de resultados negativos e destrutivos, pois ele perdeu a consciência do que estava fazendo e, deste modo, estendeu o processo de divisão além dos limites dentro dos quais este opera adequadamente.”*<sup>35</sup>

Assim, para atingir os objetivos inerentes a uma educação que vise o aluno cidadão, o artifício didático de dividir o conteúdo

---

<sup>34</sup> Bohm, David. A Totalidade e a Ordem Implicada, Ed. Cultrix, 1992, p.11.

<sup>35</sup> Bohm, David. A Totalidade e a Ordem Implicada, Ed. Cultrix, 1992, p.11.

em partes, deve, necessariamente, ter dupla mão: do geral para as partes e das partes para o geral. O geral aqui deve ser entendido como aquela visão totalizante que dá unidade e significado às partes. Mesmo que aprofundemos nosso conhecimento sobre as partes, precisamos compreender como elas estão relacionadas na formação do todo, se pretendermos agir sobre ela, inclusive para transformá-la. Para isso é necessário esse movimento de mão dupla, de tal modo que as abordagens em uma e outra dimensão se interpenetrem e se reforcem mutuamente na busca de uma compreensão maior do objeto de estudo.

Tais movimentos também são necessários se quisermos fazer o reconhecimento de uma área ou de uma região desconhecida. Para isto seria importante ter uma visão do alto com a qual poderíamos perceber a extensão do vale, seu relevo e os acidentes geográficos mais importantes, mas isto só não bastaria para uma conhecimento melhor da área. Também seria necessária a observação mais próxima que se faz descendo-se ao vale para perceber melhor os detalhes locais, como por exemplo, um pequeno riacho encoberto pela mata, uma pequena encosta de difícil acesso ou até mesmo, se quisermos, saber algo a respeito do tipo de vegetação e animais que vivem na região.

Entretanto se pretendermos construir uma visão global da região apenas através do acúmulo de pequenas visões localizadas devidas ao nosso movimento por todo vale, certamente teremos dificuldades. A “soma” de todas essas impressões locais não nos garantiria uma visão totalizante da região, pois ela não é apenas uma soma que envolva tipo de vegetação, relevo, acidentes geográficos e outros detalhes. A percepção da região é única e depende das relações especiais que existem entre as partes!

Os detalhes observados no contato direto com o vale apenas se tornariam significativos dentro do contexto de unidade da região.

Por isso nossa tentativa de mapeá-la através de impressões fragmentadas que tiveram origem nessas várias formas de contatos locais, nos levariam a um mapeamento incompleto. Para obtermos um conhecimento global da região, deveríamos completar ciclos de movimentos entre a montanha e o vale e no final de cada um desses ciclos nosso conhecimento a respeito da região estaria em um outro nível. Com uma visão de montanha, cada parte do vale adquire significado e por isso passamos a ter um conhecimento da região como um todo mais harmonioso e muito mais profundo.

Uma outra imagem bastante interessante e elucidativa sobre esse aspecto que abarca as partes e o todo foi nos passada no curso Construção e Realidade ministrado pelo professor Manoel Roberto Robilotta em 1986 no IFUSP. Esta imagem poderia ser concretizada diante da seguinte situação: a montagem de um quebra-cabeça onde a figura final seria a de um cachorro, deveria ser realizada a partir de inúmeros pedaços recortados da mesma. O que se colocava era que se você não soubesse que a figura completa era a de um cachorro, a tarefa de ajuntar os pedaços e fazer a montagem do quebra-cabeça, tornava-se difícil. De fato, um pedaço com uma pinta preta que, no quebra-cabeça montado, representava um canto da orelha do cão, somente adquiria este significado se você tivesse de antemão a visão do todo, ou seja, a imagem do cachorro. Diante do questionamento que um quebra-cabeça assim não seria tão difícil de montar, pois com alguns pedaços justapostos já se poderia perceber qual a figura final, o argumento usado pelo professor foi de

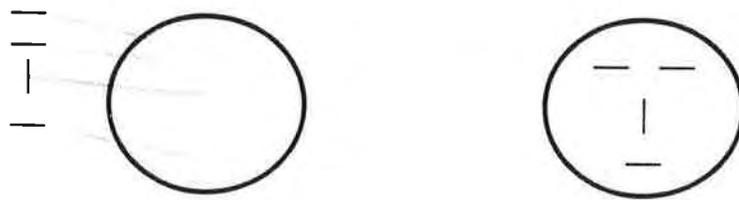
que isso de fato era possível porque nós já não lembrávamos mais de como não era um cachorro!

Com esta colocação simples é possível percebermos que o todo é mais do que apenas a soma das partes. O todo transcende a soma das partes! As partes necessitam de uma interpretação que só pode ser feita se tivermos a noção do todo. Por isso quando temos o conhecimento do todo as partes acabam ganhando significado, como o pedaço com a pinta preta que, isoladamente, poderia representar qualquer coisa, mas que na visão do todo assumia sua importância e ganhava o seu significado.

Movimentos como os descritos acima, entre a montanha e o vale, ou na montagem de um quebra cabeça, podem se constituir em analogias interessantes e úteis para uma melhor compreensão dessa dinâmica que envolve o todo e as partes relativas a algum tipo de conhecimento que pretendemos apreender no âmbito de uma escola que se preocupa com o aluno-cidadão. A relevância do movimento dialético que sugerimos que se faça entre o todo e as partes e entre as partes e o todo, constituindo ciclos, se baseia na percepção de que precisamos ter uma visão do todo para que as partes adquiram significado.

No conhecimento fragmentado as partes se apresentam como se tivessem um significado independente do tipo de relação existente entre ela e o todo e entre ela e as outras partes que constitui o todo. Um todo atribui significados às suas partes e o significado de cada parte só se mostra quando a parte assume o seu lugar no todo em meio as outras partes.

Existe uma relação de dependência entre o todo e as partes, que talvez um desenho pudesse esclarecer melhor como isso se dá. A figura<sup>36</sup> a seguir é formada por um círculo e quatro traços, onde o círculo é um círculo e os traços podem ser traços ou sinais de menos. No entanto se deslocarmos os traços para o interior do círculo fixando-os a posições determinadas, obtemos a figura da cara de um boneco!



Cada elemento agora assume o seu significado, primeiro porque temos a noção do todo representada pela cara do boneco, segundo porque cada elemento adquire o seu significado por estar relacionado com outros elementos na formação do todo; um traço pode ser, dependendo de sua relação com o todo e com os demais traços, um olho, a boca ou o nariz.

Para algumas pessoas que têm o hábito de olhar o céu durante o dia ou a noite, observar muros ou paredes com pinturas borradas, é comum reconhecer, na formação das nuvens, na disposição das estrelas e das nebulosas, nos assimétricos borrões de tinta, contornos que representam figuras de animais, pessoas ou outras coisas com as quais já tivemos contato. Isto ocorre pela mesma razão que os traços e o círculo, combinados, formam, como na figura anterior, a cara de um boneco. O todo dá forma e significado às partes

---

<sup>36</sup>Barros, Célia S. G. Pontos de Psicologia Geral. Ed. Ática, 1985. pp. 47-48. Figura retirada desse livro.

e estas, por sua vez, formam o todo. Esta percepção muitas vezes é pessoal, pois depende da interpretação que é feita do todo e das partes, e torna-se difícil transmiti-la a alguém que não tenha o conhecimento do todo formado. É importante termos consciência de que estas figuras são percebidas por nós porque temos a noção do todo e por isso as partes ganham significado. Do mesmo modo, sempre que estivermos trabalhando um conteúdo com os nossos alunos, precisamos ter essa consciência e procurar abordá-lo segundo esse movimento dialético envolvendo o todo e as partes.

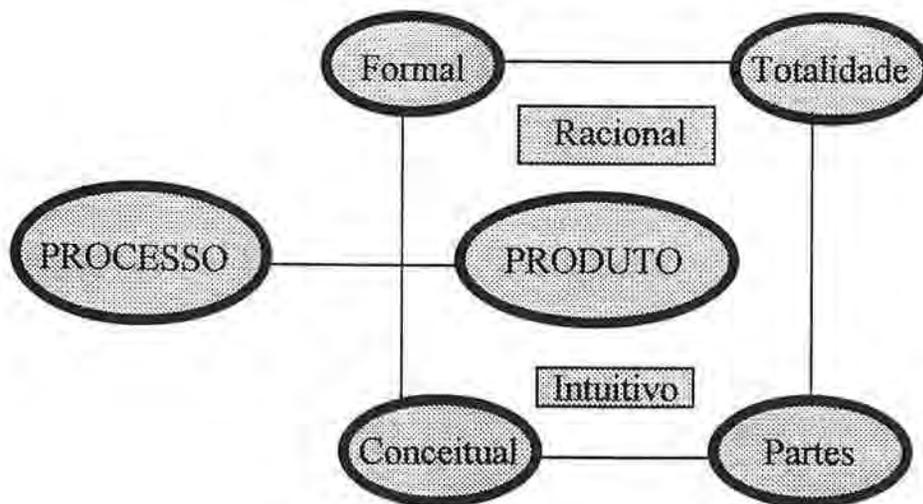
Em termos mais abrangentes talvez pudéssemos ir mais longe e dizer que não existe ramo da ciência que seja independente dos demais, sempre haverá um elo, uma relação entre eles, mostrando essa dependência na formação de um todo ainda não alcançado. Todas as coisas se relacionam, de um modo ou de outro, pois elas fazem parte de uma totalidade que quase sempre não enxergamos ou não percebemos; devido a muitas razões, vivemos nossas vidas aos pedaços, aos fragmentos...como, se de fato, assim devesse ser. Nesse sentido gostaria de lembrar os versos de Francis Thompson que, de forma tão singela, reconhece e chama nossa atenção para essa interdependência ...

*“Todas as coisas por força imortal  
próximas ou distantes,  
ocultamente,  
estão ligadas entre si de tal maneira  
que não se pode agitar uma flor  
sem perturbar ... uma estrela”<sup>37</sup>.*

---

<sup>37</sup>Thompson, Francis. *The Mistress of Vision* in *The Collected works of Francis Thompson*, por Wilfred Meynell, p. 9. The Newman Book, Maryland, 1947. Nota de rodapé em *Historia de las Ciencias Físicas* de Ernest E. Snyder. Nueva Colección Labor, p. 67.

Procuramos mostrar até aqui, que o conhecimento físico, ao contrário do que muitas pessoas pensam, não é neutro, sendo sua elaboração um processo no qual intervêm fatores externos e internos à ciência. Os externos, como os sociais, políticos, etc, definem a direcionalidade e prioridade das pesquisas, enquanto que os internos, como aqueles surgidos nas discussões filosóficas, determinam as teorias e modelos, com base na visão de mundo que a comunidade científica aceita. O resultado de todo esse processo é um produto, que tem uma estrutura ligada ao formal-racional e um lado conceitual ligado a interpretações intuitivas. Procuramos representar esse processo-produto no esquema abaixo, no qual o produto é caracterizado pelas dimensões: formal & totalidade (extensão) relativas ao caráter racional da física, e, conceitual & partes (profundidade) relativas ao caráter intuitivo.



## **CAPÍTULO 3:**

### **ANÁLISE DE CONTEÚDO DE ALGUNS LIVROS DE FÍSICA ADOTADOS NO 2º GRAU**

Neste capítulo pretendemos fazer a análise de conteúdo de física, de alguns livros adotados no ensino desta disciplina no 2º grau, com base nas dimensões de educação e de ciência que expusemos no capítulo 2. Faremos esta análise com alguns recortes, limitando o conteúdo a ser examinado, à eletrodinâmica (eletricidade - corrente elétrica), pois acreditamos ser suficiente para demarcar as visões de educação e ciência aceitas e difundidas pelos autores desses livros. Considerando que grande parte dos professores preparam suas aulas com esses livros, é normal que sejam influenciados por essas visões, e que depois as reproduzam no contato com seus alunos do 2º grau.

Os livros escolhidos para esta análise são aqueles, entre outros de Física, de uso mais comum entre alunos e professores do 2º grau, nesta disciplina. Com o objetivo de identificá-los mais facilmente, durante nossa análise, vamos enumerá-los:

Livro 1 - Física - Eletricidade e ondulatória - Vol. 3 - Edson, Robertella e Avelino - Editora Ática, SP, 1.984.

Livro 2 - Os fundamentos da Física - Eletricidade 3 - Ramalho, Ivan, Nicolau e Toledo - Editora Moderna, SP, 1.988.

Livro 3 - Curso de Física - Vol 3 - Beatriz Alvarenga e Antonio Máximo - Editora Harbra, SP, 1.986.

Para explicitar os conteúdos físicos assim como a sequência com que são abordados, apresentaremos a seguir o sumário de cada livro.

No livro 1 os conteúdos estão distribuídos em quatro partes de acordo com a seguinte sequência:

A parte I, denominada Eletrodinâmica, é constituída por nove capítulos na seguinte ordem: Conceitos fundamentais (são abordadas as idéias de estrutura simplificada da matéria, carga elétrica, condutores e isolantes); Corrente Elétrica; Elementos associados à corrente elétrica (ddp, circuito simples, resistência elétrica, resistores); Lei de Ohm; Associação de resistores; Potência Elétrica; Estudo dos Geradores; Estudo dos Receptores e Instrumentos de medida.

A parte II denominada Eletrostática é desenvolvida em sete capítulos nesta sequência: Fundamentos da eletrostática (Eletrização por atrito, por contato, por indução e eletroscópios); Interação entre pontos materiais eletrizados (cargas pontuais); Campo Elétrico devido a pontos materiais eletrizados; Potencial Elétrico; Campo Elétrico Uniforme; Estudo de um Condutor em Equilíbrio e Capacitores.

A parte III denominada Eletromagnetismo é apresentada em quatro capítulos na seguinte ordem: Noções de magnetismo; Estudo do Campo Magnético criado por correntes elétricas; Força Magnética e Indução Magnética.

A parte IV que trata Oscilações e Ondas, desenvolve tais assuntos em quatro capítulos na seguinte ordem: Movimento Harmônico Simples; Introdução às ondas; Fenômenos Ondulatórios e Acústica. o estudo do som. Nesta última parte os autores colocam como leitura complementar um pequeno texto sobre Ondas Eletromagnéticas, com algumas informações sobre os vetores  $\mathbf{E}$  e  $\mathbf{B}$ , variáveis, velocidade de propagação das ondas eletromagnéticas, espectro de frequência das radiações eletromagnéticas, no qual a luz ocupa uma pequena faixa.

Apresentam também no final de cada capítulo algum tipo de leitura complementando ou ampliando o texto, além de um projeto experimental para verificação ou observação relativas a algum tópico discutido no texto.

No livro 2 os conteúdos estão separados em 3 partes, sendo que na primeira parte se aborda: Carga elétrica em repouso ou, como se diz, a Eletrostática, formada por 5 capítulos na seguinte seqüência: Eletrização - Força Elétrica; Campo Elétrico; Trabalho e Potencial Elétrico; Exercícios gerais e finalmente Propriedades dos Condutores em Equilíbrio Eletrostático - Capacidade Eletrostática.

Na segunda parte do livro, os autores abordam: "Cargas Elétricas em Movimento" na qual incluem 7 capítulos na seguinte ordem: Corrente Elétrica; Resistores; Associação de Resistores; Medidas Elétricas; Geradores e Receptores; Gráficos e Capacitores.

Na terceira e última parte é abordado o Eletromagnetismo, em 5 capítulos que seguem esta seqüência: Campo Magnético; Força Magnética; Indução Eletromagnética; Noções de Corrente Alternada e Radiação Eletromagnética.

Antecedendo o início de cada parte, os autores apresentam uma pequena introdução com a qual informam o conteúdo que será abordado naquela parte.

No livro 3 os conteúdos estão separados em três unidades, a saber: Na primeira unidade, os autores iniciam com o estudo de "Campo e Potencial Elétrico", onde se destacam os capítulos sobre Carga elétrica, Campo elétrico e Potencial elétrico.

A segunda unidade na qual se aborda "Circuitos elétricos de Corrente", formada pelos capítulos: Corrente elétrica e Força eletromotriz- Equação do circuito.

Na terceira unidade, chamada de Eletromagnetismo, estão desenvolvidos os capítulos, na ordem a seguir, com os seguintes conteúdos: Campo Magnético - 1ª parte, Campo Magnético - 2ª parte e Indução Eletromagnética.

No final de todas as unidades existe uma seção de leituras sobre assuntos pertinentes ao conteúdo desenvolvido naquela unidade. No começo da segunda unidade é colocada uma observação informando ao leitor que até aquele momento se haviam abordado as cargas elétricas em re-

pouso, assunto pertencente ao campo da Eletrostática e que nesta nova unidade, serão tratadas as situações em que as cargas elétricas estão em movimento.

Os sumários desses livros foram apresentados também com a intenção de mostrar quais conteúdos são privilegiados no ensino de 2º grau em física. Pudemos observar que não houve muita divergência quanto a isso pois, nos três livros, o conteúdo é praticamente o mesmo, cobrindo, nesse nível de ensino, o estudo do eletromagnetismo. O que muda, de um livro para outro, é o enfoque, visão de ciência e de educação que estão implicitamente colocados, o grau de profundidade, o tempo de dedicação para cada tópico, privilegiando mais uns que outros, e o grau de fragmentação em que tais conteúdos são apresentados. Contudo nossa análise, no presente trabalho, recairá apenas sobre o conteúdo de eletricidade, uma vez que com esse recorte acreditamos ser possível, conforme já frisamos no início deste capítulo, perceber e estabelecer as diferenças existentes nas propostas apresentadas nos livros examinados.

Antes de iniciar esta análise formularemos algumas perguntas sobre o conteúdo e a forma como tais livros foram escritos, tendo como pano de fundo as dimensões que discutimos no capítulo 2. Estas perguntas servirão como parâmetros no momento de examinar esses livros para verificar se existem diferenças entre uma abordagem e outra. Para isso escolhi as seguintes perguntas:

1. Como são apresentados os conceitos?
2. Qual a visão de ciência que o texto sugere?
3. O texto privilegia o formalismo ou a discussão qualitativa?

4. Qual a natureza dos exercícios?
5. A física é apresentada como uma ciência estruturada ?
6. Existem iniciativas para se evitar um ensino fragmentado?
7. Há alguma espécie de unidade que permeia o conteúdo ?
8. Percebe-se algum objetivo marcante no livro, como por exemplo, ensinar física ou treinar para o vestibular? ou outros?

### 3.1 LEITURA E ANÁLISE DO LIVRO 1

Podemos iniciar essa análise a partir da APRESENTAÇÃO que os autores fizeram do livro, na qual se pode perceber e destacar algumas características que estão presentes no corpo do livro, como por exemplo:

1. Os conceitos físicos são tratados de forma abstrata. Podemos justificar esta afirmação considerando que os autores trabalham os conteúdos sem contextualizá-los, prevalecendo as definições, como por exemplo:

*"Condutores elétricos são meios materiais nos quais há facilidade de movimento de partículas"<sup>1</sup> .*

*"Todo condutor que, quando percorrido por uma corrente elétrica, transforma integralmente a energia elétrica em calor é denominado resistor"<sup>2</sup> .*

No estudo da corrente elétrica, são feitas algumas tentativas de tornar essas definições mais suaves, como por exemplo:

---

<sup>1</sup> Edson, Robortella e Avelino, Física, Vol.3, Eletricidade e Ondulatória. Ed. Ática. SP.1984. pg. 18

<sup>2</sup> Edson, Robortella e Avelino, Física, Vol.3, Eletricidade e Ondulatória. Ed. Ática. SP.1984, pg. 46.

*"...Definiremos a intensidade de corrente humana como sendo o número de pessoas que passam pelo caixa ( do supermercado) num determinado intervalo de tempo. ...o movimento ordenado de partículas que possuem carga elétrica pode ser estudado de modo semelhante ao que fizemos com o movimento de pessoas. ...essas partículas móveis dotadas de carga elétrica são denominadas genericamente de portadores de carga. Quando o movimento dos portadores de carga é ordenado, ele é chamado corrente elétrica..."<sup>3</sup> .*

Além disso, o livro é desenvolvido com o seguinte movimento: Conceitos físicos via definições e depois a indicação de algumas situações onde eles possam ser usados para alguma explicação. Nesse sentido os autores expressam o seu ponto de vista:

*"Para tornar mais proveitosa a assimilação dos conhecimentos, decidiu-se inserir, no decorrer do texto, ilustrações que permitam ao aluno transportar as situações apresentadas para o seu dia-a-dia..."<sup>4</sup> .*

Do ponto de vista do ensino de física, fica clara a intenção dos autores de partir do lado abstrato do conhecimento, dando ênfase às definições, tentando fazer, a *posteriori*, alguma aproximação com coisas mais concretas do cotidiano. Este modo de apresentar os conceitos revela, em termos educacionais, que o processo não é dialógico, pois não propicia a ocorrência da continuidade e ruptura do conhecimento, processo fundamental para aprendizagem de novos conceitos. Do lado da ciência, despreza o processo de construção do conhecimento, devido a ênfase nas definições.

---

<sup>3</sup> Edson,Robortella e Avelino, Física, Vol.3, Eletricidade e Ondulatória. Ed. Ática. SP. 1984. pg. 26.

<sup>4</sup> Edson,Robortella e Avelino, Física, vol.3, Eletricidade e Ondulatória. Ed.Ática. Citação dos autores na apresentação do livro, pg. 3.

2. É um livro destinado ao preparo do aluno para o exame vestibular, e por isso apresenta uma série de questões, exercícios resolvidos e propostos com o objetivo de treinamento, conforme os autores reconhecem:

*"Questões resolvidas - que treinam e demonstram a aplicação dos conceitos adquiridos - e questões propostas - que verificam a aprendizagem - têm localização estratégica no decorrer da matéria, e são reforçadas, no final de cada capítulo, por uma série de questões complementares - que pretendem dar ao aluno uma visão do que se exige nos exames de Vestibular"<sup>5</sup>.*

Apresenta uma finalidade de caráter mais propedêutico, resolvendo um grande número de exercícios com a intenção de "preparar" o aluno para o vestibular, um objetivo mais longe, distante do momento em que ele vive. A proposta de treinamento dos exercícios também reforça a noção de um conhecimento acabado, sempre o mesmo, apenas aplicação do conhecido, sem nenhum desafio.

3. O conteúdo é colocado de forma fragmentada, dividido em um grande número de capítulos, sem nenhuma tentativa de mostrar relações entre eles. Cada capítulo tem a sua própria existência, sem vínculos com temas discutidos anterior ou posteriormente. Esta fragmentação se dá em nível de conceitos e de suas aplicações sob forma de exercícios e problemas. Dessa forma fica difícil ao leitor desse livro perceber algum tipo de estrutura.

Olhando para o livro de forma mais localizada, observamos no capítulo 1, que trata dos Conceitos fundamentais, a existência de uma relação de coisas que estão ligadas ao desenvolvimento da eletricidade,

---

<sup>5</sup> idem citação anterior, pg. 3.

como por exemplo, a transmissão de um jogo de futebol pela TV, ouvir música no rádio, iluminação das ruas e das casas, entre outras coisas, para situar o campo de estudo desse capítulo. Entretanto esta chamada de atenção encerra-se em si mesma, já que ao longo do capítulo não se volta mais ao assunto, apenas algumas menções nos capítulos seguintes e ainda assim, como algo figurativo e não como elemento de construção no processo de discussão dos conteúdos físicos.

Ainda nesse capítulo é apresentado um Histórico sobre a eletricidade, abordando de modo sucinto desde Tales de Mileto até épocas recentes, passando apenas uma visão internalista e cronológica da história da ciência. Por exemplo, esse Histórico inicia-se com a informação sobre a descoberta de Tales de Mileto (600 a.C.) de que um pedaço de âmbar amarelo adquire a propriedade de atrair corpos leves depois de ser atritado com pele de gato. Tal descoberta, relatam os autores, é retomada apenas no início do século XVII, por Gilbert que refazendo as experiências de Mileto, pesquisou outras substâncias que ao serem atritadas também adquiriam a propriedade de atrair pequenas partículas. Segundo ainda os autores, Gilbert usou pela primeira vez, na história, os nomes eletricidade e eletrização, para designar esses fenômenos. Depois incluem, no Histórico, as invenções da garrafa de Leyden na qual se podia armazenar uma certa quantidade de eletricidade por longo tempo, e a do pára-raios por Benjamin Franklin. Seguem-se alguns comentários sobre Alessandro Volta ao qual é atribuída a construção da primeira bateria, finalizando com a informação da descoberta do telefone por Graham Bell e a invenção da lâmpada por Thomas Edison.

Embora apresentemos aqui apenas um resumo do Histórico<sup>6</sup>, podemos notar o caráter linear e cronológico dessa abordagem, contribuindo e reforçando a idéia de que a ciência se desenvolve independentemente de interesses, parâmetros sociais e econômicos.

Os autores também apresentam elementos ligados ao estudo da eletricidade procurando ressaltar sua importância e utilidade em nosso dia-a-dia, conforme demonstram as frases tiradas do próprio texto:

*"Você já imaginou o que aconteceria se, por algum tempo, a eletricidade da sua região desaparecesse misteriosamente? Você teria uma boa idéia de como era a vida no final do século passado: a luz fornecida por velas, os transportes puxados por animais, as notícias recebidas com atrasos de muitos dias, os alimentos perecendo por falta de meios de conservação eficientes, ..."*<sup>7</sup>.

Embora tal colocação estabeleça a importância da eletricidade em nossa vida e talvez até anime o aluno a tentar compreendê-la, tal procedimento não procura extrair dessas situações algum ponto de apoio para iniciar o seu estudo.

Conforme sumário desse livro, a seqüência com que os assuntos são abordados inicia-se por Eletrodinâmica e os elementos básicos para esse estudo são apresentados através dos pressupostos de um modelo, que os autores denominam de Estrutura simplificada da matéria, de conclusões experimentais e de algumas definições.

---

<sup>6</sup> idem citação anterior, pgs.9-12

<sup>7</sup> idem citação anterior, pg. 9.

O que se observa é que alguns pressupostos essenciais para as explicações dos fenômenos elétricos, são omitidos e outros não essenciais nesse momento, são apresentados no modelo de matéria. Por exemplo: não associam aos prótons e aos elétrons a propriedade carga elétrica; a neutralidade de um átomo normal só é comentada numa observação e, mesmo assim, de forma superficial, não deixando clara a sua importância para as explicações que virão a seguir e, por fim, colocam como constituintes do átomo, além dos prótons, nêutrons e elétrons, o neutrino, o pósitron, e o méson pi, conforme está descrito abaixo:

*"Observação: Num átomo normal, verifica-se que o número de prótons situados no núcleo é igual ao número de elétrons da coroa. Mas, às vezes, através de processos físicos ou químicos, ocorre que o número de elétrons se torna diferente do número de prótons. Neste caso, o átomo passa a ser denominado ion"<sup>8</sup>.*

*"Além de prótons, elétrons e nêutrons, o átomo apresenta em sua constituição o neutrino, o pósitron, o méson pi, a partícula sigma, etc. Entretanto, como tais partículas não têm relevância para o estudo que pretendemos realizar, não serão realizadas"<sup>9</sup>.*

A seguir são descritas algumas situações experimentais sobre atração e repulsão de bastões de vidro e de resina atritados com seda e lã. A repulsão entre bastões de vidro previamente atritados com seda, é explicada, pelos autores, do seguinte modo, segundo suas próprias palavras:

*"Microscopicamente, aconteceu o seguinte: ao atritarmos os bastões com pedaço de seda, elétrons foram arrancados do vidro e transferidos para a seda, ou seja os bastões de vidro passaram a ter falta de elétrons. Portanto a repulsão...é de-*

---

<sup>8</sup> idem citação anterior, pg. 13

<sup>9</sup> idem citação anterior, pg. 12

*vida à falta dos elétrons transferidos para o pedaço de seda*"<sup>10</sup> .

A repulsão entre dois bastões de resina, previamente atritados com lã, é explicada devido aos elétrons em excesso presentes em tais bastões que foram transferidos da lã para eles, durante o processo de atrito. Já, um bastão com falta de elétrons atrai um outro bastão com excesso de elétrons. Após essas explicações microscópicas são apresentadas uma série de conclusões experimentais, conforme as descrevo:

*"Assim com base nesses experimentos podemos concluir que: Corpos com falta de elétrons, quando colocados um em presença do outro, se repelem"*<sup>11</sup> ,

ou,

*"Corpos com excesso de elétrons, quando colocados um em presença do outro, se repelem"*<sup>12</sup> ,

e, finalmente a terceira conclusão,

*"Um corpo com excesso de elétrons e um com falta de elétrons, quando colocados um em presença do outro, se atraem"*<sup>13</sup> .

Desses resultados experimentais chega-se à seguinte associação:

*"Assim sendo, podemos associar aos corpos com excesso ou falta de elétrons uma propriedade que lhes permite se atraírem ou se repelirem, quando colocados convenientemente um*

---

<sup>10</sup> idem citação anterior, pg. 13.

<sup>11</sup> idem citação anterior, pg. 14

<sup>12</sup> idem citação anterior, pg. 14

<sup>13</sup> idem citação anterior, pg. 14

*em presença do outro. Essa propriedade será denominada carga elétrica*<sup>14</sup> .

A impressão que fica é que a estrutura microscópica da matéria não é um modelo, mas sim uma coisa real e, assim, a idéia que está implícita é que modelos físicos e realidade, são idênticos. Nesta visão o caráter de construção das teorias físicas não existe.

Na discussão sobre carga elétrica os autores defendem e fortalecem uma visão empírica de ciência, ao estabelecer como verdade ou elevar a status de lei, “resultados experimentais favoráveis”. Existem muitas frases ao longo do livro, e desse tema em particular, que expressam esse sentimento, como por exemplo:

*...“Assim, com base nesses dois experimentos, podemos concluir que: corpos com falta de elétrons, quando colocados um em presença do outro, se repelem”*<sup>15</sup> ,

ou ainda,

*...“dos experimentos realizados, concluímos que as cargas elétricas dos bastões de vidro, quando atritados com seda, são do mesmo tipo”*<sup>16</sup> ,

ou então,

*...“A experiência confirma que corpos eletricamente neutros, quando postos um em presença do outro, não se atraem, nem se repelem”*<sup>17</sup> .

---

<sup>14</sup> idem citação anterior, pg. 14

<sup>15</sup> idem citação anterior, pg. 14.

<sup>16</sup> idem citação anterior , pa. 14.

<sup>17</sup> idem citação anterior, pg. 14.

Essas frases reforçam a idéia de um conhecimento físico pronto e independente de qualquer interpretação.

Ao definir corrente elétrica, os autores propõem o movimento ordenado de pessoas na fila de um caixa de supermercado como algo análogo a corrente elétrica. Estabelecem a analogia entre corrente humana e corrente elétrica, definindo intensidade de corrente humana como o número de pessoas que passam pelo caixa num certo intervalo de tempo, conforme já comentamos. Nesse caso, os portadores de carga elétrica em movimento, como os elétrons livres no fio condutor ou os íons nas soluções iônicas, seriam análogos às pessoas em movimento ordenado na fila. Esta analogia passa a idéia de que os portadores de carga elétrica movimentam-se em fila indiana, portanto sem interagir com o meio e entre eles próprios.

Uma analogia que conduz para imagens desse tipo, não explica, por exemplo, o fenômeno de aquecimento do fio, que é o principal efeito que o estudo da Eletrodinâmica propõe explicar. Tal descompasso entre a analogia proposta e o efeito térmico nos fios condutores, pode-se perceber quando os autores precisam recorrer as idéias de interação dos elétrons livres com a rede cristalina, para explicar o aquecimento do fio, conforme eles expõem:

*"Como conseqüência das colisões entre os portadores de carga em movimento e as partículas componentes dos condutores, a passagem da corrente elétrica eleva a temperatura desses condutores"<sup>18</sup>.*

---

<sup>18</sup> Idem citação anterior, pg. 30.

A analogia apresentada em vez de cumprir o seu papel, de auxílio na construção de imagens, trabalha contra o modelo.

Em alguns momentos do texto os autores procuram um contato com o cotidiano ou com situações concretas através de figuras, desenhos ou fotos, para sugerir alguma relação com o tema estudado, porém não há intenção de promover algum tipo de discussão que pudesse contextualizar os temas em estudo. Pode-se perceber esse nível de problema em citações do tipo:

*O efeito térmico... "tem grande aplicação em aparelhos destinados a produzir calor, ou luz, tais como ferros elétricos, lâmpadas incandescentes (onde a temperatura do filamento chega a 2800°C), secadores de cabelo, chuveiros, torradeiras, torneiras elétricas, etc, ou o efeito químico que ocorre quando se faz a corrente elétrica atravessar soluções eletrolíticas, provocando transformações químicas, usado industrialmente nos processos de galvanização, que consistem em revestir um metal com outro (níquel, prata, etc.)"*<sup>19</sup>.

Essas frases, embora venham acompanhadas de ilustrações que mostram os aparelhos onde tais transformações de energia ocorrem, não apontam, por exemplo, para a possibilidade de uma observação mais próxima e com algum critério desses aparelhos.

Algumas Leituras complementares e Projetos experimentais, embora tenham a finalidade de melhorar a compreensão do texto, acabam também contribuindo para reforçar algumas idéias erradas, como por exemplo: diante da aparente incompatibilidade entre a pequena velocidade de deslocamento dos elétrons livres no interior do fio e o fato de que assim que o

---

<sup>19</sup> idem citação anterior, pg. 31.

interruptor é ligado, "instantaneamente" a lâmpada acende, a leitura relativa a esse tema, é assim:

*"...quando o interruptor é acionado, o primeiro elétron empurra o segundo que, por sua vez, empurra o terceiro, e assim por diante, até chegar ao último elétron, localizado na extremidade do fio e junto a lâmpada"<sup>20</sup>.*

Ainda em relação a esse tema, é proposto um experimento, na seção Projeto Experimental, em que várias moedas são colocadas justapostas e enfileiradas sobre uma mesa, onde numa das extremidades foi colocada um caixa de fósforos. A experiência consiste em lançar uma moeda de encontro a outra extremidade da fila e perceber a rapidez com que a caixa de fósforos é derrubada, situação que representaria a lâmpada acesa. Essas imagens não podem ser usadas como uma boa analogia sobre o que a física clássica considera estar acontecendo no interior do fio com corrente elétrica. Assim, tanto a Leitura Complementar, como o Projeto Experimental, não contemplam a idéia de uma ação do campo sobre as cargas no interior do fio, e acabam criando ou reforçando uma imagem errada de como a física clássica interpreta a corrente elétrica.

Um outro momento do texto<sup>21</sup> em que, a meu ver, a analogia está sendo usada de modo não apropriado é no tratamento da diferença de potencial elétrico. Os autores procuram fazer a introdução desse assunto usando o análogo mecânico diferença de potencial gravitacional. A analogia é boa, mas é preciso tomar certos cuidados para não levar o leitor a formar idéias erradas. Por exemplo, associar à ddp gravitacional o movimento de algum obje-

---

<sup>20</sup> idem citação anterior, pg. 32.

<sup>21</sup> idem citação anterior, pgs.39-40.

to pode sugerir ao leitor, menos avisado, que a ddp depende de tal objeto. É claro que pode haver uma ddp entre dois pontos sem que nada esteja movendo entre eles e por isso seria importante dar ênfase a idéia de que a ddp gravitacional entre dois pontos nas proximidades da Terra depende apenas da gravidade terrestre e do desnível entre esses pontos. O conceito de ddp gravitacional é atribuído à capacidade que tem o plano inclinado de promover o movimento de um objeto nele apoiado, não ficando claro para o leitor que essa ddp existe mesmo sem que nada deslize sobre o plano e até mesmo sem o plano, pois tal ddp depende apenas do desnível que ele materializa e da gravidade terrestre nesse local.

Na seqüência do tema, os autores colocam:

*"Voltemos, agora, ao nosso plano inclinado inicial e analisemos o caso real, onde os atritos (do plano e do ar) devem ser considerados. Se, num dado instante, o plano inclinado se tornar horizontal, deixará de existir a diferença de potencial gravitacional e o bloco acabará parando"*<sup>22</sup> .

Mesmo que a intenção de considerar o atrito, no plano inclinado real, seja a de estabelecer um paralelo com a resistência elétrica nos resistores, esse fato não é explorado, de nenhuma maneira, nesse momento. Isto pode fortalecer a noção intuitiva que as pessoas têm de que para estar em movimento tem que haver força. Essa noção fica reforçada pelo modo como os autores anunciam suas conclusões:

*..."é necessário que a ddp gravitacional seja mantida para que se mantenha indefinidamente o movimento do bloco"*<sup>23</sup> .

---

<sup>22</sup> idem citação anterior, pg. 42.

<sup>23</sup> idem citação anterior, pg. 42.

Um outro aspecto que observamos é que o livro não deixa claro o alcance e o limite de um modelo físico, ou seja, o universo de fenômenos que ele pode explicar e aqueles cuja explicação necessita de uma nova concepção, uma nova visão de mundo. Um ponto bastante claro, no livro 1, em que essas considerações não são contempladas, ocorre quando os autores não especificam nenhuma mudança de modelo ao tratarem da influência da temperatura sobre a resistência elétrica de materiais como os metais e a grafite.

O aumento da resistência elétrica dos metais pode ser explicado pelo modelo clássico que considera, na média, apenas um elétron livre por átomo. Nesse caso o aumento de temperatura apenas acarretaria maior agitação das partículas que compõem a rede cristalina metálica aumentando o número de colisões entre os elétrons livres e os íons do metal, o que seria interpretado como um aumento de sua resistência elétrica. Nesse caso aumentou-se o grau de agitação da rede cristalina toda sem contudo aumentar o número de elétrons livres.

Já no caso do grafite, o aumento de sua temperatura, ao contrário dos metais, provoca uma diminuição de sua resistência elétrica. A explicação para esse fenômeno é dada por um outro modelo, o quântico, cujos pressupostos prevêem para os materiais como o grafite (carbono), silício, germânio e outros, um aumento da população de elétrons na banda de condução, com o aumento da temperatura. Tais materiais são denominados semicondutores, e o modelo quântico além de explicar o seu comportamento, também explica que ocorre com os metais.

A falta dessas considerações dificulta ainda mais a percepção de que o conhecimento físico é uma construção intelectual do homem e que embora a natureza esteja aí, ela pode ser vista ou interpretada de modos diferentes, conforme a visão de mundo dominante no momento.

Em resumo, o livro 1 apresenta as seguintes características:

### **3.1.1 QUANTO AS DIMENSÕES DE EDUCAÇÃO**

a- Apresenta uma finalidade: treinamento para o vestibular, não para a vida. As situações do dia-a-dia servem para ilustrar o conteúdo físico apresentado. A ênfase nos exercícios é sintomática, pois todos os exercícios complementares foram propostos em exames vestibulares realizados nas mais diferentes universidades do país.

b- O significado de ensinar física está vinculado a uma certa competência em resolver exercícios idealizados.

c- O livro se ajusta a uma proposta bancária de educação, pois:

- privilegia as definições,
- apresenta o conteúdo físico de forma abstrata, fora de qualquer contexto,
- não estimula uma prática dialógica de discussão.
- não propicia continuidade e ruptura do processo de aprendizagem.

### **3.1.2 QUANTO AS DIMENSÕES DE CIÊNCIA**

a- Está permeado por uma visão empírica, carregado de frases do tipo: "...a experiência confirma...", "...através dessa experiência concluímos que..."; não se refere aos modelos teóricos como interpretações explicativas dos fenômenos da natureza. Por isso, reforça a visão de que o conhecimento físico é algo definitivo e não uma construção.

b- Não se preocupa em mostrar a estrutura do conhecimento físico. O conteúdo é apresentado de forma fragmentada, não caracterizando um conhecimento estruturado.

c- Privilegia as definições e o formalismo; os conceitos não são trabalhados qualitativamente. Por isso a representação do conhecimento é abstrata e simbólica.

### **3.2 LEITURA E ANÁLISE DO LIVRO 2**

Em razão desse livro iniciar o estudo do eletromagnetismo por eletrostática, como já assinalamos, a nossa análise precisa levar em conta, em alguns momentos, a exposição que os autores fazem sobre o que se pode tornar pré-requisito para o estudo da eletricidade. Nesta exposição são reveladas dimensões de educação e ciência, úteis ao trabalho de análise que propomos.

Assim como no livro 1, nesse também podemos destacar algumas características que estão presentes no livro todo, como por exemplo.

1. Os conceitos são apresentados trabalhados no abstrato, como por exemplo:

*“Considere duas cargas elétricas puntiformes  $Q_1$  e  $Q_2$  separadas pela distância  $d$  e situadas no vácuo. Entre elas ocorre atração (se tiverem sinais opostos) ou repulsão (mesmo sinal)..”<sup>24</sup>*

Os autores procuram atenuar esse enfoque excessivamente abstrato, descrevendo algumas situações experimentais (não necessariamente vivenciais) nas quais os fenômenos podem ser observados, como por exemplo:

*“Atrite um bastão de vidro num pedaço de lã. Se o bastão for suspenso por um barbante e o pano de lã for aproximado de uma das extremidades, o bastão será atraído. Se um segundo bastão de vidro for atritado com outro pano de lã e aproximado do bastão suspenso, esse será repelido...”<sup>25</sup>*

2. O livro procura introduzir certas situações experimentais, com a expectativa de compreensão dos conceitos mais abstratos da física. Mas as situações descritas também envolvem abstrações, já que elas tratam de montagens ou experimentos especialmente construídos para ressaltar um fenômeno. Por exemplo, para chegar à noção de carga elétrica, os autores sugerem aos leitores experimentos que envolvem o atrito entre bastões de vidro e pedaços de lã, de modo que, após o atrito, tais materiais adquirem a propriedade de exercerem forças atrativas ou repulsivas entre si.

Para chegar à noção de condutores e isolantes os autores relatam o fato de que determinados materiais como o vidro, por exemplo, quando atritados se eletrizam somente no local onde ocorreu o atrito, e outros

---

<sup>24</sup> Ramalho Júnior, F. e outros. Os Fundamentos da Física. vol.3. 3a.edição. Ed.Moderna. São Paulo. 1988. p.12

<sup>25</sup> Idem citação anterior. p.1

como os metais não "guardam" localmente a eletricidade depois de atritados. Como explicar tais fenômenos?

Para essas explicações os autores apresentam o modelo atômico, o qual admite que toda matéria é formada de átomos, os quais por sua vez, são constituídos de prótons e nêutrons no núcleo e elétrons na eletrosfera. Atribui-se aos prótons e aos elétrons uma propriedade denominada carga elétrica, responsável pela própria formação e estabilidade dos átomos, assim como pelas forças atrativas e repulsivas observadas entre os bastões de vidro e os pedaços de lã. Com esses elementos também é possível explicar a eletricidade localizada nos isolantes e o seu "espalhamento" nos condutores, através da figura dos elétrons livres.

Neste livro também a finalidade do ensino de física tem um caráter mais propedêutico, já que as questões respondidas são aquelas propostas nos vestibulares como está explicitado no prefácio desse livro:

*"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"*<sup>26</sup>

A grande maioria dos testes propostos são retirados dos exames vestibulares das mais diferentes universidades do país, como por exemplo, pode ser observado no desenvolvimento do Capítulo 1.<sup>27</sup>

---

<sup>26</sup> idem citação anterior. Prefácio

<sup>27</sup> idem citação anterior. pp. 20-23

3. Alguns conceitos são também tratados por definição ao longo do texto:

*“Define-se, então, carga elétrica puntiforme como sendo o corpo eletrizado cujas dimensões são desprezíveis em relação às distâncias e as separam de outros corpos eletrizados”<sup>28</sup>*

A força elétrica entre cargas puntiformes (lei de Coulomb) é tratada antes do campo elétrico de uma ou várias cargas puntiformes. No tratamento do campo elétrico, os autores fazem uma analogia com o campo gravitacional, assunto desenvolvido no volume 1, pelos mesmos autores. Porém essa analogia envolve mais as fórmulas do que uma discussão qualitativa, contrapondo alguns elementos da estrutura da mecânica com outros do eletromagnetismo, conforme podemos perceber no trecho seguinte:

*“Vamos caracterizar o campo elétrico fazendo analogia com o campo gravitacional terrestre. Um corpo de prova de massa  $m$ , colocado num ponto  $P$  próximo da Terra (suposta estacionária), fica sujeito a uma força atrativa  $\mathbf{P}=mg$  (peso do corpo). Isto significa que a Terra origina, ao seu redor, o campo gravitacional que age sobre  $m$ . Na expressão  $\mathbf{P}=mg$ , notamos a presença de dois fatores:*

*a) fator escalar ( $m$ ), que só depende do corpo onde a força se manifesta.*

*b) fator vetorial ( $g$ ), que exprime a ação no ponto  $P$  do responsável pelo aparecimento de tal força, no caso, a Terra....*

*No caso do campo elétrico, a força elétrica  $\mathbf{F}$  que atua em  $q$  é, também, expressa pelo produto de dois fatores:*

*a) o fator escalar, que é análogo a  $m$ : é a carga de prova  $q$  colocada em  $P$  na qual aparece a força elétrica  $\mathbf{F}$ .*

*b) fator vetorial que depende da carga puntiforme  $Q$  ou das cargas (se o campo for produzido por uma distribuição de cargas) responsáveis pelo aparecimento de tal força  $\mathbf{F}$  em  $P$ . Este fator depende também do meio, como veremos*

---

<sup>28</sup> Idem citação anterior. p. 12

*posteriormente. É análogo ao  $g$  e representado por  $E$  e é denominado vetor campo elétrico em  $P$ .*

*Assim,  $F=q.E$ . A cada ponto  $P$  de um campo elétrico associa-se um vetor  $E$ , independentemente de colocarmos ou não uma carga de prova  $q$  em  $P$ . Fato análogo verifica-se no campo gravitacional: a cada ponto deste campo associa-se um vetor  $g$ , independentemente de colocarmos um corpo de prova de massa  $m$ ".<sup>29</sup>*

Esta analogia embora coloque ênfase na semelhança entre as relações  $P=mg$  e  $F=qE$ , ela não avança em termos qualitativos, no sentido de aprofundar algumas idéias sobre o conceito de campo. Ao contrário, não contribui para fortalecer a idéia de que a Terra e o seu campo gravitacional são entidades indissociáveis, ao afirmar, por exemplo, que a Terra origina<sup>30</sup> um campo gravitacional em vez de dizer que a Terra tem um campo gravitacional. A sutileza aqui é necessária, pois o verbo originar pode não traduzir o fato de uma massa qualquer, como a da Terra ou de outro objeto, ter o seu campo gravitacional.

Já o conceito de campo elétrico uniforme é dado por definição:

*..."Campo elétrico uniforme é o campo elétrico onde o vetor  $E$  é o mesmo em todos os pontos. Assim, em cada ponto do campo, o vetor  $E$  tem a mesma intensidade, a mesma direção e o mesmo sentido. As linhas de força de um campo elétrico uniforme são retas paralelas igualmente espaçadas e todas com o mesmo sentido."<sup>31</sup>*

Com relação ao campo elétrico uniforme os autores não fazem nenhuma menção sobre onde e em que situação este campo aparece,

<sup>29</sup> Idem citação anterior, p. 25

<sup>30</sup> idem citação anterior, p. 25

<sup>31</sup> Idem citação anterior, p. 35

apenas em uma nota de figura está mencionado a existência de um campo elétrico uniforme entre duas placas metálicas paralelas, cuja representação se encontra em uma prancha porém sem nenhum contexto.<sup>32</sup>

Na discussão do potencial elétrico e diferença de potencial elétrico mantém-se esse enfoque abstrato. Por exemplo, não existe ao longo desse capítulo uma frase, ou alguma insinuação de que a voltagem ou ddp está associada, de alguma forma, com uma pilha ou bateria.

Estas abordagens, acentuadamente abstratas, não privilegiam uma discussão conceitual, ao contrário, introduzem rapidamente uma definição ou uma conclusão.

*“Ao atritarmos a barra metálica, segurando-a diretamente na mão, as cargas elétricas em excesso espalham-se pelo metal, pelo corpo humano e pela Terra, que são condutores: isso significa que, praticamente, a barra metálica não se eletriza em virtude de suas dimensões serem reduzidas em relação às dimensões da Terra. Deste fato concluímos que, ao se ligar um condutor eletrizado à Terra este se descarrega”<sup>33</sup>*

No capítulo que antecede o estudo da eletricidade, que trata das propriedades dos condutores em equilíbrio eletrostático, os autores falam do movimento dos elétrons livres no interior desses condutores sem contudo fazer algum comentário sobre a estrutura interna desses materiais, ou seja, como é constituída a sua rede cristalina. A falta dessa discussão empobrece a compreensão do efeito Joule, já que não fica bem caracterizado como são as interações dos elétrons livres no seu movimento no interior do fio metálico.

<sup>32</sup> Idem citação anterior. p. 37, onde estão representados as linhas de força de campos elétricos.

<sup>33</sup> Idem citação anterior p. 4

Os assuntos tratados em cada capítulo encerram-se em si mesmo, sem conexão com os assuntos dos demais capítulos. Isto é assim inclusive nos exercícios propostos em cada capítulo, todos eles preparados para tratar apenas do conceito abordado especificamente naquele momento, sem "articulá-los" com temas estudados nos demais capítulos ou nos volumes anteriores. Mesmo os exercícios gerais, que constituem um capítulo, colocado no final de cada parte, não apresentam situações mais abrangentes de modo a envolver e estabelecer ligações entre os diferentes conceitos abordados nessa parte. Muitas vezes são exercícios repetidos para fixação ou então com alguma dose de dificuldade maior, sendo que a grande maioria dos testes propostos foram retirados dos exames vestibulares. Esta forma de abordar o conteúdo retrata uma visão fragmentada de tratar o conhecimento físico e também define a meta para o qual esse livro é indicado: passar no exame vestibular.

Uma outra consideração que pode ser feita em relação a esse texto, é que ele, em muitos momentos, não permite ao leitor a possibilidade de perceber o conhecimento científico como um trabalho de construção humana. Várias frases ao longo do texto confirmam essas considerações, como por exemplo:

*"Uma carga elétrica puntiforme  $Q$ , ou uma distribuição de cargas modifica, de alguma forma, a região que a envolve, de modo que, ao colocarmos uma carga puntiforme de prova  $q$  num ponto  $P$  desta região, será constatada a existência de uma força  $F$ , de origem elétrica, agindo em  $q$ ".<sup>34</sup>*

---

<sup>34</sup> Idem citação anterior. p. 24

De um modo geral procurei destacar nessa leitura que antecede o estudo da eletricidade, alguns aspectos relativos as dimensões de educação e ciência que os autores deixaram transparecer nesses capítulos iniciais. Agora continuarei esse meu trabalho olhando mais de perto como os autores desenvolveram o estudo da eletricidade.

O estudo da eletricidade é iniciado com as definições de corrente elétrica. Para isso, os autores apresentam uma bateria como um gerador e utilizam de conceitos e modelos relativos a estrutura da matéria desenvolvidos na parte inicial desse texto. Sustentam que num fio metálico os elétrons livres movimentam-se desordenadamente, não tendo uma direção privilegiada. Mas quando esse fio é ligado aos terminais da bateria então passa a ter um movimento ordenado que é definido como a corrente elétrica. Entretanto omitem qualquer descrição de natureza microscópica que possa caracterizar o interior do fio metálico, não deixando claro como é esse movimento ordenado que constitui a corrente elétrica. Simplesmente eles afirmam:

*... "Sob a ação da força  $F$ , os elétrons alteram a suas velocidades; no comportamento médio, adquirem movimento ordenado, cuja a velocidade média tem direção e sentido da força  $F$ ".<sup>35</sup>*

Na frase acima destacamos -...no comportamento médio adquirem movimento ordenado-... com a intenção de mostrar que o seu significado não está explícito no texto. Os autores apenas informam que ao ligar o fio aos terminais de bateria surge no seu interior, um campo elétrico que atuará sobre os elétrons livres, ficando cada um, sujeito a força  $F = q.E$ . As ca-

---

<sup>35</sup> Idem citação anterior. p. 90

racterísticas do fio metálico, que é o palco onde o fenômeno da corrente elétrica acontece, não se constituem motivos para alguma forma de imersão, seja ela para construção de imagens a partir de algumas analogias, seja ela do tipo especulativa.

Este tipo de abordagem exemplifica mais uma vez a visão do autor de apenas formalizar ou apenas apresentar a relação sem dar ênfase à parte conceitual.

Em seguida, os autores definem formalmente a intensidade média de corrente elétrica, no intervalo de tempo  $(t, t+\Delta t)$ , como o quociente:  $i_m = \Delta q/\Delta t$ . Neste momento distinguem corrente contínua da corrente alternada; a primeira, que possui uma intensidade e um sentido constantes no tempo, sendo gerada por uma pilha e a segunda, uma corrente que muda periodicamente no tempo, sendo gerada por uma tomada elétrica. A seguir definem circuito elétrico simples com o "auxílio" de esquemas ou desenhos, porém com os elementos desses esquemas em abstrato.

Da mesma forma é tratado do conceito de potência elétrica, a partir das definições de ddp elétrica e potência, apresentadas em capítulos anteriores, conforme podemos observar no próprio texto dos autores, que aqui copio:

*"Considere dois pontos A e B de um trecho de circuito, onde passa a corrente convencional  $i$  (fig.15). Sejam  $V_A$  e  $V_B$  os respectivos potenciais elétricos desses pontos e chamemos de  $U = V_A - V_B$  a ddp entre os pontos. O movimento das cargas elétricas só será possível se for mantida a ddp  $U$  entre A e B. Podemos então considerar a ddp como a causa da passagem da corrente elétrica. ( grifo dos autores)*

*Chamemos  $\Delta q$  a carga elétrica positiva que, no intervalo de tempo  $\Delta t$ , atravessa esse trecho. No ponto A a carga tem energia potencial elétrica  $E_{pA} = \Delta q \cdot V_A$  e, ao chegar em B, ela tem energia potencial elétrica  $E_{pB} = \Delta q \cdot V_B$ . Quando a carga elétrica atravessa o trecho AB, o trabalho das forças elétricas é dado por:*

$$\tau_{AB} = \Delta q \cdot U = \Delta q \cdot (V_A - V_B) = \Delta q \cdot V_A - \Delta q \cdot V_B = E_{pA} - E_{pB}.$$

*A potência elétrica consumida é dada por:*

$$P = \tau_{AB}/\Delta t \text{ ou } P = \Delta q \cdot U/\Delta t, \text{ como } \Delta q/\Delta t = i, \text{ temos } P = Ui.$$

*Para estabelecermos esta expressão não formulamos qualquer hipótese sobre a natureza das transformações que a energia elétrica sofre no trecho AB. Portanto, a expressão é inteiramente geral, qualquer que seja o aparelho existente entre A e B".<sup>36</sup>*

Esta maneira formal de tratar a potência elétrica pode suscitar algumas dúvidas ao leitor, uma vez que no início desse estudo<sup>37</sup>, os autores acenam com a idéia de campo agindo sobre os elétrons livres resultando uma força sobre eles no interior do condutor, mas agora, introduzem uma carga elétrica positiva que atravessa um trecho do condutor num certo intervalo de tempo, caracterizando tal corrente! Os elementos do "modelo", para interpretação da corrente elétrica, tais como elétrons livres, campo elétrico no interior do fio, força elétrica, não são articulados formalmente para se chegar a expressão da potência elétrica  $P = Ui$ . Este é um exemplo de fragmentação pois os elementos que propiciam a visão global não são considerados.

Este capítulo, sobre corrente elétrica, é finalizado com a resolução de exercícios numéricos e teóricos e outros propostos, sendo interessante assinalar que dos 24 exercícios ou questões apresentadas, apenas em três delas seus enunciados se referem a objetos familiares como um chuvei-

---

<sup>36</sup> idem citação anterior, p. 97

<sup>37</sup> idem citação anterior, pp. 89 e 90.

ro, uma lâmpada ou interruptor, sempre como uma aplicação do conhecimento. Nos demais enunciados as situações são abstratas ou quando se referem a algum aparelho o fazem de modo indefinido, como "um aparelho elétrico..."

Em termos educacionais este capítulo também apresenta uma proposta de ensino de física, sem contexto com as situações que tem significado para o aluno, por isso abstrata. Privilegia as definições e as fórmulas. Com essas características, o texto dificulta um processo educacional dialógico. A finalidade é apenas propedêutica sem um significado mais imediato. Esta proposta contempla apenas uma das formas de representação do conhecimento que são as expressões matemáticas.

Sobre os resistores, um tema muito interessante de ser explorado, os autores escrevem o seguinte:

*... "neste capítulo, serão estudados os resistores que são elementos de circuitos cuja função exclusiva é efetuar a conversão de energia elétrica em energia térmica. Nos aquecedores elétricos em geral (chuveiros elétricos, torneiras elétricas, ferros elétricos, etc.), ocorre a transformação de energia elétrica em energia térmica. O fenômeno da transformação de energia elétrica em térmica é denominado efeito térmico ou efeito joule. Este efeito pode ser entendido considerando o choque dos elétrons livres contra os átomos do condutor. Neste choque, os elétrons transferem aos átomos energia elétrica que receberam do Gerador. Esta energia é transformada em energia térmica, determinando a elevação da temperatura do condutor".<sup>38</sup>*

Do ponto de vista do conhecimento físico, embora haja uma tentativa para explicar o aquecimento do fio, não fica claro como isso

---

<sup>38</sup> idem citação anterior. p. 101

ocorre, já que os autores não dão a devida ênfase a noção de rede cristalina e sem essa consideração, torna-se difícil entender o aquecimento do fio. Esta forma de aplicação do conhecimento físico, na compreensão de algum aparelho ou situação quase sempre é abordada nos livros de Física do 2º grau. Entretanto este aparelho ou situação é referência apenas para justificar o uso do conceito pretensamente apreendido e não como um elemento de análise e questionamento capaz de proporcionar um aprendizado em bases mais significativas.

Este modo de colocar as coisas caracteriza uma educação bancária, porque não usa os elementos do cotidiano que apresenta para contextualizar e estabelecer o diálogo mas para apenas exemplificar onde ocorreu a transformação de energia. É interessante observar como uma postura de educação bancária desconsidera alguns procedimentos simples que poderiam propiciar ao estudante uma melhor compreensão do conteúdo que lhe é apresentado no momento. Um chuveiro, por exemplo, é lembrado apenas como algo fechado que transforma energia elétrica em térmica, e não para estabelecer o diálogo.

Em alguns momentos, o texto revela uma visão empírica de ciência, como por exemplo, na discussão da lei de Coulomb, para a qual se realizam certas medidas que permitem essas conclusões:

*"...Medindo o ângulo de torção para diferentes distâncias entre a e b, Coulomb estabeleceu a lei do inverso do quadrado da distância. Mantendo a distância e mudando as cargas convenientemente, Coulomb estabeleceu que a intensidade da força elétrica é diretamente proporcional do produto das cargas".<sup>39</sup>*

---

<sup>39</sup> Idem citação anterior. p. 13

Embora esta citação esteja num quadro: Balança de Torção, incluído no livro, os autores se referem a ela como um argumento experimental para formalização da lei de Coulomb. Seguindo ainda a linha empírica, os autores introduzem o conceito de resistividade, conforme podemos perceber nas frases seguintes:

*... "Verifica-se que a resistência elétrica de um resistor depende do material que o constitui, de suas dimensões e de sua temperatura... Para simplificar a análise destas dependências, consideremos que os resistores tenham a forma de um fio... Realizando experiências com esses fios, em temperatura constante, para determinar suas resistências elétricas, obtêm-se os resultados indicados..."<sup>40</sup>*

É apresentada uma tabela de cujos dados se chega a expressão:  $R = \rho L/A$ , onde a constante  $\rho$  é definida como uma grandeza que depende do material que constitui o fio e de sua temperatura, sendo denominada de resistividade. Com esses exemplos o texto nos mostra que em alguns momentos os autores recorrem a resultados experimentais para estabelecer as suas conclusões formais.

Esse capítulo é encerrado com os exercícios e testes propostos, que têm objetivos claros, que são os de cobrir o conteúdo formal apresentado, com alguma integração com a calorimetria, procedimento que a maioria dos livros de física do 2º grau adotam, e o de treinamento para os exames vestibulares.

Na seqüência o texto apresenta as possíveis associações de resistores com uso de símbolos e esquemas destituídos de um trabalho

---

<sup>40</sup> Idem citação anterior p. 107

anterior que pudessem colocá-los como algo significativo e útil para o aluno. Esse estudo se resume em determinar a resistência equivalente da associação, de cálculos sobre a potência, tensão e corrente elétrica num circuito, sem relacioná-los a uma situação concreta, como podemos notar em exercícios do tipo resolvidos e propostos, por exemplo:

*"R<sub>46</sub> Um resistor de  $5\Omega$  e um resistor de  $20\Omega$  são associados em série e à associação aplica-se uma ddp de 100 V.  
a- qual a resistência equivalente da associação?  
c- qual a b- qual a intensidade de corrente na associação ?  
ddp em cada resistor associado ?"<sup>41</sup>*

Esse é um exercício do tipo resolvido que foi colocado aqui para mostrá-lo como um exemplar que só é formulado para treinar algumas relações matemáticas, os propostos seguem o mesmo modelo.

Nos capítulos subsequentes que ainda fazem parte, segundo os autores, da eletricidade, são apresentados os medidores elétricos, os geradores e receptores de energia. Contudo tais aparelhos são definidos pela sua função, não se desenvolvendo um estudo através do qual eles deixassem de ser considerados como "caixas pretas". São apresentadas as equações do gerador, do receptor e de seus respectivos rendimentos, com as quais é resolvido um grande número de exercícios, sobre circuitos elétricos, propostos nos mais diferentes exames vestibulares.

Em resumo, o livro 2 apresenta as seguintes características:

---

<sup>41</sup> Idem citação anterior. p.14

### **3.2.1 QUANTO AS DIMENSÕES DE EDUCAÇÃO**

a. Privilegia o abstrato. O cotidiano só é citado como aplicação da teoria e nunca é trabalhado de modo a oferecer elementos para um ensino mais crítico e significativo. Isto reflete um ensino sem significado.

b. Coloca o estudante quase sempre na posição de receptor de informações. Este tipo de enfoque caracteriza uma educação bancária.

c. Apresenta alguns aspectos que poderiam colocá-lo numa linha propedêutica, com a intenção de preparar o estudante para estudos futuros, como por exemplo, ser considerado um instrumento visando o vestibular.

d. Pretende ser uma forma intermediária, entre o 2º e o 3º grau, de apresentar, ainda que de modo abstrato e fragmentado, as noções básicas com as quais trabalha a física clássica.

### **3.2.2 QUANTO AS DIMENSÕES DE CIÊNCIA**

a- Apresenta uma visão empírica da ciência revelada através de frases do tipo: experimentalmente se verifica que.....,realizando-se experiências chega-se as seguintes conclusões....., Fulano verificou experimentalmente que, ... e assim por diante. Não há referência a mais de um modelo para explicações de diferentes fenômenos. Estas concepções vão de encontro com a idéia de que o conhecimento físico é um produto acabado, objetivo, independente de qualquer processo.

b- Os temas também são apresentados de modo fragmentado, não aparecendo no texto nenhum momento em que a visão do todo seja apresentada ou comentada com os leitores. O conteúdo desenvolvido em cada capítulo é estanque e muitas vezes não guarda relação com aqueles desenvolvidos em

capítulos anteriores ou posteriores, não propiciando ao aluno uma visão mais global. Estas características demonstram que a dimensão estrutura do conhecimento não é contemplada no texto.

c- Apresenta forte tendência para uso imediato das fórmulas, em detrimento da discussão qualitativa. Nessa proposta a representação do conhecimento também privilegia apenas o lado formal.

### 3.3 LEITURA E ANÁLISE DO LIVRO 3

Este livro, conforme já assinalamos no início desta análise, desenvolve o estudo da eletricidade a partir da segunda unidade na qual aborda circuitos elétricos de corrente contínua. Por isso precisamos considerar o conteúdo desenvolvido pelos autores antes de entrar propriamente no estudo da eletricidade. Podemos verificar ao longo do texto que nessa proposta existem preocupações diferentes daquelas existentes nos dois livros anteriores, como por exemplo:

1. No tocante ao ensino de física, podemos perceber um cuidado maior nas discussões dos conceitos físicos, pois elas são mais demoradas e qualitativas, tentando proporcionar ao estudante uma melhor condição para a sua aprendizagem. Por exemplo, o texto possui uma seção chamada Comentário, a qual em muitos momentos, é destinada a completar ou relembrar discussões qualitativas já realizadas no texto:

*“Comentários - 1 (Devemos observar, no processo de eletrização, que o número total de prótons e elétrons não se alteram, havendo apenas uma separação das cargas elétricas. Não há portanto criação nem destruição de carga elétrica, isto é, a carga total é conservada, como pensava Franklin”<sup>42</sup>*

---

<sup>42</sup> Alvarenga, B.; Máximo, A. Curso de Física - vol.3. 2ª edição. Ed. Harbra. São Paulo. 1986. p. 615

*“Comentários - 2 (Como você sabe, os prótons e os nêutrons estão localizados no núcleo do átomo e não podem ser deslocados de suas posições pelo simples atrito de um corpo com outro. Pelo atrito, apenas os elétrons podem ser trocados entre os dois corpos”.*<sup>43</sup>

O cotidiano é colocado, às vezes, como elemento catalizador de interesse e curiosidade, e outras vezes como uma aplicação do tema estudado, fatores que parecem relevantes no processo de aprendizagem: um exemplo do primeiro caso é o desenho de uma bateria com a explicação da figura,

*“quando os pólos de uma bateria são ligados por meio de um fio metálico, os elétrons do metal entram em movimento”.*<sup>44</sup>

2. As propostas de atividades experimentais deixam um espaço para que professores e alunos façam alguma discussão em torno de temas relativos ao ensino de eletromagnetismo. Tais atividades são sempre que possível montadas com elementos ou dispositivos simples:

*“Tome um pente plástico e, passando-o algumas vezes em seu cabelo (que devem estar limpos e secos) ele se eletrizará, como você já sabe. 1º) aproxime o pente de objetos leves, como pedaços de papel e de isopor. 2º) deixe escorrer um filete d’água de uma torneira e aproxime dele o pente eletrizado.*

*Observe o que acontece em ambos os casos”*<sup>45</sup>

Uma ou outra situação requer algum dispositivo mais sofisticado, mas que também é comum existir em laboratórios de física das es-

---

<sup>43</sup> Idem citação anterior

<sup>44</sup> Idem citação anterior. p. 617

<sup>45</sup> Idem citação anterior p. 636

colas de 2º grau, como por exemplo, um gerador de Van de Graaff. O objetivo de tais atividades é ressaltar qualitativamente um fenômeno físico. Em raras situações os resultados quantitativos são procurados.

3. No final de cada capítulo há uma seção de revisão, nas quais um conjunto de questões é colocado explorando os pontos mais importantes desenvolvidos no capítulo com o objetivo de verificar a aprendizagem. Em caso de dúvida o estudante poderá, se quiser, voltar ao texto, onde muito provavelmente encontrará suas respostas já que a maior parte das questões formuladas podem ser respondidas por consulta direta ao texto. Uma ou outra questão poderá exigir do aluno um pouco mais de esforço, atenção e raciocínio.

4. Ao longo de todo texto existe um espaço para *COMENTÁRIOS*, onde o leitor poderá encontrar sempre, alguma complementação sobre o tema que está sendo desenvolvido naquele momento, ou novas informações sobre o tema, ou ainda, encontrar orientações e procedimentos necessários para desenvolver uma determinada atividade. Este espaço pode se tornar um momento importante do livro, já que aqui os autores chamam atenção do leitor para este ou aquele detalhe, fornecem-lhe uma informação que estava faltando, promovem algum tipo de orientação na montagem de uma atividade experimental,

*“Comentários - 2 (Algumas pessoas costumam dizer que um aparelho elétrico em funcionamento consome ‘corrente elétrica’. Baseando-nos no comentário anterior, podemos perceber que esta afirmação não está correta. De fato, se uma lâmpada, por exemplo, for ligada a uma bateria, a corrente terá um valor único em todas as seções do fio. Logo, a intensidade da corrente será a mesma antes e depois de atravessar a lâmpada”.*<sup>46</sup>

---

<sup>46</sup> Idem citação anterior. pp. 720-721

5. Por fim, os autores criaram um quadro de Leituras no final de cada capítulo muito interessante para um livro de física do 2º grau, pois ao lado de seu caráter complementar, também apresenta informações novas e interessantes para quem inicia seus estudos. Essas informações se referem tanto ao conhecimento físico propriamente dito, como ao relato de alguns momentos da história da física, sob um ângulo internalista, sobre certas experiências marcantes e de descobertas importantes para o seu desenvolvimento. Estas linhas conferem ao conhecimento físico a idéia de que ele é uma construção.

*“Uma importante contribuição de Franklin, apresentada na mesma época em que a teoria dos fluidos era amplamente divulgada na Europa, foi a formulação de uma outra hipótese, denominada teoria do fluido único”.<sup>47</sup>*

*“O efeito termo-iônico encontra sua mais importante aplicação na construção das válvulas eletrônicas, usadas amplamente, como você já deve ter visto, em aparelhos de rádio, TV, etc”<sup>48</sup>*

Olhando um pouco mais de perto esse texto, podemos perceber que existe uma preocupação em situar os temas de estudo de cada capítulo procurando ressaltar a presença de um elemento unificador, como, por exemplo, está colocado:

*“...Na unidade VIII (capítulos 18, 19 e 20) analisaremos situações nas quais vamos encontrar as cargas elétricas geralmente em repouso....Na unidade IX (capítulos 21 e 22) estudaremos as cargas elétricas em movimento, isto é, as correntes elétricas e as propriedades dos circuitos elétricos que são percorridos por estas correntes....Na última etapa (unidade X, capítulos 23, 24 e 25) faremos uma análise dos*

---

<sup>47</sup> Idem citação anterior. p. 634

<sup>48</sup> Idem citação anterior p. 777

*fenômenos magnéticos que, como veremos, são causados por cargas elétricas em movimento".<sup>49</sup>*

O grifo em cargas elétricas é meu, para chamar atenção de que ela pode ser considerada um elemento unificador ao estabelecer elos entre a eletrostática, eletrodinâmica e eletromagnetismo, assuntos desenvolvidos, respectivamente, nas unidades VIII, IX e X, desse livro. Com essa leitura na apresentação dos conteúdos os autores colocam a carga elétrica como elemento unificador dessa divisão "didática" da eletricidade, que permite dar ao texto um caráter não fragmentado. Este cuidado é uma referência de que este conhecimento tem um certa estrutura.

Esse livro, assim como o livro 2, também inicia o estudo da eletricidade por cargas elétricas em repouso, resgatando um pouco da história dos gregos na antigüidade, atribuindo ao filósofo Thales da cidade de Mileto, que viveu no século VI a.C., a observação de que um pedaço de âmbar atritado com pele de animal adquire a propriedade de atrair corpos leves como pedaços de palha e semente de grama. Os autores continuam sua exposição, afirmando que se passaram cerca de 2000 anos até que observações mais cuidadosas e sistemáticas começassem a serem feitas com os fenômenos elétricos. Destaca os trabalhos do médico inglês W. Gilbert que observou que outros corpos ao serem atritados também se comportavam como o âmbar, podendo atrair um outro corpo, mesmo que não fosse leve. Gilbert começou a usar o termo *eletrizado* ao se referir àqueles corpos com comportamento igual ao do âmbar, pois em grego, o âmbar é designado por *eléctron*. Finaliza esta parte ponderando que nos tempos atuais sabemos que todas as substâncias podem ser

---

<sup>49</sup> Idem citação anterior p. 612

eletrizadas, se comportando como o âmbar. Por exemplo, uma régua plástica se eletriza ao ser atritada com seda e pode atrair pequenos pedaços de isopor, ou um pente pode ser eletrizado pelo atrito com o cabelo e atrair um filete de água, e assim por diante.

Os autores conseguem passar a idéia fundamental do fenômeno da eletrização em relatos interessantes que abarcam desde a descoberta das estranhas forças exercidas pelo âmbar até as observações de mesma natureza que podem ser feitas, em nossos dias, com coisas ou objetos de nossa familiaridade. Este é um lado importante de uma proposta educacional na medida que permite ao aluno interessado, a realização de atividades que possam reproduzir, qualitativamente, fenômenos que há muito tempo foram observados. Este fato pode despertar uma maior curiosidade nos alunos incentivando-os a procurar novos conhecimentos, e assim por diante, motivando o seu aprendizado.

Procuram resgatar certas idéias que serviram num determinado momento para explicação de uma série de fenômenos, como por exemplo, a teoria do fluido elétrico de Benjamin Franklin, para explicar as eletrizações de tipos distintos como a do vidro ao ser atritado com seda e a da borracha ao ser atritada com lã, em que a eletricidade do vidro foi considerada positiva e da borracha, negativa. Segundo a teoria dos fluidos elétricos,

*"...os fenômenos elétricos eram produzidos pela existência de um fluido elétrico que estaria presente em todos os corpos. Em um corpo não eletrizado (corpo neutro) este fluido existiria em quantidade normal. Quando dois corpos eram atritados entre si, haveria transferência de parte do fluido elétrico de um para o outro. O corpo que recebesse fluido ficaria eletrizado positivamente e aquele que perdesse ficaria eletri-*

*zado negativamente. Desta maneira, segundo as idéias de Flanklin, não haveria criação nem destruição de carga elétrica, mas apenas transferência de eletricidade de um corpo para outro, isto é, a quantidade total de fluido elétrico permaneceria constante".*<sup>50</sup>

A idéia de um fluido elétrico que passa de um corpo para o outro quando são atritados, mas que se conserva no processo, foi modernamente substituída pela idéia do elétron que se transfere de um átomo para outro durante o atrito entre dois corpos, mantendo a conservação da carga no sistema. Com isto o estudante pode perceber uma evolução na construção do conhecimento, notando que outras idéias já estiveram presentes e foram aceitas por um certo período na explicação de fenômenos físicos, mas que agora esses mesmos fenômenos são explicados de uma outra forma com base em novas idéias e novos elementos.

Podemos perceber que aspectos históricos, invariavelmente, estão a favor de mostrar o conhecimento físico como um processo de construção.

Na seqüência da introdução do conceito de carga elétrica os autores apresentam a teoria atômica, que considera toda matéria formada por átomos, que por sua vez são constituídos de partículas menores, como os prótons e nêutrons no núcleo e os elétrons na eletrosfera. Os prótons são possuidores de carga elétrica positiva e os elétrons de carga elétrica negativa, enquanto que o nêutron não possui carga elétrica. Um átomo em seu estado normal é neutro, do ponto de vista elétrico, já que possui números iguais de prótons e elétrons. Com base nessa teoria desenvolvem outros conceitos, como

---

<sup>50</sup> Idem citação anterior pp. 614-615

os de condutores e isolantes elétricos, relacionando-os com a existência ou não do elétron livre no interior dos sólidos; explicam como se eletriza um objeto, inicialmente neutro, por atrito, por contato e por indução e a utilidade de um eletroscópio, antes de entrar na lei de Coulomb.

Embora seja a maneira tradicional de iniciar um curso de eletricidade, a forma como esta introdução foi apresentada, revela a preocupação dos autores em apresentar uma discussão qualitativa sobre o conceito de carga elétrica e está em sintonia com os objetivos do livro que são os de apresentar um texto que possa tanto ser aproveitado por alunos que mais tarde ingressarão em uma carreira universitária ligada às ciências exatas, como por aqueles que não mais terão contato com o estudo da física.

Antes de apresentar a lei de Coulomb, os autores conceituam carga elétrica puntiforme, como aquela existente em um corpo cujas dimensões são desprezíveis diante da distância que o separa de um outro corpo carregado. Após essa colocação, iniciam sua abordagem sobre a formulação da lei de Coulomb, do seguinte modo:

*"No século XVIII, Coulomb realizou uma série de medidas cuidadosas entre duas cargas puntuais, usando uma balança de torção...Através dessas medidas, Coulomb chegou a algumas conclusões (válidas tanto para forças de atração quanto de repulsão) que analisaremos a seguir...Coulomb verificou que, se a carga  $Q_1$  for duplicada (ou triplicada, ou quadruplicada etc.) o valor da força entre as cargas ( $Q_1$  e  $Q_2$ ) também duplicará (ou triplicará, ou quadruplicará, etc.)...Então, ele concluiu que o valor da força é proporcional à carga  $Q_1$ , isto é,  $F \propto Q_1$ ..."<sup>51</sup>*

---

<sup>51</sup> Idem citação anterior. pp. 625-626

A descrição, sobre como Coulomb chegou a expressão que dá a força elétrica entre duas cargas pontuais, afirma que todas as conclusões se baseavam sempre nos resultados experimentais, culminando com a fórmula,  $F=k_0.Q_1.Q_2/r^2$ , que representa a lei de Coulomb! Assim, a lei de Coulomb é apresentada como se ele tivesse concluído, a partir apenas dos dados experimentais, que a força entre duas cargas elétricas é proporcional ao produto das mesmas e inversamente proporcional ao quadrado da distância que as separam.

Essa postura, entretanto, fica um pouco amenizada, se lermos um trecho da seção de Leitura, As primeiras descobertas no campo da eletricidade, aspectos históricos, que diz:

*"...Em particular, houve uma preocupação em relacionar quantitativamente a força elétrica,  $F$ , entre dois corpos, com a distância  $r$ , entre eles. Percebendo que havia uma certa semelhança entre a atração elétrica e atração gravitacional (cujo estudo já havia sido desenvolvido por Newton), alguns físicos, no final do século XVIII, lançaram a hipótese de que a força elétrica poderia, também, variar com o inverso do quadrado da distância entre os corpos, isto é,  $F \propto 1/r^2$ . Entretanto, era necessário que fossem realizadas medidas cuidadosas para verificar se esta hipótese era verdadeira..."<sup>52</sup>*

Mais uma vez esses aspectos históricos permitem perceber o processo de construção do conhecimento.

Os exercícios estão de acordo com os objetivos do livro, que é o de contemplar o conhecimento físico e não o de tornar apenas um instrumento de treino para o vestibular.

---

<sup>52</sup> Idem citação anterior. p. 635

*“...Julgamos que ele (o texto) poderá entusiasmar tanto aos jovens que pretendam continuar seus estudos em uma carreira ligada às ciências exatas, como àqueles que provavelmente não mais terão outro contato com o estudo da Física”.*<sup>53</sup>

Esses exercícios mesclam o qualitativo e o quantitativo mas exigem uma certa atenção e alguma dose de raciocínio para resolvê-los. Tais exercícios são formulados com a intenção de ajudar na recapitulação dos conceitos físicos abordados e testar o seu aprendizado, por isso sua elaboração e questionamentos não envolvem "pegadinhas" nem reclama artifícios engenhosos para sua solução. Depois existe uma série de problemas e testes e problemas suplementares com um nível de dificuldade maior que procura explorar a capacidade dos alunos na aplicação dos conceitos desenvolvidos. Nitidamente, os exercícios propostos ao longo do texto fogem daquele padrão usualmente adotado nos exames vestibulares, que buscam, vez ou outra, colocar uma pedra no caminho do estudante, não para estimulá-lo a um esforço maior, mas para permitir que uma seleção seja feita.

O conceito de campo não fica restrito apenas ao estudo dos fenômenos elétricos, sendo lembrado o campo gravitacional, já discutido, pelos autores, no texto de mecânica, e um campo de temperaturas, onde a cada ponto do espaço se associa uma dada temperatura. Este último é dado como exemplo de um campo escalar, enquanto que os campos elétrico e gravitacional são dados como exemplos de campos vetoriais. A abordagem é tradicional mas existe a preocupação de apresentar os conceitos físicos com um certo rigor, fornecendo elementos que esclarecem determinadas situações,

---

<sup>53</sup> Idem citação anterior. Prefácio

como por exemplo, a lei de Coulomb deixa transparecer que a força elétrica é resultado de uma interação à distância entre  $Q$  e  $q$ , isto é,  $Q$  exerce força em  $q$  e, reciprocamente,  $q$  exerce força em  $Q$ . Entretanto com a introdução do conceito de campo elétrico, esta interação pode ser vista de outra forma,

*"...dizemos que a carga  $Q$  cria um campo elétrico nos pontos do espaço em torno dela e que este campo elétrico é o responsável pelo aparecimento da força elétrica sobre a carga  $q$  colocada naqueles pontos. Em outras palavras, consideramos que a força elétrica que atua sobre  $q$  é devida à ação do campo elétrico e não à ação direta de  $Q$  sobre  $q$ "<sup>54</sup>.*

Tais idéias fortalecem o conceito de campo pois a sua importância fica estabelecida, principalmente quando temos campos oscilantes, cujas oscilações podem ser sentidas por cargas elétricas, como os elétrons livres de uma antena, situadas a longas distâncias. O campo elétrico desempenha assim o papel de transmissor de interações elétricas:

*"Maxwell mostrou, por meio de suas equações que, este distúrbio eletromagnético, ao se propagar, deveria apresentar todas as características de um movimento ondulatório. Portanto, de acordo com Maxwell esta radiação eletromagnética deveria sofrer reflexão, refração, difração e interferência, exatamente como acontece com uma onda. Por este motivo, o distúrbio constituído pela propagação de campos elétricos e magnéticos foi denominado uma 'onda eletromagnética'"<sup>55</sup>.*

A tensão, ou diferença de potencial elétrico, ou ainda voltagem, é abordada dando ênfase apenas aos seus aspectos físicos, e em seguida tal grandeza é definida como o quociente entre o trabalho realizado pela força elétrica ao deslocar uma carga  $q$  entre dois pontos de um campo elétrico e

---

<sup>54</sup> Idem citação anterior. p. 646

<sup>55</sup> Idem citação anterior. p. 885

a carga  $q$  deslocada entre esses pontos. Formalmente o conceito de diferença de potencial elétrico é representado pela equação:  $V_A - V_B = \tau_{AB}/q$ . A diferença  $V_A - V_B$  também é chamada de voltagem ou tensão, termos mais conhecidos popularmente.

Os autores procuram associar a esse estudo, situações mais familiares, como por exemplo, no espaço para comentários, onde colocam:

*"O conceito de voltagem está muito relacionado com a nossa vida diária. Você já deve ter ouvido falar, por exemplo, que em nossas residências existem tomadas elétricas de 110 volts. Como vimos, sendo  $110 V = 110 J/C$ , isto significará que, se um aparelho elétrico for ligado nesta tomada (fig. tal, onde está desenhada uma tomada de 110 V e uma lâmpada ligada entre os seus terminais A e B), cada carga de 1C que se deslocar de um terminal para outro (de A para B) receberá 110 J de energia do campo elétrico existente na tomada (a carga, por sua vez, transfere ao aparelho esta energia que recebeu do campo elétrico)"<sup>56</sup>*

Embora este tipo de abordagem procure se aproximar dos conhecimentos vivenciais do aluno, não é usada para uma exploração mais detalhada, ficando apenas no nível de citação, que acena para "um envolvimento" do cotidiano com o conhecimento físico.

O estudo da eletricidade é precedido por um ligeiro comentário lembrando ao leitor que até o momento estudou-se as cargas elétricas em repouso, fenômenos pertencentes ao campo da eletrostática. Só então os autores iniciam o estudo dos fenômenos elétricos associados às cargas elétricas

---

<sup>56</sup> Idem citação anterior, p. 679

em movimento. É interessante esta observação uma vez que ela demonstra algum cuidado em não apresentar a física de um modo fragmentado, procurando chamar a atenção do estudante que os temas discutidos em cada parte guardam algum tipo de relação com os demais.

A intensidade de corrente elétrica, assim como nos outros livros analisados, também é definida de maneira rápida, fazendo uso apenas de elementos abstratos. Para encerrar o tema corrente elétrica, os autores procuram distinguir dois tipos de corrente, a contínua e a alternada. A corrente contínua é definida como aquela que não muda de sentido e é associada às pilhas e baterias de automóveis. A corrente alternada é definida como aquela que alterna o seu sentido e associam-na às grandes Companhias de distribuição de energia elétrica.

Ao discutir a corrente elétrica no fio condutor ligado aos terminais de uma bateria são feitas analogias que permitem uma má interpretação do fenômeno que está ocorrendo no interior do fio. Como por exemplo:

*"...quando a corrente elétrica chega ao polo negativo, as cargas são forçadas, devido a reações químicas, a se deslocarem no interior da bateria, passando para o polo positivo, o que completa o circuito. Prosseguindo em seu movimento, as cargas continuam a se deslocar no fio, indo novamente do polo positivo para o polo negativo. Enquanto as reações químicas mantiverem a diferença de potencial entre os polos da bateria, teremos uma corrente elétrica circulando continuamente da maneira que acabamos de descrever"<sup>57</sup>*

---

<sup>57</sup> Idem citação anterior, pg. 719, 2º parágrafo

Esta descrição pode sugerir ao leitor que a corrente elétrica é constituída por cargas elétricas que saem de um ponto do circuito e se deslocam para outro, como se fosse a água em um cano, analogia que aliás os autores utilizam para falar sobre a conservação da intensidade da corrente elétrica no circuito. Não consideram nesse momento o estudo do campo elétrico, que uma vez aplicado a esse fenômeno daria uma descrição diferente da que foi colocada pelos autores, demonstrando que nessa explicação não foram usados todos os pressupostos do modelo clássico.

O estudo do capítulo Corrente Elétrica tem prosseguimento com as definições de resistência elétrica, de resistividade e com a apresentação da lei de Ohm com o seguinte teor:

*"...O cientista alemão Georg Ohm, no século passado, realizou várias experiências, medindo essas voltagens (e as correntes correspondentes) quando aplicadas em diversos condutores feitos de substâncias diferentes, Verificou então que, para muitos materiais, principalmente os metais, a relação entre a voltagem e a corrente mantinha-se constante, isto é,  $(V_{AB})_1/i_1=(V_{AB})_2/i_2=(V_{AB})_3/i_3=\dots=V_{AB}/i= constante=R$  Mas  $V_{AB}/i$  representa o valor da resistência  $R$  do condutor. Então, Ohm concluiu que para aqueles condutores tinha-se  $R=constante$ . Este resultado é conhecido como lei de Ohm..."<sup>58</sup>*

Os autores trabalham as idéias de associação de resistências ligadas em série ou em paralelo. É interessante notar que raramente os livros de física do 2º grau fazem ou sugerem atividades<sup>59</sup> com lâmpadas ou outros aparelhos resistivos. Nesse livro tais atividades são propostas no encer-

<sup>58</sup> Idem citação anterior, pg. 726, 2º parágrafo.

<sup>59</sup> Idem citação anterior, pgs. 750, 751, 752, onde se propõem quatro experiências, em que duas delas se referem a associações de lâmpadas em série e em paralelo e as demais envolvem elementos presentes em instalações elétricas residenciais. Tais experiências estão em anexo nas páginas...

ramento do capítulo como um apêndice que pode ou não ser usado pelo professor, por isso elas não são decisivas para despertar o interesse e promover o diálogo, elementos básicos no processo de aprendizagem.

O conteúdo deste capítulo é encerrado com a discussão da potência elétrica, em que os autores partem da definição matemática  $P = \tau/\Delta t$ , onde  $\tau$  é o trabalho realizado pelo campo elétrico ao deslocar a carga  $\Delta q$  do ponto A até o B, entre os quais existe uma diferença de potencial elétrico  $V_{AB}$ . Logo a energia que a carga  $\Delta q$  receberá do campo elétrico é igual a esse trabalho, isto é,  $\Delta E = \tau = \Delta q \cdot V_{AB}$  o que fornece para potência elétrica a expressão:  $P = i \cdot V_{AB}$ , já que,  $\Delta q/\Delta t = i$ . Com o auxílio da expressão  $V_{AB} = Ri$ , escrevem a lei de Joule como  $P = Ri^2$ , conceituando que:

*"o efeito Joule consiste na transformação de energia elétrica em energia térmica (calor) em uma resistência percorrida por uma corrente..."<sup>60</sup>*

Podemos observar que esse é o tratamento tradicional que se costuma fazer sobre o assunto. Entretanto são colocados alguns problemas interessantes no final do capítulo, que exploram um pouco mais o cotidiano, constituído de coisas elétricas de uma residência, e os conceitos da eletricidade, nos seus aspectos qualitativos e formais.

Procuram estudar a corrente elétrica e seus efeitos resistivos, desenvolvendo o conceito de força eletromotriz. Finalizam o capítulo e com ele o estudo da eletrodinâmica, apresentando a equação do gerador  $V_{AB} = \varepsilon - ri$ , onde  $\varepsilon$  representa a força eletromotriz do gerador.

---

<sup>60</sup> Idem citação anterior, pg. 740

Em resumo, o livro 3 apresenta as seguintes características:

### **3.3.1 QUANTO AS DIMENSÕES DE EDUCAÇÃO**

a. os conceitos físicos são trabalhados de modo tradicional, mas tomam certos cuidados, como na linguagem, nos exemplos, na discussão qualitativa quase sempre oferecendo elementos para uma melhor compreensão do tratamento formal, que tornam o texto mais ameno e interessante. O conhecimento precisa ser apreendido, não só para o vestibular, mas também para a formação do aluno.

b. O cotidiano permeia o texto, mas sua presença é sempre no sentido de discutir a aplicação de um conceito já estudado, muitas vezes só no abstrato, ou para demonstrar alguma utilidade do assunto estudado, ou ainda, para satisfazer uma curiosidade.

c. Procura passar uma visão não fragmentada do conhecimento físico. Em vários momentos do texto percebemos intenções nesse sentido. Mesmo entre os capítulos procuram fazer uma síntese na qual estabelecem algum grau de continuidade entre o tema discutido e o próximo.

d- trata-se de um texto com preocupações diferentes dos anteriores: seus objetivos são mais claros e apontam para uma compreensão da física. Com esse fim, além da linguagem que procura ser acessível aos estudantes, propõem atividades, leituras e várias seções de exercícios.

e- embora não descarte a realidade do vestibular, não é um texto com essa única preocupação; seus exercícios e atividades são propostos com

objetivos claros de se tornarem instrumentos de aprendizagem e avaliação, não se constituindo naquelas cansativas listas de exercícios de vestibulares.

f- o texto está também voltado para estudantes que encerram sua participação na vida escolar ao fim do 2º grau e para aqueles que, embora seguindo uma carreira universitária, não mais necessitem dos conhecimentos físicos para sua formação.

### **3.3.2 QUANTO AS DIMENSÕES DE CIÊNCIA**

a- Utiliza de argumentos empíricos para apresentar alguma lei ou resultado. Em alguns momentos propõem uma abordagem que coloca o conhecimento físico como resultado de um processo, ou privilegia os modelos ou teorias. Isto acontece às vezes nas leituras propostas no final de cada capítulo e por isso, são interessantes.

b- Não há referência sobre outros modelos físicos, mas em vários momentos são propostas leituras históricas, contribuindo para pensar o conhecimento científico como uma construção.

c- procura trabalhar os conceitos e as idéias de um modo mais qualitativo, reconhecendo assim que o conhecimento pode ser representado por conceitos e fórmulas.

### **3.4 RESUMO DA ANÁLISE**

#### **CONCLUSÕES SOBRE ESSA ANÁLISE**

Podemos perceber algumas semelhanças e diferenças importantes nos livros analisados, que podem justificar o modo como o ensino de física é realizado em nossas escolas.

1. Os três livros
  - a- estão impregnados de posturas empíricas.
  - b- apresentam o conhecimento físico como uma coisa acabada.
  - c- não estabelecem limites para a validade dos modelos físicos.
  - d- privilegiam as definições.

Em termos das dimensões de ciência estas características definem um conhecimento como um produto acabado, objetivo e independente de qualquer processo.

2. Os dois primeiros livros privilegiam o abstrato e o formal em detrimento do conceitual e do qualitativo. O abstrato define um ensino não contextualizado, não dialógico, sem significado e o formal contempla apenas um aspecto da representação do conhecimento.

3. Nos livros 1 e 2, o conhecimento físico é apresentado de forma fragmentada. O livro não passa a idéia de que o conhecimento é estruturado.

4. Os livros 1 e 2 são textos voltados para os exames vestibulares. Uma finalidade propedêutica.

5. Nos livros 1 e 2 os exercícios são idealizados e visam um treinamento para o vestibular. Uma finalidade propedêutica.

6. No livro 3 se percebe alguma estrutura, existem iniciativas para evitar um ensino fragmentado. A carga elétrica é colocada como elemento unificador no estudo da eletrostática, eletrodinâmica e eletromagnetismo.

7. Nos livros 1 e 2 o conteúdo apresentado é linear e cronológico, não passa idéia de processo. Já o livro 3 passa idéia de processo porque apresenta visões de outras épocas em confronto com as de agora.

Se considerarmos que esses livros representam de modo contundente a bibliografia possível de ser consultada por nós professores, não podemos estranhar que o ensino de física em nossas escolas tenha também essa cara. Precisamos, por isso, aprender a detetar falhas dessa natureza para não repassá-las aos nossos alunos, muitas vezes, ingenuamente.

## **CAPÍTULO 4:**

### **ELETRICIDADE DO GREF**

Procurarei fazer, a partir desse momento, uma apresentação do livro Física 3 - Eletromagnetismo do GREF, tentando ressaltar pontos onde as dimensões de educação e de ciência, discutidas no segundo capítulo dessa dissertação, estão implícitas.

Embora este livro tenha sido escrito para professores de física do 2º grau, sua inclusão no rol dos livros para a escola secundária é justificável por várias razões:

1. Tem como meta o ensino de física na escola do 2º grau.
2. É a única proposta curricular atualmente divulgada e que está a disposição.
3. Alguns milhares de educadores e educadoras já tiveram contato com ela em encontros, simpósios e cursos em nível nacional; algumas centenas de professores e professoras do estado de São Paulo já aplicaram ou estão aplicando esta proposta em sala de aula.
4. Faz parte da bibliografia para concurso de ingresso ao magistério da rede pública do Estado de São Paulo.
5. Finalmente porque, também, participei de sua elaboração.

Primeiramente vou descrever as partes do livro do GREF, fazendo no final dessa descrição breves comentários sobre as dimensões de educação e de ciência que estão embutidas nesta proposta. Depois procurarei localizar essas mesmas dimensões olhando o livro com um certo distanciamento. Finalmente, como exemplo, pretendo fazer um "passeio" pela

Parte 1, destacando e procurando justificar nesta aproximação como o desenvolver do conteúdo envolvido nessa parte contempla as dimensões escolhidas.

#### **4.1 AS PARTES DO LIVRO FÍSICA 3 - ELETROMAGNETISMO DO GREF**

O conteúdo desse livro aborda o Eletromagnetismo Clássico e os Modelos quântico de matéria e de condutividade elétrica. Tanto um tema como o outro são estudados e desenvolvidos para explicar o cotidiano tecnológico e as situações vivenciais do estudante do meio urbano. Com essa finalidade o livro propõe uma estratégia de ensino que utiliza como ponto de partida um levantamento e classificação de coisas que, de alguma forma, estejam ligadas à eletricidade.

*"Para iniciar o curso com a participação dos alunos, sugerimos que eles sejam solicitados a responder a pergunta: que aparelhos e componentes elétricos e eletrônicos vocês utilizam e conhecem?"<sup>1</sup>*

Os objetos tecnológicos ou situações vivenciais que aparecem nesse levantamento reúnem desde fusíveis, lâmpadas, chuveiros, liquidificadores, usinas hidroelétricas e até fenômenos como o raio e o choque elétrico<sup>2</sup>. Desse amplo universo, os elementos são agrupados de acordo com sua função ou utilidade, possibilitando dessa forma classificá-los em seis partes englobando todo conteúdo a ser desenvolvido, conforme está explícito no livro.

*"Para tanto é necessário agrupar, na medida do possível, os elementos contidos no levantamento, segundo critérios rela-*

---

<sup>1</sup> Física 3 - Eletromagnetismo - GREF. Ed. Edusp. São Paulo. 1993, p. 25.

<sup>2</sup> Ver anexo 2.2, página 8, uma tabela que consta esses elementos.

*cionados à seqüência que utilizaremos para desenvolver o conteúdo. Apesar de suas especificidades, os vários aparelhos possuem algumas propriedades gerais que permitem a sua inserção em alguns grupos"<sup>3</sup>.*

Do primeiro grupo fazem parte aqueles aparelhos cuja função é produzir aquecimento; do segundo, aqueles que produzem movimento; do terceiro, as coisas das quais se possa obter energia elétrica; do quarto, sistemas que permitem a comunicação e a informação e, nos dois últimos grupos, elementos que fazem parte dos circuitos elétricos. Cada um desses grupos corresponde a uma parte da apresentação do conteúdo<sup>4</sup>.

Na parte 1 são selecionados, para observação e manuseio, os fusíveis, chuveiros, lâmpadas e fios de instalações elétricas residenciais. Do ponto de vista da física tais objetos são classificados como aparelhos elétricos resistivos. Nessa parte são introduzidas as grandezas físicas: tensão, corrente, potência e resistência elétricas presentes nas especificações desses aparelhos. Com a necessidade de explicar essas grandezas é apresentado o modelo de corrente elétrica baseado na Física Clássica, em que os conceitos de carga, força e campo são discutidos<sup>5</sup>.

Na parte 2 são escolhidos os motores elétricos, como aqueles que funcionam nos liquidificadores e nos carrinhos de brinquedo, instrumentos de medida que usam ponteiros, além dos ímãs naturais e artificiais. Nessa parte são desenvolvidos: campo magnético associado a corrente elétrica

---

<sup>3</sup> Física 3 - Eletromagnetismo - GREF. Ed. Edusp. São Paulo. 1993, p. 26.

<sup>4</sup> Ver anexo 2.1, páginas 1 a 5, onde consta todo o conteúdo trabalhado na proposta.

<sup>5</sup> Ver anexo 2.2, no Plano de curso, página 13.

através das leis de Ampère e de Biot-Savart e a força magnética e, com um modelo para o ímã, a lei de Gauss magnética<sup>6</sup>.

Na parte 3 estão relacionadas as fontes de energia, como o dínamo de bicicleta, gerador da usina hidroelétrica e motor gerador (geradores de corrente alternada); pilha e bateria (geradores de corrente contínua); célula fotoelétrica, acendedor de fogão, gerador de Van de Graaff e par termoelétrico. Os elementos físicos relacionados a essas coisas são: a indução eletromagnética, através da lei de Faraday e devido à força magnética em uma espira em movimento (motor gerador); a lei de Gauss elétrica, através da separação de cargas por: reações químicas, incidência da luz, compressão de materiais, atrito, gradiente de temperatura; e, também, algumas propriedades da carga elétrica<sup>7</sup>.

Na parte 4 estão selecionados os aparelhos ou elementos relacionados aos sistemas de comunicação e informação, como o microfone, alto-falante, rádio, antena, câmara e tela de TV, fita magnética e disco de vinil. Nessa parte são abordados: circuito oscilante (RLC) e a geração e propagação de ondas eletromagnéticas no espaço<sup>8</sup>.

Na parte 5 são tratados os elementos presentes em circuitos eletrônicos como: diodos que são os substitutos modernos das válvulas, transistores, utilizados em circuitos amplificadores e os diodos fotoemissor (led), que são usados, também, em alguns mostradores digitais. Todos esses elementos são construídos com materiais semicondutores, cujos comportamen-

---

<sup>6</sup> Ver anexo 2.2, no Plano de curso, página 13.

<sup>7</sup> Ver anexo 2.2, no Plano de curso, página 14.

<sup>8</sup> Ver anexo 2.2, no Plano de curso, páginas 14-15.

tos não são explicados pela física clássica. Por essa razão, em termos conceituais, são estudados os modelos quântico da matéria e de condutividade elétrica<sup>9</sup>.

Finalmente, na parte 6, são discutidos os princípios de funcionamento de um conjunto de aparelhos ou elementos elétricos, presentes no levantamento inicial e que não foram abordados nas partes anteriores. Por outro lado, em termos do conteúdo físico, não há mais nenhum elemento novo pois todo eletromagnetismo clássico já está contemplado nas partes anteriores<sup>10</sup>.

As Partes 1 a 4 envolvem a totalidade dos conceitos e leis que constituem a teoria eletromagnética. Na parte 5 é apresentado um outro modelo teórico para a condutividade elétrica na tentativa de explicitar a ruptura entre as interpretações clássica e quântica.

O conteúdo desse livro é trabalhado, em todas essas partes, tendo como âncora as dimensões de educação e ciência que privilegiamos. Por exemplo, na estratégia do levantamento e da classificação já estão implícitas as dimensões finalidade, significado e processo, pois tal estratégia deixa claro que o ensino de física tem uma **finalidade**, que nesse caso é a compreensão do universo tecnológico e vivencial do aluno. A estratégia do levantamento e da classificação, permitem trabalhar em continuidade com a cultura primeira do aluno, possibilitando rupturas durante o processo educacional, através do conhecimento sistematizado. Isto significa que o aluno pode olhar

---

<sup>9</sup> Ver anexo 2.2, no Plano de curso, página 15.

<sup>10</sup> Ver anexo 2.2, no Plano de curso, página 16.

para as mesmas coisas de um modo diferente, com mais saber, o que pode ser considerado como um **significado** de ensinar uma ciência. Além disso, a forma como são feitos requer que a dinâmica de sala de aula seja um **processo** dialógico, pois assim será possível a contextualização do objeto de estudo.

Além das dimensões educacionais, também estão presentes em vários momentos nesse livro, as dimensões que escolhemos para uma caracterização de ciência. No desenvolvimento das partes 1 a 5, o livro deixa transparecer que o conhecimento físico é uma **construção**, propondo, por exemplo, um caminho alternativo para o desenvolvimento do conteúdo, chamando a atenção sobre limite de validade de uma teoria, discutindo, pelo menos, dois modelos físicos<sup>11</sup> para interpretação de fenômenos eletromagnéticos e recorrendo a analogias para a construção de imagens e formação de conceitos. Existe uma determinação em trabalhar com o todo e suas partes, envolvendo os elementos do universo tecnológico e os da teoria que o explica, assegurada, nesse caso, pela **estrutura** do eletromagnetismo clássico, representada pelas quatro equações de Maxwell e a força de Lorentz<sup>12</sup>. Os conceitos são discutidos qualitativamente de modo que o seu significado apareça depois de uma série de situações nas quais ele é trabalhado, descartando, dessa forma, as definições. Assim, a **representação** desse conhecimento privilegia inicialmente a discussão qualitativa e só depois que os conceitos são abstraídos é que são apresentadas as fórmulas e as relações matemáticas.

---

<sup>11</sup> Ver anexo 2.2, páginas 12-15, onde o plano de curso já aponta um caminho alternativo para desenvolver o conteúdo e a apresentação de dois modelos, um clássico e outro quântico, para a condutividade elétrica, nas partes 1 e 5, respectivamente.

<sup>12</sup> Ver anexo 2.2, páginas 13-15, onde o plano de curso indica as partes onde são discutidas as leis, de Gauss magnética e elétrica, de Ampère e de Faraday que correspondem as equações de Maxwell e a força de Lorentz.

## **4.2 UM DISTANCIAMENTO PRÓXIMO DO LIVRO FÍSICA 3 DO GREF**

Agora vou localizar as dimensões de educação e ciência discutidas no capítulo 2 e que estão embutidas nesta proposta educacional. Para perceber essas dimensões em várias partes do livro precisarei olhá-lo como um todo, e para isso é necessário um certo distanciamento, mas ao me referir a situações locais preciso manter uma certa proximidade dele. Seria bom lembrar, também, que a minha intenção no momento não é, ainda, apontar ou justificar a seqüência com que o conteúdo é desenvolvido, mas sim ressaltar pontos onde as dimensões educacionais estão presentes.

### **4.2.1 AS DIMENSÕES EDUCACIONAIS**

A estratégia de se realizar um levantamento como ponto de partida para a escolha dos temas que serão abordados durante o curso estabelece, de início, uma espécie de compromisso entre alunos e professores com a intenção de aprender mais sobre os elementos que dele emergem. Isto permite, por exemplo, uma aproximação dos eletrodomésticos e situações vivenciais, colocando-os, agora, como objetos de observação e de estudo, com a possibilidade de serem melhor compreendidos e até transformados. Olhando por esse lado, o levantamento aponta para uma das dimensões da educação, que é a sua finalidade e, nesse caso, o ensino de física tem como objetivo a compreensão do mundo tecnológico e vivencial do aluno. Além disso, uma proposta assim permite que todo conhecimento físico construído a partir do contato do aluno com o mundo, o que Snyders<sup>13</sup> chama de cultura primeira,

---

<sup>13</sup> Snyders, G. A alegria na escola, Ed. Manole Ltda. São Paulo. 1988. p. 23.

possa ser explorado com o objetivo de conduzi-lo a um salto qualitativo em direção a cultura elaborada.

Por outro lado, privilegiar os aparelhos tecnológicos pode suscitar uma série de questionamentos de um outro nível, não ainda colocados, por exemplo: esse universo tecnológico é acessível a todos os cidadãos? Que fatores direcionam o desenvolvimento tecnológico? Embora tais considerações não estejam explicitamente colocadas nesse livro, elas podem abrir espaço para tocar nessas questões que aparentemente estão adormecidas, necessitando de um solavanco para assumirem o nível de inquietação que potencialmente elas possuem, de modo que, ao discuti-las, alunos e professores, possam alcançar um nível de cidadania consciente, tanto em termos da compreensão do conteúdo físico, como dos aspectos sociais que permeiam toda essa tecnologia. Pensar o ensino de física dessa maneira significa contribuir, continuamente, para a formação do aluno cidadão, que é também uma finalidade implícita nesse livro. Desse modo, esta proposta se distancia do ensino de física apenas propedêutico, na medida que ela propõe a discussão e o estudo de temas ligados a eletricidade, para a imediata compreensão do universo tecnológico e situações vivenciais presentes na vida das pessoas. Esta finalidade está explícita na proposta:

*"As metas eram e ainda são, por um lado, tornar significativo esse aprendizado científico mesmo para 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 sua cultura e para uma possível carreira universitária"<sup>14</sup>.*

---

<sup>14</sup> Física 3 - Eletromagnetismo - GREF. Ed. Edusp. São Paulo. 1993. p. 19.

Uma outra dimensão do processo educacional, representada neste livro em vários momentos, é o significado de ensinar uma ciência. Esta dimensão, quando contemplada, contribui para tirar o aluno de um estágio de conhecimento ingênuo e superficial proporcionando-lhe um nível de percepção diferente e mais refinada sobre as mesmas coisas. A classificação, por exemplo, permite agrupar vários elementos ou aparelhos elétricos e eletrônicos que possuem certas características comuns, para em seguida, explorar vários aspectos relativos à construção e ao funcionamento de cada um. O que se procura, neste momento, é uma familiaridade maior com tais aparelhos tecnológicos, mas ainda num nível superficial, como diria Snyders, em continuidade com a cultura primeira. Considerar a cultura primeira dos estudantes é fundamental para o processo de aprendizagem pois é nesta estrutura de conhecimento que haverá a ruptura, através de uma reestruturação, possível somente por intermédio da apreensão do conhecimento elaborado, que nesse caso, é a teoria eletromagnética<sup>15</sup>.

Um outro momento em que a dimensão significado está presente ocorre na identificação de um processo que é comum em cada parte do livro, quando é destacado o dispositivo que caracteriza os elementos da cada grupo e a relação que este guarda com a teoria, para então ter uma nova percepção dos elementos agrupados. Por exemplo, nos aparelhos resistivos, o dispositivo é, em geral, um fio condutor enrolado e a relação que ele mantém com a teoria envolve o campo, a carga e a força. A energia elétrica, então, é transformada em térmica pela passagem da corrente elétrica que é a resultante da interação entre o campo e as cargas elétricas no interior do fio condutor enrolado.

---

<sup>15</sup> Ver anexo 2.1, página 1, por exemplo, a sequência 1.3, 1.4 e 1.5, que indica esse movimento.

Em relação ainda à dimensão significado, um outro aspecto que pode ser destacado nesse livro refere-se à natureza das atividades experimentais. Pode-se perceber pelo menos dois tipos de abordagens nas situações propostas para o desenvolvimento do conteúdo. O primeiro tipo de abordagem pode ser representado pela Atividade 2: Fusíveis, lâmpadas e chuveiros<sup>16</sup>, na qual além da observação cuidadosa de um conjunto de lâmpadas e fusíveis, vários chuveiros são desmontados revelando suas partes metálicas, os contatos que permitem estabelecer as ligações verão e inverno, seus circuitos elétrico e hidráulico, além de partes não metálicas importantes para a segurança do usuário, proporcionando dessa forma, ao aluno, um certo nível de conhecimento prático do aparelho como um todo.

Um outro tipo de atividade é quando se procura fazer um recorte no todo, buscando "ver" uma situação particular ou ressaltar um fenômeno específico como por exemplo, o efeito magnético da corrente. Para observar esse efeito, constrói-se um galvanômetro didático, com o qual pode ser percebida a deflexão do seu ponteiro, quando se estabelece uma corrente elétrica na sua bobina<sup>17</sup>.

Nas atividades que propõem a desmontagem de aparelhos para proporcionar observações mais cuidadosas sobre suas partes, como estão relacionadas, como funcionam, como são dimensionadas, o objetivo é criar um certo grau de aproximação do aparelho e extrair desse contato questionamentos que transcendam àqueles mais imediatos, relativos a observa-

---

<sup>16</sup> Ver anexo 3A, página 16-19, onde a atividade 2 - fusíveis, lâmpadas e chuveiros - está sugerida.

<sup>17</sup> Ver anexo 3B, páginas 20-26, onde a atividade 6 - construção de galvanômetros e motores - é sugerida.

ção direta, capazes de conduzir o aluno ao saber mais elaborado, como é o conhecimento científico.

Pode-se perceber duas linhas de estudo, uma que busca na construção e tecnologia dos aparelhos elétricos, um determinado grau de aproximação capaz de permitir alguma familiaridade com eles, o que pode resultar num certo conhecimento prático e suscitar questionamentos capazes de levar o aluno a transcender o primeiro conhecimento. Outra que tem a função específica de desvelar um fenômeno particular, situação distinta, portanto, do contato que se estabelece com o aparelho real, de cujo funcionamento e explicações se procura apoderar-se.

O contexto tecnológico vivencial é analisado por intermédio dos conceitos que fazem parte do eletromagnetismo, para que o aluno possa se apoderar desse conhecimento sistematizado, para uma nova compreensão do universo tecnológico que está a sua volta. Por exemplo, o fenômeno do aquecimento nas resistências dos chuveiros, filamentos de lâmpadas e em outras situações análogas pode ser explicado através da corrente elétrica; o movimento dos motores é devido a interação da corrente elétrica com o campo magnético; as fontes de energia são geradoras da tensão necessária ao estabelecimento da corrente elétrica e as ondas eletromagnéticas são resultantes de circuitos com correntes oscilantes<sup>18</sup>.

Portanto, esta forma de abordar o conteúdo baseada no processo de continuidade e ruptura, invocado por Snyders, consiste num movimento que tem como ponto de partida o conhecimento que é constante e

---

<sup>18</sup> Ver anexo 2.2, nas páginas 13-15, onde o plano de curso dá ênfase ao tratamento da corrente elétrica.

criticamente reavaliado por um saber elaborado, proporcionando uma nova compreensão sobre aquele mesmo conteúdo. Esse processo cíclico de continuidade e ruptura e continuidade é uma característica que permeia o livro. Nesse sentido, a cultura elaborada proporcionaria um novo olhar sobre esse universo tecnológico no qual o ser humano está inserido, e do qual parece que a escola não se aproxima ou não lhe cabe o papel de ensinar essa satisfação aos seus alunos.

A outra dimensão que privilegiamos na educação, que é o **processo**, está relacionado com a metodologia e a estratégia do ensino e por isso não pode ser desvinculado da finalidade e do significado de ensinar uma ciência. A realização do levantamento e da classificação, estratégias que caracterizam bem esse livro, satisfazem as três dimensões educacionais e, em especial, exige que o processo seja dialógico, na medida em que os elementos presentes nesta fase de estudos estão num contexto vivencial e em continuidade com a cultura primeira do aluno.

Vários aspectos de natureza educacional poderiam ser associados ao levantamento e a classificação, como por exemplo, considerar que o ato de classificar desenvolve a capacidade do aluno de discernir, diversificar e identificar coisas ou situações, propiciando-lhe um primeiro contato com um modo mais sistemático de olhar as coisas. Com a classificação, realizada após o levantamento, formam-se as partes da proposta. Cada uma das cinco primeiras partes apresenta um elemento que caracteriza cada grupo, tanto na função como no princípio físico no qual baseia seu funcionamento, possibilitando a decodificação de cada conjunto.

Um outro processo a ser destacado nesse livro refere-se à natureza das atividades experimentais. Conforme já apontamos na discussão da dimensão significado, as atividades apresentam dois tipos de abordagens. Em uma das abordagens alguns aparelhos são desmontados para investigar suas partes e como eles são construídos, proporcionando dessa forma, ao aluno, um certo nível de conhecimento prático do aparelho como um todo. Essa é uma forma de iniciar um processo dialógico entre educandos e educadores, mediatizado pelo objeto de estudo, já contextualizado no levantamento e na classificação, agora desmontado, revelando suas partes sua construção e podendo suscitar questionamentos que transcendam àqueles mais imediatos, relativos a observação direta.

Em termos de conteúdo de física o livro começa com o estudo da eletrodinâmica, partindo de uma observação mais cuidadosa dos aparelhos eletrodomésticos, identificando neles as informações técnicas que servem de norma para o seu funcionamento e que são oferecidas pelos seus fabricantes. As grandezas físicas cujos símbolos e unidades compõem como informações técnicas fundamentais para o bom funcionamento dos aparelhos são aquelas que serão estudadas nesse conteúdo físico. Por exemplo, no liquidificador está impresso 110/127V, 350W e 50/60Hz; no chuveiro 220 volts e 2800/4400W; na antena  $300\Omega$  e na máquina de costura 110 volts, input 90W, frequência 50/60Hz e amperagem 1,0A.

*"Embora o significado de tais conceitos não fiquem, nesta etapa, bem definidos, o fato de eles aparecerem como elementos de caracterização dos aparelhos resistivos permite que os alunos os associem ao seu funcionamento"<sup>19</sup>.*

---

<sup>19</sup> Física 3 - Eletromagnetismo - GREF. Ed. Edusp. São Paulo. 1993. p. 37.

Não existe ainda, nesta etapa de aprendizagem, uma preocupação maior com o significado físico das grandezas que afloram dessa investigação; mas já é muito importante que o aluno perceba que uma lâmpada de inscrição 60W/110V, não pode ser ligada numa rede elétrica de 220 volts, ou ainda, que o brilho de uma lâmpada está associada à sua potência, quando ela estiver ligada corretamente na rede elétrica.

*"Assim, por enquanto, nossa estratégia consiste apenas em fazer com os alunos percebam, por exemplo, que a potência tem algo a ver com o modo como funciona um chuveiro ou que o brilho de uma lâmpada de 100W é diferente de uma de 60W"<sup>20</sup>.*

Com esse espírito, e com o objetivo de iniciar o estudo do eletromagnetismo pela eletrodinâmica, um conjunto de aparelhos do tipo resistivo, os que produzem aquecimento, são observados, manuseados, desmontados e montados novamente, verificando como são por dentro, suas partes, seus circuitos elétricos, conforme é sugerido pela atividade 2. Esta atividade revela que tais aparelhos apresentam uma construção simples, que em geral consiste de uma parte metálica formada por um fio enrolado (seu resistor) e outras partes não metálicas que podem ser tocadas mesmo com o aparelho em funcionamento, sem perigo de choques elétricos. Contudo, essas observações são feitas ainda sem se preocupar com a física que está por trás do funcionamento desses aparelhos, mas já existe uma proposta de uma observação um pouco mais profunda, procurando fazer associações ou estabelecendo relações entre as informações técnicas e o que pode ser concretamente observado no

---

<sup>20</sup> Física 3- Eletromagnetismo - GREF. Ed. Edusp. São Paulo. 1993. p. 37.

modo, na forma e nas dimensões com que esses aparelhos são construídos, como por exemplo:

*"Nas lâmpadas de mesma tensão, tais fios apresentam espessuras diferentes para as diferentes potências. Nos fusíveis, o fio de estanho é mais espesso para os de maior amperagem, enquanto que nos chuveiros é o comprimento do fio enrolado que muda ao passar da ligação de verão para inverno"<sup>21</sup>.*

Todo esse processo é extremamente valioso no ensino de física, pois como condição fundamental na aprendizagem, provoca e pode manter o diálogo professor aluno; oferece informações que poderão ser trabalhadas e tornar mais concreto e prático o ensino de física. Com tais condições pode se tornar mais fácil chegar-se a uma forma de conhecimento que, dentro da física, inclui o saber de forma tanto racional e sistematizada, como também dotado de um sentimento intuitivo, capaz, inclusive, de propor transformações e recriações nesse próprio conhecimento. Tais atividades colocam o aluno diante de situações distintas daquelas oferecidas pelo ensino tradicional, no qual, como vimos nas análises anteriores, o cotidiano ou alguns aparelhos elétricos são lembrados apenas como ilustração ou aplicação de algum conhecimento; não se recorre a eles para considerá-los como uma etapa importante no processo educacional conseguindo superar o vazio do abstrato para extrair melhores condições para aprendizagem da física.

Antes ainda de iniciar a discussão física dos conceitos que poderão levar os alunos a uma real compreensão do funcionamento desses aparelhos, a proposta GREF prepara, por assim dizer, o campo para tornar inteligível e plausível a passagem ao abstrato. Não se extrai a física do aparelho.

---

<sup>21</sup> Física 3 - Eletromagnetismo - GREF. Ed. Edusp. São Paulo. 1993. p. 41.

Seu manuseio, com montagem e desmontagem, junto com observações mais cuidadosas no seu modo de funcionar, apenas expõe uma fenomenologia compatível com o modelo físico que posteriormente será apresentado pelo professor. Com essa intenção é que se procura explorar as partes metálicas e não metálicas dos aparelhos elétricos resistivos, ressaltando alguns atributos dos metais, como por exemplo, sua capacidade de "conduzir" a eletricidade, de ser a parte que esquenta, contrapondo com as partes não metálicas, como os plásticos, o vidro, a mica, que não possuem essas características. Este nível de investigação é ampliado com a realização da Atividade 3 que consiste na observação mais direta das instalações elétricas residenciais<sup>22</sup>, em que o dimensionamento de fusíveis e fios de instalação elétrica pode ser discutido, juntamente com outros aspectos interessantes que estão presentes na rede elétrica de uma casa. Como resultado dessas observações pode ser notado que tanto a instalação elétrica como os aparelhos elétricos são constituídos basicamente por duas classes de materiais, os **condutores** representados pelos metais e ligas metálicas e os **isolantes** como o plástico, o vidro, a porcelana e outros. Do ponto de vista educacional é importante perceber essa unidade dentro desse grupo de aparelhos, pois a compreensão física de um deles poderá significar a compreensão de todos. Além disso, todo esse procedimento acaba se constituindo numa forma contextualizada para apresentação e discussão do modelo clássico de corrente, passível, portanto, de ser melhor compreendida, conforme defende Libâneo:

*"...Embora se aceite que os conteúdos são realidades exteriores ao aluno, que devem ser assimilados e não simplesmente reinventados, eles não são fechados e refratários às realidades sociais. Não basta que os conteúdos sejam apenas ensi-*

---

<sup>22</sup> Física 3 - Eletromagnetismo do GREF. Edusp. São Paulo. 1993. Esta atividade está sugerida nas páginas 98 a 102, desse livro. A atividade 4, nas páginas 102 a 108, dá continuidade a observação dos circuitos elétricos residenciais.

*nados, ainda que bem ensinados; é preciso que se liguem, de forma indissociável, à sua significação humana e social"*<sup>23</sup>.

A afirmação de Libâneo sustenta que os conteúdos não devem ser tratados soltos, no abstrato, mas sim dentro de um contexto no qual ganhe o seu significado. O livro do GREF caminha nessa direção dentro do ensino de física.

Ainda com relação ao levantamento e a classificação fica clara a necessidade de uma postura dialógica entre professores e alunos para levar adiante esse processo de aprendizagem. Além de promover o diálogo, que é uma condição essencial nesse processo, o levantamento e a classificação também podem estabelecer uma relação de compromisso entre as partes, conforme intenção expressa na Apresentação Geral da Proposta:

*"...Como o aluno participa do levantamento e da classificação, pode o professor ter uma idéia, desde logo, das áreas de conhecimento e interesse de cada turma. Por sua vez, o aluno já terá um panorama do curso antes de sua divisão em assuntos e temas e já será capaz de situar os vários tópicos para mais tarde articulá-los, familiarizando-se, assim, com esta etapa classificatória da construção científica"*<sup>24</sup>.

Esse processo permite que o aluno, já no início do curso, tenha uma idéia geral do que irá estudar durante o ano todo. Mesmo que essa visão não seja ainda muito significativa em nível do conteúdo físico a ser estudado, o levantamento pode fornecer uma primeira visão totalizante das coi-

---

<sup>23</sup> Libâneo, José Carlos. Democratização da Escola Pública - A pedagogia crítico social dos conteúdos. Edições Loyola, 9ª edição. São Paulo. 1990. p. 39.

<sup>24</sup> Física 3 - Eletromagnetismo. Gref. Edusp. São Paulo. 1993. p. 20.

sas do universo tecnológico e vivencial unificadas por guardarem alguma relação com a eletricidade.

Em relação a proposta de levantamento e classificação das coisas ligadas a eletricidade, descortina-se todo um cotidiano tecnológico que faz parte da vida das pessoas, estando presente em seu trabalho, no seu lazer e de modo mais próximo, em sua residência. O livro do GREF, como já apontamos inicialmente, tem como uma de suas finalidades a compreensão desse mundo tecnológico e vivencial do aluno e procura atingir esses objetivos explorando a cultura primeira, disseminada pela sociedade, devido a presença marcante da tecnologia na vida das pessoas. Para atingir esses objetivos, a proposta do GREF requer que o processo educacional seja trabalhado considerando o objeto de estudo emergente desse universo tecnológico próximo e com algum significado para as pessoas. Para isso o conhecimento físico é apresentado como uma construção humana, na qual se vislumbra uma estrutura e uma representação.

#### **4.2.2 AS DIMENSÕES DA CIÊNCIA**

Até aqui aponte as dimensões de educação que estão implícitas no livro do GREF. Agora vou procurar destacar as dimensões de ciência que estão presentes nesse livro.

A forma como o livro desenvolve seu conteúdo é compatível com a idéia de que o conhecimento é construído. Coisas como lâmpadas, ferro elétrico, motores de brinquedo, dínamos de bicicleta, são agrupadas de acordo com a função que desempenham. Esse critério é determinante

para a construção dessa proposta, pois a classificação não sai naturalmente. Outros critérios poderiam proporcionar uma outra seqüência para desenvolver o conteúdo. Com o critério "transformação de energia", os objetos tecnológicos são distribuídos em quatro grupos; no primeiro grupo estão os aparelhos que transformam energia elétrica em térmica, isto é, produzem aquecimento; no segundo grupo aqueles que transformam energia elétrica em energia mecânica, isto é, produzem movimento; no terceiro, aqueles que transformam uma energia qualquer em energia elétrica; no quarto, aqueles que transformam energia elétrica em energia mecânica de vibração; sendo que o quinto grupo é representado por elementos que não são explicados pela mesma teoria considerada nas partes anteriores. Cada um desses grupos corresponde a uma parte da apresentação do conteúdo.

O levantamento e a classificação também são dois momentos em que podemos perceber que o conhecimento é uma construção. Os elementos que constituem o todo, representado por um universo tecnológico superficialmente conhecido são agrupados de acordo com um critério, o que sugere que esses grupos não são naturalmente determinados. Isto significa que o ato de classificar também é uma construção.

Além disso, o ato de classificar permite uma aproximação com o conhecimento sistematizado, já que ele se constitui numa primeira tentativa de organização desse conteúdo. Sobre isso, assim se expressa Bernal:

*“Com o correr do tempo destacaram-se da simples observação ingênua duas técnicas: a de classificar e a de medir. É claro que ambas são muito mais antigas que a ciência consciencializada; mas, com o aparecimento desta, passaram a ser utilizadas de maneira muito especial. A classificação tor-*

*nou-se, por si só, um primeiro passo para a compreensão de novos grupos de fenômenos; estes têm de ser postos em ordem antes que seja possível fazer deles seja o que for. A medição é apenas mais um passo nesta tarefa ordenadora...'<sup>25</sup>*

Em complemento, podemos considerar que a classificação também carrega um aspecto unificador, pois exige que reconheçamos nos elementos agrupados um elo, entre as particularidades de cada um, como uma "coisa comum" que os unifica. Isto nos leva a perceber uma espécie de unidade no universo de elementos tecnológicos selecionados pelo levantamento inicial, que poderá se constituir, numa fase posterior de estudo, num dado muito importante para uma compreensão globalizada das coisas colocadas em um mesmo grupo.

O livro também procura deixar claro que as diferentes concepções experimentais não trazem nenhuma conotação de que a teoria ou os modelos físicos nascem da observação ou da experiência. As atividades apenas procuram levantar uma fenomenologia que posteriormente é explicada por um modelo competente. A própria forma como os modelos são apresentados nesse livro se distancia da concepção empírica sobre a construção do conhecimento científico como pode ser percebido na citação abaixo:

*"...Atualmente, a teoria aceita para descrever o comportamento de partículas elementares é o da Mecânica Quântica. Entretanto, nos restringiremos a outro modelo mais simples, baseado na Mecânica Clássica, elaborado pelo físico alemão Paul Drudde, em 1900, e desenvolvido pelo físico austriaco Anton Lorentz, em 1909"<sup>26</sup>.*

<sup>25</sup> Bernal, J. D.; Ciência na História, Ed. Livros Horizonte, Lisboa, 1975. 1º vol. 21.

<sup>26</sup> Física 3 - Eletromagnetismo - GREF. Ed. Edusp. São Paulo. 1993. p. 44.

Todo o conteúdo é desenvolvido com a escolha de um caminho que permite um trabalho de continuidade com a cultura primeira. Por isso a seqüência de conteúdo é determinada, considerando a forma de construção dos aparelhos elétricos, do mais simples para o mais complexo. Essa escolha também influi na quantidade de elementos da teoria que são envolvidos na interpretação do funcionamento de tais aparelhos<sup>27</sup>.

Um outro aspecto é o fato do livro trabalhar com dois modelos distintos na explicação desse cotidiano tecnológico e situações vivenciais: um modelo baseado na Física clássica que interpreta e explica os fenômenos levantados desde a parte 1 até a 4 e o modelo quântico, na interpretação de fenômenos que envolvem elementos como o diodo e transistores, na Parte 5. O livro deixa claro que há um limite de aplicabilidade do modelo clássico da corrente, além do qual os acontecimentos físicos entram em discordância com ele.

*"Segundo o modelo clássico de corrente, a resistividade deve aumentar com a temperatura. Este é o caso mais comum; existem, entretanto exceções. Este tipo de comportamento evidencia as limitações do modelo clássico, segundo o qual o número de elétrons livres de um metal é considerado como sendo fixo. De acordo com o modelo quântico, que é mais abrangente, esse número pode aumentar com a temperatura, acarretando a diminuição da resistividade"*<sup>28</sup>.

É possível demarcar os limites de uma teoria porque o livro procura trabalhar os conteúdos físicos apresentando-os dentro de uma totalidade e, ao mostrar um todo torna-se possível perceber os seus limites. Por

<sup>27</sup> Ver anexo 2.2, páginas 7-17, em que a Abertura do curso aponta um trabalho de continuidade com a cultura primeira e o Plano do curso que relaciona os elementos teóricos que serão trabalhados para a compreensão dos aparelhos.

<sup>28</sup> Física 3 - Eletromagnetismo - GREF. Ed. Edusp. São Paulo. 1993. p.70.

isso a ruptura entre modelos teóricos só é percebida quando se trabalha dentro de totalidades. Esses fatos, ou seja, a escolha de um caminho, a opção por uma seqüência ou trabalhar com mais de um modelo físico, podem contribuir para formar uma visão de que o conhecimento físico é uma construção intelectual para interpretação da natureza e não algo natural e acabado.

Na Apresentação Geral da Proposta fica ainda mais claro o caráter de construção intelectual humana do conhecimento físico trabalhado nesse livro.

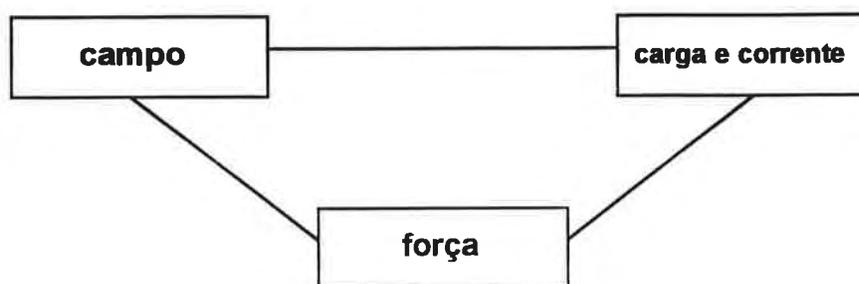
*"...Como o aluno participa do levantamento e da classificação, pode o professor ter uma idéia, desde logo, das áreas de conhecimento e interesse de cada turma. Por sua vez, o aluno já terá um panorama do curso antes de sua divisão em assuntos e temas e já será capaz de situar os vários tópicos para mais tarde articulá-los, familiarizando-se, assim, com esta etapa classificatória da construção científica"<sup>29</sup>.*

Embora toda essa proposta procura oferecer condições para aprendizagem do conhecimento já elaborado, poderíamos pensar que tal modo de encarar o ensino de física está mais próximo de como, de fato, ele é produzido.

O texto também garante a totalidade estrutural do eletromagnetismo clássico fazendo opção pelos campos vetoriais **E** e **B** para descrição dos fenômenos eletromagnéticos, deixando de lado os potenciais escalar  $\varphi$  e vetorial **A**. Esse recorte não mutila a teoria e enseja um tratamento conceitual com enfoque na interação:

---

<sup>29</sup> Física 3 - Eletromagnetismo - GREF. Ed. Edusp. São Paulo. 1993. p. 20.



As quatro equações de Maxwell que relacionam os campos com suas fontes são discutidas nas quatro primeiras partes do livro: na parte 1 é construído o conceito de campo elétrico e discutida a ação do mesmo com a carga elétrica no interior de condutores; na parte 2 são apresentadas as leis de Ampère e de Gauss magnética; na parte 3, as leis de Faraday e de Gauss elétrica e, finalmente, na parte 4 é discutido o termo de Maxwell da lei de Ampère-Maxwell. O conceito de energia foi trabalhado apenas na discussão sobre a potência elétrica. Dessa forma, a estrutura do eletromagnetismo clássico é construída no desenvolvimento das partes 1 a 4 e, por isso, o eletromagnetismo só pode ser percebido como um todo após o estudo dessas partes.

Como as outras dimensões, a estrutura do conhecimento também está presente no levantamento e na classificação. As partes, constituídas por um determinado grupo de aparelhos, são reconhecidas, num primeiro momento, por um laço mais forte que determina sua utilidade ou função<sup>30</sup>. Isto significa fazer um recorte no todo, separando as partes de interesse, para delas se aproximar em melhores condições de tentar compreendê-las. Para isso as atividades propostas são essenciais e com elas são iniciadas um caminho em continuidade com a cultura primeira do aluno. Além disso, este universo pode ser ampliado como acontece na parte 6, onde são discutidos o funcio-

---

<sup>30</sup> Ver anexo 2.2, páginas 7-12, como essas partes estão delineadas.

namento de alguns elementos que podem nem ter aparecido no levantamento inicial, ou então, não terem sido enquadrados em nenhum grupo, mas que agora são melhor compreendidos dentro da totalidade a que pertencem<sup>31</sup>.

Os conceitos, que fazem parte do eletromagnetismo, são estudados diante do contexto tecnológico, num movimento que envolve elementos da cultura primeira e elementos da cultura elaborada. A corrente elétrica, por exemplo, é um elemento da teoria eletromagnética que está presente de modo unificador nos fenômenos que ocorrem nos aparelhos elétricos e que definem as características de cada grupo. Nas quatro primeiras partes do livro, a corrente elétrica é o elemento da teoria que em princípio é explorado para a explicação dos fenômenos que ocorrem no funcionamento dos aparelhos elétricos.

Algumas atividades experimentais, como aquela que se constrói uma montagem para "mostrar" um fenômeno, também requerem que o conhecimento físico possua uma determinada estrutura para usá-la na interpretação e previsão de resultados, como por exemplo, na atividade 6 (anexo 3B), o fato de ponteiro do galvanômetro se movimentar quando passa uma corrente elétrica em sua bobina, é interpretado assim: corrente cria campo magnético que interage com o ímã do ponteiro exercendo-lhe uma força e ocasionado a sua deflexão. Esta interpretação sugere um conhecimento estruturado.

Os conceitos sem definições, que é uma prática da proposta GREF, atendem a dois tipos de exigência educacional. Primeiro, busca a abstração do conceito observando-o em vários momentos e em várias situ-

---

<sup>31</sup> Ver anexo 2.2, página 35, as coisas e os conceitos físicos relacionados a elas.

ações. Colocado sob cada ângulo de observação e análise o conceito vai se formando com mais propriedade. Como afirma Einstein:

*"Os conceitos e proposições adquirem sentido ou conteúdo apenas através de suas conexões com as experiências sensoriais. A conexão destas últimas com os primeiros é puramente intuitiva e não de natureza lógica em si mesma"*<sup>32</sup>.

O conceito, assim, pode ser considerado como a intersecção de vários caminhos, emergindo de um processo onde ele é empregado em várias situações. Com isso o livro evita a prática tão comum e enganosa das definições. Segundo, em outros momentos, como no estudo dos resistivos, o conceito de campo elétrico é construído simultaneamente com o de campo gravitacional e estabelecendo uma analogia entre eles. Nesse caso, apoia-se no conceito de campo gravitacional por que os elementos presentes na sua construção são mais familiares ao aluno e os seus efeitos mais próximos e mais diretamente percebidos.

Após as necessárias discussões qualitativas em torno dos conceitos, nas quais se procura revelar significados, possibilitando, dessa forma, transcender os níveis de informação e compreensão iniciais, as fórmulas ou expressões matemáticas são colocadas para os leitores como uma síntese do que foi discutido.

O livro do GREF coloca ênfase numa discussão qualitativa em torno da representação dos conteúdos, mas também procura representá-los, dentro do nível a que se propôs, através de uma linguagem matemática.

---

<sup>32</sup> Einstein, A.; Notas Autobiográficas, 2<sup>a</sup> edição. Ed. Nova Fronteira. RJ. 1982. p. 21

Essas formas de representação do conhecimento estão presentes no livro do GREF no estudo de todas as partes.

### 4.3 APROXIMAÇÃO DISTANCIADA DA PARTE 1

Após ter ressaltado as dimensões de educação e de ciência implícitas no livro Física 3 - eletromagnetismo - GREF, minha intenção, nesta seção, é justificar esta proposta com maior profundidade. É dar uma sensação de aproximação para com ela; uma intimidade sobre apenas uma de suas partes. Por isto, toda a nossa atenção confluirá para a Parte 1 - FUSÍVEIS, LÂMPADAS, CHUVEIROS E FIOS DE LIGAÇÃO: APARELHOS RESISTIVOS. Neste capítulo, há um jogo entre a extensão e a profundidade, ou seja, na seção: DISTANCIAMENTO PRÓXIMO DO LIVRO DO GREF, a extensão tem prioridade mas aproximações junto a várias partes do texto permitem que o todo seja melhor explicitado. Nesta seção, é a profundidade que será privilegiada sem, no entanto, deixar de apreciar como esta parte está inserida no todo pois, só assim é possível justificar seu desenvolvimento.

O livro do GREF apresenta, na Abertura e Plano do curso, uma série de razões justificando as dificuldades do aluno no aprendizado do eletromagnetismo nos cursos tradicionais, conforme está exposto:

*"Uma parte essencial da dificuldade sentida no aprendizado do Eletromagnetismo no 2º grau é devida ao distanciamento que se estabelece quando o aluno se depara, de saída, com conceitos abstratos tais como: cargas puntiformes, força inversamente proporcional ao quadrado da distância"<sup>33</sup>.*

---

<sup>33</sup> Física 3 - Eletromagnetismo - GREF. Ed. Edusp. São Paulo. 1993. p. 25.

Por outro lado, o livro chama atenção que o conhecimento que as pessoas possuem devido ao seu contato com o mundo não é trabalhado no ensino de física:

*"Ao chegar à escola, o aluno já teve contato com a Eletricidade por meio de máquinas, aparelhos elétricos e eletrônicos que, à primeira vista, pouco têm a ver com os conceitos abstratos que ensinamos. A proposta do GREF visa construir uma ponte entre esses dois conhecimentos"<sup>34</sup>.*

Para isto é proposto um levantamento de coisas que tenham algo a ver com a Eletricidade através de uma pergunta:

*"Que aparelhos e componentes eletrônicos vocês utilizam e conhecem?"<sup>35</sup>.*

Esta pergunta, colocada para os alunos logo no início do curso, leva a uma lista com coisas e aparelhos tecnológicos, como aquela que se encontra no anexo 2.2. Tentar compreender ou mesmo estudar coisas que em princípio parecem tão diferentes, como as que constam dessa lista, é complicado. Por isso é preciso organizar os elementos dessa lista, classificando-os segundo algum critério. O critério adotado no livro é agrupar os elementos de acordo com a sua função:

*"Existem aparelhos cuja função principal é produzir aquecimento, ou seja, transformar energia elétrica em térmica. Eles fazem parte do grupo dos resistivos e possuem um pedaço de fio, geralmente em forma de espiral, denominado resistor. Quando ligado a uma tomada, o resistor aquece transformando a energia elétrica em energia térmica"<sup>36</sup>.*

<sup>34</sup> Física 3 - Eletromagnetismo - GREF. Ed. Edusp. São Paulo. 1993. p. 25.

<sup>35</sup> Física 3 - Eletromagnetismo - GREF. Ed. Edusp. São Paulo. 1993. p. 25.

<sup>36</sup> Física 3 - Eletromagnetismo - GREF. Ed. Edusp. São Paulo. 1993. p. 26.

Com esse critério os elementos da tabela 1 são classificados da seguinte forma:

1. *Aparelhos resistivos;*
2. *Motores elétricos;*
3. *Fontes de energia elétrica;*
4. *Elementos de sistemas de informação e comunicação;*
5. *Semicondutores;*
6. *Componentes elétricos e eletrônicos*<sup>37</sup>.

O GREF propõe que o ensino de física seja sempre que possível iniciado pelo cotidiano do aluno que inclui, nesse caso, a sua familiaridade com os objetos tecnológicos, por que:

- o objeto de estudo fica contextualizado,
- permite um processo dialógico,
- trabalha em continuidade com a cultura primeira do aluno,
- estabelece compromissos.

Vamos agora nos deter na Parte 1 e apontar as dimensões de educação e de ciência, presentes no desenrolar dessa proposta. Nesta parte são estudados os fusíveis, lâmpadas, chuveiros e fios da instalação elétrica - os aparelhos resistivos. Inicia-se esse estudo com as atividades. A atividade 1 é uma forma de pesquisa que o aluno deve realizar em sua casa, no seu trabalho, buscando as informações contidas nos aparelhos elétricos residenciais, anotando seus nomes, unidades e símbolos...

---

<sup>37</sup> Física 3 - Eletromagnetismo - GREF. Ed. Edusp. São Paulo. 1993. p. 8

*"...Da mesma forma, podemos associar a grandeza potência com sua unidade watt e com seu símbolo  $W$ , a grandeza frequência com a unidade hertz (Hz) e também a corrente elétrica com a unidade ampère (A)"<sup>38</sup>.*

Essa atividade pode suscitar questões sobre o significado das grandezas físicas cujos nomes vêm impressos nos aparelhos mas que podem ainda ser trabalhadas nesse nível de informação. Do ponto de vista das dimensões da educação essa atividade permite trabalhar os elementos em continuidade com a cultura primeira do aluno, tornando-os mais familiares e acumulando novas informações de carácter ainda superficial.

Entretanto algumas questões de outra natureza também podem ser formuladas, ou contextualizadas pelo professor, por exemplo,

*"...qual a diferença entre um chuveiro que funciona em 220V e outro que funciona em 110V? O que determina as diferentes potências apresentadas pelas lâmpadas? Como surge a corrente elétrica? ..."<sup>39</sup>.*

Essas questões só podem ser respondidas considerando o conhecimento sistematizado da física, mas se forem levantadas pelos alunos, estimulam o processo de continuidade e ruptura de Snyders: em continuidade com as mesmas coisas, ou seja, com o universo tecnológico vivencial do aluno e ruptura porque ao retomar esse mesmo universo, com o conhecimento elaborado, o aluno terá uma compreensão diferente dele.

---

<sup>38</sup> Física 3 - Eletromagnetismo - GREF, Ed. Edusp. São Paulo, 1993. p. 38.

<sup>39</sup> Física 3 - Eletromagnetismo - GREF, Ed. Edusp. São Paulo, 1993. p. 40.

A atividade 2, que está no anexo 3A, propõe a observação de fusíveis, lâmpadas e chuveiros. Neste trabalho, são observadas as espessuras do fio de estanho nos fusíveis e nos filamentos de tungstênio das lâmpadas incandescentes. A seguir, essas espessuras são associadas à amperagem suportada pelo fio de estanho no fusível e à potência das lâmpadas, informações que são fornecidas pelo fabricante.

Essa atividade, propõe também a observação, desmontagem e manuseio de um chuveiro elétrico. Embora o chuveiro seja um aparelho muito familiar quando em funcionamento, quando desmontado e aberto, não o é. Ao desmontá-lo as suas partes são desveladas podendo-se observar que o elemento metálico que está presente nas lâmpadas e nos fusíveis, também se encontra no chuveiro. É um fio metálico enrolado onde a energia elétrica é transformada em calor. Além disso, essa atividade permite que se associe ao comprimento desse fio enrolado as ligações VERÃO-INVERNO, em que o pedaço de comprimento maior do fio está conectado à ligação VERÃO e o menor à ligação INVERNO.

Observações dessa natureza não dependem de instrumentos sofisticados, podendo ser realizadas a olho nu, dependendo apenas do uso que o aluno faz do conceito de medida que ele tem. Representam, também, um momento educacional importante pois permite fazer uma generalização envolvendo esses aparelhos resistivos. Todos eles possuem um fio metálico que tem a função de transformar energia elétrica em térmica. Essa afirmação se constitui num pequeno fechamento, já que nesses aparelhos há um elemento que os unifica.

A atividade 3 procura fornecer elementos para que professores e alunos se familiarizem com os circuitos elétricos residenciais. Na maioria das construções tais circuitos estão embutidos nas paredes no interior de conduites e por isso não podem ser observados em sua totalidade. Entretanto, o "relógio de luz", a caixa de distribuição onde estão as chaves dos diversos ramais da instalação elétrica e seus respectivos fusíveis ou disjuntores, assim como os interruptores, tomadas e bocais das lâmpadas, dispõem-se de tal modo pelos aposentos da casa que permitem que os circuitos sejam percebidos.

Os aparelhos tecnológicos presentes em todas as atividades possuem uma parte metálica e uma parte não metálica. Na parte metálica aprende-se a não colocar a mão, sob o risco de "levar" um choque elétrico. Por outro lado, as partes não metálicas, constituídas de louça, vidro, plástico, porcelana são usadas como isolantes elétricos.

Compreender a diferença entre um material condutor (como o metal) e um material isolante (como o plástico) já faz parte do conhecimento elaborado. Embora uma questão como esta não seja respondida nessa fase de estudo, ela é potencialmente significativa, pois reclama um conhecimento de um outro nível. Questões desse tipo, novamente, podem estimular o processo de continuidade e ruptura com a cultura primeira.

Neste processo surgem perguntas que não podem mais ser respondidas com a amplitude necessária pois os modelos que fazem parte da cultura primeira dos alunos, contempla alguns aspectos e falha em outros. Estas questões transcendem às observações diretas realizadas sobre aparelhos e instalações elétricas residenciais. O aluno certamente já percebeu

esse fato pois o seu objeto de estudo, que nesse momento é uma lâmpada, um chuveiro, ou outros aparelhos resistivos, uma vez manuseado, tateado, observado, pode lhe dar informações sobre a forma das partes, sensações visuais e táteis, proporcionando-lhe um certo progresso sobre o que já se conhece do objeto, mas ainda este lhe oculta o substancial, a essência: como será por dentro? o que acontece no interior do metal ou da louça? por que o metal aquece quando ligado numa fonte de eletricidade? o que é a corrente elétrica afinal?

Essas perguntas, significativas, só serão respondidas pelo conhecimento elaborado, que nesse caso é o modelo clássico de corrente. Como se pretende compreender os fenômenos que ocorrem nos fios de cobre das instalações elétricas, no filamento de tungstênio da lâmpada incandescente, nas ligas metálicas que compõem as "resistências" dos chuveiros, é necessário conhecer, a nível microscópico as estruturas desses metais, isto é, ter em mente um modelo microscópico para os metais. Por isto o texto propõe uma consulta ao dicionário sobre o significado da palavra modelo, ele nos dá:

*"conjunto de hipóteses sobre a estrutura ou comportamento de um sistema físico pelo qual se procura explicar ou prever, dentro de uma teoria científica, as propriedades do sistema"*<sup>40</sup>

Nesse caso o sistema é o fio metálico, onde o fenômeno corrente elétrica ocorre, por isso é preciso conhecer a sua estrutura a nível microscópico, ou seja, as partes que compõem esse sistema e como ela se dispõe nessa estrutura. Além disso esse modelo deve estar amparado em uma teoria geral que, no caso, é a Mecânica Clássica.

---

<sup>40</sup> Aurélio Buarque de Holanda Ferreira. Novo Dicionário da Língua Portuguesa. Editora Novca Fronteira. 1975.

Todo esse detalhamento e explicações envolvendo a idéia de um modelo são importantes, tanto do ponto de vista educacional como de visão ciência, já que enfatiza pelo menos três aspectos importantes no processo:

- Toda discussão sobre o modelo de corrente está precedida e contextualizada por uma situação concreta;
- Os modelos são construções intelectuais para representar uma realidade;
- A ciência é um corpo de conhecimento elaborado com estrutura interna coerente e que é possível através desse conhecimento, dar explicações e fazer previsões sobre o comportamento da natureza.

O modelo apresentado é o Modelo Clássico para a condutividade elétrica que apresenta pressupostos para uma descrição microscópica do metal sem corrente elétrica e considera os elementos da teoria eletromagnética: campo, carga e força elétricas para conceituar a corrente elétrica nos metais.

O metal sem corrente elétrica é caracterizado por sua rede cristalina constituída pelos íons positivos do átomo metálico, mais ou menos fixos, com os elétrons livres em movimento caótico no seu interior.

Para a conceituação da corrente elétrica há necessidade de discutir o que é um campo elétrico. Essa discussão qualitativa é realizada usando uma analogia com o campo gravitacional, porque,

*"Muitos aspectos do campo elétrico são análogos aos do campo gravitacional. Por isso a abordagem do campo elétrico no fio será precedida de uma breve apresentação do campo gravitacional, porque os efeitos deste último estão mais próximos da nossa vivência"<sup>41</sup>*

Com os elementos teóricos retorna-se aos aparelhos que foram observados durante as atividades, olhando-os de modo diferente, à luz de um modelo físico, com o qual serão interpretados os fenômenos que ocorrem durante seu funcionamento. Assim, a lâmpada, o ferro elétrico, o chuveiro e outros aparelhos do grupo resistivo são agora retomados para uma compreensão do seu aquecimento em um outro nível, ou seja, percebendo-os não mais de uma forma ingênua.

Para construir um modelo para a corrente elétrica recorre-se ao fato que um campo elétrico se estabelece no interior dos metais dos aparelhos resistivos ou nos fios da instalação elétrica residencial que atua sobre os íons e os elétrons livres que constituem a rede cristalina, exercendo sobre eles uma força elétrica. Entretanto, não são os conceitos de campo, carga e força que aparecem normalmente nas especificações dos aparelhos elétricos. As informações dadas pelos fabricantes são sobre tensão elétrica, potência, resistência e corrente elétrica. O texto apresenta a relação entre as grandezas microscópicas e as macroscópicas como:

*Na prática, esse campo é fornecido por fontes de energia externa, tais como tomadas ou baterias, que são caracterizadas por diferentes valores de uma grandeza denominada tensão elétrica. Essa caracterização está presente quando nos referimos a pilhas de um 1,5V e a baterias de 12V ou a tomadas de 110V ou 220V.<sup>42</sup>*

<sup>41</sup> Física 3 - Eletromagnetismo - GREF. Ed. Edusp. São Paulo. 1993. p. 48.

<sup>42</sup> Física 3 - Eletromagnetismo - GREF. Ed. Edusp. São Paulo. 1993. p. 52.

A questão neste momento é compreender como os conceitos de campo, carga e força se relacionam com estes últimos, como é colocado:

*A tensão elétrica de uma fonte está associada à sua capacidade de fornecer energia elétrica a um determinado aparelho. A tensão e o campo elétrico são conceitos diferentes, mas relacionados entre si. Para compreendermos a natureza dessa relação, convém notar que o campo elétrico está associado à noção de força enquanto que a tensão, à de energia.<sup>43</sup>*

Para compreender esta relação o livro recorre mais uma vez a analogia entre o conceito de diferença de potencial gravitacional e o seu análogo diferença de potencial elétrica, que também é denominado de tensão elétrica. A razão é que a diferença de potencial gravitacional entre dois pontos situados nas proximidades da Terra pode parecer mais familiar ao aluno. O texto trata deste tema como:

*Entre dois pontos situados nas proximidades da Terra, a diferentes níveis de altura definidos por  $\Delta h$ , existe uma diferença de potencial gravitacional dada por  $g \cdot \Delta h$ . Ainda que não seja costume, seria possível chamar essa diferença de potencial gravitacional de tensão gravitacional em tais níveis.*

*Ao fazermos isso, estamos sugerindo que a tensão elétrica entre os terminais de uma bateria ou entre dois pontos no interior de um fio seja análoga, no campo elétrico, à tensão gravitacional aqui mencionada.<sup>44</sup>*

Ao trabalhar esta analogia procura-se construir um conceito para tensão elétrica e mostrar a relação que ela guarda com o campo

---

<sup>43</sup> Física 3 - Eletromagnetismo - GREF - Ed. Edusp. São Paulo. 1993. p. 52-53.

<sup>44</sup> Física 3 - Eletromagnetismo - GREF - Ed. Edusp. São Paulo. 1993. p. 53.

elétrico no interior de um fio. De posse destes conceitos retorna-se aos aparelhos resistivos, interpretando, agora, o aquecimento nos condutores metálicos. Esse movimento deixa claro o processo de continuidade-ruptura que o livro do GREF proporciona e com isso o significado de ensinar física também fica explícito: Ensinar uma Física que dê satisfação ao aluno, com a qual ele possa compreender de modo refinado o mundo tecnológico que o envolve e os fenômenos da natureza. Embora os conceitos de campo e carga sejam considerados difíceis e abstratos eles são necessários se buscamos um ensino de física com algum significado imediato. Como coloca G. Snyders:

*A cultura pode não ser nem fuga, nem confissão de impotência. Suas duas características fundamentais são que ela abre perspectivas mais reconfortantes que a cultura primeira; e por outro lado ela está em continuidade-ruptura com esta cultura primeira: continuidade com as perguntas que se colocam, as alegrias que já eram sentidas; ruptura visto que se trata de colocar suas experiências em plano mais elevado.<sup>45</sup>*

Na tentativa de apresentar uma discussão geral sobre o conteúdo até então trabalhado, o texto discorre sobre os dois modos de interpretar o fenômeno de aquecimento nos aparelhos elétricos resistivos. Proporciona ao aluno visões que se baseiam nos conceitos de campo-força e de tensão-energia. Esse procedimento é interessante porque passa uma visão global e coerente a respeito dos modelos físicos, já que sugerem que as teorias e os modelos são construções que possuem uma determinada estrutura e que no interior desta estrutura pode se caminhar em mais de uma direção para se atingir um mesmo resultado. É claro que essa caminhada pode ser feita desde que se tenha sobre a teoria, uma visão do todo e o conhecimento das partes. É necessário

---

<sup>45</sup> Snyders, G. "Alegria na Escola" Ed. Manole. São Paulo. 1988. p. 185.

que à visão de montanha se acrescente as peculiaridades do vale. Só assim é possível caminhar no vale sem ter a sensação de estar perdido.

O tratamento dispensado ao formalismo , encerrando a parte 1 (como a que se inicia no item 1.7 do livro Física 3 - Eletromagnetismo do GREF), apresenta aspectos educacionais e de visão de ciência muito importante. O formalismo somente é apresentado após uma ampla discussão sobre a fenomenologia levantada e o resgate das situações vivenciais que permeiam o tema físico que se quer apresentar. Além disso, procura-se fazer apresentação desse formalismo de modo que o seu caráter de síntese seja realmente percebido através dos símbolos, operações, etc., presentes nas equações. Existe uma preocupação de, ao apresentar a fórmula, cada símbolo já esteja carregado de significado, coerente com a fenomenologia presente nas coisas ou situações analisadas. O formalismo não é o fim em si mesmo, mas representa uma sistematização e abstração maiores que inclusive pode ser usado para prever, prever ou estabelecer coisas.

A parte 1 ilustra, de modo significativo, a proposta GREF para um curso de eletromagnetismo pois, como já foi comentado na seção anterior, todas as partes do livro apresentam uma organização que é comum. Esta organização, ilustrada através da descrição e justificativa da parte 1 nesta seção, é relativa a interações entre processos que são reproduzidos, cada um com sua peculiaridade, ao longo de todas as partes constituindo-se em várias “faces” da proposta de ensino de eletromagnetismo.

## **CAPÍTULO 5:**

### **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Pudemos observar através desse trabalho de análise de alguns dos livros de Física mais usados no ensino dessa disciplina no 2º grau que a maioria das dimensões de educação e de ciência não comparecem. Nos livros 1 e 2, por exemplo, aparece mais o formalismo como representação do conhecimento, não sendo dada ênfase às discussões qualitativas sobre os conceitos. Além disso, esses livros não trabalham a idéia de que o conhecimento é uma construção e a apresentam de modo fragmentado, não revelando sua estrutura. Como basicamente o objetivo desses livros é ensinar física para passar no vestibular, o conteúdo apresentado por eles não promove o diálogo, tornando-se instrumento para uma educação bancária.

Já no livro 3, aparecem mais dimensões de educação e de ciência, como por exemplo, a representação do conhecimento contempla as discussões qualitativas, procurando o significado dos conceitos físicos e também atribui significado aos símbolos presentes nas fórmulas matemáticas. Isto também está coerente com a finalidade deste livro que é oferecer um ensino de física “bem dado” aos estudantes para que façam uso em algum momento de suas vidas.

O livro do GREF contempla a maioria das dimensões de educação e de ciência porque os seus objetivos educacionais são mais claros e definidos: ensinar física para a compreensão do mundo tecnológico e também de aspectos da natureza, procurando proporcionar momentos de satisfação e alegria aos estudantes.

As propostas de ensino de ciência que contemplam poucas dimensões de educação e de ciência são as que normalmente estão sendo trabalhadas em sala de aula. Isto porque os professores as incorporaram de seus cursos de licenciatura ou de contatos com propostas tradicionais e “menos complicadas” de trabalhar que são do tipo:

fórmulas → resolução de exercícios → único fim: vestibular.

As propostas que procuram contemplar mais dimensões de educação e de ciência são também as mais refratárias de serem trabalhadas pelos professores pois eles sentem uma certa insegurança para tratar um conteúdo que contempla várias dimensões do ensino.

Por outro lado, reelaborar um conteúdo de física significa fazer escolhas, estabelecer prioridades, dependendo dos objetivos e do processo através do qual ocorre a aprendizagem. Reelaborar um conteúdo não significa apenas preencher a seqüência do curso com novos temas ou enfocá-los com maior rigor. É necessário propor novos caminhos, reorganizar os conteúdos escolhidos de tal forma que assegurem os objetivos educacionais. Para isto também é necessário definir estratégias e com elas os conteúdos a serem abordados. O texto do GREF exemplifica todo esse processo de reelaboração do conteúdo.

Finalmente, gostaria também de apresentar alguns comentários sobre as condições em que se encontra a educação fixando nossa atenção apenas no conhecimento científico e, em especial na física. Podemos perceber que ele é apresentado, pela maioria dos livros texto, de forma definiti-

va e acabada, seguindo uma certa lógica e deixando transparecer uma linearidade decorrente da ordem e da certeza como os conteúdos são encadeados. Quase nada da história de como se construiu esse conhecimento é considerado nesses textos, sendo o seu conteúdo programático, passado de forma limpa, seqüencial e lógica, como algo natural. Nenhuma visão do processo de como esse conhecimento foi construído é trabalhada pela maioria dos livros de física para o 2º grau.

Um outro aspecto a considerar neste comentário, trata-se da forma fragmentada como os livros e nós mesmos abordamos os conteúdos físicos. No ensino de física a fragmentação se apresenta de forma bastante nítida na forma de ensinar os conteúdos e tem muito a ver com o tipo de abordagem presente em grande parte dos livros texto adotados pelos professores e com os quais, certamente, muitos preparam as suas aulas. Como nossa formação também foi fragmentada no 3º grau, precisamos ficar atentos para não reproduzirmos para os nossos alunos esta mesma visão. Se não tomarmos consciência da forma estanque que os conteúdos são tratados, sem ligações uns com os outros, sem possibilitar ao aluno a mínima percepção sobre algum tipo de unidade e correlação entre as partes “estudadas” estaremos, mesmo inconscientemente, reproduzindo um sistema de ensino sem nenhum significado. Uma das intenções deste trabalho é chamar atenção sobre o modo fragmentado de abordagem da física e as conseqüências disso para o aluno na sua fase de formação.

Existem várias situações em sala de aula que mostram o ensino de física fragmentado, como por exemplo:

- começar o estudo de qualquer parte colocando no quadro negro apenas o nome do conteúdo que será estudado naquele capítulo, sem nenhuma preocupação com o contexto no qual tal assunto poderia estar situado;
- terminar o estudo de um capítulo e começar o seguinte sem comentários que possam estabelecer uma ligação entre o que foi e o que virá a ser estudado;
- resolver exercícios, no final de cada capítulo, que tratam apenas do tema ali estudado, sendo muito rara a formulação de algum exercício que exija, em sua resolução, passos fora do limite do tema isolado que está sendo abordado.

Por isso é natural que o aluno também perceba a física como se fosse apenas um amontoado de fórmulas, sem unidade e nenhuma utilidade e por essa razão, talvez, considere o ensino dessa disciplina desinteressante.

Em vários momentos temos a impressão de que nossos alunos, ou nós mesmos, dominamos um conteúdo escolar porque respondemos de forma correta a questões relativas a ele, resolvemos um certo número de problemas, fazendo todas as contas necessárias e obtendo o resultado certo. Entretanto nem sempre o aparente domínio desse conhecimento traduz em algo concreto, que possa ser utilizado em diferentes situações de nossa vida. O fato é que muitas vezes estudamos um assunto mas não nos apropriamos desse conhecimento e por isso não somos capazes de usá-lo numa situação fora dos muros da escola.

Precisamos tomar consciência de que o conhecimento físico apresenta duas faces, as partes e o todo e procurar caminhos que con-

templem o todo e as partes, não permitindo que apenas a visão fragmentada seja colocada como a verdade maior.

Um meio de iniciar essa caminhada dentro do ensino de física será, provavelmente, buscar modos de reconhecer em nossos hábitos e atitudes, na bibliografia que dispomos, assim como em nossa prática de sala de aula, as visões fragmentadas que, explícita ou implicitamente, são colocadas e perceber que esta forma de abordar o conteúdo não é natural, que há um código subjacente a este tipo de comportamento. Para contestar esta situação é necessário que este código seja explicitado. A percepção de um código qualquer acontece, normalmente, através da comparação entre diferentes padrões de comportamento.

O processo de comparação é essencial pois um código pressupõe uma auto consistência que dificilmente pode ser quebrada por si só. Daí há a necessidade de um padrão que seja externo a este código. O livro do GREF pode ser uma fonte de padrões externos ao modo de ensinar física, representado por uma grande parte dos livros didáticos, pois apresenta uma proposta cujo conteúdo é bastante diferente daqueles tradicionalmente reproduzidos, tanto no aspecto metodológico como na concepção de ciência e tecnologia. Se há uma alternativa, isto possibilita o desenvolvimento da consciência dos códigos subjacentes ao ensino de física que é experimentado nas licenciaturas e que é perpetuado nas salas de aulas.

Um exemplo que ilustra um padrão de comportamento diferente é que grande parte do universo tecnológico está presente em nosso cotidiano mas, no entanto, não é considerado nem levado a sério em qualquer

plano escolar, enquanto que, o ensino de física se arrasta sem nenhum significado e utilidade para o aluno. A proposta de ensino de física, concretizada no livro do GREF, permite mudar esse quadro trazendo para dentro da escola esse cotidiano tecnológico para ser observado, analisado, discutido e melhor compreendido. Para isso, o conhecimento elaborado é trabalhado para compreender todo este mundo tecnológico e vivencial do aluno, ensejando a escola que cumpra o seu papel de proporcionar aos seus alunos satisfações e alegrias no ensino destes novos conteúdos.

## **ANEXO 1**

## VISÕES DE CONSTRUÇÃO DE CONHECIMENTO FÍSICO

Com a intenção de tornar mais concreto o enfoque internalista sobre a produção do conhecimento científico, procuraremos apresentar alguns aspectos presentes no debate que se trava em torno da filosofia da ciência, com suas diferentes concepções, traduzindo modos de pensar, muitas vezes antagônicos em relação ao desenvolvimento e ao uso do conhecimento físico. O embate filosófico apresentado a seguir representa com maior propriedade um exemplo de uma abordagem internalista no processo de se fazer ciências.

Vamos iniciar esse registro buscando no passado as formas de pensar o método científico e encontramos no pensamento positivista, idéias a respeito do conhecimento científico que até hoje são consideradas e mantidas através dos livros, principalmente os de Ciências, Física e Química. Os positivistas admitiam que através da observação e da experimentação, as relações permanentes entre os fatos seriam descobertas, tornando-se fundamentais na reforma política, social e econômica da sociedade.

Por outro lado, refutavam todas as concepções abstratas e especulações metafísicas, considerando como anticientífico todo estudo das causas finais, com o argumento de que o espírito humano não tem “competência” para resolver questões não verificadas pela observação e pela experiência. Assim, nas palavras de João Ribeiro Junior, o positivismo, como sistema filosófico:

*“...busca estabelecer a máxima unidade na explicação de todos os fenômenos universais, estudados sem preocupação alguma das noções metafísicas, consideradas inacessíveis, e pelo emprego exclusivo do método empírico, ou da verificação experimental”<sup>1</sup>.*

Podemos afirmar que muito da visão que temos hoje da ciência, como um conhecimento extraído da experimentação, já concluído e certo, independente de nossos pensamentos, como algo acabado, rígido, tradutor da verdade absoluta, etc, tem origem no modo de pensar dos positivistas, como Bacon, Hume e Comte. Segundo Chalmers, Francis Bacon, no início do século XVII:

*“propôs que a meta da Ciência é o melhoramento da vida do homem na terra e, para ele, essa meta seria alcançada através da coleta de fatos com observação organizada e derivando teorias a partir daí”<sup>2</sup>*

Enquanto Comte, numa crítica às concepções dominantes que defendiam a possibilidade do conhecimento absoluto pelo exercício da razão humana, pregava que:

*“o que é possível conhecer são unicamente os fenômenos e as suas relações, não a sua essência, as suas causas íntimas, quer eficientes quer finais. Estas permanecem impenetráveis,*

---

<sup>1</sup> Ribeiro Junior, João. O que é positivismo. Ed. Brasiliense, 1983. pg. 16.

<sup>2</sup> Chalmers, A. F. O que é ciência afinal ? Ed. Brasiliense. S.P. Citação pg. 20.

*desconhecidas, pois é impossível alcançar noções absolutas”<sup>3</sup>*

O positivismo se baseia, assim, na idéia de que as coisas podem ser determinadas e que a experiência sistemática deve sempre ser realizada na busca das confirmações de uma lei ou teoria. Baseado na objetividade da experiência, os positivistas defendem que um número suficientemente grande de experimentos particulares, realizados cuidadosamente, podem confirmar uma hipótese elegendo a regularidade observada como uma lei.

A esse tipo de procedimento dá-se o nome de indução, que consiste então, numa operação lógica segundo a qual se confere status de lei geral àquela constatação que resulta da observação experimental sobre um número razoavelmente grande de situações particulares. Por exemplo, o enunciado de uma lei pode ser do tipo: “todos os P são Q”. Essa sentença é admitida pelos indutivistas com base no seguinte argumento: foram observados numerosos casos P e sempre foram Q, ou nenhum P examinado deixou de ser Q. Com isto os indutivistas querem validar a sentença: “todos os P são Q”.

Em relação a isto, Kneller dá um exemplo prático: “todas as peças de cobre se dilatam quando aquecidas”. A justificativa se baseia nos resultados de inúmeras experiências realizadas com muitos pedaços de cobre que foram aquecidos e comprovadamente apresentaram dilatação. Esse movimento foi denominado de empirismo lógico. Dentro do empirismo

---

<sup>3</sup> Conforme afirma João Ribeiro Jr. em seu livro *O que é positivismo*, Ed. Brasiliense, 2ª edição, pg.9.

lógico, quais as bases para se chegar a resultados gerais a partir da observação e experimentação de casos particulares ? A resposta dos indutivistas seria considerar a indução um procedimento lógico com base em premissas decorrentes da observação. Mas esta resposta não satisfaz, conforme explica Chalmers:

*“Argumentos lógicos válidos caracterizam-se pelo fato de que, se a premissa do argumento é verdadeira, então a conclusão deve ser verdadeira. Os argumentos dedutivos possuem este caráter. O princípio de indução certamente se justificaria se argumentos indutivos também o possuísem. Mas eles não o possuem. ... É possível a conclusão de um argumento indutivo ser falsa embora as premissas sejam verdadeiras e, ainda assim, não haver contradição envolvida. ... Não há nenhuma contradição lógica em afirmar que todos os corvos observados se revelaram pretos e também que nem todos os corvos são pretos. A indução não pode ser justificada puramente em bases lógicas”<sup>4</sup>.*

Segundo ainda os empiristas lógicos, essas observações, estão baseadas na hipótese de que a visão de um objeto é algo que não depende do observador e por isso pode ser observado diretamente pelos nossos sentidos, já que admitem que as imagens que formam em nossas retinas são sempre as mesmas, independentes de qualquer interpretação, do que decorre a objetividade nas observações.

Aqui novamente cabem restrições: embora as imagens formadas na retina sejam as mesmas para observadores de um mesmo fenômeno, existe uma interpretação que é pessoal, dependente da cultura de

---

<sup>4</sup> Chalmers, A.F. O que é ciência afinal ? Ed. Brasiliense. S.P. 1993. pg.37.

quem observa. Por isso não podemos sustentar que o que vemos é independente do que sabemos. Afirma Hanson:

*“Há mais coisas no ato de enxergar que o que chega aos olhos”<sup>5</sup>*

De acordo com que foi exposto, podemos compreender que alguém que nunca tivesse visto uma girafa, certamente não a descobriria “desenhada” na nuvens.

Sobre esse modo de pensar dos empiristas lógicos, David Hume<sup>6</sup> reforça as críticas, afirmando também, que não se pode, por decorrência, enunciar ou justificar uma lei geral a partir de um certo número de observações particulares. Segundo, Hume “todos os P observados são Q, mas alguns P não observados podem não ser Q”, o que é logicamente possível. Entretanto, como já vimos, esta afirmação entra em conflito com as idéias dos indutivistas que, neste caso, defenderiam, “se todos os P observados até aqui são Q então o próximo P observado também será Q”, o que não é consistentemente lógico!

Desse modo a crítica de Hume sobre o empirismo lógico é que as leis ou teorias consideradas como verdadeiras pelo processo

---

<sup>5</sup> Hanson, N.R. *Patterns of Discovery*(cambridge:Cambridge University Press, 1958, Capítulo I. Nota de rodapé do livro de Chalmers, "O que é ciência afinal?", pg. 49, sobre experiências visuais não determinadas pelas imagens sobre a retina.

<sup>6</sup> As teorias de Hume sobre Indução, por Kneller, G.F.Em *A Ciência com Atividade Humana*. Ed. Zahar/Edusp. Tradução da primeira edição Americana -1978. pg. 56.

indutivo não podem, logicamente, possuir uma garantia racional de descrição da natureza, uma vez que sempre haverá a possibilidade de serem negadas por uma experiência futura, o que de certa forma coloca em xeque a questão da regularidade imaginada, pois sempre pode ser de outra forma que ela se manifesta.[eu passo por aqui todos os dias (úteis) da semana; se não for considerado (úteis), a regularidade será outra].

Os empiristas lógicos retrucaram a este tipo de crítica com os seguintes argumentos: primeiro, reconheciam que não poderiam provar com absoluta certeza a veracidade de uma lei ou teoria científica, mas que entretanto poder-se-ia calcular a probabilidade dessas leis ou teorias serem verdadeiras. Esta probabilidade, segundo Kneller, seria dada pela razão  $[p] = P/Q$ , onde P é o número de previsões que podem ser derivadas da teoria e que foram confirmadas, e Q, o número total de previsões que podem ser derivadas da teoria. Assim, um alto valor de  $[p]$  indicaria uma teoria bastante confiável e por essa razão a ciência indutiva seria considerada racional. Mas este raciocínio também está baseado na indução que criticamos nos parágrafos anteriores.

Além disso, os empiristas lógicos defendiam que, se uma nova teoria fosse apresentada, explicando melhor os fatos que a teoria antiga, esta não deveria ser descartada, mas sim, continuar merecendo o crédito dos cientistas, só que agora, como um caso especial da nova teoria. Por exemplo, a mecânica de Newton é considerada pelos empiristas lógicos como um caso especial da teoria da relatividade de Einstein, bastando para isso que, no campo de pesquisa, as velocidades envolvidas sejam bem menores que a

velocidade da luz. Segundo esse modo de pensar, não se considera que a relatividade de Einstein tivesse provocado um rompimento com a visão de mundo newtoniano e, assim, ela apenas representaria para a Ciência, um progresso de caráter cumulativo, como se fosse acrescentado mais um degrau num lance de escada, ao invés de se projetar uma nova escada!

Apresentamos a seguir, as palavras do empirista Bryan Magee que revelam esse modo de pensar:

*"Enunciados científicos são os únicos que conduzem a conhecimento seguro e certo, porque estão assentados em evidência observacional e experimental - porque estão, em suma, assentados sobre os fatos; põem-se, portanto, em contraste com enunciados de todos os outros tipos, que se baseiam na autoridade, na emoção, na tradição, na conjectura, no preconceito, no hábito ou em qualquer outro alicerce. A ciência é o corpus de tais conhecimentos seguros e certos e o desenvolvimento da ciência consiste no interminável processo de adicionar certezas novas ao conjunto de certezas existentes"<sup>7</sup>.*

Desse modo, para os empiristas lógicos, as novas teorias devem ser formuladas para explicar as teorias antigas, mostrando que essas últimas tem um campo de validade limitado e que estão logicamente implícitas em teorias novas e mais abrangentes. Uma nova teoria é aceita quando ela inclui a teoria antiga ou então pelo menos for compatível com ela.

---

<sup>7</sup> Magee, Bryan. As idéias de Popper. Ed. Cultrix. 1973. pgs. 21-22.

O modo de pensar dos empiristas lógicos, sobre o desenvolvimento da Ciência, sofreu ao longo do tempo, várias críticas. Algumas delas foram feitas pelo filósofo Karl Popper, que ao tecê-las, colocou também o seu ponto de vista. Segundo Popper, o processo indutivo, com objetivo de comprovação ou validade de teorias e leis, não é logicamente sustentável. Isto significa que por mais que uma teoria pareça provável, sempre haverá a possibilidade dela ser refutada por uma experiência futura. De acordo ainda com Popper, se não se pode confirmar uma teoria, sempre será possível desmentí-la, pois um único resultado não esperado será suficiente para isso. Para Popper, a finalidade da Ciência, como empreendimento racional é inventar teorias que sejam refutáveis e depois testá-las procurando suas refutações. Então, ao contrário do que defendiam os empiristas lógicos, o objetivo da Ciência para Popper, era refutação e não a confirmação.

Para Popper a Ciência progride com propostas de teorias audaciosas e com o conseqüente empenho na sua refutação (falsificação), sendo aceitas, provisoriamente, apenas aquelas que sobrevivam a esse processo. Conforme afirma Kneller:

*“Para Popper toda boa Ciência é revolucionária, pois ela se desenvolve através da contínua derrubada de teorias, refutando fatos, e através da sua substituição por teorias que explicam mais fatos”.*<sup>8</sup>

---

<sup>8</sup> Kneller, G.F. A Ciência como Atividade Humana. Ed. Zahar/Edusp. pg. 62.

De acordo com Popper...a Ciência se desenvolve através de teorias ousadas e refutáveis,...quanto mais abrangente tenta ser uma teoria, no sentido de se propor explicar muitas coisas, mais ela ficará exposta a refutação, já que nesses casos ela seria usada para fazer um maior número de previsões o que aumentaria a chance de ser refutada. Quanto a isso, recorreremos mais uma vez a Chalmers, que esclarece:

*“Quanto mais uma teoria afirma, mais oportunidade potencial haverá para mostrar que o mundo de fato não se comporta da maneira como mostrado pela teoria. Uma teoria muito boa será aquela que faz afirmações bastante amplas a respeito do mundo, e que, em consequência, é altamente falsificável, e resiste à falsificação toda vez que é testada”<sup>9</sup>.*

Chalmers ilustra essas afirmações com um exemplo, no qual considera duas leis: a) Marte se move numa elipse em torno do Sol. b) Todos os planetas se movem em elipses em torno de seus sóis. A lei (b) é preferível porque é mais falsificável que a lei (a), pois uma observação que falsifica (a) também falsificará (b), mas o inverso não ocorre, por isso ela é a lei melhor, afirma Popper.

Outras críticas também foram feitas sobre o pensamento dos empiristas lógicos a respeito de uma teoria mais antiga ser considerada como caso especial de uma teoria mais recente. Sobre isso o que se colocava era o seguinte: as teorias em geral não podem ser reduzidas a outras, tonando-se casos especiais, pois a teoria anterior não é logicamente

---

<sup>9</sup> Chalmers, A.F. O que é ciência afinal? Ed. Brasiliense. S.P. 1993. pg. 69

deduzida da nova, ou a teoria nova contém elementos revolucionários que não se assemelham ou não são análogos aos elementos da teoria antiga. Se as teorias antigas não se tornam casos especiais das novas, significa que o progresso da Ciência não se realiza de forma cumulativa. Nesse sentido Feyerabend se posiciona assim:

*“se quisermos que toda teoria subsequente inclua a sua predecessora como um caso especial, somos obrigados a rejeitar qualquer nova teoria que seja logicamente incompatível com a dominante. Até que ponto seria racional rejeitar a relatividade einsteiniana, que prevê com êxito fatos newtonianos e muito mais, simplesmente porque ela contradiz a teoria que foi aceita primeiro?”<sup>10</sup> .*

As idéias de Popper também foram criticadas, por exemplo, quando ele não concorda com o processo indutivo dos empiristas lógicos, mas termina por usar o raciocínio indutivo ao sustentar que podemos ter mais confiança na teoria que suportou todos os nossos esforços no sentido de refutá-la. Isto é o mesmo que faziam os indutivistas, quando validavam uma lei ou teoria após realizarem numerosas experiências com resultados esperados, confirmados.

Outras críticas ao trabalho de Popper foram feitas por Thomas S. Kuhn, quando considera que a ciência pode progredir produzindo novos conhecimentos com base numa mesma teoria, resolvendo questões que ela mesma suscita. Segundo Kuhn, ao invés de refutar as teorias, os cientistas devem procurar descobrir novos fatos aplicando a teoria a situações que ela

---

<sup>10</sup> Kneller, G.F. A Ciência como Atividade Humana. Ed. Zahar/Edusp. pg. 59

promete explicar. Kuhn desenvolve a idéia de que a ciência pode progredir através da articulação dos elementos que compõe a visão de mundo dominante, a qual ele chama de paradigma. Kuhn considera que a ciência, ao contrário do que admite Popper com seu refutacionismo, pode se desenvolver retendo uma teoria para ser melhor articulada e extrair dela o máximo de conhecimento. Essa fase de desenvolvimento, Kuhn denominou de período normal, quando a comunidade científica se debruça sobre os problemas encontrados, e com base no paradigma, desenvolve suas pesquisas.

Kuhn, também considera a existência de períodos de transição e revolucionário dentro da ciência. Esses períodos ocorrem quando a comunidade científica começa a colocar sob suspeita, o paradigma, devido a muitas tentativas frustradas de resolver as anomalias que por ventura a teoria ou paradigma abarcam. Esse é o momento de crise e de transição durante o qual a comunidade científica se esforça em busca de uma solução que, normalmente não é conciliatória ou acomodativa, mas sim revolucionária. É revolucionária porque muda o paradigma, ou seja, a visão de mundo não é mais a mesma, e os cientistas iniciam novas fases de pesquisas olhando o mundo de uma forma diferente.

Por exemplo, no período em que o paradigma era a mecânica e a teoria de gravitação de Newton, a comunidade científica trabalhava e articulava o paradigma em busca de novos conhecimentos como aqueles relacionados com órbitas, períodos e perturbações no sistema solar. Nessa fase a confiança é total no paradigma e qualquer desencontro entre teoria e observação é atribuído aos cientistas.

Contudo, no período em que a visão de mundo newtoniana era dominante, já se conhecia uma anomalia que começava a ganhar significado, que era um pequeno desvio observado no movimento de precessão do planeta Mercúrio e não previsto pelo paradigma. Logo que esta anomalia foi observada, a comunidade científica não se interessou muito por ela, pois a crença era toda no paradigma, e por isso, se o problema fosse tratado com competência, o paradigma forneceria elementos para sua solução.

Na medida que muitos cientistas se dispõem a resolver o problema e não conseguem articular o paradigma para obter a resposta, então começa a se instaurar, no seio da comunidade científica, dúvidas quanto a validade do paradigma. É o momento de transição, que se encerra quando uma solução revolucionária apresenta um novo paradigma.

Em nosso exemplo, o novo paradigma é a teoria da relatividade de Einstein, que, ao contrário de se constituir num progresso linear da teoria de Newton, rompe com ela, apresentando um novo modo de olhar para o mundo, conferindo aos conceitos newtonianos de massa, tempo e espaço, novos significados. O mundo não mudou mas os cientistas olham para ele de outra forma e as pesquisas, agora, são realizadas com base nessa nova visão de mundo.

Nesse estágio seria importante chamar atenção sobre que base se encontra nossa explanação sobre o desenvolvimento da ciência

segundo os pontos de vista de Popper e Kuhn: de um lado, Popper considera que a ciência progride através do processo infundável de refutação e por isso ela é revolucionária; por outro lado, Kuhn sustenta que existem períodos durante os quais uma teoria importante deve ser retida e explorada ao invés de criticada. Nesses períodos, segundo Kuhn, a ciência se desenvolve alcançando progressos e, somente depois, do paradigma ser amplamente trabalhado e explorado, sem contudo ter suas anomalias resolvidas pelos cientistas competentes, é que ocorre um progresso tipo revolucionário em que a visão de mundo antiga é substituída por uma nova.

Essas discussões, claro, não terminam por aqui, ao contrário elas apenas se iniciam e trabalhos mais profundos e abrangentes ficariam ao encargo de pessoas competentes na área, como alguns já existentes e nos quais pude me basear para exprimir essas idéias. Nossa intenção até aqui foi mostrar que o conhecimento físico possui uma dinâmica de elaboração influenciável por fatores externos e internos. Mesmo de um ponto de vista internalista existem posicionamentos diferentes sobre como se deve desenvolver a ciência e em que bases filosóficas ela deva estar assentada. Sua aparência como um produto acabado e neutro, precisa ser desmistificada. Chamar atenção sobre como se dá esse desenvolvimento, é uma maneira de contribuir com professores e alunos no estudo da ciência, de modo que ela possa ser apresentada como um produto da intervenção humana, sujeita, portanto, a interesses e influências dominantes e por isso mesmo sem a neutralidade que aparenta ter.

## **ANEXO 2.1**

<b>SUMÁRIO</b>
----------------

APRESENTAÇÃO GERAL DA PROPOSTA .....	19
--------------------------------------	----

*ELETROMAGNETISMO*

ELETROMAGNETISMO – ABERTURA E PLANO DE CURSO ...	25
--	----

PARTE 1 – FUSÍVEIS, LÂMPADAS, CHUVEIROS E FIOS DE LIGAÇÃO: APARELHOS RESISTIVOS .....	37
---	----

1.1 A Seqüência .....	37
1.2 Aparelhos Elétricos: Condições de Funcionamento .....	38
1.3 Fusíveis, Lâmpadas e Chuveiros: Estudo dos Aparelhos Resistivos ..	40
1.4 As Partes Metálicas dos Aparelhos Elétricos .....	42
1.5 Modelo Clássico de Corrente Elétrica .....	43
1.5.1 O metal sem corrente .....	44
1.5.2 A corrente elétrica e a sua causa .....	46
1.5.3 A tensão elétrica .....	52
1.5.4 O aquecimento nos condutores .....	54
1.6 As Diferentes Linguagens Descrevendo o Mesmo Fenômeno .....	55
1.7 O Equacionamento do Problema .....	56
1.7.1 A intensidade da corrente elétrica .....	56

## ELETROMAGNETISMO

1.7.2 Intensidade do campo elétrico e da força elétrica . . . . .	60
1.7.3 A potência elétrica . . . . .	60
1.7.4 As diferentes potências obtidas num mesmo tipo de aparelho: a resistência elétrica . . . . .	62
<i>Exercícios Resolvidos</i> . . . . .	71
<i>Atividade 1: Levantamento das Chapinhas de Aparelhos Elétricos</i> . . . . .	92
<i>Atividade 2: Fusíveis, Lâmpadas e Chuveiros</i> . . . . .	94
<i>Atividade 3: Explorando Elementos de Dispositivos Elétricos Residenciais</i>	98
<i>Atividade 4: Circuitos Elétricos Residenciais</i> . . . . .	102
PARTE 2 – MOTORES ELÉTRICOS E INSTRUMENTOS DE ME- DIDA COM PONTEIRO . . . . .	109
2.1 A Seqüência . . . . .	109
2.2 Fenomenologia . . . . .	110
2.3 Parte Fixa, Parte Móvel e a Interação entre Elas . . . . .	114
2.4 O Movimento da Parte Móvel e Sua Interpretação . . . . .	121
2.5 O Equacionamento do Problema . . . . .	127
2.6 Comentários Finais . . . . .	133
<i>Exercícios Resolvidos</i> . . . . .	134
<i>Atividade 5: O Motor de um Liquidificador</i> . . . . .	149
<i>Atividade 6: Construção de Galvanômetro e Motores</i> . . . . .	150
<i>Atividade 7: Investigação dos Imãs</i> . . . . .	157
PARTE 3 – DÍNAMO DE BICICLETA, GERADOR DE USINA, MOTOR GERADOR, PILHA E BATERIA: FONTES DE ENERGIA ELÉTRICA . . . . .	161
3.1 A Seqüência . . . . .	161
3.2 Dínamos e Geradores: A Corrente Elétrica a partir do Campo Magnético . . . . .	162
3.2.1 Geradores e geradores... . . . .	162
3.2.2 Geração de corrente – a física do dínamo de bicicleta e do ge- rador de usina hidroelétrica . . . . .	164
3.2.3 Geração de corrente – a física do motor-gerador . . . . .	171
3.2.4 A corrente elétrica a partir do campo magnético – perspectiva .	176
<i>Exercícios Resolvidos</i> . . . . .	180
<i>Atividade 8: Dínamo de Bicicleta</i> . . . . .	190
<i>Atividade 9: Motores Elétricos</i> . . . . .	192
3.3 Vários Processos de Separação de Cargas . . . . .	195
3.3.1 Pilhas e baterias . . . . .	197
3.3.2 O interior da bateria . . . . .	199

## SUMÁRIO

3.3.3 A carga elétrica e suas propriedades . . . . .	203
3.3.4 A formulação da Lei de Coulomb . . . . .	208
3.3.5 A interação de natureza elétrica e seu papel no mundo que nos cerca . . . . .	215
3.3.6 A interação elétrica no átomo e na matéria . . . . .	216
<i>Exercícios Resolvidos</i> . . . . .	219
<i>Atividade 10: Baterias – Observação e Construção</i> . . . . .	225
<i>Atividade 11: Garrafa de Leyden – Acumulador de Cargas</i> . . . . .	227
<b>PARTE 4 – RÁDIO, TV, GRAVADOR E TOCA-DISCOS: ELE- MENTOS DE SISTEMAS DE COMUNICAÇÃO E IN- FORMAÇÃO . . . . .</b>	<b>231</b>
4.1 A Seqüência . . . . .	231
4.2 O Microfone e o Alto-falante . . . . .	232
4.3 O Rádio . . . . .	234
4.3.1 A fenomenologia: principais etapas envolvidas na comunicação por rádio . . . . .	235
4.3.2 A produção da corrente alternada de alta freqüência: o circuito oscilante . . . . .	237
4.3.3 A onda eletromagnética no espaço e a antena como emissora e receptora . . . . .	243
4.4 A Televisão . . . . .	248
4.4.1 A fenomenologia: a geração e a recepção da imagem (da câmara no estúdio à tela de TV) . . . . .	249
4.4.2 A câmara de TV . . . . .	250
4.4.3 O tubo de imagem . . . . .	254
4.5 A Natureza das Radiações Eletromagnéticas . . . . .	257
4.6 Armazenamento e Reprodução de Informação: Fita Magnética e Dis- co . . . . .	257
4.6.1 Fita magnética: gravação e reprodução . . . . .	258
4.6.2 O disco: gravação e reprodução . . . . .	259
<i>Exercícios Resolvidos</i> . . . . .	263
<i>Atividade 12: Sistemas de Comunicação e Informação</i> . . . . .	272
<b>PARTE 5 – DIODO E TRANSISTOR: MATERIAIS SEMICONDU- TORES . . . . .</b>	<b>275</b>
5.1 A Seqüência . . . . .	275
5.2 A Fenomenologia . . . . .	276
5.3 Modelo de Átomo: Caracterização e Pressupostos . . . . .	277

## ELETROMAGNETISMO

5.4 Os Diferentes Comportamentos Elétricos dos Materiais quanto à Condução Elétrica: Um Modelo Baseado na Física Quântica . . . . .	280
5.5 Efeito do Contato entre Regiões do Tipo N e do Tipo P num Semicondutor . . . . .	287
5.5.1 O diodo semicondutor: o efeito da retificação obtida a partir da junção P-N . . . . .	289
5.5.2 O diodo fotoemissor (led): o efeito da eletroluminescência obtido através da junção P-N . . . . .	291
5.5.3 O transistor semicondutor: o efeito da amplificação obtido através da junção P-N . . . . .	293
<i>Exercícios Resolvidos</i> . . . . .	297
PARTE 6 - COMPONENTES ELÉTRICOS E ELETRÔNICOS . . . . .	301
6.1 A Sequência . . . . .	301
6.2 Coisas cujo Funcionamento é Fisicamente Explicado pela Força Magnética (Parcela Magnética da Força de Lorentz) . . . . .	302
6.2.1 Medidores de corrente, tensão e resistência elétrica . . . . .	303
6.2.2 Disjuntores magnéticos . . . . .	308
6.3 Quando o Processo Relevante é a Indução Eletromagnética (Lei de Faraday) . . . . .	310
6.3.1 Motores de indução . . . . .	310
6.3.2 Relógio de luz . . . . .	311
6.3.3 Transformadores . . . . .	315
6.4 Quando a Presença da Carga Elétrica é Relevante (Leis de Gauss Elétrica e Coulomb) . . . . .	319
6.4.1 Diferentes tipos de microfones . . . . .	319
6.4.2 Capacitores . . . . .	320
6.4.3 Válvulas termoiônicas . . . . .	324
6.5 Sistema Elétrico do Automóvel . . . . .	332
6.5.1 Sistema de ignição do automóvel . . . . .	332
<i>Exercícios Resolvidos</i> . . . . .	335
TEXTO COMPLEMENTAR . . . . .	341
1. Estimativa dos valores das velocidades do elétron para o movimento térmico desordenado e para o movimento de avanço . . . . .	341
2. Valor eficaz da tensão . . . . .	343
3. Choque elétrico no corpo humano . . . . .	347
4. Alguns tipos de fluxo . . . . .	353
5. A lei de Faraday e sua formulação . . . . .	357
6. A lei de Gauss elétrica . . . . .	373

**SUMÁRIO**

---

7. Descrição do processo de modulação e de recepção das ondas de rádio	381
8. Rádio Galena .....	385
<b>EXERCÍCIOS COMPLEMENTARES .....</b>	<b>393</b>
<b>Parte 1 - Fusíveis, Lâmpadas, Chuveiros e Fios de Ligação: Aparelhos Resistivos .....</b>	<b>393</b>
<b>Parte 2 - Motores e Instrumentos de Medida com Ponteiro .....</b>	<b>403</b>
<b>Parte 3 - Dínamo de Bicicleta, Gerador de Usina, Motor-Gerador, Pilha, Bateria: Fontes de Energia Elétrica .....</b>	<b>415</b>
<b>Parte 4 - Rádio, TV, Gravador, Toca-Discos: Elementos de Sistemas de Comunicação e Informação .....</b>	<b>431</b>
<b>BIBLIOGRAFIA BÁSICA .....</b>	<b>437</b>

## **ANEXO 2.2**

## ELETROMAGNETISMO - ABERTURA E PLANO DE CURSO

Uma parte essencial da dificuldade sentida no aprendizado do Eletromagnetismo no 2º grau é devida ao distanciamento que se estabelece quando o aluno se depara, de saída, com conceitos abstratos, tais como: cargas puntiformes, força inversamente proporcional ao quadrado da distância. Ao chegar à escola, o aluno já teve contato com a Eletricidade por meio de máquinas, aparelhos elétricos e eletrônicos que, à primeira vista, pouco têm a ver com os conceitos abstratos que ensinamos. A proposta do GREF visa construir uma ponte entre esses dois conhecimentos.

Alunos e professores de Física vivem num mundo em que correntes elétricas e campos eletromagnéticos fazem parte da sua experiência diária. Na fiação elétrica da casa, nos aparelhos eletrodomésticos ou nas máquinas industriais, a eletricidade é conhecida pelo uso diário, mesmo que não se entenda sua operação ou seus princípios. A proposta do GREF parte desse conhecimento cotidiano para promover a discussão de conceitos abstratos, sem com isso acarretar prejuízos à sua compreensão.

A apresentação da proposta do GREF, para o conteúdo de Eletromagnetismo e da estrutura do curso, inicia-se com o levantamento e a classificação dos aparelhos e componentes elétricos e eletrônicos que utilizamos cotidianamente.

Para iniciar o curso com a participação dos alunos, sugerimos que eles sejam solicitados a responder a pergunta: que aparelhos e componentes elétricos e eletrônicos vocês utilizam e conhecem?

fig. 1



A tabela 1 exemplifica possíveis respostas dos alunos onde aparelhos e componentes elétricos aparecem misturados a outras coisas como choque elétrico, raio etc.

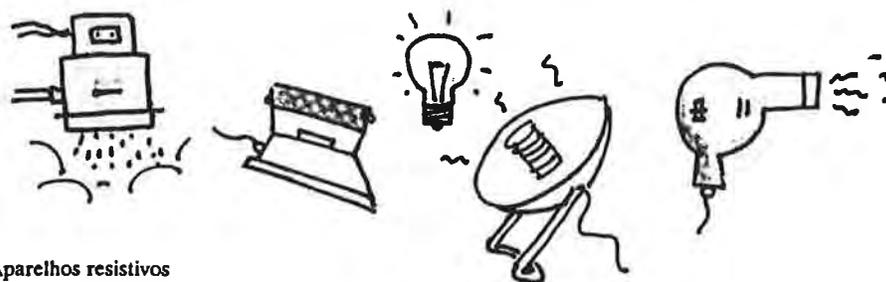
Esta amostra não tem a intenção de ser completa e única, pois não é objetivo do levantamento esgotar o assunto. É interessante que o professor também participe da elaboração da lista, sugerindo outros itens não indicados pelos alunos, mas que são essenciais ao encaminhamento do conteúdo que se pretende discutir.

Nossa intenção agora é apontar para a estrutura do curso de Eletromagnetismo. Isso será feito através da classificação dos elementos da tabela 1.

Para tanto, é necessário agrupar, na medida do possível, os elementos contidos no levantamento, segundo critérios relacionados à seqüência que utilizaremos para desenvolver o conteúdo. Apesar de suas especificidades, os vários aparelhos possuem algumas propriedades gerais que permitem a sua inserção em alguns grupos.

Existem aparelhos cuja função principal é produzir aquecimento, ou seja, transformar energia elétrica em térmica. Eles fazem parte do grupo dos *resistivos* e possuem um pedaço de fio, geralmente em forma de espiral, denominado resistor. Quando ligado a uma tomada, o resistor aquece transformando a energia elétrica em energia térmica.

fig. 2



Aparelhos resistivos

---

 ABERTURA E PLANO DE CURSO
 

---

Tabela 1

---

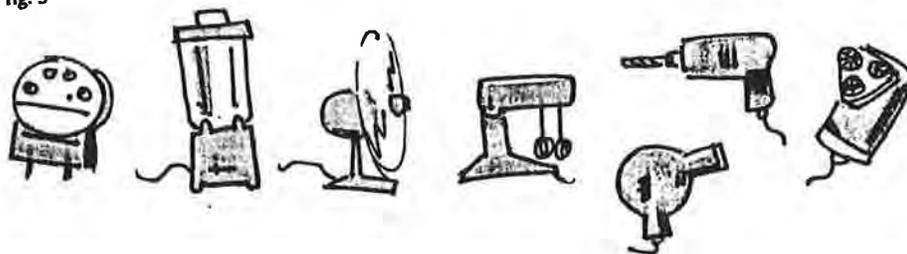
pilha	videocassete
fita magnética	motor elétrico
curto-circuito	circuito elétrico
chuveiro	aquecedor
calculadora	chave de luz
microfone	transformador
liquidificador	ebulidor
diodo	interruptor
voltímetro	medidor de temperatura do motor do carro
disco de vinil	rádio
ventilador	amplificador
tomada	amperímetro
facal elétrica	toca-discos
campainha	disjuntor
filmadora	dinamo
circuito impresso	televisão
máquina de lavar	alternador
condensador	fita isolante
furadeira	ferro de passar roupa
soquete	geladeira (compressor)
barbeador	motor gerador
lâmpada	máquina de costura(motor)
metrô	secador de cabelo
alto-falante	torneira elétrica
válvula	usina geradora de eletricidade
enceradeira	subestação(elevadora/rebaixadora de tensão)
relógio à pilha	bobina
torradeira	batedeira
lâmpada teste	fio de cobre
gravador	computador
aparelho de som	fogão elétrico
rádio-relógio	relógio de luz
fusível	bateria
transistor	linha de alta tensão
antena	máquina de escrever elétrica
choque elétrico	raio
faisca	aspirador de pó
telefone	eletroímã

---

## ELETROMAGNETISMO

Outros aparelhos elétricos produzem movimentos, ou seja, transformam a maior parte da energia elétrica em mecânica (geralmente de rotação). São os do grupo dos *motores elétricos*. Neles também ocorre transformação de energia elétrica em térmica, sonora etc.

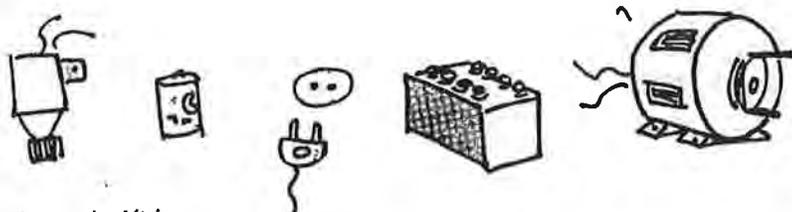
fig. 3



Motores elétricos

Os aparelhos elétricos, para funcionarem, precisam ser ligados a um circuito que contenha um gerador, uma pilha, ou uma bateria. Esses elementos, que transformam um outro tipo de energia em energia elétrica, formam um terceiro grupo que denominaremos *fontes de energia elétrica*.

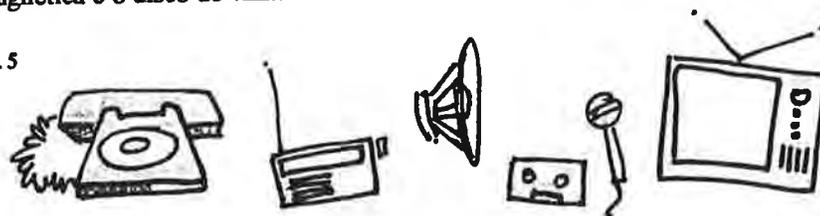
fig. 4



Fontes de energia elétrica

Um quarto grupo é formado pelos *elementos de sistemas de comunicação e informação*, ou seja, os aparelhos que possibilitam comunicação entre duas ou mais pessoas, como no caso do telefone, do rádio e da televisão, bem como dos elementos que nos permitem armazenar informações, tais como a fita magnética e o disco de vinil.

fig. 5

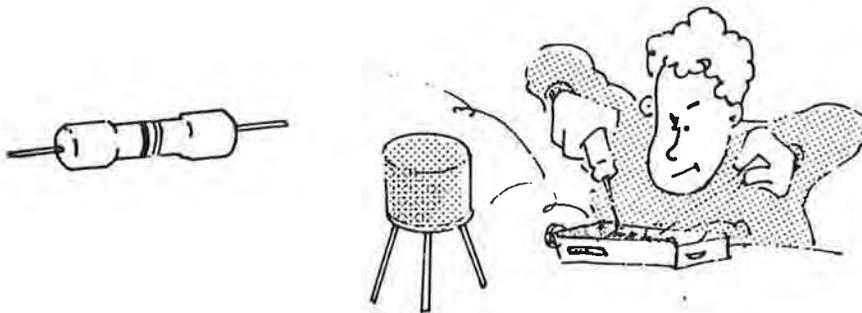


Elementos de sistemas de comunicação e informação

## ABERTURA E PLANO DE CURSO

Os *Diodos e Transistores* formam um outro grupo porque são constituídos de *materiais semicondutores*.

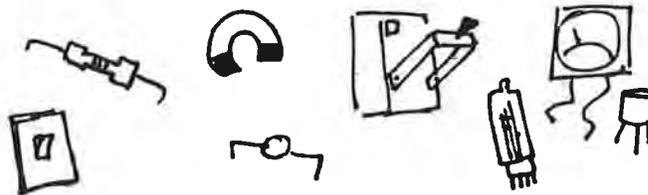
fig. 6



Diodos e transistores

Outros itens da tabela 1 podem ser classificados como *componentes elétricos e eletrônicos*, tais como eletroímã, bobina, válvula, fio de cobre, transformador, relógio de luz, alternador, que formam o sexto grupo.

fig. 7



Componentes elétricos e eletrônicos

Assim, os elementos da tabela 1 podem ser agrupados da seguinte forma:

1. Aparelhos resistivos;
2. Motores elétricos;
3. Fontes de energia elétrica;
4. Elementos de sistemas de comunicação e informação;
5. Semicondutores;
6. Componentes elétricos e eletrônicos.

A tabela 2 ilustra a classificação dos elementos da tabela 1 nesses seis grupos.

**Tabela 2****Aparelhos resistivos**

chuveiro  
ferro de passar roupa  
lâmpada incandescente<sup>1</sup>  
torneira elétrica  
aquecedor  
secador de cabelo (parte que esquentam)  
fusível  
fogão elétrico  
ebulidor

**Motores elétricos**

liquidificador  
enceradeira  
batedeira  
ventilador  
faca elétrica  
barbeador  
aspirador de pó  
máquina de lavar  
secador de cabelo (parte que ventila)  
furadeira  
geladeira (compressor)

**Fontes de energia elétrica**

dínamo  
pilha  
alternador  
bateria  
gerador  
motor gerador

**Elementos de sistemas de comunicação e informação**

rádio  
telefone  
toca-discos  
gravador  
televisão  
alto-falante  
computador

---

**ABERTURA E PLANO DE CURSO**

---

microfone  
calculadora  
fita magnética  
antena  
filmadora  
videocassete  
disco de vinil

**Diodo e transistor: materiais semicondutores**

diodo  
transistor  
led (diodo fotoemissor)

**Componentes elétricos e eletrônicos**

interruptor  
válvula  
eletroímã  
bobina  
chave de luz  
fita isolante  
tomada  
fusível  
disjuntor  
condensador ou capacitor  
fio de cobre  
circuito impresso  
soquete  
transformador

- 
1. Este tipo de lâmpada é classificado como resistivo porque apenas 5% da energia elétrica por ela consumida é transformada em energia luminosa.

Este processo de classificação, que abrange a maior parte dos elementos da tabela 1, deve ser conduzido de modo que a fenomenologia, levantada através da observação e manuseio dos aparelhos elétricos, permita o surgimento de questões que motivem a discussão do conteúdo do Eletromagnetismo.

---

**PLANO DE CURSO**

---

O conteúdo do Eletromagnetismo será desenvolvido à medida que forem abordados os seis grupos apresentados.

## ELETROMAGNETISMO

Na parte 1, as questões sobre o funcionamento dos aparelhos, classificados como resistivos, visam à formulação do modelo clássico de corrente, onde os conceitos de campo elétrico, tensão, corrente e resistência elétrica são estudados.

---

**Parte 1 – Fusíveis, Lâmpadas, Chuveiros e Fios de Ligação: Aparelhos Resistivos**

---

COISAS	CONCEITOS
fusíveis, lâmpadas, chuveiro, instalação elétrica residencial	Tensão, corrente elétrica, potência e resistência elétrica. Modelo de corrente elétrica baseado na Física clássica.

A parte 2 investiga os motores do tipo série, como por exemplo o de um liquidificador, e os ímãs. É discutido também o efeito magnético da corrente elétrica através de duas leis básicas do Eletromagnetismo: a de Ampère e a de Gauss magnética, além da força de Lorentz.

---

**Parte 2 – Motores Elétricos e Instrumentos de Medida com Ponteiros**

---

COISAS	CONCEITOS
motor de liquidificador, motor de brinquedo, instrumentos de medida com ponteiros	Efeito magnético da corrente elétrica. Força magnética. Lei de Ampère e Lei de Biot-Savart.
ímã	Um modelo para o ímã. Lei de Gauss magnética.

---

**ABERTURA E PLANO DE CURSO**


---

A geração da energia elétrica constitui o objeto de estudo da parte 3. Com a investigação do funcionamento do dínamo de bicicleta, é discutida a lei de Faraday; já o motor gerador retoma a discussão da força de Lorentz.

Com as pilhas, as baterias e a eletrização por atrito, a discussão sobre a geração da energia elétrica é completada com o estudo do processo de separação de cargas elétricas.

---

**Parte 3 – Dínamo de Bicicleta, Gerador de Usina,  
Motor Gerador, Pilha e Bateria: Fontes de  
Energia Elétrica**

---

COISAS	CONCEITOS
dínamo de bicicleta, gerador da usina hidrelétrica, motor gerador	Lei de Faraday. Força de Lorentz.
pilha, bateria: geradores de corrente contínua	Processo de separação de cargas por reações químicas, propriedades da carga elétrica.
célula fotoelétrica, acendedor de fogão, gerador de Van de Graaff, par termoeletrico	Outras formas de separar cargas e criar campo elétrico: incidência da luz, compressão de materiais, eletrização por atrito e variação de temperatura.

Alguns elementos dos sistemas de comunicação e informação (presentes no rádio, na TV, no gravador e no toca-discos) são investigados e discutidos na parte 4. Através do microfone, do alto-falante, do disco de vinil, da antena, da fita magnética, da câmara e da tela de TV, os conceitos de campo elétrico e campo magnético, no processo de interação com a matéria, são retomados e aprofundados.

Com a abordagem da transmissão do sinal entre a antena da estação transmissora e a sua recepção nos aparelhos domésticos, como o rádio e a TV, é introduzido o conceito de campo eletromagnético no espaço.

---

 ELETROMAGNETISMO
 

---



---

**Parte 4 – Rádio, TV, Gravador e Toca-Discos: Elementos de Sistemas de Comunicação e Informação**


---

COISAS	CONCEITOS
microfone, alto-falante, rádio, antena, câmara e tela de TV, fita magnética e disco de vinil	Campo elétrico e campo magnético na matéria. Campo eletromagnético no espaço.

A utilização cada vez mais acentuada, nos aparelhos elétricos, de elementos como diodos e transistores, que utilizam na sua construção materiais denominados semicondutores, justifica a abordagem de tais elementos, ainda que de forma introdutória, na parte 5. A discussão desse tema possibilita a apresentação do modelo de matéria e do de corrente elétrica baseados na Física Quântica.

---

**Parte 5 – Diodo e Transistor: Materiais Semicondutores**


---

COISAS	CONCEITOS
diodo, transistor, diodo fotoemissor (led)	Modelo quântico de matéria e de corrente elétrica.

Finalmente, na parte 6, é discutido o princípio de funcionamento de um conjunto de elementos, oriundos do levantamento inicial, envolvendo conceitos e leis já abordados.

**ABERTURA E PLANO DE CURSO**

---

**Parte 6 – Componentes Elétricos e Eletrônicos**

---

<b>COISAS</b>	<b>CONCEITOS</b>
galvanômetro, voltímetro, amperímetro, ohmímetro, disjuntores magnéticos motor de indução, transformador, relógio de luz sistema de ignição do automóvel	Lei de Ampère. Força de Lorentz.  Propriedades das cargas elétricas.  Lei de Ampère. Lei de Faraday. Lei de Gauss.

**ANEXO 3.A**

### 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.

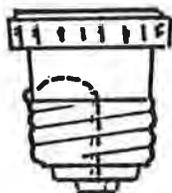
Na parte C, desmontamos um chuveiro e buscamos relacionar o comprimento do resistor utilizado e a dissipação da potência nominal (valor impresso no chuveiro).

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.



fusível visto  
de cima

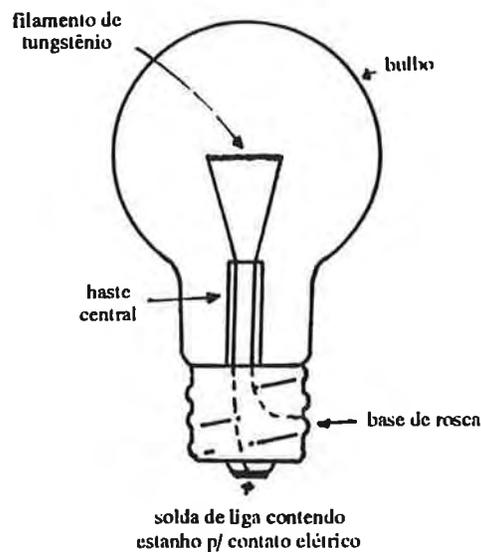


### APARELHOS RESISTIVOS

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.



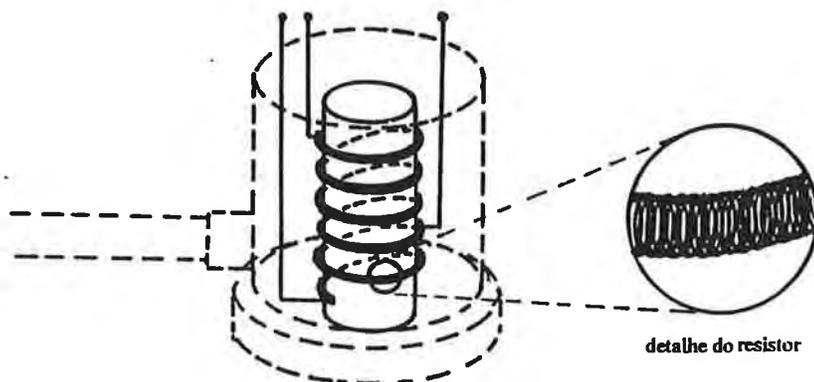
4. Compare a espessura dos filamentos de lâmpadas de um mesmo fabricante\* de diferentes potências (25W, 40W, 60W, 100W) e de mesma tensão (110V). Estabeleça uma relação qualitativa entre a espessura dos filamentos das lâmpadas com a potência nominal, sabendo-se que os filamentos têm o mesmo comprimento 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.

\* Lâmpadas de diferentes marcas possuem filamentos de formatos distintos e a comparação fica inviabilizada.

## ELETROMAGNETISMO

## 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?

## Comentários:

## Parte A

- Identificar que os fusíveis, lâmpadas e chuveiros têm 2 pontos de contatos elétricos, e que é entre esses dois pontos que se estabelece a tensão.
- Discutir a função do fusível e a queima do mesmo. Os fusíveis de rosca são danificados quando a corrente no circuito é maior que a especificada, ocorrendo a fusão do seu filamento e interrupção da corrente. São utilizados em circuitos elétricos como protetores, evitando que, com altas correntes, os fios se aqueçam provocando incêndios.

Através da investigação da relação entre a espessura do filamento e a amperagem especificada, constatar que *quanto maior a espessura do filamento, maior é a corrente elétrica.*

## APARELHOS RESISTIVOS

### Parte B

A partir da investigação da espessura do filamento de lâmpadas de uma mesma tensão constatar que, *quanto maior a espessura do filamento, maior a potência dissipada pela lâmpada*, já que todas elas têm o filamento de um mesmo material (tungstênio) e de mesmo comprimento.

Quando ligamos uma lâmpada de 220V na tensão 110V, o brilho produzido é muito fraco. Isto deve indicar que a potência dissipada foi menor que a especificada na lâmpada.

Se ligarmos uma lâmpada de 110V na tensão 220V, ela apresentará um brilho intenso e se queimará. Isto deve indicar que a potência dissipada foi maior que a especificada na lâmpada.

Inferir que para o funcionamento de uma lâmpada na tensão 220V com a mesma potência de uma na tensão 110V, devemos diminuir a espessura do seu filamento. Para filamentos de mesmo comprimento, mesmo material e potências fixas, *quanto maior a tensão, menor a espessura do filamento*.

### Parte C

Identificar, num chuveiro aberto, o seu circuito elétrico, apontando os três pontos de contato no seu resistor, um deles comum às ligações “inverno” e “verão”.

Podemos constatar que quando se coloca a chave na posição “verão” (água pouco aquecida), o trecho do resistor utilizado no circuito é maior do que quando a chave está na posição “inverno”.

Assim, para uma mesma tensão e espessura do filamento, *quanto maior for o comprimento do resistor, menor será a potência dissipada*.

Sugerimos ao professor que, ao final da atividade, proponha aos alunos a elaboração de uma tabela que sintetize essas relações.

Aparelhos resistivos	Fusível	Lâmpadas	Chuveiro
material do resistor	liga contendo estanho	tungstênio	liga de níquel-cromo
comprimento	fixo	fixo	variável
espessura	variável	variável	fixa
grandezas	a corrente elétrica varia de acordo com a espessura	para tensão constante, a potência varia de acordo com a espessura	para tensão constante, a potência varia inversamente ao comprimento

**ANEXO 3.B**

---

**Atividade 6: Construção de Galvanômetro e Motores**

---

A construção de um galvanômetro didático é proposta para auxiliar a observação e a discussão dos medidores com ponteiros e permitir a comparação do aparecimento de movimento nesses instrumentos e no motor do liquidificador.

Outras duas construções apontam possibilidades de transformação de energia elétrica em movimento: um motor, utilizando na parte fixa uma bobina e na parte móvel um ímã, e um motor, utilizando na parte fixa um ímã e, na móvel, uma bobina.

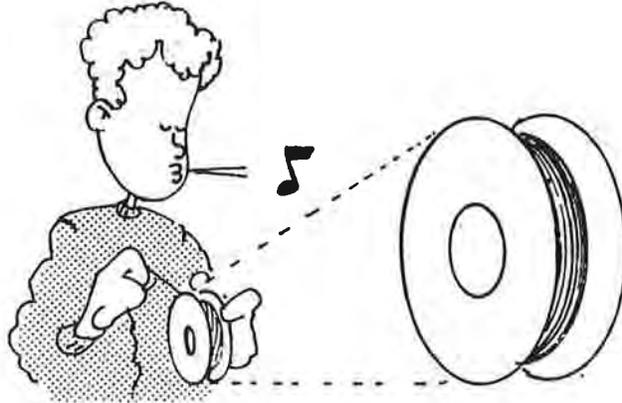
**Procedimentos**

Parte A – a construção do galvanômetro

### MOTORES ELÉTRICOS E INSTRUMENTOS DE MEDIDA COM PONTEIRO

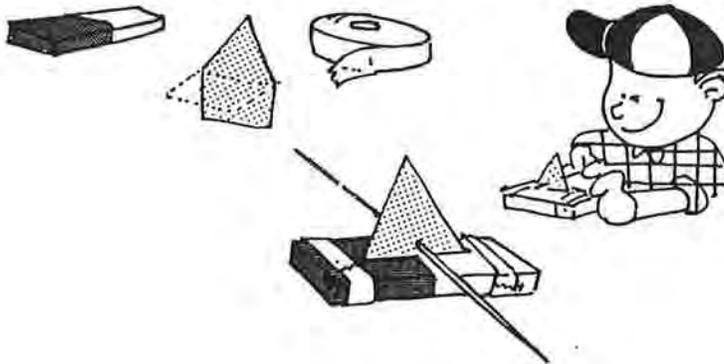
Para construir a parte fixa do galvanômetro, use uma embalagem de esparadrapo ou um pedaço de tubo de papelão com cerca de 4cm de diâmetro. Enrole neste suporte cerca de 100 voltas de fio de cobre envernizado nº 26.

fig. 1



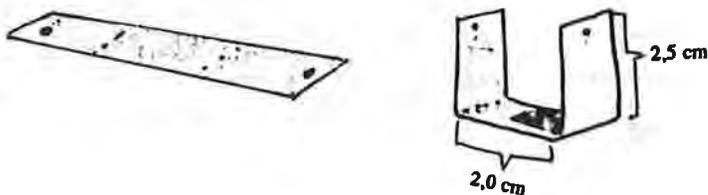
Para a construção da parte móvel, o ponteiro, tome um pequeno ímã de polaridade facial (usados em fechos magnéticos), cole em torno de seu corpo um pequeno ponteiro recortado em cartolina e atravesse o conjunto por um eixo que pode ser um pedaço de clipe.

fig. 2



Este ponteiro será apoiado em um suporte com dois pequenos furos em suas extremidades, feito com uma tira de alumínio ou cobre, dobrada em forma de U:

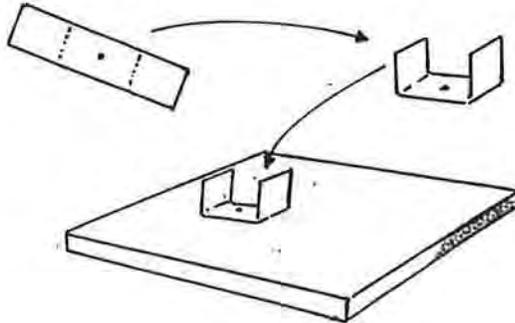
fig. 3



## ELETROMAGNETISMO

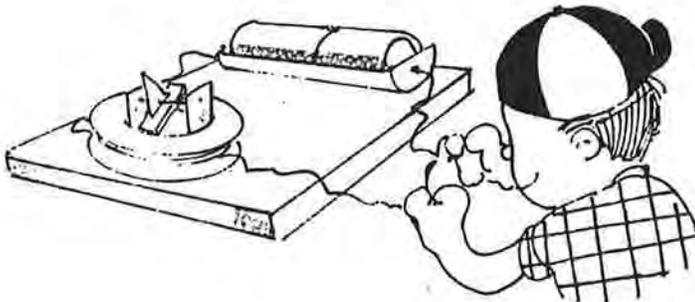
Esse conjunto deve ser fixado em uma pequena base de madeira ou papelão onde também prendemos um suporte de pilhas, como indica a figura 4.

fig. 4



Acople a parte fixa (bobina) em torno do suporte que contém o eixo do ponteiro (parte móvel) e observe o que acontece quando são ligados terminais da pilha à bobina.

fig. 5



O que acontece ao invertermos a posição dos fios em relação à pilha? Verifique se as duas partes do medidor construído estão efetivamente ligadas entre si. Como se correspondem as partes do galvanômetro e as partes do motor de liquidificador?\*

#### Parte B – motor (I): bobina fixa-ímã móvel\*

Nesta construção, a bobina (parte fixa) pode ser circular ou retangular, e deve ser disposta verticalmente entre os suportes do eixo.

Como a parte móvel (rotor) vai girar parcialmente dentro da bobina, seu diâmetro, ou largura, deve permitir esse movimento. O fio do enrolamento pode ser de cobre esmaltado nº 26, por exemplo. O número de espiras pode variar; em nossa montagem ele é de 100, aproximadamente. Em princípio, como a resistência elétrica do fio é muito pequena, quanto maior o número de espiras, melhor.

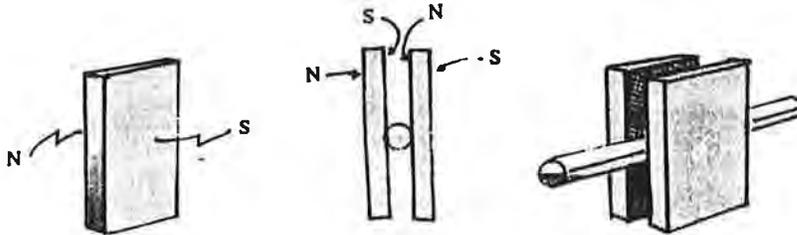
\* Esta construção é uma adaptação da sugestão proposta por Alberto Gaspar, em texto manuscrito.

### MOTORES ELÉTRICOS E INSTRUMENTOS DE MEDIDA COM PONTEIRO

Construída a bobina, deve ser ligada em série a uma fonte de tensão contínua (pilha comum), ao suporte e ao eixo da parte móvel.

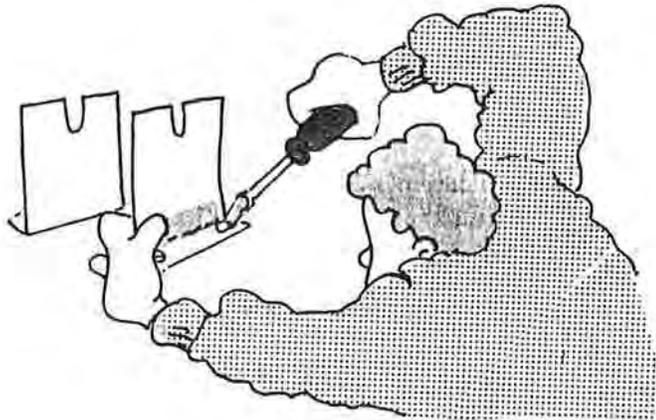
Para a construção da parte móvel são utilizados dois ímãs iguais de polaridade facial, colocando-se entre eles um eixo de fio de cobre rígido, desencapado (nº 16, por exemplo). Os ímãs são facilmente encontrados em fechos magnéticos, brinquedos, brindes etc.

fig. 6



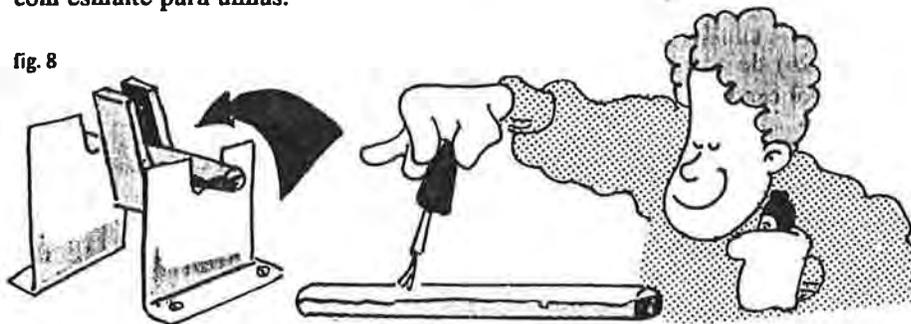
Os suportes do eixo podem ser feitos de chapa de cobre ou outro metal não magnético. O espaço entre eles deve ser suficiente para a colocação da bobina.

fig. 7



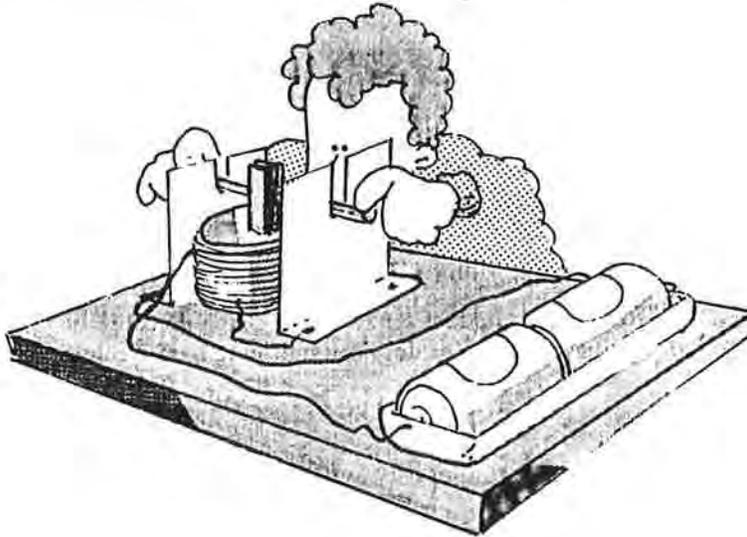
A figura 8 representa um detalhe do eixo sobre o suporte. O eixo deve ser isolado ao longo de sua face superior, em um dos lados, o que pode ser feito com esmalte para unhas.

fig. 8



## ELETROMAGNETISMO

A figura 9 esquematiza a montagem do motor de ímã móvel. Observe como a bobina está ligada em série ao eixo e aos suportes, acompanhando o sentido da corrente  $i$ , que sai do pólo positivo da pilha, passa pela bobina, desta para o suporte da direita; através do eixo do rotor, passa ao suporte da esquerda e deste fecha o circuito atingindo o pólo negativo da pilha.

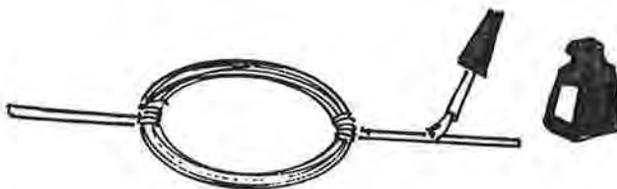


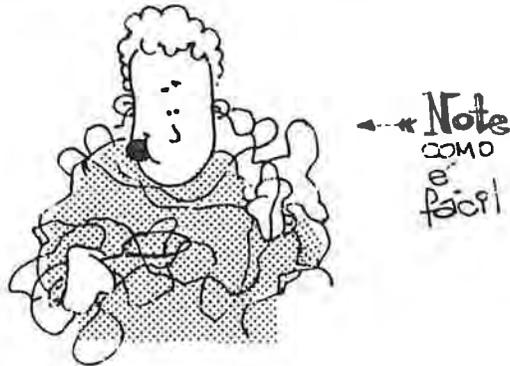
OBS: A parte móvel deve permanecer em equilíbrio na posição da figura 4, ou seja, com os ímãs dispostos verticalmente. Para isso, um dos seus lados deve ser ligeiramente mais pesado que o outro. Além disso, nessa posição, deve haver contato entre o eixo e os suportes o que vai permitir a movimentação imediata do motor assim que o circuito for fechado. Na posição inversa não deve haver contato para que não haja torque no sentido oposto. Por essa razão, a parte de cima do eixo em relação à posição da figura 4 deve ser isolada.

#### Parte C – motor (II): ímã fixo e bobina móvel

Nesta construção, a parte móvel (bobina) é obtida enrolando-se o fio de cobre (nº 26) de aproximadamente 90cm de comprimento num corpo de pincel atômico, por exemplo. Deixe livre cerca de 3cm em cada extremidade.

fig. 10

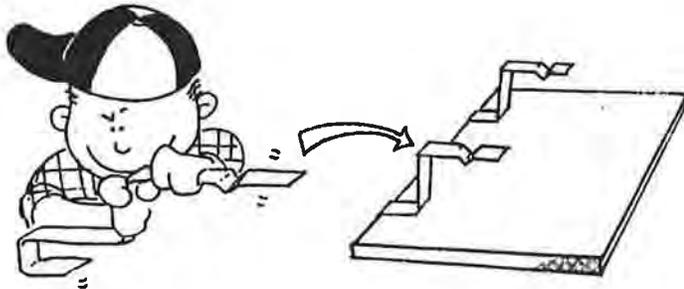


**MOTORES ELÉTRICOS E INSTRUMENTOS DE MEDIDA COM PONTEIRO**


Raspe uma das extremidades do fio da bobina, retirando totalmente o esmalte que recobre o fio. Raspe a outra extremidade tomando o cuidado de deixar uma faixa de esmalte ao longo do comprimento.

Para fazer os suportes da bobina utilize, por exemplo, a presilha de lata das pastas de cartolina, dando-lhes o formato indicado na figura 11 e encaixe-as na tábua.

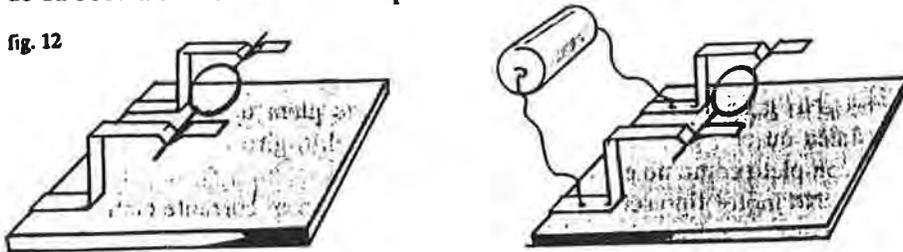
fig. 11



Coloque a bobina sobre os suportes e verifique se ela pode girar livremente. Se isso não ocorrer, veja se as extremidades da bobina estão bem retas e opostas e se as depressões nos suportes estão em linha reta e no mesmo nível.

Ligue com fios de cobre cada uma das lâminas do suporte a uma extremidade da pilha. Preste atenção para não deixar a faixa esmaltada da extremidade da bobina em contato com o suporte.

fig. 12



## ELETROMAGNETISMO

Coloque o ímã sobre um suporte qualquer de forma que fique aproximadamente à mesma altura da bobina (fig.13). Tome cuidado em deixar a parte raspada da extremidade da bobina em contato com o suporte de metal. Só assim haverá um caminho ininterrupto de um pólo da pilha até o outro, passando pela bobina. Se a faixa esmaltada estiver em contato com o suporte, torça essa extremidade.

fig. 13



OBs.: Dê um pequeno giro na bobina e observe se ela continua girando. Se não continuar, experimente girá-la inicialmente para o outro lado. Se ainda assim a bobina não continuar girando, verifique se:

- existe uma posição melhor para o ímã;
- as extremidades da bobina estão tortas, impedindo-a de girar livremente;
- as extremidades da bobina estão corretamente raspadas;
- a pilha está bem ligada às lâminas de lata.

Com o motor em funcionamento, observe o que acontece quando o ímã é retirado.

Coloque o ímã em várias posições ao redor da bobina e observe o que acontece.

Você tem explicações para esses efeitos? O que acontece com o sentido de rotação da bobina quando se inverte a extremidade do ímã?

**Comentários:**

### PARTE A

No galvanômetro é importante notar que além de não existir ligação (mecânica ou elétrica) entre as partes fixa e móvel, o giro do eixo do ponteiro não é completo como no eixo do motor.

No motor tipo série o enrolamento do rotor, com corrente elétrica, faz o papel do ímã no galvanômetro.

## MOTORES ELÉTRICOS E INSTRUMENTOS DE MEDIDA COM PONTEIRO

---

### PARTES B e C

O elemento básico no motor I é a parte móvel constituída por um ímã, que deverá ser colocado no interior de uma bobina (parte fixa), percorrida por uma corrente elétrica contínua. Essa parte móvel, durante o movimento, deve ligar ou desligar a bobina, permitindo que a corrente elétrica se estabeleça ou não nela, nas posições convenientes. Isso será feito pelo eixo da parte móvel que, por essa razão, estará disposto horizontalmente sobre suportes metálicos verticais facilitando o contato elétrico entre eles. A construção dos dois tipos de motor permite estabelecer analogias e diferenças entre ambos. É possível, embora mais difícil de se obter um resultado satisfatório, substituir a parte móvel de ímãs por uma bobina girante, construindo-se um motor sem ímãs, o que pode propiciar discussões muito interessantes sobre a impossibilidade de se construir um motor só com ímãs.

Nestas montagens são muitas as possibilidades de alterações e uso de materiais alternativos, cuja eficiência, quase sempre, só pode ser verificada na prática.

## BIBLIOGRAFIA

Álvares, Beatriz Alvarenga; Luz, Antônio Máximo Ribeiro da; *Curso de Física*, vol.3. Ed. Harbra, São Paulo, 2ª ed. 1986.

Alves Filho, Avelino; Oliveira, Edson Ferreira de; Robortella, José Luís de Campos; *Física, Eletricidade e Ondulatória*, vol.3. Ed. Ática, São Paulo, 1984.

Bachelard, Gaston; *O Novo Espírito Científico*, Edições Tempo Brasileiro Ltda., Rio de Janeiro, 2ª ed. 1985.

Barros, Célia Silva Guimarães; *Pontos de Psicologia Geral*, Ed. Ática, São Paulo. 1985.

Bernal, J.D.; *Ciência na História*, Livros Horizonte LDA, Lisboa, Obra distribuída em 7 volumes, 1978.

Bohm, David; *A totalidade e a ordem implicada - Uma nova percepção da realidade*, Ed. Cultrix, São Paulo.

Delizoicov, Demétrio; *Conhecimento, Tensões e Transições*. Tese de Doutorado apresentada à Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, São Paulo. 1991.

Delizoicov, Demétrio; Angotti, José André; *Física*, Cortez Editora, São Paulo, 3ª ed. Revista. 1992.

Einstein, Albert; *Notas Autobiográficas*, Editora Nova Fronteira, Rio de Janeiro, 2ª ed. 1982.

Freire, Paulo; *Conscientização - Teoria e Prática da Libertação, Uma Introdução ao Pensamento de Paulo Freire*, Ed. Moraes, São Paulo. 1980.

Freire, Paulo; *Educação como prática da liberdade*, Ed. Paz e Terra, São Paulo, 14ª ed. 1983.

Freire, Paulo; *Pedagogia do Oprimido*, Ed. Paz e Terra, São Paulo, 12ª ed. 1983.

Freire, Paulo; Shor, Ira; *Medo e Ousadia*, Ed. Paz e Terra, São Paulo, 4ª ed. 1992.

Hosoume, Yassuko; *Proposta de um modelo espontâneo de movimento*, Tese de Doutorado apresentada à Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo. 1986.

Kneller, George F.; *A ciência como atividade humana*. Editores Zahar/Edusp; São Paulo; 1980.

Kuhn, Thomas S.; *A Estrutura das Revoluções Científicas*, Ed. Perspectiva, São Paulo, 2ª ed. 1978.

Libâneo, José Carlos; *Democratização da Escola Pública - A pedagogia crítico-social dos conteúdos*, Edições Loyola, São Paulo, 9ª ed. 1990.

Magee, Bryan; *As idéias de Popper*, Ed. Cultrix, São Paulo.

Menezes, Luis Carlos de; *Crise, Cosmos, Vida Humana - Física para uma Educação Humanista*, Tese de Livre-docência apresentada ao Instituto de Física da Universidade de São Paulo. 1988.

Piaget, Jean; *O estruturalismo*, Difel - Difusão Editorial S.A., São Paulo/Rio de Janeiro, 3ª ed. 1979.

Pregnoatto, Yukimi Horigoshi; *A Eletrostática: O conhecimento possível e o conhecimento apreendido*. Tese para obtenção do grau de Doutor apresentada à FEUSP. São Paulo, 1994

Ramalho Junior, Francisco; Santos, José Ivan Cardoso dos; Ferraro, Nicolau Gilberto; Soares, Paulo Antônio de Toledo; *Os Fundamentos da Física*, vol.3. Ed. Moderna, São Paulo, 3ª ed. 1988.

Ribeiro Jr, João; *O que é positivismo*. Ed. Brasiliense, São Paulo, 2ª ed. 1983.

Robilotta, Manoel R.; *Construção e Realidade no Ensino de Física*. Instituto de Física da USP, São Paulo. 1985.

Salém, Sônia; *Estruturas conceituais no ensino de física - Uma aplicação à Eletrostática*. Dissertação de Mestrado em Ensino de Ciências (modalidade Física), IFUSP/FEUSP, São Paulo. 1986.

Snyders, Georges; *A alegria na escola*, Ed. Manole Ltda, São Paulo. 1988.

Snyders, Georges; *Alunos felizes - Reflexão sobre a alegria na escola a partir de textos literários*, Ed. Paz e Terra, São Paulo. 1993.

Zanetic, João; *Física também é cultura*, Tese submetida à Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo para obtenção do Título de Doutor em Educação. 1989.