

Universidade de São Paulo
Instituto de Física / Faculdade de Educação

**Duas Propostas de Ensino de Segundo Grau
e
Suas Formas de Compreender a Eletricidade**

Sandra Del Carlo

Dissertação apresentada ao Instituto de Física e à Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências (modalidade: Física).

Orientadora:
Prof^a Dr^a Yassuko Hosoume

Primavera/1997

Yd

Sandra Del Carlo

Duas Propostas de Ensino de Segundo Grau e Suas Formas de Compreender a Eletricidade

Dissertação apresentada ao Instituto de Física e à Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências (modalidade: Física).

Orientadora:
Prof^a Dr^a Yassuko Hosoume

Primavera/1997

IF/FE USP

dissertação de mestrado em ensino
de Ciências (modalidade: Física)
orientadora: Yassuko Hosoume
Sandra Del Carlo

Aos meus pais,
Lindaura e Ualfrido,
ofereço estas poucas
páginas para agradecer, por enquanto,
a vida e as oportunidades que o ser humano merece.

Aos meus irmãos,
Sylene e Junior através dos quais
sempre tive certeza de que ter irmão
e ser irmão são essenciais para crescermos.

Ao meu sobrinho, Pedro,
que, apesar de não conhecer
as palavras, ainda, já reconhece seu valor.

E, ao meu cunhado, Célio,
por fazer parte da família e por sempre refletir
isso, colaborando tecnicamente para este trabalho.

AGRADECIMENTOS

À minha orientadora, Yassuko, que mesmo possuindo muitas atribuições, nunca deixou de me orientar e auxiliar em vários caminhos mesmo não fazendo parte de suas funções, tornando-se uma amiga.

À Inês, pela ajuda imensurável neste trabalho e pela nova maneira de conseguir olhar para o mundo.

Ao Marcelo, pela amizade de tantos anos e que talvez tenha se solidificado ainda mais, "por conta" deste trabalho e das agruras e alegrias que partilhamos.

Ao Ruy e ao Edson, pela seriedade com que sempre trataram nossa amizade.

Ao Fernando que, mesmo "achando" que não contribuiu em nada e que não apareceria neste espaço, sabe que este espaço é muito pouco para agradecê-lo.

À Maria Ângela, pela maneira carinhosa que sempre me tratou e por sempre acreditar em mim, também como pessoa e não só como profissional.

Ao pessoal "do corredor", Jô, Ivanilda, Margareth, Inês, Miriam, Edison e todos que podem não ver seu nome aqui, mas seus "toques" fazem parte da minha "bagagem" de vida que, com certeza, não deixarei ficar só para mim.

À todas as pessoas de meu convívio, não só durante os anos que este trabalho durou, mas também ao longo de minha vida, através de contribuições que, muitas vezes, nem imaginam terem realizado.

Às meninas do volley, Chris, Muniky e Vanessa, que muito me ajudaram a conseguir chegar até o fim.

À CAPES, pelo suporte financeiro e seriedade do trabalho.

E aos professores das duas propostas que aplicaram os questionários sem os quais este trabalho não teria existido.

Resumo

Com este trabalho realizamos uma comparação nas formas de compreender a Eletricidade entre estudantes de segundo grau que passaram pelas propostas de ensino do GREF e do Ramalho.

Inicialmente fizemos um mapeamento das pesquisas a respeito dos conceitos espontâneos dos estudantes sobre corrente elétrica, resistência elétrica, energia e eletricidade a fim de sistematizarmos os modelos existentes sobre esses conceitos e utilizá-los na análise dos conhecimentos adquiridos pelos estudantes depois de cursarem uma das duas propostas de ensino.

Através de um instrumento típico dessa linha de pesquisa, obtivemos, entre uma grande parte dos estudantes da proposta do Ramalho, resultados semelhantes àqueles encontrados nas pesquisas mapeadas enquanto, uma parcela considerável dos estudantes da proposta do GREF, mostraram uma formação diferenciada, com uma certa ampliação na visão a respeito da Eletricidade. Essas diferenças aparecem no uso correto do modelo clássico de correntes para explicar os fenômenos elétricos resistivos; na identificação mais abrangente da utilização de Eletricidade ou, ainda, no reconhecimento dos efeitos nocivos dos fenômenos elétricos, sem o temor que normalmente estes provocam.

Tendo como referências nossas reflexões sobre a educação, o conhecimento físico e os processos de ensino-aprendizagem, procuramos compreender esses resultados através da análise dos elementos característicos de cada uma das propostas e pudemos verificar que, apesar de ambas tratarem do ensino de Eletricidade, são bastante diferentes. A proposta do Ramalho, com relação aos objetivos educacionais, almeja fundamentalmente que o aluno passe no exame vestibular, desenvolvendo, para isso, o conteúdo físico de maneira linear, fragmentada e apenas formal. E, no que se refere ao processo de aprendizagem, não existe espaço para a participação do aluno. E a proposta do GREF, tem como objetivo educacional, "instrumentalizar" o aluno para a compreensão do cotidiano, tratando o conhecimento físico de forma estruturada, usando o conceito de energia como elemento de estruturação e apresenta modelos explicativos para a construção de imagens sobre os objetos em análise. E, no processo de aprendizagem, a participação do aluno ocorre desde o início do curso, através do planejamento.

Abstract

With this work we compared the ways to understand Electricity among high school students that had Electricity course with teaching proposals from GREF and Ramalho.

Initially we searched for researches about students spontaneous concepts in electric current, electric resistance, energy and electricity intending to arrange the existing models about these concepts, and using them to analyse how was the knowledge of the students after they had finished one of the courses from the teaching proposals.

Using a typical instrument from this kind of research, with a great portion of students from Ramalho's proposal, we obtained almost the same results that we had found at the initials researches. Although, among the students from GREF's proposal, the answers showed a different formation with a certain amplification in their point of view about Electricity. These differences are: in the correct apply of the classic current model to explain electric resistive phenomenon; in recognising the great utilisation of Electricity and, in spite of harmful effects from electric phenomenon, the students usually recognise them.

Considering our thoughts about Education, Physics and teaching and learning processes, we looked for to comprise these results analysing the attributes elements from which proposal and, even if the two proposals intend to teach Electricity, we could confirm that they are very different from each other. The principal educational objective from Ramalho's proposal is in order to make the student pass in the university exam; to reach this, it develops the physics contents in a linear way, and in fragments that uses only the formal language. In this proposal, the student doesn't have space to participate actively in the learning process. And, the principal educational objective for GREF's proposal is give students abilities to comprise the diary things using Physics knowledge which is developed as a structure having the energy concept guiding the whole and, this proposal still introduces explaining models to construct images about the objects which are being analysing. And, in this course, the student participates from the very beginning, including when he helps to make the plan.

Índice

Introdução.....	1
------------------------	----------

Capítulo 1 - Conceitos Espontâneos em Eletricidade:

um mapeamento bibliográfico.....	15
1.1. Os Caminhos das Pesquisas	15
1.2. Modelos Intuitivos Identificados.....	25
1.3. Algumas Considerações.....	31

Capítulo 2 – Algumas Características das Visões de Eletricidade dos Estudantes de Duas Propostas de Ensino:

Ramalho e GREF	34
2.1. A Amostragem.....	35
2.2. O Instrumento de Pesquisa	35
2.3. A Análise dos Dados	38
2.4. Resultados	48

Capítulo 3 – Reflexões a Respeito do Ensino –

Educação/Física/Processos de Ensino-Aprendizagem	54
3.1. As Dimensões de Reflexão	57
3.1.I. Educação	57
3.1.II. Física.....	65
3.1.III Processos de Ensino-Aprendizagem.....	71

Capítulo 4 – Análise Comparativa das Duas Propostas de

Ensino de Eletricidade	77
4.1. Os Elementos Norteadores da Análise.....	77
4.1.I. Educação	77
4.1.II. Física	77
4.1.III. Processos de Ensino-Aprendizagem.....	79
4.2. Os Elementos Norteadores nas Duas Propostas	79

4.2.I. Educação	80
4.2.II. Física	83
4.2.III. Processos de Ensino-Aprendizagem.....	94
4.3. Uma Síntese da Análise Comparativa.....	100

Capítulo 5 – Considerações Finais 104

<u>Anexos</u>	111
Anexo 1 – Teoria Eletromagnética	112
Anexo 2 – Questionários	127
Anexo 3 – Índice do Livro de Eletricidade da Proposta do Ramalho.....	153
Anexo 4 – Índice do Livro da Proposta GREF de Eletromagnetismo.....	154
Anexo 5 – Quadro Histórico do Livro do Ramalho.....	158

Referências Bibliográficas.....I - VI

Introdução

1 - Conceitos Espontâneos em Eletricidade: um mapeamento bibliográfico

**2 - Algumas Características das Visões de Eletricidade dos Estudantes de
Duas Propostas de Ensino**

**3 - Reflexões a Respeito do Ensino – Educação/Física/Processos de
Ensino-Aprendizagem**

4 - Análise Comparativa das Duas Propostas de Ensino de Eletricidade

5 - Considerações Finais

Anexos

Referências Bibliográficas

Introdução

Desde que comecei a ministrar aulas de Física para alunos de primeiro e segundo graus, há sete anos, inicialmente na rede pública estadual de São Paulo, tenho notado um certo descaso com os cursos que poderia ser resumido através da falta de uma preocupação maior com o planejamento. Esse descaso, na minha opinião, tem ocorrido tanto por parte dos professores quanto das próprias escolas, que, na maioria das vezes, não demonstram muito rigor com o planejamento: o que ocorre normalmente é que o professor entrega o conteúdo e as estratégias do planejamento, na forma de tópicos que ele pretende utilizar e a escola simplesmente aceita isso, como se fosse apenas o cumprimento de mais uma burocracia, algo formal, sem nenhum significado que o sustente. Neste caso, uma das coisas que a direção das escolas poderia fazer seria, no mínimo, questionar os tipos de estratégias, mostrando preocupação com o andamento das aulas e principalmente, como atingir a motivação dos alunos, por exemplo, através de um instrumental diversificado.

Durante esses anos em que tenho atuado como professora, trabalhei em escolas passando pelas mais diversas situações, desde a substituição de um professor com o curso já iniciado até aquelas em que o curso foi totalmente elaborado por mim. Nesta última situação, tratava-se da implantação de um curso exclusivamente de Física para a 8ª série do primeiro grau e que, portanto, colocou-me diante de uma situação totalmente nova, devido a inexistência de material didático específico, pelo menos no mercado editorial, para um curso diferenciado que não tratasse a Física do primeiro grau como aquela desenvolvida nos livros de Física do segundo, apenas com um tratamento matemático mais elementar.

Ao procurar referências que me auxiliassem na elaboração desse curso, verifiquei que a maioria dos livros existentes tratava a Física como uma parte das Ciências, juntamente com Química e Biologia, mas focalizando essencialmente a Mecânica e, em alguns casos, a Ótica e a Eletricidade,

através de experimentos bem simples, como, por exemplo, dois livros de Ciências bastante utilizados na 8ª série: "Ciências - 8ª série: Prevendo o Futuro da Espécie Humana" de Carlos Barros e "Ciências e Educação Ambiental - Química e Física" de Daniel Cruz. O primeiro, aborda o tema do título através das Ciências, onde a Física tratada envolve apenas Mecânica, através da Cinemática e da Dinâmica para chegar em Gravitação, que aí sim, relaciona-se com o tema do curso. E o segundo livro, já mais voltado para uma Física geral, aborda desde os estados físicos da matéria, através de um enfoque microscópico e em conjunto com a Química, até noções gerais de Mecânica, Eletricidade e Magnetismo; este é um livro que mostra uma tendência bastante atual, mas ainda pouco freqüente no mercado editorial. Essa tendência vem ocorrendo por parte de algumas escolas que, apenas a nível introdutório, têm procurado substituir na 8ª série, os estudos de Ciências, abrangendo Biologia, Química e Física como uma única disciplina, por um estudo que aborde cada uma delas, separadamente, exatamente como os alunos as terão no segundo grau.

Já trabalhando como professora do segundo grau nas mais diversas situações, algumas coisas com as quais vinha me deparando, começavam a incomodar. Durante o primeiro ano nesse trabalho, como professora em substituição, com o curso já em andamento e, portanto, com o livro e o conteúdo estabelecidos, minhas preocupações voltaram-se para os objetivos dos cursos. Esses objetivos chamaram a minha atenção porque, com o tempo, pude perceber que estes norteavam as escolhas básicas dos cursos, como: conteúdo, livro e forma de abordagem e, principalmente, por serem totalmente diferente daqueles que eu me proporia a atingir, pela própria maneira como vejo o ensino e a Física a ser ensinada. É claro que isso não era tão nítido desde o início, mesmo porque minhas primeiras aulas eram idênticas àquelas que tive durante minha formação, no estilo mais tradicional, acompanhando a seqüência do livro e utilizando-o como única referência para preparar as aulas que pareciam possuir um "ritual" a ser seguido: eu expunha o conteúdo teórico, colocando-o na forma de definições e de "fórmulas" e, em seguida, perguntava se os alunos tinham alguma dúvida; como, na maioria das vezes, eles não se

manifestavam, eu continuava a aula resolvendo alguns exercícios para que posteriormente, os alunos tentassem resolver outros, seguindo os “passos” estabelecidos por mim.

Mas, ao mesmo tempo, eu percebia que além, dos alunos não terem a mínima condição de elaborar suas dúvidas, por simplesmente não entenderem a linguagem utilizada na Física, também não ficava explícito para eles, o porquê de se aprender Física daquela maneira: primeiro, decorando definições e “fórmulas” e depois, repetindo o que eu fazia para resolver os exercícios; não estou querendo dizer que o aluno já possuía tal discernimento mesmo porque, ele não conhecia outro referencial para comparar, quer seja na Física ou em outras disciplinas. Quero dizer que, ao ministrar um curso “tradicional”, não é comum expor os objetivos que se pretende alcançar mas, ao mesmo tempo, “vende-se a imagem” de que o objetivo é preparar o aluno para entrar numa faculdade e o que acontece, com a maioria desses alunos da rede pública, é que isso não reflete a realidade e acaba gerando, algumas vezes, questionamentos quanto à necessidade das aulas serem dessa forma. Esses questionamentos surgem, principalmente, porque esse objetivo implícito do ensino tradicional não é coerente com a realidade que encontramos nas escolas e só encontra justificativas nos valores “naturais”, ou seja, depois que o aluno completou o segundo grau é natural que ele pretenda cursar uma faculdade. Mas isso, não é o que normalmente acontece, porque pensar dessa forma é uma maneira muito simplista de ver a realidade e é justamente nesse ponto que ocorre o “choque” entre os objetivos escolares e a realidade.

No decorrer de todo esse processo, pude perceber que a simples substituição de palavras bastante freqüentes na linguagem da Física por palavras mais próximas dos alunos, faziam com que eles participassem mais das aulas e, de certa forma, fornecessem respostas positivas quanto ao aproveitamento. Por exemplo: eu solicitava que o aluno pensasse no termo *repouso* fora do contexto da Física e eles automaticamente compreendiam e diziam: *parado, não anda*; ou então, para falar em *equilíbrio de duas forças aplicadas na mesma direção*, solicitava que dois alunos tentassem movimentar uma mesa aplicando forças com o mesmo “valor” ou até, lembrava-os da

brincadeira do “cabo de guerra” e pedia que tentassem explicá-la com suas palavras. É claro, que com essas modificações, eu deixava de ser criteriosa quanto aos limites de tais situações mas primeiro eu tinha que “atingir” os alunos, trazê-los mais perto daquilo que eles precisavam aprender, a Física.

Mas, o que eu, na realidade, estava fazendo era apenas uma espécie de “tradução” daquela mesma Física, sem uma preocupação maior em estabelecer objetivos educacionais mais amplos.

Ao tentar estabelecer meus objetivos para o ensino de Física no segundo grau, percebi que deveria considerar a realidade, os tipos de alunos que se encontravam nela e, conseqüentemente, o porquê deles estarem estudando. Assim, procurava responder duas questões: o que é ensinar e que Física ensinar, tendo a primeira questão como premissa.

Além disso, quando comecei a me preocupar com os alunos e suas realidades, também me interessei em procurar compreender como eles aprendiam e o que; isso me levou a perceber que todas as coisas com significado para suas vidas, sejam elas de qualquer natureza, desde experiências de vida até a percepção de que muitas coisas do seu dia a dia poderiam ser compreendidas através de seus estudos escolares, ganhavam uma grande potencialidade de serem aprendidas. Por isso, passei a me utilizar mais de situações que permitissem explorar esse aspecto e, assim, facilitar a aproximação do aluno do conhecimento físico.

A meu ver, ensino e educação são coisas que sempre aparecem juntas na vida de todo ser humano, praticamente inexistindo uma linha divisória entre elas. Portanto, ao pensar no ensino de segundo grau, penso também na educação que se pretende atingir ao final dessa fase de estudos. Esse indivíduo faz parte de uma sociedade e é nela, para ela e através dela que ele deve se formar; essas considerações levam a um tipo de formação que seja bastante amplo a fim de possibilitar a participação política, social e econômica do indivíduo em seu mundo.

Sob esse referencial, conscientizei-me que ensinar é uma das maneiras de se contribuir para a formação total do ser humano, do cidadão,

proporcionando-lhe conhecimentos, habilidades, instrumentos e responsabilidades que permitam a sua compreensão e atuação no mundo do qual é parte integrante e que também deve se tornar participante.

Considerando o ensino dessa forma, a Física deve ser mais um elemento constituinte de um todo que contribuirá para esse tipo de formação do cidadão. Mas, para que a Física cumpra esse papel, ela não pode se manter, nem na forma e nem no conteúdo, como vem se mantendo há vários anos porque as características necessárias para tal mudança implicam numa visão diferente da Física como Ciência e de toda a grade curricular do ensino de segundo grau.

A visão diferenciada da Física a qual me refiro é aquela que a considera, não como uma Ciência absoluta, imutável e “detentora da Verdade” ditada pelos grandes cientistas, mas aquela Ciência que possa ser vista como parte de um *“processo de compreensão da realidade, processo humano, permeado de dúvidas e acertos, discussões, confrontos de idéias e de diferentes verdades”*¹.

Considerando minha visão da Física, como um corpo de conhecimento estruturado e dinâmico e, além disso, estabelecendo que meu objetivo é ensinar Física para que esta contribua na formação total do aluno como cidadão, torna-se necessário analisar como seria possível atingir tais objetivos: quais seriam as metodologias, as estratégias, os enfoques, as abordagens, as seqüências de conteúdo, o material instrucional e a avaliação, adequados para esse tipo de formação.

Esse mesmo objetivo também é apresentado no texto da proposta curricular da CENP para o ensino de Física do segundo grau de 1988 para o estado de São Paulo:

“A educação que se pretende, no segundo grau, visa à participação plena do indivíduo na sociedade. Participação política, social e econômica. Num mundo em constante

¹ Kawamura & Hosoume (1992), página 3.

*transformação como o nosso, o indivíduo precisa estar preparado para enfrentar as mudanças, para atuar sobre elas e, por isso, a educação nesse nível deve ir além do conceito de iniciação do aluno na cultura da sociedade, rumo à idéia de prepará-lo para compreender esse mundo e nele interferir*².

Entretanto, a proposta no sentido de caracterizar uma prática, mostra-se bastante fragmentada ao se utilizar dos elementos do cotidiano apenas como ilustrações do conteúdo para ensinar a Física como uma Ciência e que, como tal, possui uma relação com a tecnologia que, de certa forma, reflete as condições sociais da realidade. Mas, dessa maneira, isso é feito apenas “pontualmente”, sem que se estabeleça um compromisso, um vínculo entre o todo teórico e a realidade humana que seria conseguido, por exemplo, considerando uma característica comum a esses elementos do cotidiano e que, conseqüentemente, lhes conferiria um significado valorizado tanto na busca de uma compreensão do mundo quanto do conteúdo teórico.

Tive contato, através dos cursos oferecidos pela Universidade de São Paulo à rede estadual, com a proposta de ensino do Projeto GREF³, cujos objetivos gerais vinham de encontro às minhas expectativas com relação à formação do aluno que terminava o segundo grau. Nesta proposta, o objetivo é aprender a Física para compreender o mundo em que se vive, tornando-a uma Ciência prática e universal, utilizando-se de uma metodologia cujos princípios gerais são abordados a partir de elementos do cotidiano, tanto do mundo do professor quanto do aluno⁴. A proposta está sistematizada e concretizada através de três livros direcionados aos professores: Física 1 / Mecânica; Física 2 / Física Térmica e Óptica e Física 3 / Eletromagnetismo⁵.

² Secretaria da Educação do Estado de São Paulo, Coordenadoria de Estudos e Normas Pedagógicas. Proposta Curricular para o Ensino de Física - 2º Grau, 2ª ed., São Paulo: SE/CENP, 41p., 1992.

³ GREF – Grupo de Reelaboração do Ensino de Física, grupo sediado no Instituto de Física da Universidade de São Paulo que desenvolve propostas de ensino de Física para o segundo grau.

⁴ Estes são os objetivos da Proposta GREF que se encontram na sua apresentação geral à página 15 do volume “Física 1 - Mecânica”; EDUSP; 2ªed.; São Paulo; 1991.

⁵ GREF - “Física 3 - Eletromagnetismo”. EDUSP, 1ªed., São Paulo, 1993; “Física 2 – Física Térmica e Óptica”, EDUSP, 2ªed., São Paulo, 1993.

Nesse contato, dois aspectos chamaram inicialmente a minha atenção: partir de elementos do dia a dia do aluno para abordar o conteúdo teórico a ser tratado e a impossibilidade, pelo menos no início, de se utilizar uma linguagem científica e matemática, bastante freqüentes e limitantes nos outros tipos de curso.

O projeto GREF parte dos elementos vivenciais pertencentes ao mundo real para desenvolver os conhecimentos físicos, possibilitando um significado, uma contextualização da Física, para que os alunos a percebam como algo mais próximo de suas vidas e, conseqüentemente, com mais possibilidade de domínio do conteúdo. Os conceitos vão sendo introduzidos de maneira gradual e encadeada, relacionados às grandezas utilizadas pelos estudantes no dia a dia; esses conceitos aparecem tanto com seu significado físico quanto na sua representação simbólica. Outro aspecto bastante interessante e intimamente relacionado a essa forma de desenvolver o conteúdo, é a consideração dada à "bagagem cultural" do aluno que deixa de ser considerado como "uma folha em branco" antes de entrar na escola, para assumir um papel ativo baseado em seus conhecimentos adquiridos fora dela e ao longo de sua vida.

Assim, considerando que meus objetivos e os da proposta GREF convergiam para o mesmo fim e como também correspondia às minhas necessidades (metodologia, estratégia, material instrucional, etc.) para atingi-los, passei a aplicá-la no curso de Eletricidade na terceira série do segundo grau, do período noturno, numa escola da rede estadual.

Desde o início, notei uma mudança de atitude nos alunos diante da proposta: no começo houve uma certa resistência à falta de "fórmulas" que, pouco a pouco, foi sendo substituída pela curiosidade de compreender o mundo e, principalmente, as coisas e fenômenos com os quais convivem diariamente. Essa resistência a qual me refiro, mostrava uma preocupação em como seriam as avaliações de Física, já que estas sempre foram essencialmente baseadas em resoluções matemáticas de problemas.

Uma das características do curso GREF é iniciar "*com o levantamento e a classificação dos aparelhos e componentes elétricos e eletrônicos que utilizamos cotidianamente*"⁶ no caso, relacionados à Eletricidade. Essa maneira de começar, fazia com que os alunos participassem prontamente, realizando citações, classificando e inclusive, começando a questionar a respeito do que estavam fazendo, por exemplo: *por que um secador não pode ser classificado como um aparelho resistivo e sim como um motor?*; essas questões suscitavam discussões nas quais os próprios alunos passavam a expor sua opinião, seu raciocínio e, assim, conseguiam chegar a certas conclusões por si mesmo.

É importante salientar também que, mesmo sendo um curso para alunos do período noturno, o interesse e a participação eram muito grandes, apesar das dificuldades extras que eles costumam ter, como, por exemplo, apenas para citar, assistir aulas após um dia inteiro de trabalho e, ainda assim, ter uma participação muito ativa.

Foi nesse primeiro momento que pude notar o início da conscientização dos alunos quanto à abrangência do conteúdo de Eletricidade já que começavam inclusive a questionar, de certa forma, os critérios utilizados para a classificação.

Outro momento também bastante motivante para os alunos, ocorria quando lhes era solicitado que pesquisassem, nos aparelhos existentes em sua casa, as indicações ou especificações técnicas de funcionamento para serem relacionadas com as grandezas físicas elétricas; também nessa atividade, os alunos questionavam bastante, procurando entender, por exemplo: o que significa quando um aparelho funciona em 110 volts e outro, em 220 volts.

E foi também nesse segundo momento que se iniciaram os primeiros contatos com a simbologia e linguagem físicas a serem utilizadas no decorrer do curso. Ainda nesta atividade, os alunos, observando os aparelhos e suas características físicas, começavam a relacioná-las com os valores das

⁶ GREF (1993), página 25.

grandezas correspondentes; por exemplo, ao observar os filamentos de lâmpadas com potências diferentes, eles conseguiam relacionar as características dos filamentos aos seus diferentes valores. E assim, mais uma vez, levar os conhecimentos físicos para seu mundo vivencial.

Talvez, uma das atividades da proposta GREF que melhor mostrou o posicionamento questionador que esta pretendia atingir com os alunos, tenha sido aquela em que eles, utilizando-se de uma conta de luz residencial, relacionavam a quantidade de energia elétrica que gastavam com o valor da conta que pagavam, ou seja, nesse momento iniciavam-se os primeiros contatos dos alunos, por exemplo, com as relações econômicas e os conhecimentos físicos que vinham estudando. Nessa atividade inclusive, muitos alunos questionavam, por exemplo, como era feita a medição do consumo de energia elétrica numa favela onde as ligações são, em geral, clandestinas e, portanto, não possuem "relógio de luz". Assim, com apenas uma atividade foi possível tratar também de relações sociais associadas à Física.

Neste breve e sucinto relato sobre algumas das minhas experiências com a aplicação da proposta GREF de Eletricidade, já foi possível perceber resultados significativos no processo de aprendizagem dos alunos, como: a ampliação no domínio do conteúdo de Eletricidade, expresso nas relações que os alunos passam a estabelecer entre esse conteúdo e o mundo em que vivem; a conscientização da potencialidade dos conhecimentos desses estudantes, mesmo aqueles não adquiridos na escola; a promoção de uma certa autonomia na busca de respostas para seus problemas; o conhecimento da existência de relações entre as grandezas físicas elétricas e as características dos aparelhos e coisas de seu mundo vivencial. No geral, esses resultados no processo de aprendizagem do aluno parecem indicar que eles apresentam uma nova maneira de "olhar" ou de visualizar o mundo em que vivem e no qual tomam consciência de ser parte ativa nesse processo de aquisição de conhecimento.

Mas, como seria possível sistematizar e melhor caracterizar os resultados que indicam se os alunos que passaram pela proposta GREF

adquiriram um conhecimento físico diferenciado e embasado num tipo de visão de mundo diferente daquela adquirida através do ensino tradicional?

Durante a aplicação da proposta GREF, tomei consciência de que o aluno, assim como todo ser humano, sentia-se mais motivado quando seus conhecimentos eram considerados, inclusive na escola, passei a procurar saber como o aluno e, portanto, o indivíduo, em geral, realmente aprendia, como acontece o processo de aprendizagem. E mais, quais eram os conhecimentos daqueles estudantes, como se encontravam articulados na estrutura cognitiva e, conseqüentemente, como essa estrutura já existente poderia facilitar a aprendizagem de novos conhecimentos, inclusive já pensando também em como eu, professora, tendo esse conhecimento do que o aluno sabe, poderia fazer uso em minhas aulas.

A partir dessas idéias, meus primeiros interesses voltaram-se para os conceitos espontâneos e como a consideração desses poderia auxiliar nas aulas. Assim, num primeiro momento, resolvi que minha pesquisa deveria ser voltada para os conceitos espontâneos em Eletricidade, inclusive procurando verificar como eles se encontravam nos estudantes que passaram pela proposta GREF, ou seja, se esses conceitos ainda existiam e, se existiam, como estavam articulados, se eram iguais ou diferentes daqueles encontrados entre eles antes do ensino.

Nessa perspectiva, um primeiro passo foi realizar um levantamento dos trabalhos sobre conceitos espontâneos existentes nas bibliografias da área. Com esse levantamento, tomamos contato com a análise de conceitos, como corrente elétrica, resistência elétrica, potência e tensão elétrica, além de energia e eletricidade, ou seja, essas pesquisas se restringiam a conceitos relativos aos elementos resistivos da Eletricidade. Vários autores mostraram que muitos desses conceitos espontâneos persistem após a instrução programada específica para ensiná-los. Em essência, esses trabalhos identificaram três modelos intuitivos de explicação dos estudantes para os efeitos elétricos, são os chamados modelo: de sumidouro, seqüencial e dos Watts.

Os resultados desse levantamento, contendo o número e a natureza dos trabalhos brasileiros nessa área, bem como uma análise dos mesmos onde são descritas suas metodologias e resultados obtidos, inclusive com os modelos intuitivos que também foram identificados anteriormente por autores internacionais, encontram-se no capítulo 1.

Para compreender melhor a mudança que uma proposta do tipo GREF pode propiciar, escolhemos uma metodologia de pesquisa que possibilitasse detectar com mais clareza os elementos diferenciadores das visões construídas pelos estudantes. Para tanto, o método comparativo foi considerado o mais eficaz.

Escolhemos para comparação três grupos de estudantes do segundo grau: o primeiro (G1) constituído por 69 estudantes da primeira série; o segundo (G2) por 64 estudantes que se encontravam na fase final da terceira série e que estudaram Eletricidade através da proposta Ramalho e o terceiro grupo (G3) composto por 85 estudantes que se encontravam na fase final da terceira série do curso de Eletricidade da proposta GREF. Nesse método, o grupo 1 (G1) foi utilizado para representar as concepções dos estudantes antes da instrução e os outros dois grupos, G2 e G3, para representar aqueles estudantes que cursaram dois tipos de propostas de ensino.

A verificação dessa aprendizagem de Eletricidade entre estudantes de segundo grau, através de uma metodologia comparativa, foi realizada entre a proposta GREF e uma proposta aplicada freqüentemente em nossas escolas, representada pelo ensino baseado no livro do "Ramalho"⁷. Este livro do Ramalho foi escolhido representante de como a Física é ensinada atualmente, por dois motivos: primeiro, é o livro mais adotado desde sua primeira edição e segundo, os livros publicados⁸ posteriormente, pouco diferenciam-se dele.

⁷ Ramalho Júnior, Francisco et al.. "Os Fundamentos da Física" - vol. 3 (Eletricidade); 3ª ed.; Ed. Moderna; São Paulo; 1986.

⁸ Por exemplo: •Bonjorno, et. al. - "Física - 2º Grau (Mecânica, Termologia, Ondulatória, Ótica Geométrica e Eletricidade)-Livro Único"; Ed. FTD; 1988. •Shigekiyo, Carlos Tadashi; Yamamoto, Kazuhito; Fuke, Luiz Felipe - "Os Alicerces da Física 3-Eletricidade"; Ed.Saraiva; 1993. •Herskowitz, Gerson; Penteado, Paulo César M.; Scolfaro, Valdemar - "Curso Completo de Física" - Volume Único; Ed. Moderna; 1991.

Além disso, mesmo o livro do Ramalho sendo direcionado ao aluno, a maioria dos professores utilizam-no para preparar suas aulas.

Analisando os trabalhos de pesquisa apresentados no capítulo 1, quanto aos instrumentos de tomada de dados, escolhemos um questionário utilizado anteriormente por um dos trabalhos que, de alguma forma, poderia nos fornecer dados mais abrangentes sobre as mudanças nos conceitos elétricos dos estudantes. A aplicação desse questionário e a análise das respostas dos três grupos da amostra encontram-se no capítulo 2.

Os resultados mostraram que vários elementos que caracterizam uma visão de Eletricidade diferenciada entre os estudantes ocorrem em função do tipo de curso pelo qual eles passaram. Esses resultados também indicavam que seria possível verificar, além da aprendizagem dos alunos relacionada aos aparelhos resistivos, correspondente à parte 1 da proposta GREF, também a aprendizagem das outras partes que compõem essa proposta (motores, fontes, elementos de sistemas de comunicação e informação, materiais semicondutores e componentes elétricos e eletrônicos), precisando para isso desenvolver novos instrumentos de análise, pois não existe bibliografia para isso.

Dessa maneira, surgiram duas perspectivas na continuidade do trabalho: aprofundar nossas pesquisas a fim de estabelecer quais seriam os elementos característicos de cada proposta que poderiam suscitar as diferenças entre os estudantes após os cursos ou então, fazer um levantamento e comparar, entre os estudantes de cada proposta, as diferentes características dos conceitos escolhidos, considerando-os em outros tipos de aparelhos, além dos resistivos. Nossa opção recaiu sobre a primeira direção, ou seja, estabelecer quais poderiam ser os elementos do GREF e do Ramalho que proporcionariam tais diferenças nos tipos de visões dos estudantes e passíveis de serem encontradas na análise dos elementos resistivos.

Para que a escolha dos elementos de análise das duas propostas de curso fosse referenciada e balizada por considerações teóricas, no capítulo 3 é apresentada uma síntese das nossas visões de educação, conhecimento físico e processos de aprendizagem.

Direcionados por essas visões foram escolhidos os elementos para uma caracterização das duas propostas de ensino; tratam-se de 12 elementos de análise relativos à:

- **visão de educação** – objetivos educacionais das propostas e como cada uma delas trata a Física e o mundo;
- **visão de Física** – construção da Física, interpretações da natureza, organização do conteúdo, conteúdo e forma, atividades experimentais e aspectos qualitativos e quantitativos;
- **visão dos processos de aprendizagem** – conhecimento prévio do aluno, atuação do aluno, linguagem utilizada e analogias como estratégia.

A caracterização desses elementos e a análise das duas propostas de ensino são apresentadas no capítulo 4. Os resultados dessa análise mostraram que as propostas são bastante diferentes, desde o ponto de partida até o objetivo final de cada uma delas, passando pela maneira como se desenvolvem.

As diferenças começam com os objetivos que se pretende atingir para promover a formação do aluno, enquanto a proposta Ramalho tenciona formar o estudante para que este passe no exame vestibular, a proposta GREF apresenta como meta a formação total do aluno, quando procura fornecer significado ao aprendizado da Física, utilizando-a para explicar o mundo vivencial do aluno que, assim, passa a ter mais "instrumentos" para a sua compreensão da sociedade. Com essas metas tão diferentes, a maneira como cada proposta inicia e desenvolve o curso também se mostra bastante diferente.

O Ramalho inicia e desenvolve o conteúdo de maneira bastante tradicional, começando com a Eletrostática, seguindo para a Eletrodinâmica e finalizando com o Eletromagnetismo, adotando um desenrolar bastante fragmentado, além de apresentar uma seqüência dos conceitos já preestabelecida e baseada numa hierarquia que parte daqueles considerados mais simples até chegar nos conceitos mais complexos, sendo a noção de

carga elétrica e os processos de eletrização dos corpos tratados em primeiro lugar e, portanto, considerados os mais simples.

O GREF dá início ao curso com um levantamento e classificação das coisas que os alunos e o professor relacionam à Eletricidade, sendo essa classificação baseada nas transformações de energia elétrica e suas diversas formas, onde tal elemento desempenha um papel central na proposta fornecendo unidade ao todo do conteúdo e, assim, norteando o seu desenrolar que tem início com os aparelhos resistivos, segue para os motores elétricos e os instrumentos de medida com ponteiro, depois trata das fontes de energia, dos elementos de sistemas de comunicação e informação (propagação de energia), passa pelos materiais semicondutores e finaliza com os componentes elétricos e eletrônicos. Nesse tipo de conteúdo, estruturado em função de um elemento unificador, primeiramente são desenvolvidos os conceitos mais abrangentes para, em seguida, como casos particulares destes, serem tratados os outros.

E, finalmente no capítulo 5, é realizada uma tentativa no sentido de compreender os resultados das diferenças encontradas, articulá-las e fazer hipóteses a respeito dos elementos que poderiam suscitar certos tipos de respostas entre os estudantes. Este capítulo é ainda complementado por considerações gerais sobre o trabalho de pesquisa e sobre o objetivo do ensino da Física no segundo grau.

Introdução

**1 - Conceitos Espontâneos em Eletricidade: um
mapeamento bibliográfico**

**2 - Algumas Características das Visões de Eletricidade dos Estudantes de
Duas Propostas de Ensino**

**3 - Reflexões a Respeito do Ensino – Educação/Física/Processos de
Ensino-Aprendizagem**

4 - Análise Comparativa das Duas Propostas de Ensino de Eletricidade

5 - Considerações Finais

Anexos

Referências Bibliográficas

Capítulo 1 - Conceitos Espontâneos em Eletricidade: um mapeamento bibliográfico

Esta pesquisa bibliográfica visa fornecer, num primeiro momento, um quadro de âmbito nacional dos tipos de trabalhos já realizados, nos quais foram destacados os procedimentos adotados, ou seja: se realizam apenas um levantamento dos conceitos espontâneos em Eletricidade ou se ainda, os analisa com uma posterior utilização, criando novas propostas de ensino ou reformulando as já existentes. Num segundo momento, complementando esse quadro e obtendo informações mais detalhadas que possibilitaram a elaboração de uma síntese dos modelos espontâneos (ou intuitivos) explicativos dos estudantes para os efeitos resistivos da corrente elétrica, realizamos um levantamento dos trabalhos internacionais mais citados pelos autores brasileiros.

1.1. Os Caminhos das Pesquisas

Nosso levantamento abrangeu os trabalhos brasileiros publicados sobre conceitos espontâneos desde o início da década de 80 até aproximadamente 1995; o início dos anos 80 foi escolhido por coincidir com a publicação dos primeiros trabalhos sobre o assunto. Dentro desse período, foram considerados os trabalhos apresentados sob as formas de painéis e comunicações orais nos seis Simpósios Nacionais de Ensino de Física, os SNEF (1982 a 1993), além das publicações existentes até 1995 nas formas de dissertações, teses, artigos, preprints, projetos e livros.

Através das Atas dos Simpósios, identificamos 87 trabalhos realizados sobre conceitos espontâneos distribuídos nas áreas de: **mecânica, física térmica, óptica e eletricidade**, além dos temas **energia** e aqueles relacionados ao ensino de maneira geral, o qual designamos por **outros**. Em mecânica, incluímos os estudos de hidrostática, hidrodinâmica, gravitação e astronomia considerando que estes são, principalmente no segundo grau, tratados através dos princípios da dinâmica; em física térmica, os estudos de termologia e termodinâmica; em óptica

consideramos os estudos a respeito da luz e em eletricidade, os estudos sobre eletrostática, eletrodinâmica e magnetismo. No tema energia incluímos, além dos estudos referentes ao próprio tema, a radioatividade, e, naquele relacionado aos temas de ensino (outros), encontram-se: as ciências englobando a Física, a Química e a Biologia; os estudos a respeito do que é Física; a utilização de conceitos espontâneos no planejamento escolar; as metodologias de ensino; o laboratório e os próprios estudos sobre conceitos espontâneos.

Com esses resultados, elaboramos a tabela 1 que apresenta os trabalhos dos SNEF (painéis e comunicações orais) sobre conceitos espontâneos nas áreas da Física e nos temas relacionados a esse ensino.

Tabela 1 - Trabalhos Apresentados nos SNEF's

	Mecânica	Física Térmica	Óptica	Eletricidade	Energia	Outros	Total por SNEF
V SNEF (1982)	1	Ø	Ø	Ø	Ø	1	2
VI SNEF (1985)	8	2	2	1	Ø	1	14
VII SNEF (1987)	9	3	1	2	3	2	20
IX SNEF (1991)	7	5	3	Ø	2	4	21
X SNEF (1993)	11	4	3	Ø	1	11	30
Totais por Áreas e Temas	36	14	9	3	6	19	87

Obtivemos os dados referentes aos simpósios V, VI, IX e X através dos trabalhos completos ou dos resumos publicados nas atas e, os dados sobre o VII SNEF, através dos resumos organizados no caderno de resumos e de apresentação do simpósio. E, os trabalhos do VIII SNEF (1989), não encontram-se representados no quadro por não existir publicação a respeito.

Esse quadro nos indica que o número de trabalhos sobre conceitos espontâneos em Eletricidade é muito escasso, apenas 3 num total de 87, correspondendo a aproximadamente 3% do total. Os trabalhos apresentados são os seguintes:

1. VI SNEF/85: “Detecção de Alguns Conceitos Errôneos em Eletricidade através de Entrevistas Clínicas” - Maria Eugenia Domínguez.

Neste trabalho a autora, através de entrevistas clínicas realizadas antes que estudantes universitários cursassem a disciplina Eletricidade e Magnetismo, procura identificar e determinar a freqüência do que ela chama de conceitos errôneos de campo elétrico, potencial elétrico e intensidade de corrente e que se mostraram bastante freqüentes na amostra considerada.

2. VII SNEF/87:

2.1. “Um Teste para Detectar Concepções Alternativas sobre a Corrente Elétrica em Circuitos Simples” - Fernando Lang da Silveira; Marco Antônio Moreira; Rolando Axt.

Com este trabalho os autores procuram investigar a validade de um teste de múltipla escolha na detecção de concepções alternativas sobre corrente elétrica em circuitos simples entre estudantes do terceiro grau, antes e depois de estudarem Eletromagnetismo.

2.2. “Algumas Características de Concepções Alternativas em Estudantes Universitários” - Carlos Rinaldi.

Com a aplicação de questionários (pós-testes) entre estudantes universitários, cursando Eletricidade e Magnetismo, o autor busca investigar as características das concepções alternativas sobre intensidade de corrente elétrica e resistência elétrica e obtém resultados semelhantes àqueles obtidos por outros autores com outras populações, além de algumas concepções alternativas particulares.

Apesar da quantidade de trabalhos sobre conceitos espontâneos ser, em geral bastante grande, aqueles que tratam de Eletricidade ainda aparecem numa quantidade muito pequena. Além disso, esses poucos trabalhos mostraram-se também pouco extensos, quando pesquisados através das atas dos simpósios, não

nos permitindo um estudo mais aprofundado de suas metodologias e resultados e, ainda, os três tratam do ensino de terceiro grau. Esses fatores nos levaram a procurar outra fonte de dados, para que tivéssemos acesso a uma maior gama de trabalhos; nesse sentido, optamos pelo Banco de Referências de Ensino de Física¹, um banco de referências bibliográficas onde se encontram vários tipos de trabalhos em ensino de Física.

Segundo dados obtidos através desse banco, no período de 1982 a 1994, encontramos 89 trabalhos sobre conceitos espontâneos no ensino da Física, cuja distribuição percentual encontra-se representada na tabela 2.

Tabela 2

Dissertações e Teses	30 (34%)
Artigos	48 (54%)
Preprints	9 (10%)
Projetos	1 (1%)
Livro (um capítulo)	1 (1%)
Total de Trabalhos	89

Quando nos restringimos aos conceitos espontâneos em Eletricidade, o número de trabalhos passa a ser de apenas 13, sendo 4 entre dissertações de Mestrado e teses de Doutorado e 9 artigos.

Nesses 13 trabalhos, nosso maior interesse são os procedimentos de pesquisa utilizados que incluem, desde um levantamento dos conceitos espontâneos, procurando articulá-los através de uma análise comparativa com resultados obtidos em trabalhos internacionais até, como acontece em alguns casos, aqueles nos quais esses conceitos são utilizados em novas propostas de ensino ou em renovações nas já existentes. Além disso, quando o autor do trabalho realiza a análise desses conceitos, possibilita também a articulação dos modelos intuitivos utilizados pelos estudantes na explicação dos fenômenos elétricos.

Na tabela 3 estão apresentados os 13 trabalhos.

¹ Este é um banco de dados, totalmente informatizado e que se encontra no Instituto de Física da Universidade de São Paulo, possui referências bibliográficas de todos os tipos (artigos, dissertações, teses, projetos, apostilas, livros, etc.) para professores e pesquisadores.

Tabela 3 - Trabalhos sobre Conceitos Espontâneos em Eletricidade

N.º	AUTORES	TÍTULO	TIPOS DE PUBLICAÇÃO	ANO	PROCEDS. (L/A/U)	GRAU ESCOLAR DOS ESTUDANTES
1	Andrés, Maria Maite	Evaluación de la estrategia de conflicto para la enseñanza de la unidad de Eletricidad, en noveno grado de escuela básica	<u>Artigo</u> (Revista Brasileira de Ensino de Física)	1992	L/A/U	2º grau
2	Axt, Rolando; Moreira, Marco Antônio; Silveira, Fernando Lang da	Experimentação seletiva e associação a teoria como estratégia para facilitar a reformulação conceitual em Física	<u>Artigo</u> (Revista de Ensino de Física)	1990	L/A	3º grau
3	Domínguez, Maria Eugenia	Detecção de alguns conceitos intuitivos em Eletricidade através de entrevistas clínicas	<u>Dissertação de Mestrado</u>	1985	L/A	1º, 2º e 3º graus
4	Domínguez, Maria Eugenia & Moreira, Marco Antônio	Significados atribuídos aos conceitos de campo elétrico e potencial elétrico por estudantes de Física Geral	<u>Artigo</u> (Revista de Ensino de Física)	1988	L/A	3º grau
5	Moreira, Marco Antônio & Domínguez, Maria Eugenia	Misconceptions in Electricity among college students	<u>Artigo</u> (Ciência e Cultura)	1987	L/A	3º grau
6	Rinaldi, Carlos	Concepções alternativas em Eletricidade Básica	<u>Dissertação de Mestrado</u>	1989	L/A	1º, 2º e 3º graus
7	Rinaldi, Carlos & Ure, Maria Célia Dibar	Concepções de adultos não influenciados pelo ensino formal sobre Eletricidade	<u>Artigo</u> (Revista de Educação Pública)	1994	L/A	1º e 2º graus
8	Rinaldi, Carlos	Estudo comparado: construção do conceito de circuito elétrico	<u>Artigo</u> (Revista de Educação Pública)	1994	L/A	3º grau
9	Silveira, Fernando Lang da	Uma epistemologia racional-realista e o ensino da Física	<u>Tese de Doutorado</u>	1992	L/A	3º grau

N.º	AUTORES	TÍTULO	TIPOS DE PUBLICAÇÃO	ANO	PROCEDS. (L/A/U)	GRAU ESCOLAR DOS ESTUDANTES
10	Silveira, Fernando Lang da; Moreira, Marco Antônio	A validade preditiva do escore total em testes relativos a concepções em força e movimento e em corrente elétrica sobre a média final de alunos de Física I (mecânica) e Física II (eletromagnetismo)	<u>Artigo</u> (Caderno Catarinense de Ensino de Física)	1992	L	3º grau
11	Silveira, Fernando Lang da; Moreira, Marco Antônio; Axt, Rolando	Validação de um teste para verificar se o aluno possui concepções científicas sobre corrente elétrica em circuitos simples	<u>Artigo</u> (Ciência e Cultura)	1989	L/A	3º grau
12	Steffani, Maria Helena et.al.	Conservação de corrente elétrica num circuito elementar: o que os alunos pensam a respeito	<u>Artigo</u> (Caderno Catarinense de Ensino de Física)	1986	L/A	2º grau
13	Tagliati, José Roberto	Um estudo dos conceitos espontâneos em Eletricidade	<u>Dissertação de Mestrado</u>	1991	L/A/U	1º e 2º graus

Na tabela acima, na coluna identificada por PROCEDS. (procedimentos), são descritas as etapas utilizadas nos trabalhos para identificar os conceitos espontâneos em Eletricidade dos estudantes. Essas etapas consistem em três tipos de procedimentos: o levantamento, a análise e a aplicação dos conceitos, sendo utilizada com maior frequência, a metodologia que combina 2 ou 3 desses procedimentos no mesmo trabalho e essa combinação é indicada. Ou seja, por exemplo, se na pesquisa foram realizados levantamento dos conceitos espontâneos, com uma articulação dos modelos; seguido de uma análise comparativa e depois, a utilização desses resultados numa proposta de ensino, então, nessa coluna encontra-se indicado **L/A/U**, onde as abreviações indicam o seguinte:

L - levantamento dos conceitos espontâneos dos estudantes;

A - análise comparativa com os resultados dos trabalhos internacionais;

U - utilização ou aplicação dos conceitos levantados e analisados.

Analisando atentamente a tabela 3, verificamos que dos 13 trabalhos representados, podemos considerar que se tratam efetivamente de 6 trabalhos, sendo as 3 dissertações de mestrado (números: 3, 6 e 13, da tabela), 1 tese de doutorado (número 9) e 2 artigos (números: 1 e 12); isso ocorre, porque as pesquisas apresentadas nas dissertações e teses são mais abrangentes e aprofundadas, enquanto os artigos são normalmente elaborados como uma parte preliminar ou posterior dos resultados desse trabalho maior. Esse é o caso dos seguintes artigos, cujos resultados fazem parte do desenvolvimento do processo de pesquisa das seguintes dissertações e teses:

- i) da dissertação "Detecção de Alguns Conceitos Intuitivos em Eletricidade Através de Entrevistas Clínicas" de Maria Eugenia Domínguez (1985), resultaram dois artigos em co-autoria com Marco Antônio Moreira - "Significados Atribuídos aos Conceitos de Campo Elétrico e Potencial Elétrico por Estudantes de Física Geral" (1988) e "Misconceptions in Electricity Among College Students" (1987). Nesta pesquisa, os autores utilizaram-se de entrevistas clínicas realizadas antes e depois de um curso de Eletricidade e Magnetismo, entre estudantes universitários e de 1º e 2º graus, para que seus conceitos espontâneos fossem levantados e analisados com base em resultados obtidos nos trabalhos internacionais.
- ii) da dissertação "Concepções Alternativas em Eletricidade Básica" de Carlos Rinaldi (1989), resultaram os artigos - "Estudo Comparado: construção do conceito de circuito elétrico" (1994) e "Concepções de Adultos Não Influenciados pelo Ensino Formal sobre Eletricidade" em co-autoria com Maria Célia Dibar Ure. Nesta pesquisa, a metodologia para levantar os conceitos espontâneos dos estudantes, envolveu tanto a montagem de um circuito elétrico simples com pilhas e lâmpadas de lanterna, como um questionário onde os alunos representavam, através de desenhos ou de respostas escritas, suas explicações para o funcionamento dos circuitos propostos.
- iii) da tese de doutorado "Uma Epistemologia Racional-Realista e o Ensino da Física" de Fernando Lang da Silveira (1992) da qual resultaram três artigos - "Experimentação Seletiva e Associação a Teoria como

Estratégia para Facilitar a Reformulação Conceitual em Física” (1990) e “Validação de um Teste para Verificar se o Aluno Possui Concepções Científicas sobre Corrente Elétrica em Circuitos Simples” (1989), ambos em co-autoria com Rolando Axt e Marco Antônio Moreira, e “A Validade Preditiva do Escore Total em Testes Relativos a Concepções em Força e Movimento e em Corrente Elétrica sobre a Média Final de Alunos de Física I (mecânica) e Física II (eletromagnetismo)” (1992), em co-autoria com Marco Antônio Moreira. Nesta pesquisa, que se utilizou de testes escritos aplicados antes e após uma instrução, o diferencial encontra-se nos tipos de questões abordadas, onde os autores especificamente com o artigo de 1989, utilizam-se de alguns dos resultados obtidos nos trabalhos internacionais na elaboração dos testes para o levantamento dos conceitos espontâneos dos estudantes. Ou seja, nesses testes de múltipla escolha, a respeito de corrente elétrica, nas *“alternativas ‘erradas’ oferecidas encontram-se as concepções alternativas de que a corrente é consumida, a corrente é uma propriedade da fonte, a fonte armazena carga, a carga é gasta, etc.”*².

Quanto aos artigos, destacamos o número 1 da tabela de Maria Maite Andrés (1992), porque, mesmo sendo também parte do desenvolvimento de uma pesquisa maior, como uma dissertação de mestrado, merece destaque por ser o único dos trabalhos desta tabela a se utilizar efetivamente dos conceitos espontâneos levantados entre os estudantes numa estratégia de ensino. E, o artigo (12) de Maria Helena Steffani et.al. (1986), nos pareceu interessante porque, ao utilizar a montagem de um circuito elétrico simples com ligações em série e em paralelo de lâmpadas de lanterna e a aplicação de um pequeno questionário a respeito de seu funcionamento, permitiu que os estudantes “verificassem” a validade ou não de seus modelos para as explicações, na medida em que puderam interferir no arranjo do circuito, às vezes, colocando e, outras vezes, retirando elementos para responderem às questões.

² Silveira; Moreira; Axt (1989), artigo de Ciência e Cultura, 129-1133p..

E, finalmente, a dissertação de mestrado de José Roberto Tagliati (1991) que, num primeiro momento, através de entrevistas clínicas extrai os pensamentos e idéias mais profundos dos estudantes sobre seus conceitos de Eletricidade, adquiridos nas observações do dia a dia para depois, por meio de um questionário, confirmar hipóteses e modelos que os levaram a ver e caracterizar a Eletricidade, antes de passarem por um ensino formal.

Através dos trabalhos brasileiros organizados neste quadro, também foi possível identificar os conceitos elétricos mais pesquisados, e constatamos ser justamente os conceitos considerados primários para o estudo da Eletricidade: **corrente elétrica; tensão elétrica e resistência elétrica**. Normalmente, esses conceitos são desenvolvidos em Eletrodinâmica, a parte da Eletricidade onde os muitos fenômenos do dia a dia dos estudantes são bastante freqüentes.

Pudemos observar também que a maior parte das pesquisas utiliza-se de circuitos elétricos simples para que os estudantes expliquem, como entendem seu funcionamento. E quando isso é feito, eles se utilizam indiscriminadamente das palavras **eletricidade** e **energia** nas explicações o que motivou alguns dos pesquisadores a investigar também esses dois conceitos.

As investigações, na sua grande maioria, foram realizadas antes e depois de um curso ou instrução em Eletricidade; em geral, antes do curso, os estudantes deveriam explicar e, ao mesmo tempo, fazer com que um circuito elétrico simples funcionasse. Além disso, entrevistas clínicas e/ou questionários também eram utilizados para registrar a linguagem dos estudantes que, posteriormente, ao ser analisada e comparada com resultados obtidos em trabalhos internacionais, possibilitava a articulação dos chamados **modelos intuitivos**.

Em seguida, depois da aplicação do curso ou instrução, foram realizadas novas entrevistas clínicas e/ou questionários para detectar se os modelos intuitivos, identificados inicialmente, encontravam-se intactos ou, se houve alguma modificação, quer nos modelos, como um todo, ou apenas em alguns conceitos. Essa modificação "procurada" com os trabalhos, é realizada essencialmente para saber se houve uma mudança efetiva dos conceitos espontâneos para os

científicos ou, apenas a “troca” de um modelo intuitivo por outro e, assim consequentemente, verificar o que o estudante aprendeu.

Todos os trabalhos brasileiros citados, fazem referência e principalmente, articulam os conceitos espontâneos em Eletricidade obtidos em suas pesquisas, através dos resultados encontrados nos trabalhos internacionais nessa área. Dentre os trabalhos e respectivos autores, bem como seus resultados e/ou modelos mais significativos, destacam-se:

1. J. Evans (1978) - “Teaching Electricity with Batteries and Bulbs”, cujo trabalho com estudantes do 2º e 3º graus, através do estudo de circuito elétrico simples, obteve que: a bateria fornece sempre a mesma intensidade de corrente que é “dividida” entre as lâmpadas do circuito.
2. N. Fredette & J. Lochhead (1980) - “Student Conceptions of Simple Circuits”. Com um circuito elétrico simples constituído por uma bateria e uma lâmpada, os autores identificaram entre estudantes universitários do curso básico, dois modelos de corrente elétrica: a) modelo de atenuação (ou unipolar) - em que algo (corrente) desaparece ao passar pela lâmpada; b) modelo do circuito completo - algo (corrente) que passa através da lâmpada.
3. R.J. Osborne & J. Gilbert (1980) - “A Method for Investigating Concept Understanding in Science Education”. Mais uma vez, os autores utilizam-se de um circuito elétrico simples, mas agora, em estudantes de 7 a 18 anos de idade (1º e 2º graus) e obtêm os seguintes resultados: a) uma bateria contém corrente elétrica; b) os fios carregam corrente elétrica, mesmo quando o circuito está aberto; c) a lâmpada consome corrente elétrica; d) as correntes elétricas de baterias em série somam-se.
4. J.L. Closset (1983) - “Le Raisonnement Séquentiel en Electrocinétique”. Com este trabalho junto a estudantes universitários dos primeiros anos, o autor identificou o modelo de raciocínio seqüencial, onde o estudante raciocina localmente seguindo o circuito e usando, em geral, como ponto de partida, a bateria que é vista como uma fonte de corrente elétrica constante para o circuito que só é modificada quando encontra um elemento elétrico.

-
5. R. Cohen; B. Eylon; U. Ganiel (1983) - "Potential Difference and Current in Simple Electric Circuits: a study of student's concepts". Neste trabalho, os instrumentos foram entrevistas e questionários aplicados em estudantes do 2º grau e os resultados obtidos, foram: a) a corrente elétrica é um conceito primário para os estudantes; b) uma bateria fornece uma corrente elétrica constante.
 6. S. Joshua (1984) - "Student's Interpretation of Simple Electrical Diagrams". Neste trabalho, o resultado mais interessante foi a analogia que os estudantes fazem entre os diagramas elétricos e um sistema de tubos através do qual a corrente elétrica pode passar como um fluido.
 7. D.M. Shipstone (1984) - "A Study of Children's Understanding of Electricity in Simple D.C. Circuits". O autor utilizou, em estudantes de 12 a 18 anos (1º e 2º graus), um circuito elétrico contendo uma bateria e cinco lâmpadas ligadas em série e obteve três modelos para o fluxo de corrente elétrica: a) modelo do choque entre correntes - correntes de sinais opostos saem dos respectivos terminais da bateria e são consumidas pelos elementos do circuito; b) a corrente elétrica flui numa única direção - enfraquecendo-se gradualmente, conforme vai passando pelos elementos do circuito, de maneira que o último elemento "pegue" a menor corrente elétrica; c) a corrente elétrica é dividida entre os componentes do circuito - num circuito contendo lâmpadas idênticas, elas brilham igualmente porque a corrente elétrica é dividida igualmente entre elas e, conseqüentemente, não há conservação da corrente elétrica.

1.2. Modelos Intuitivos Identificados

Nos trabalhos considerados, os autores identificaram os modelos intuitivos que também foram encontrados em pesquisas internacionais com estudantes de primeiro, segundo e terceiro graus, nas quais foram utilizadas montagens de circuitos elétricos simples que, na maioria, eram constituídos por uma ou mais fontes de energia (pilha) e uma ou mais lâmpadas de lanterna.

Há trabalhos também, que não se utilizaram especificamente da montagem de um circuito simples, mas sim, de questionários onde os estudantes deveriam prever como seria o funcionamento do circuito, por exemplo, através de esquemas. E ainda, outros nos quais os questionários eram constituídos simplesmente por questões escritas, onde os estudantes respondiam sobre o funcionamento de circuitos e aparelhos elétricos, fornecendo justificativas que possibilitaram a articulação dos modelos intuitivos.

Antes da descrição dos modelos é importante ressaltarmos que, essencialmente, os estudantes de primeiro e segundo graus utilizam, sem fazer diferenciação, os termos corrente, energia, eletricidade e carga o que fez os autores também se utilizarem desses mesmos termos conforme foram surgindo em suas pesquisas. A inexistência de uma diferença entre esses conceitos e alguns outros, faz com que algumas idéias dos estudantes surjam de maneira indireta na investigação dos modelos intuitivos.

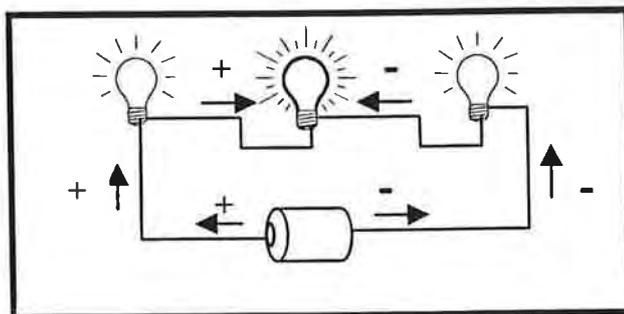
Os modelos intuitivos identificados nos trabalhos considerados encontram-se descritos a seguir.

1) Modelo de Sumidouro (ou modelo do choque entre correntes elétricas):

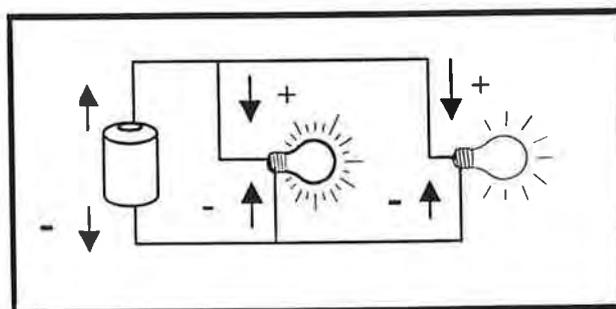
como o próprio nome indica, neste modelo as cargas (eletricidade ou corrente ou energia) positivas e negativas “saem” de seus respectivos terminais na fonte elétrica do circuito, percorrem os fios e, ao atingirem um elemento, “chocam-se” gerando luminosidade, ou calor, ou movimento, etc., dependendo do tipo de elemento do circuito. Esse “choque”, justificado pela atração entre cargas de sinais opostos, ao fazer com que o elemento funcione, acarreta num consumo das cargas e numa conseqüente não conservação da corrente (cargas em movimento), já que esta é gasta nos elementos.

Neste modelo, as explicações dos estudantes para circuitos elétricos em série e em paralelo são diferentes: no primeiro caso, com 3 lâmpadas, a central brilha mais que as outras duas, porque nela convergem os dois tipos de cargas e, nas lâmpadas laterais, apenas um tipo (esquema 1) e, no segundo caso, com 2 lâmpadas, aquela que se encontra mais próxima da fonte brilha mais, porque os dois tipos de cargas chegam

nela primeiro, onde são “gastas”, e o restante é o que chega na próxima (esquema 2).



Esquema 1 - Circuito em Série* (modelo de sumidouro)

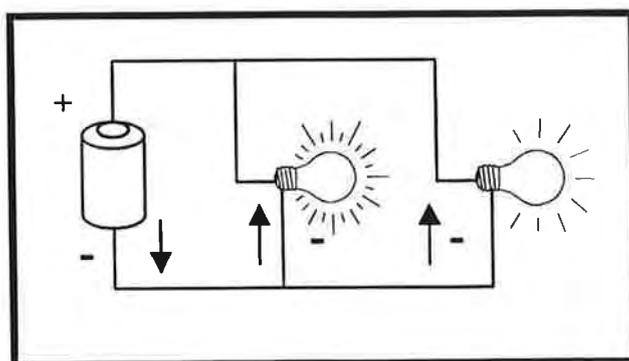


Esquema 2 - Circuito em Paralelo (modelo de sumidouro)

Este modelo foi identificado nos trabalhos de Andrés (1992) e Moreira & Domínguez (1987) respectivamente, entre estudantes de segundo e terceiro grau, antes e depois de passarem por um curso de Eletricidade, apresentando poucas modificações em alguns dos conceitos desse modelo, mas sem alterações na adoção deste como um todo.

Tagliati (1991) também identifica este modelo em suas pesquisas, quando encontra nas respostas dos estudantes, que a eletricidade, por ser dotada de “muita força” ou por chegar com “muita pressão” nos elementos elétricos, necessita de dois tipos de fios para trazer dois tipos de eletricidade.

* Nos esquemas representativos dos circuitos elétricos, utilizamos símbolos pictóricos para representar os elementos.

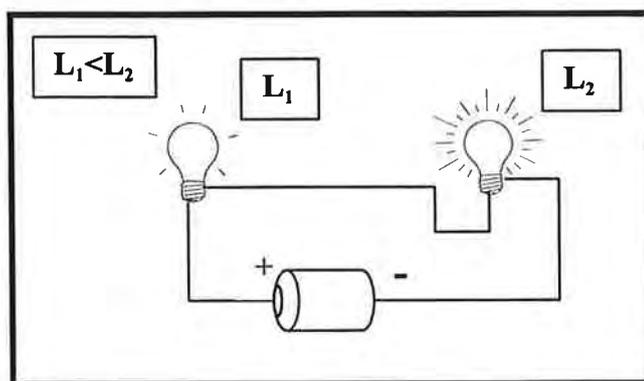


Esquema 4 - Circuito em Paralelo (modelo seqüencial)

Nos artigos de Andrés (1992) e Moreira & Domínguez (1987), este modelo foi identificado entre os estudantes, mais uma vez, antes e depois de passarem pelo curso. Mas, este também foi um modelo encontrado por Rinaldi (1994), quando investiga os conceitos espontâneos relacionados a um circuito elétrico simples entre estudantes do terceiro grau, comparados com os mesmos conceitos identificados entre estudantes franceses de segundo e terceiro graus.

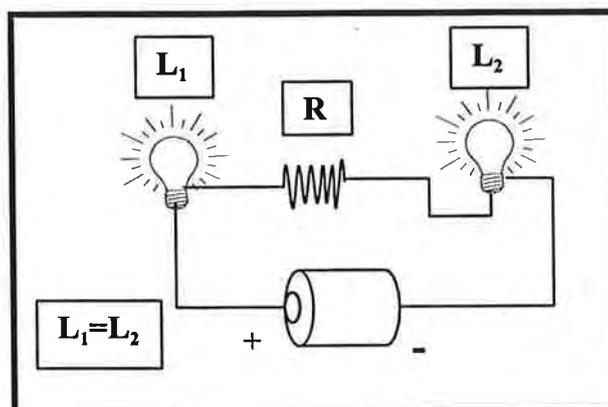
Tagliati (1991) também o identificou entre estudantes de primeiro e segundo graus quando estes, em suas explicações, associavam a noção de corrente elétrica a de uma substância, ou melhor, a de um fluido, que escoava pelos fios do circuito até chegar nos elementos onde era consumido. Além disso, ele notou que a visão localizada, "olhar" lâmpada por lâmpada ou pilha separadamente, associada ao modelo seqüencial, era um fator limitante, não permitindo que os alunos percebessem ligações que neutralizam parte do circuito, ou seja, algo que poderia ser evitado, se o aluno considerasse o circuito completo, como um todo. Essa visão localizada com relação à pilha, considerando-a isoladamente com seus terminais como fontes infinitas de "eletricidades" opostas e submetidos ao mesmo potencial (inexistência de diferença de potencial entre os terminais), contribui simultaneamente para a impossibilidade do aluno conceber um circuito elétrico fechado além de reforçar a noção do circuito aberto, porque considera que, dentro da pilha, o caminho percorrido pela eletricidade não continua.

3) Modelo dos Watts (ou modelo de potência nominal): este modelo, identificado por Rinaldi (1989/1994) entre estudantes dos três níveis de escolaridade, associa a dependência exclusiva do brilho da lâmpada com sua potência nominal, ou seja, num circuito elétrico simples composto por duas lâmpadas de potências diferentes, ligadas em série, aquela que apresenta maior potência nominal brilha mais, porque possui “mais watts” ou, tem mais capacidade para brilhar (esquema 5).



Esquema 5 - Circuito em Série (modelo dos Watts)

Mesmo, quando os estudantes explicavam como duas lâmpadas idênticas ligadas em série e intercaladas por um resistor qualquer brilhariam, o modelo dos Watts era bastante freqüente entre as respostas, vindo em segundo lugar, depois do modelo seqüencial que aparecia com a maior freqüência. Isto é, uma parcela significativa de estudantes do terceiro grau, mesmo cursando a disciplina Eletromagnetismo, ainda continuava respondendo que o brilho das lâmpadas era o mesmo, por serem de mesma potência e portanto, ignorando a presença de um novo elemento no circuito, o resistor (esquema 6).



Esquema 6 - Circuito em Série (duas lâmpadas e um resistor)

Nos três modelos nomeados e descritos acima, os conceitos tratados foram: **corrente elétrica**, **carga elétrica**, **potência elétrica** e, de maneira indireta, **resistência elétrica**, **energia** e **eletricidade**.

1.3. Algumas Considerações

Entre os resultados das pesquisas, mostrou-se bastante interessante aquele relacionado às justificativas dos estudantes para o funcionamento de um circuito elétrico. Existe uma diferença de linguagem entre estudantes de diferentes níveis escolares quando lhes é exposta uma situação específica: para os estudantes de 1º grau e das primeiras séries do 2º grau que nunca estudaram eletricidade, dificilmente existe uma diferenciação entre os termos corrente, energia e eletricidade, enquanto entre os estudantes da última série do 2º grau e do 3º grau, o termo corrente já aparece com maior frequência nas explicações. Talvez uma explicação para isso seja uma preocupação maior com a linguagem técnica e com o formalismo ao qual estão sendo iniciados.

Verificou-se também que todas as justificativas para que um circuito elétrico funcionasse estavam relacionadas à eletricidade, independente do grau de escolaridade do estudante. Essas justificativas indicam que os estudantes vêem a eletricidade como sinônimo de completeza, algo capaz de explicar completamente os fenômenos elétricos.

Pudemos verificar também, através desses mesmos resultados, tanto nas pesquisas nacionais quanto internacionais que, a maioria dos estudantes mantêm intactos seus modelos explicativos para os fenômenos elétricos ou, no máximo, “trocam-no” por outro modelo, também intuitivo, mesmo depois de passar por uma instrução ou curso de Eletricidade. Isto mostra por um lado, a ineficiência dos atuais processos de ensino em modificar os modelos construídos pelos alunos, *“provavelmente devido às boas explicações que estes oferecem para os fenômenos físicos do seu dia a dia”*, segundo Rinaldi (1995).

Em algumas pesquisas, os resultados indicaram que parte dos estudantes, na maioria universitários, “trocava”, depois de passar por um curso de Eletricidade e Magnetismo, o modelo de sumidouro da corrente elétrica pelo modelo seqüencial; essa é uma “troca” que pode ser considerada “um passo além” na direção de se atingir os conceitos científicos porque, quando consideramos um circuito elétrico simples, com uma lâmpada de lanterna e uma pilha, é correto dizermos que a corrente elétrica (ou as cargas de apenas um tipo) circula pelo circuito numa única direção, passando pela lâmpada e acendendo-a. No entanto, o erro dos estudantes encontra-se em considerar que existe um desgaste na corrente, e não na energia, porque não as diferenciam, ou seja, para eles não há conservação da corrente, por considerarem que ela se “perde” durante o funcionamento da lâmpada.

E finalmente, relacionado à metodologia das pesquisas, podemos dizer que a grande maioria utilizou-se da montagem de circuitos elétricos simples, testes e/ou questionários, aplicados antes e depois de cursos específicos que já existem ou que se encontram em fase de testes, para verificar a persistência ou não dos modelos intuitivos diante da aplicação de estratégias de ensino diferenciadas, sem se utilizar dos dados obtidos para um curso que realmente se apropriasse de tais modelos e procurasse uma aprendizagem efetiva.

Nesse sentido, a pesquisa de Tagliati (1991) mostrou ser um pouco diferente das demais porque, apesar de se utilizar dos mesmos instrumentos, não os utilizou colocando um curso baseado numa estratégia de ensino já existente entre uma e outra aplicação aos estudantes, mas utiliza-os com o objetivo de realmente evidenciar os conhecimentos dos alunos, para, com eles, *“construir os*

*conceitos científicos baseados na própria maneira de ver, sentir e pensar*³ e, assim, possibilitar uma real elaboração de novas estratégias de ensino que se utilizam desses tipos de conceitos. A pesquisa de Andrés (1992) também mostrou-se inovadora pois, apesar de utilizar a mesma metodologia das demais pesquisas, com o levantamento dos conceitos espontâneos antes e depois de curso específico seguido de análise dos modelos intuitivos dos estudantes, o curso foi elaborado com base nos resultados obtidos através dos pré-testes a fim de se utilizar da estratégia de conflito para promover uma aprendizagem significativa.

³ Tagliati (1991), página 4.

Introdução

1 - Conceitos Espontâneos em Eletricidade: um mapeamento bibliográfico

**2 - Algumas Características das Visões de Eletricidade
dos Estudantes de Duas Propostas de Ensino**

**3 - Reflexões a Respeito do Ensino – Educação/Física/Processos de
Ensino-Aprendizagem**

4 - Análise Comparativa das Duas Propostas de Ensino de Eletricidade

5 - Considerações Finais

Anexos

Referências Bibliográficas

Capítulo 2 – Algumas Características das Visões de Eletricidade dos Estudantes de Duas Propostas de Ensino

No capítulo anterior relatamos várias pesquisas realizadas com a finalidade de levantar e analisar os conceitos espontâneos de Eletricidade entre estudantes e, através delas, elaborar os modelos intuitivos mais freqüentes. A maior parte dos pesquisadores utilizou-se de uma metodologia que permitia comparar as respostas dos estudantes, antes e depois de passarem por uma instrução e, assim, verificar a eficiência das estratégias de instrução. No entanto, os resultados obtidos mostraram que, principalmente, os conceitos espontâneos “primários” de corrente e resistência elétrica, pouco se modificavam e, conseqüentemente, os modelos intuitivos mantinham-se praticamente os mesmos ou se, de alguma forma, sofriam modificações, não passavam de uma “troca” de um modelo por outro, mesmo depois de passarem por um curso de Eletricidade.

Resolvemos verificar como os conceitos espontâneos de Eletricidade se mantêm em estudantes do segundo grau que passaram por duas propostas de ensino diferentes. Nossa metodologia de pesquisa também é do tipo comparativa, mas a comparação foi realizada “externamente” entre os estudantes, isto é, foram aplicados questionários característicos das pesquisas sobre conceitos intuitivos em estudantes dos dois cursos de Eletricidade e em estudantes, também do segundo grau, mas que nunca cursaram Eletricidade. Este último foi nosso grupo de referência, pois seus conceitos espontâneos nos serviram para identificar como estavam esses conceitos antes de um curso.

Os dois cursos de Eletricidade que foram comparados, fazem parte de propostas de ensino de Física para todo o segundo grau e que vêm sendo aplicadas há algum tempo no sistema educacional; a primeira delas, a qual iremos nos referir como uma proposta de ensino tradicional, conhecida como proposta do Ramalho, é uma das mais aplicadas para o ensino de Física no Brasil, pois a coleção de livros didáticos que a representa, “Os Fundamentos da Física”, foi uma das primeiras publicações com a finalidade específica de preparar os alunos para o

exame vestibular. E a segunda, que indicaremos por proposta GREF, faz parte de um dos projetos mais recentes e inovadores do ensino de Física para o segundo grau e, mesmo assim, tem sido aplicada há dez anos, principalmente na rede de ensino do Estado de São Paulo.

2.1.A Amostragem

Nossa amostra é constituída por 218 estudantes do segundo grau de duas escolas públicas estaduais do Estado de São Paulo: Escola Estadual de Segundo Grau "Prof. Manuel Ciridião Buarque" (EESG "Prof. Manuel Ciridião Buarque") e Escola Estadual de Primeiro e Segundo Graus "Prof. Adolfo Arruda Castanho" (EEPSG "Prof. Adolfo Arruda Castanho"). Dentre esses estudantes escolhemos três grupos: aqueles que nunca estudaram Eletricidade na escola, por estarem cursando a primeira série; outros que se encontravam na fase final da terceira série do segundo grau onde foi desenvolvido o conteúdo de Eletricidade do ensino tradicional baseado no livro do Ramalho e o terceiro grupo, também constituído por estudantes que se encontravam na fase final da terceira série, mas que estudaram Eletricidade através da proposta GREF; sendo que os estudantes dos dois primeiros grupos, estudavam na primeira escola citada e os do terceiro grupo, estudavam na segunda escola.

Para nos referirmos a cada um desses grupos, utilizamos a seguinte nomenclatura:

- grupo 1 (G1): constituído por 69 estudantes da 1ª série do 2º grau;
- grupo 2 (G2): constituído por 64 estudantes da 3ª série do 2º grau na fase final da proposta Ramalho;
- grupo 3 (G3): constituído por 85 estudantes da 3ª série do 2º grau na fase final da proposta GREF.

2.2. O Instrumento de Pesquisa

Como nossa investigação visa verificar se os estudantes que passaram por algum tipo de ensino de Eletricidade ainda apresentavam conceitos espontâneos

ao final do curso, pareceu-nos interessante utilizar um instrumento característico desse tipo de pesquisa para realizar a coleta de dados.

Instrumentos típicos dessa linha de pesquisa, possuem três características importantes e de nosso interesse:

- a) a não utilização de fórmulas ou equações matemáticas;
- b) a utilização de situações vivenciais do aluno;
- c) o pedido freqüente de justificativa nas respostas.

O fato de não aparecer fórmulas no questionário faz com que o aluno não relacione diretamente a questão com algo memorizável e procure apresentar suas respostas de forma mais conceitual, mais qualitativa.

As situações vivenciais nas questões têm o papel de motivar o aluno a procurar respondê-las através dos conceitos mais profundos, formulados a partir de sua relação com o mundo vivencial.

E as justificativas freqüentes possibilitam, com maior facilidade, a análise do pensamento do aluno a respeito da questão proposta.

Optamos pelo questionário utilizado no trabalho de Tagliati (1991) por ser, simultaneamente, mais abrangente e menos tradicional. A abrangência é caracterizada por abarcar vários elementos do cotidiano, como: lâmpadas, ferro de passar roupa, fontes, etc., através de representações esquemáticas e, ainda, apresentar as situações das questões utilizando-se de uma linguagem mais próxima dos estudantes, eliminando assim, sinais bastante evidentes dos instrumentos mais tradicionais.

O conteúdo do instrumento apresenta uma grande diversidade de questões que abrangem desde simples descrições de situações e coisas do mundo vivencial do aluno, através de desenhos ou palavras, passando por questões que estimulam a imaginação ao expor suas idéias sobre o funcionamento dos aparelhos elétricos com os quais convive diariamente para, finalmente, em algumas questões, solicitar que o aluno faça hipóteses sobre possíveis situações que venham a ocorrer no seu dia a dia.

O questionário utilizado nas pesquisas de Tagliati (1991) é constituído por catorze questões que, numa primeira aplicação entre nossos estudantes, mostrou-se bastante extenso porque a maioria dos estudantes não chegavam a responder as últimas questões. Dessa maneira, resolvemos reduzir o questionário escolhendo nove questões que nos forneceram as respostas mais significativas dos estudantes (ver questionário utilizado no anexo 2).

Essas nove questões abordam a Eletricidade basicamente sob três enfoques:

- quanto ao reconhecimento da Eletricidade nos vários espaços da vivência dos alunos;
- quanto ao conhecimento explicativo dos alunos sobre o funcionamento de aparelhos elétricos (ferro de passar roupa, lâmpada e chuveiro elétrico);
- quanto ao discernimento que o aluno possui sobre a aplicabilidade das noções e relações físicas estudadas.

As questões que permitem levantar o conhecimento geral apresentado pelos estudantes são do tipo: *que tipo de coisas, situações ou palavras surgem na sua cabeça quando se fala em Eletricidade?*

Para obter as explicações dos alunos a respeito do funcionamento de aparelhos elétricos e a comparação entre eles, as questões são respectivamente do tipo: *por que o ferro esquenta quando está ligado? E que diferenças você vê entre o funcionamento do ferro de passar roupa e da lâmpada?*. Ainda nesse grupo de questões, encontra-se um tipo que solicita que o aluno represente, através de um desenho, como ele vê o aparelho em sua casa, a questão é a seguinte: *faça um desenho simples do ferro de passar roupa, ligado na tomada tal como você vê em sua casa.*

E, o último grupo de questões, que propõe situações hipotéticas quanto ao funcionamento dos aparelhos, pergunta: *se os dois fios que fazem funcionar o ferro, a lâmpada ou o chuveiro estiverem ligados na tomada e um fio encostar no outro, o que deve acontecer? Que explicação você dá para o que acontece? Ou ainda: com pilhas ou baterias é possível fazer funcionar um ferro de passar roupa? Justifique.*

2.3. A Análise dos Dados

Como foi citado no item anterior, numa primeira aplicação dos questionários, notamos que a extensão do mesmo estava influenciando no empenho dos estudantes em responder todas as questões e, principalmente, ao questionário como um todo. Nas primeiras questões, havia a preocupação em respondê-las com cuidado, mas notávamos que, a partir de um certo ponto, isso deixava de existir e os estudantes simplesmente não respondiam as questões seguintes ou repetiam respostas dadas anteriormente, como se a questão fosse exatamente a mesma. Considerando esses dois pontos, resolvemos diminuir o número de questões, mas procurando manter aquelas que abordassem os três enfoques escolhidos para nossa investigação e também procurando “fundir” as questões nas quais os estudantes forneciam a mesma resposta a fim de nos certificarmos de que tal refletia realmente as suas concepções.

Essas modificações realizadas no questionário original fizeram com que considerássemos em nossa amostra, tanto o conjunto de respostas dos alunos que responderam ao questionário completo, aplicado por Tagliati (1991), quanto ao questionário modificado, por serem conjuntos de respostas equivalentes.

Num primeiro momento da análise, procuramos classificar as respostas dos estudantes para cada questão, elaborando categorias em função dos elementos que surgiam nessas respostas. Em seguida, ainda para cada questão, construímos histogramas com as freqüências de respostas dos estudantes dos três grupos. Ou seja, estávamos realizando uma análise “horizontal” dos questionários o que só nos possibilitava diferenciações nas respostas dos estudantes em cada uma das questões e não numa diferenciação do estudante formado por uma ou outra proposta. Além disso, a verificação dos conceitos espontâneos ficava muito fragmentada, impossibilitando a elaboração de um “retrato” que realmente mostrasse a situação em que esses conceitos se encontravam; por exemplo, as características do conceito de corrente elétrica encontradas num certo estudante, apareciam distribuídas em mais de uma questão e, como nossa análise estava sendo feita horizontalmente, o conceito de corrente desse estudante não ficava explícito em sua totalidade.

Assim, a partir das categorias de respostas encontradas, procuramos organizá-las com a finalidade de articular as noções dos estudantes a respeito dos conceitos elétricos envolvidos nas respostas. Essas categorias foram elaboradas em função dos elementos que surgiam nas próprias respostas dos estudantes, como: os lugares onde eles consideravam existir eletricidade, desde aparelhos elétricos e eletrônicos domésticos e comerciais até as usinas hidrelétricas, e os conceitos, noções e analogias que eles utilizavam para explicar o funcionamento dos aparelhos resistivos.

A análise dos questionários de cada estudante, um a um e em função das categorias elaboradas, possibilitou a articulação das noções que eles utilizavam, como um todo, quando pensavam a respeito da Eletricidade e também sobre o funcionamento de alguns aparelhos resistivos (ferro de passar roupa, chuveiro elétrico e lâmpada). Essa articulação mostrou-se necessária porque as concepções dos estudantes encontravam-se distribuídas ao longo do questionário e, assim, conseguimos obter o conjunto de concepções de cada aluno, tanto para os aspectos gerais relativos à Eletricidade, quanto aos específicos dos seus fenômenos.

Mas, como pretendíamos verificar a situação dos conceitos espontâneos de Eletricidade dos estudantes em cada grupo, passamos a fazer essa análise "vertical" dos questionários, baseada nas categorias elaboradas no primeiro momento. Nessa análise consideramos, para cada estudante, as respostas fornecidas em todas as questões, possibilitando um "olhar" total, tanto nos conceitos espontâneos quanto na visão de Eletricidade dos estudantes de cada proposta; isso foi feito através de uma nova articulação das categorias de respostas elaboradas inicialmente.

A partir de então, após novas leituras, re-leituras, interpretações e inferências, baseadas num novo arranjo das categorias de respostas envolvendo os aspectos gerais e locais relacionados à Eletricidade, foi possível rearticular tais categorias na caracterização de três dimensões de análise, através das quais pudemos verificar a existência ou não dos conceitos espontâneos entre os estudantes dos três grupos.

As três dimensões de análise estabelecidas para as respostas foram:

- uma, abordando as relações subjetivas estabelecidas pelo estudante com a Eletricidade;
- a outra, contendo o espaço de comparecimento da Eletricidade, ou seja, os lugares em que o aluno pode perceber a sua existência e utilização;
- a terceira, tratando das formas ou modelos explicativos dos estudantes para os fenômenos elétricos.

Na dimensão **relações subjetivas**, encontram-se duas categorias que sintetizam as “sensações” e/ou “sentimentos” que os estudantes expressam diante da Eletricidade, de seus fenômenos e de suas manifestações. As categorias são: medo (temor/receio) e utilidades.

A segunda dimensão de análise, **espaço de comparecimento**, que inclui todos os lugares onde os estudantes percebem e citam a existência da Eletricidade em suas vidas, apresenta 5 categorias para as respostas: casa, trabalho, ambiente, fontes e fenômenos.

E na terceira dimensão, **modelos explicativos**, onde se encontram os conceitos e “modelos” intuitivos utilizados pelos estudantes para explicar o funcionamento dos aparelhos elétricos resistivos. Dentro dessa dimensão, as 4 categorias de respostas são: transformação de energia, movimento e choque de elétrons, choque entre correntes de sinais opostos e passagem de corrente/eletricidade/energia.

Dentro das **relações subjetivas**, a primeira categoria - MEDO (temor/receio) – apresenta respostas que indicam “sentimentos” ou “sensações” que o termo eletricidade evoca entre os estudantes; são respostas do tipo:

“Choque, medo dos fios pegarem fogo.” G1/165¹

“... só medo de tomar choque.” G1/57

¹ G1/165 - são respectivamente o grupo ao qual o estudante pertence e o número de catalogação do questionário.

"Eletricidade lembra perigo, força, dá um certo medo! Choque, assusta-se com a brutalidade da palavra." G2/94

"Uma pessoa levando choque,..." G2/161

"Choque, na tomada." G3/327

"Medo, choque, pé no chão." G3/315

Nestes exemplos de respostas, observamos que Eletricidade lembra aos estudantes, por um lado, algo desagradável que causa medo ou temor associados ao sentimento de reverência ou respeito e, por outro, também associado ao medo, é possível notar o receio causado pela Eletricidade, gerado pela apreensão quanto aos possíveis danos ou perigos.

Outras respostas, pertencentes à segunda categoria dessa dimensão de análise – UTILIDADE - são associadas à existência ou não da Eletricidade em nossas vidas e como essa idéia encontra-se expressa nas respostas dos estudantes. Essas respostas são do seguinte tipo:

"... uma força forte capaz de ter muitas utilidades." G1/200

"... Sem a eletricidade nós não seríamos nada, tudo tem (e) é movido pela eletricidade. Ela é muito boa." G1/198

"Situações: dependência da eletricidade para tudo. (...) porque sem ela, a vida não seria tão facilitada como é, com todos os aparelhos." G2/12

"... porque em todos os ramos de atividade ela está presente; na indústria, no comércio, na escola, nas casas, no hospital. E sem ela talvez não conseguíssemos avanços em nossa vida." G2/11

"Porque 90% das coisas que usamos em nosso dia a dia necessita de energia elétrica." G3/67

"... porque a partir da eletricidade se criaram coisas muito importantes, principalmente no campo tecnológico." G3/83

Dentro da dimensão **espaço de comparecimento**, na primeira categoria – CASA – são apresentados os seguintes tipos de respostas, onde os estudantes citam as “coisas” da casa, como: aparelhos eletrodomésticos (geladeira, liquidificador, ferro de passar roupa, etc.); de comunicação (rádio, televisor, etc.) e, ainda, elementos elétricos e eletrônicos:

“É o acender de uma lâmpada, o funcionar de um chuveiro...” G1/ 218

“Pensa-se em lâmpadas, aparelhos eletrônicos, como: televisão, geladeira, liquidificador, etc..” G1/224

“Chuveiro elétrico, utensílios domésticos (batedeira, liquidificador, etc.), luz, geladeira, etc..” G2/130

“Coisas: rádio, TV, aparelhos domésticos.” G2/140

“Luz, lâmpada, televisão, telefone, chuveiro, etc.” G3/260

“Vários aparelhos ligados a energia elétrica: televisão, ferro de passar (roupa), aparelho de som.” G3/56

Na segunda categoria – TRABALHO - estão as respostas nas quais os estudantes citam “coisas” de seu trabalho, como lugares e equipamentos comerciais, de escritórios e industriais (computadores, fax, motores, máquinas industriais, etc.), cujos exemplos são:

“... equipamentos elétricos e comerciais, casas, etc..” G1/31

“... máquinas industriais e motores de carros, etc.” G1/26

“... ou quando queima um motor elétrico na oficina.” G2/47

“...quando ligamos uma furadeira.” G2/50

“... ferro de soldar, televisão, rádio, secador, fax, telex, computador, telefone, copiadora, etc..” G3/277

“Em casa, quando se acende uma lâmpada, nas fábricas, etc.” G3/84

Na categoria AMBIENTE, apresentamos as “coisas” que fazem parte do ambiente diário dos estudantes, como meios de transporte, e outras “coisas” das quais eles se lembram no seu dia a dia. São respostas do tipo:

“Em todos os lugares onde existe vida é necessário existir eletricidade. Ex.: colégio, hospital, no ônibus, metrô e etc..” G1/10

“Lugares: cinemas, ruas. Situação: ônibus elétrico.” G1/32

“Em todos os lugares: casas, hospitais, ruas, indústrias, comércios.” G2/11

“... luzes, lâmpadas, elevadores,(...), fusível...” G2/41

“Quando se fala sobre eletricidade, lembramos de vários fatos, como é feita a parte elétrica de um automóvel, de um avião, etc..” G3/280

“Em casa, no ônibus, na empresa, na escola, na rua, enfim em todo lugar.” G3/70

Ainda na dimensão **espaço de comparecimento**, na categoria FONTES, as respostas dos estudantes mostram diversas fontes para a obtenção e transformação de energia elétrica, como pilhas, hidrelétricas e transformadores de energia, por exemplo. Neste caso são respostas do tipo:

“... nos transformadores de energia,...” G1/17

“... aquelas indústrias de energia elétrica.” G1/193

“... hidroelétrica, (...), transformador, (...), pilha, carvão,...” G2/39

“Eu imagino uma tomada com um plug, transmitindo energia.” G2/114

“...um fio que com sua ‘correnteza’ faz os geradores funcionarem e, a partir daí, surge a energia.” G3/328

“... hidrelétricas, baterias, etc..” G3/252

E na quinta categoria dessa dimensão, FENÔMENOS, os estudantes citam os fenômenos elétricos que eles conhecem, desde curto-circuito e faíscas até raios

e relâmpagos e, ainda, conseqüências e efeitos causados desses fenômenos, como aparecem nas seguintes respostas:

“Curto-circuito, raios.” G1/209

“Quando colocamos em uma tomada dois fios, onde há produção de faísca.” G1/57

“Fios, raios, luzes (...), curto-circuito.” G2/41

“Curto-circuito, fogo, fios descascados, incêndios e mortes.” G2/106

“... fogo (...), raio, faísca.” G3/320

“Até quando penteamos os cabelos,(...), quando dobramos algum tipo de tecido e este nos ‘dá’ um choque.” G3/75

Dentro da dimensão de análise **modelos explicativos**, a primeira categoria de respostas, **TRANSFORMAÇÃO DE ENERGIA**, explicita a visão macroscópica dos estudantes quando explicam o funcionamento dos aparelhos elétricos através das transformações de energia elétrica nas diversas formas. Exemplos desses tipos de respostas nos três grupos de estudantes são:

“Porque dentro do ferro existe uma resistência que transforma eletricidade em calor.” G1/195

“Porque no interior do ferro (de passar roupa) existe uma peça que transforma a energia em calor.” G1/205

“Porque a energia elétrica transforma-se em energia calorífica.” G2/114

“Porque há uma transformação de energia elétrica, para energia térmica, que o próprio ferro (de passar roupa) transforma.” G2/12

“... dentro há uma resistência elétrica e ao circular corrente, transforma esta energia em energia calórica fazendo com que aqueça a resistência e transfere para sua base onde irá dissipar todo calor...” G3/303

“O ferro (de passar roupa) transforma a energia elétrica em calor, através de sua resistência. E a lâmpada transforma a energia elétrica em luminosidade, através de seu filamento, embora ela também se aqueça.” G3/299

Na segunda categoria também dessa dimensão, MOVIMENTO E CHOQUE DE ELÉTRONS, foram incluídas as respostas dos estudantes que apresentavam uma visão microscópica para explicar o funcionamento dos aparelhos elétricos, recorrendo desde a vibração e choque dos elétrons entre si e com a rede cristalina até o deslocamento ou movimento dos elétrons entre uma posição e outra. Essas respostas são do tipo:

“(A Eletricidade) Fazendo vibrar seus pequenos átomos (“da lâmpada”), produzindo energia luminosa.” G1/17

“A eletricidade gera calor, pois quanto mais rápido os elétrons correm pelo fio (quanto mais fino mais rápido) mais calor produz.” G1/227

“Porque os elétrons ficam vibrando, ou seja, indo e vindo, passando pelas resistências.” G2/145

“Imagino elétrons se movimentando pelo fio até o ferro (de passar roupa).” G2/124

“Porque os elétrons livres chocam-se com a rede cristalina provocando o aquecimento da resistência.” G3/83

“... passagem de elétrons livres, devido uma força gerada por um campo elétrico...” G3/56

Na terceira categoria, CHOQUE ENTRE CORRENTES DE SINAIS OPOSTOS, encontramos explicações sobre o funcionamento dos aparelhos e

elementos elétricos devido ao encontro de dois tipos de correntes, uma com sinal positivo e outra com sinal negativo; eram respostas do tipo:

“... são dotados de fios negativos e positivos, sendo que juntando os dois completa sua carga.” G1/64

“... um (fio) tem carga positiva e outro carga negativa, isto é, essas cargas só servem (para o ferro de passar roupa funcionar) se usadas em conjunto.” G1/188

E na última categoria da dimensão **modelos explicativos**, PASSAGEM DE CORRENTE/ELETRICIDADE/ENERGIA, os estudantes forneceram respostas que simplesmente citam essa passagem para a explicação do funcionamento de aparelhos e elementos elétricos, sem mais detalhes. Algumas respostas desse tipo:

“... ao juntar-se a tomada com o fio, a energia passa para o ferro fazendo com que ele esquite.” G1/208

“Porque está ligado a tomada, a energia passa por ele.” G1/191

“... o resistor do ferro se esquenta ao passar eletricidade sobre ele.” G2/129

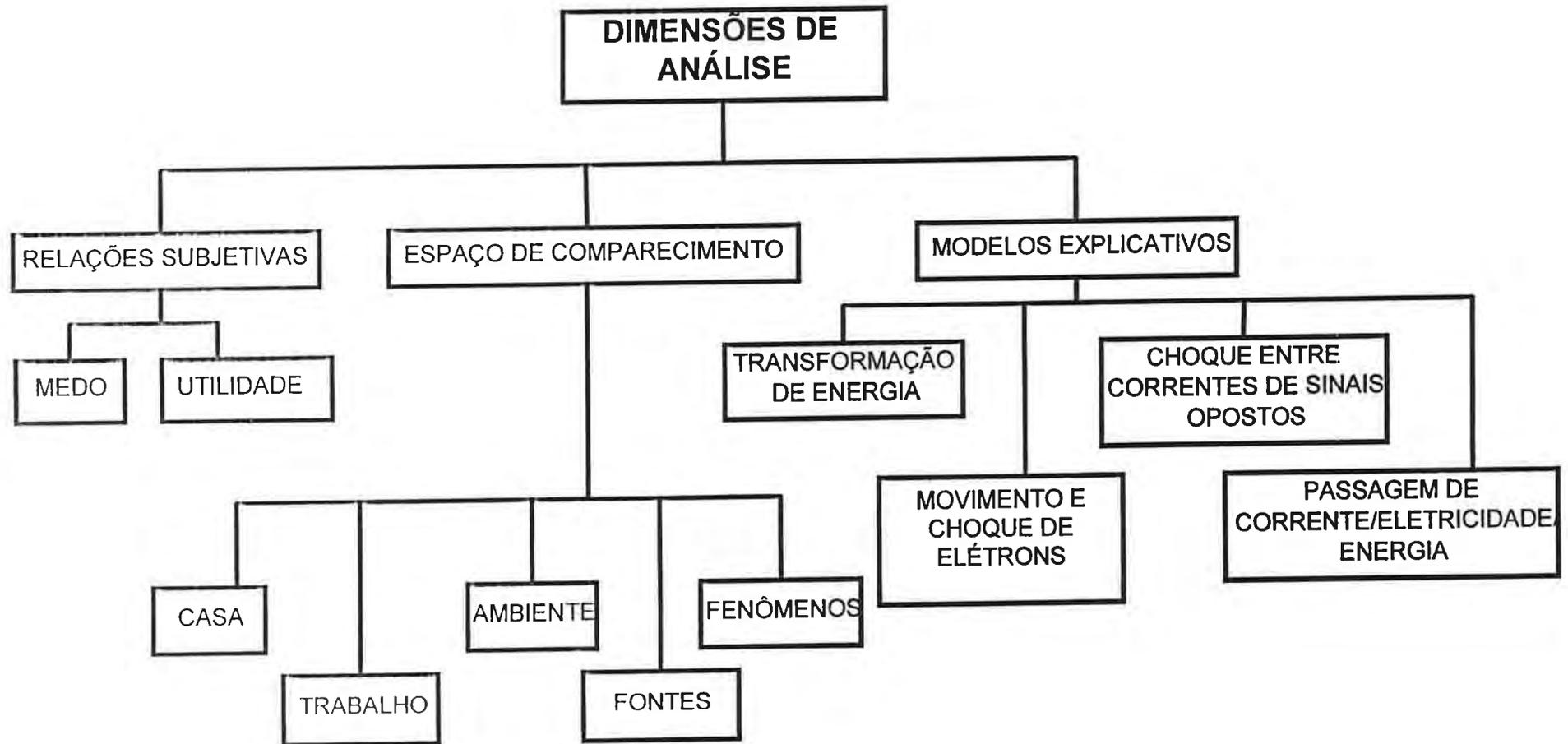
“Devido a passagem da corrente elétrica.” G2/115

“Porque dentro dele (ferro de passar roupa) há uma resistência que quando passa a energia elétrica, faz com que a resistência esquite e o ferro também.” G3/316

“Porque está passando energia no ferro e faz esquite.” G3/258

Um esquema da organização final dessas dimensões e das categorias, encontra-se na página seguinte.

Esquema das Três Dimensões de Análise e as Categorias



2.4. Resultados

Como foi citado no item anterior, num primeiro momento, a análise horizontal dos questionários, feita questão por questão, possibilitou que estabelecêssemos as categorias em função das respostas dos estudantes e isso gerou um grande número de categorias, como: aparelhos eletrodomésticos; aparelhos de comunicação; máquinas e motores; meios de transporte; fontes e transformadores de energia; fenômenos elétricos naturais e artificiais; visão microscópica dos fenômenos elétricos; visão macroscópica desses mesmos fenômenos; etc. Além de categorias que eram combinações de duas e, até três dessas categorias, porque chegavam a aparecer com grande frequência nas respostas dos estudantes.

Assim, com a análise vertical das respostas dos estudantes, ainda baseada nessa gama de categorias, realizamos uma articulação entre elas, organizando-as nas três dimensões de análise para melhor sistematizar nossos resultados que se encontram nas tabelas que se seguem. As três dimensões de análise são: **relações subjetivas** do aluno com a Eletricidade, **espaço de comparecimento** dos objetos/ situações/ coisas relacionadas à Eletricidade e **modelos explicativos** do funcionamento dos aparelhos elétricos.

Observando as tabelas abaixo, é possível notar que as respostas de cada grupo não somam 100%, isso é explicado porque, em cada dimensão de análise, as respostas dos estudantes foram classificadas em mais de uma categoria. Considerando que as respostas de um único estudante, por exemplo, apresentam as seguintes citações: a eletricidade no funcionamento de um chuveiro, de um ferro de soldar, em um automóvel, nas usinas hidrelétricas, nos raios de uma tempestade, etc.; poderíamos classificá-las em todas as categorias da dimensão **espaço de comparecimento**. No anexo 2, encontram-se alguns questionários que mostram resultados com essas características.

Na primeira dimensão - **relações subjetivas** - (quadro 1) encontram-se as respostas dos estudantes categorizadas pelas evidências de seus "sentimentos" e "sensações" com relação à Eletricidade: MEDO e UTILIDADE.

Quadro 1 - Relações Subjetivas

CATEGORIAS	1ª SÉRIE (69)	3ª SÉRIE "TRAD." (64)	3ª SÉRIE GREF (85)
	Nº de Estud. -- %	Nº de Estud. -- %	Nº de Estud. -- %
MEDO (temor/receio)	46 -- 67%	38 -- 59%	28 -- 33%
UTILIDADE	17 -- 25%	11 -- 17%	25 -- 29%

Na segunda dimensão de análise - **espaço de comparecimento** - (quadro 2) encontram-se as categorias: CASA; TRABALHO; AMBIENTE (transporte/mundo); FONTES (usinas/ transformadores/ geradores) e FENÔMENOS (raio/ relâmpago/ curto-circuito).

Quadro 2 - Espaço de Comparecimento

CATEGORIAS	1ª SÉRIE (69)	3ª SÉRIE "TRAD." (64)	3ª SÉRIE GREF (85)
	Nº de Estud. -- %	Nº de Estud. -- %	Nº de Estud. -- %
CASA	40 -- 58%	47 -- 73%	62 -- 73%
TRABALHO	4 -- 6%	4 -- 6%	10 -- 12%
AMBIENTE (transporte/mundo)	6 -- 9%	8 -- 13%	27 -- 32%
FONTES (usinas/ transformadores/ gerador)	19 -- 28%	16 -- 25%	24 -- 28%
FENÔMENOS (raio/relâmpago/ curto-circuito)	6 -- 9%	10 -- 16%	14 -- 17%

E na terceira - **modelos explicativos** - (quadro 3), as categorias são: TRANSFORMAÇÃO DE ENERGIA; MOVIMENTO E CHOQUE DE ELÉTRONS; CHOQUE ENTRE CORRENTES DE SINAIS OPOSTOS e PASSAGEM DE CORRENTE/ ELETRICIDADE/ ENERGIA.

Quadro 3 - Modelos Explicativos

CATEGORIAS	1ª SÉRIE (69)	3ª SÉRIE "TRAD." (64)	3ª SÉRIE GREF (85)
	Nº de Estud. -- %	Nº de Estud. -- %	Nº de Estud. -- %
Transformação de energia	9 -- 13%	11 -- 17%	24 -- 28%
Movimento e Choque de Elétrons	4 -- 6%	4 -- 6%	26 -- 31%
Choque entre Correntes de Sinais Opostos	4 -- 6%	∅	∅
Passagem de Corrente/ Eletricidade/ Energia	19 -- 28%	26 -- 41%	17 -- 20%

O quadro 1 mostra a sensação de medo no sentido de temor apresentado com maior freqüência entre os estudantes da 1ª série (67%) e os da 3ª série do ensino tradicional (59%) inclusive, com porcentagens bem próximas. Enquanto, entre os estudantes do GREF, a freqüência de respostas cai praticamente pela metade (33%). Na outra categoria, utilidade, as freqüências das respostas dos estudantes dos grupos 1 e 3 foram mais próximas, 25% do grupo 1 e 29% do grupo 3, e 17% no grupo 2.

O quadro 2 mostra que, entre os estudantes da 1ª série, há uma grande freqüência na categoria coisas da casa (58%), indicando que seus conhecimentos encontram-se bastante vinculados a um mundo muito restrito a esse espaço; apenas as fontes, como: transformadores e geradores que aparecem em 28% das respostas, têm uma freqüência significativa no sentido de indicar uma certa abertura no espaço desses estudantes. Ainda nesse quadro, nota-se que os resultados basicamente se repetem entre os estudantes da 3ª série do ensino "tradicional", ou seja, as respostas também se concentram nas coisas da casa (73%) e seguidas pelas fontes (25%). Mas, as diferenças começam a surgir, quando esses estudantes citam os fenômenos elétricos associados à Eletricidade, como: raio, relâmpago e curto-circuito, com uma freqüência de 16% que, nesse

caso, mostra uma frequência pouco maior que a encontrada entre estudantes da 1ª série, 9%, e bem próxima da frequência do GREF, 17%.

Na categoria ambiente, a frequência de respostas dos estudantes do GREF (32%) é mais que o dobro da frequência de respostas dos estudantes do grupo 2 (13%) e também do grupo 1 (9%).

No caso dos estudantes do GREF, é possível verificar que o espaço de comparecimento é um pouco mais ampliado porque, mesmo comparecendo, como nos outros dois grupos, as coisas da casa com a maior frequência entre as respostas (73%), distribuem-se ainda, entre as respostas dos estudantes, as coisas do ambiente (32%), fontes (28%) e fenômenos (17%), já indicando uma certa ampliação na visão de mundo desses estudantes com relação à Eletricidade.

No quadro 3, nota-se que os estudantes da 1ª série procuram responder sobre o funcionamento desses aparelhos através da passagem de corrente ou de eletricidade (28%), mas o resultado mais interessante ocorre, quando 13% desses estudantes, citam a transformação de energia como responsável pelo funcionamento desses mesmos aparelhos. Além disso, com frequência de 6%, alguns estudantes respondem que o funcionamento dos aparelhos elétricos está relacionado ao movimento e choque dos elétrons; outros, também com essa frequência, citam o choque entre correntes de sinais opostos para explicar o mesmo funcionamento. Neste caso, os estudantes da 1ª série estariam recorrendo ao modelo de sumidouro, identificado nas pesquisas sobre conceitos espontâneos.

Entre os estudantes da 3ª série tradicional, a maior frequência ocorre na explicação do funcionamento dos aparelhos resistivos, através da passagem de corrente ou de eletricidade (41%), sem nenhum modelo explicativo, e, em seguida, a explicação fica por conta da transformação de energia (17%), o que mostra uma grande proximidade entre as respostas desses alunos e as respostas encontradas na 1ª série, porque nesses dois grupos é encontrado o mesmo tipo de resultado. E a diferença surge, quando os estudantes da 3ª série do ensino tradicional, deixam de apresentar a explicação do aquecimento dos aparelhos resistivos através do choque entre correntes de sinais opostos, indicando que esses estudantes deixam de recorrer ao modelo de sumidouro dos conceitos espontâneos em suas explicações. Mas ainda com respeito à explicação dos fenômenos elétricos, a

porcentagem de 41% das respostas dos estudantes da 3ª série tradicional, mostram que eles não se utilizam de modelos explicativos, pois a passagem de corrente é o mesmo que não dizer nada, não fornecer explicação.

O número de estudantes do GREF que explica o funcionamento dos aparelhos elétricos através da transformação de energia (28%) é aproximadamente o dobro do número encontrado nos outros dois grupos. Outra frequência de respostas que também indica um resultado bastante diferente entre os estudantes do GREF, é a explicação através do choque de elétrons, dentro da categoria movimento e choque de elétrons, (31%) que, para eles, em muitos casos, ocorre com a rede cristalina, do que também se conclui que os estudantes do GREF usam o modelo microscópico da corrente elétrica para explicar fenômenos elétricos do mundo macroscópico, mais próximo do seu dia a dia. Entre os estudantes do GREF ainda aparecem respostas na categoria passagem de corrente/electricidade/energia (20%), mas a frequência é um pouco menor, comparada com as frequências dos outros grupos.

No quadro 3, considerando as porcentagens de respostas dos estudantes do GREF que se utilizam tanto da transformação de energia quanto do movimento de elétrons para explicar o funcionamento dos aparelhos elétricos, podemos verificar que esses estudantes constroem mais modelos que os estudantes da outra proposta, porque eles recorrem menos a esses dois tipos de explicações. Mesmo porque, as respostas que explicam o funcionamento dos aparelhos através da simples passagem de corrente elétrica, sem maiores detalhes, não se constituem num modelo explicativo completo.

Ainda no quadro 3, a explicação dos estudantes do GREF para o funcionamento dos aparelhos elétricos através da transformação de energia, com uma frequência de respostas quase duas vezes maior que aquela encontrada entre os estudantes do ensino tradicional, parece indicar que esses estudantes adquirem uma visão global na compreensão dos fenômenos elétricos, justamente em função do elemento central da proposta.

Dessas considerações podemos constatar que realmente existe diferença entre as duas propostas no que se refere à parte de corrente elétrica, Eletrodinâmica.

Para levantarmos hipóteses sobre os resultados encontrados, no sentido de estabelecermos relações entre a forma de compreender adquirida pelo estudante e os elementos caracterizadores de cada proposta, é necessário entender cada uma delas, seja do ponto de vista dos objetivos da educação que as norteiam, da concepção de ciência implícita e do processo de ensino-aprendizagem envolvido.

Introdução

1 - Conceitos Espontâneos em Eletricidade: um mapeamento bibliográfico

2 - Algumas Características das Visões de Eletricidade dos Estudantes de Duas Propostas de Ensino

3 - Reflexões a Respeito do Ensino – Educação/Física/Processos de Ensino-Aprendizagem

4 - Análise Comparativa das Duas Propostas de Ensino de Eletricidade

5 - Considerações Finais

Anexos

Referências Bibliográficas

Capítulo 3 – Reflexões a Respeito do Ensino – Educação/Física/Processos de Ensino-Aprendizagem

Os resultados obtidos através de uma análise das respostas dos estudantes das duas propostas de ensino, mostraram haver diferenças nas visões de Eletricidade e em suas formações como um todo. Essas diferenças parecem ser resultantes da maneira como o conteúdo de Eletricidade é desenvolvido em cada uma delas.

As duas propostas de ensino de segundo grau têm suas diferenças explicitadas desde o início, quando consideramos seus objetivos educacionais relacionados à Física. Uma dessas propostas, considerada a “tradicional”, é representada pela coleção “Os Fundamentos da Física” de Francisco Ramalho Júnior, José Ivan Cardoso dos Santos, Nicolau Gilberto Ferraro, Paulo Antônio de Toledo Soares, também conhecida como proposta do “Ramalho” e apresenta no prefácio que seu objetivo é:

“ver a Física como uma ciência contemporânea e de profunda importância na interpretação dos mais diversos fenômenos. 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.”¹

Nessa afirmação, a proposta mostra uma preocupação com a Física como uma ciência atual que permite compreender os diversos fenômenos físicos e também, com os estudantes que se utilizarão dela numa futura formação profissional, além daqueles que necessitam da Física como um dos subsídios para passar nos exames vestibulares.

¹ Ramalho (1986), prefácio.

Essa proposta enfatiza principalmente os aspectos quantitativos, privilegiando a resolução de diversos tipos de problemas físicos, muitas vezes, em detrimento dos aspectos qualitativos que eles envolvem.

A proposta do Ramalho é constituída por três livros² que abordam as áreas da Física correspondentes a cada série do segundo grau: Mecânica (volume 1); Termologia, Ótica Geométrica e Ondas (volume 2) e Eletricidade (volume 3). A seqüência de conteúdo adotada em cada um dos volumes é aquela encontrada com maior freqüência no ensino da Física do segundo grau. O conteúdo de Eletricidade começa com Eletrostática (cargas elétricas em repouso), segue para a cargas elétricas em movimento e finaliza com o Eletromagnetismo (efeitos magnéticos da corrente elétrica) (o índice do volume 3 – Eletricidade, representante da proposta do Ramalho, encontra-se no anexo 3).

E a segunda proposta, também bastante atual e aplicada em várias escolas de segundo grau há aproximadamente 10 anos, elaborada pelo Projeto GREF (Grupo de Reelaboração do Ensino de Física), tem como objetivo para o ensino de Física no segundo grau,

“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”.

A afirmação acima mostra que a proposta do GREF tem, como preocupação primeira, fornecer significado ao aprendizado da Física, mostrando que não visa apenas os futuros alunos que irão depender da Física, porque primeiro está a cultura, com a carreira universitária vindo como uma possibilidade e não como objetivo principal.

² Coleção “Os Fundamentos da Física”: 1-Mecânica, Ed. Moderna, 4ªed., São Paulo, 1986; 2-Termologia, Ótica Geométrica e Ondas, Ed. Moderna, 3ªed., São Paulo, 1986; 3-Eletricidade, Ed. Moderna, 3ªed., São Paulo, 1986.

Esta também é uma proposta constituída por três livros³ referentes a cada uma das séries do segundo grau: Física 1-Mecânica; Física 2-Física Térmica e Óptica e Física 3-Eletromagnetismo.

O curso não adota a seqüência tradicional, pois não inicia com a Eletrostática que só aparece em alguns momentos da proposta em casos particulares da Eletrodinâmica. Faz a abertura do curso com um levantamento dos aparelhos e componentes elétricos e eletrônicos que fazem parte do cotidiano de alunos e professores e, depois classifica esses elementos, considerando os tipos de transformação de energia envolvidas em seu funcionamento. Inicia o desenvolvimento do conteúdo com a análise dos aparelhos resistivos, adotando ser sua função principal, transformar energia elétrica em energia térmica. A seqüência continua com o estudo dos efeitos magnéticos da corrente elétrica (Eletromagnetismo), através do funcionamento dos motores e geradores; segue para as ondas eletromagnéticas, com o estudo dos sistemas de comunicação e informação, completando o conteúdo da teoria eletromagnética clássica. E, finalizando o curso, são estudados os materiais semicondutores onde é introduzida a discussão do modelo de condução elétrica baseado na Física Quântica (o índice do volume 3 – Eletromagnetismo, representante da proposta do GREF, encontra-se no anexo 4).

Diferentemente da coleção anterior, na qual os livros são destinados para os alunos, mas também acabam sendo utilizados pelos professores para a preparação de suas aulas, os livros da proposta GREF são destinados especificamente para os professores, justamente como um auxílio na preparação de suas aulas e, eventualmente, para sua própria formação.

Para que a comparação entre as duas propostas pudesse se efetivar através das diferenças existentes entre elas, escolhemos elementos relevantes para a caracterização de ambas. Essa escolha considerou duas fontes de referência: a primeira, são as atuais pesquisas na área de ensino de Física, desde

³ Coleção do Grupo de Reelaboração do Ensino de Física (GREF): “Física 1-Mecânica”, Edusp, 4^a ed., 1996, São Paulo; “Física 2-Física Térmica/Óptica”, Edusp, 3^a ed., 1996, São Paulo; “Física 3-Eletromagnetismo”, Edusp, 1993.

aquelas que abordam um repensar sobre a natureza do conhecimento físico até as que tratam da construção desse conhecimento por parte dos estudantes, e a segunda, são as características do material de análise que, neste trabalho, são os livros para professores e estudantes que representam as duas propostas, comportando elementos característicos de um material didático.

A partir dessas referências, privilegiamos três dimensões de reflexão - a **educação**, a **Física** e os **processos de ensino-aprendizagem** – desde aquelas que abordam os objetivos educacionais relacionados à formação do aluno e a relação entre a Física e o mundo; até aquelas que compreendem o conhecimento físico como produto de um processo histórico e estruturado com seus elementos dialéticos de parte e todo, de conceitual e formal, de universal e vivencial, de teórico e experimental; e ainda, aquelas reflexões sobre o processo de ensino-aprendizagem, como: a função dos conhecimentos prévios dos estudantes na estruturação do conhecimento científico; as analogias como componentes inerentes ao processo de aquisição do conhecimento; o diálogo como base de interação professor-aluno; a ação do aluno como o elemento fundamental no processo de aprendizagem significativa.

3.1. As Dimensões de Reflexão

3.1.1. Educação

Quando consideramos a educação como uma das dimensões de reflexão que contém os elementos que nortearam a análise das propostas de ensino, conseqüentemente, levamos em consideração nosso ponto de vista a respeito do que esta vem a ser e como é sua relação com a Física, nosso conhecimento de estudo, e com os processos de aprendizagem de tal conhecimento.

Consideramos ser a educação um ato sobre um campo de ação muito amplo, seja esse campo, o conhecimento como um todo, ou uma de suas partes, a Física, da qual conhecemos muito bem sua vastidão. Ao falarmos em conhecimento, devemos considerar os vários aspectos que este envolve, entre eles: os filosóficos, os históricos, os políticos e os sociais que, com certeza e de alguma forma, influenciam na educação. Assim, precisamos necessariamente, ter

um posicionamento filosófico, político e social diante do contexto histórico ao considerarmos a educação.

Nesse tipo de raciocínio, o homem é peça fundamental do processo, seja como agente dessa ação ou como ser integrante do espaço e do tempo onde tal ação ocorre, a sociedade em que ele vive, seu mundo. Então, segundo Mendes (1977), sendo a educação simultaneamente política e filosófica, seu processo é também relacionável à cultura que envolve os valores “mais profundos” do homem.

Quando na educação consideramos o homem e suas questões filosóficas criadas a partir de suas necessidades diante do mundo, podemos estabelecer, segundo Saviani (1980), a existência de dois tipos de relação atribuídas ao homem: uma, chamada de vertical que o relaciona às coisas de seu mundo, e a outra, chamada de relação horizontal que descreve o relacionamento do homem com as outras pessoas também desse mundo. Na relação vertical, encontra-se a dominação do homem sobre as coisas do mundo que, como sujeito da ação, subordina os elementos que fazem parte dos domínios da natureza (o meio-ambiente: água, terra, fauna, flora, etc.) e da cultura (instituições, ciências, técnicas, etc.) aos seus desígnios devido ao valor prático-utilitário que estes têm para sua sobrevivência.

No entanto, associada a sua complexidade, o homem possui outras necessidades que esse tipo de relação não consegue suprir e que só a relação horizontal apresenta potencialidade para tanto. Na relação horizontal do homem com o homem surge o envolvimento colaborativo, onde a necessidade de valorização de “algo mais”, representado pela apreciação das coisas e pessoas pelo que elas são em si mesmas, apenas com o objetivo de se relacionar com elas, levando ao reconhecimento do valor do outro e tornando possível a comunicação entre eles para uma ação comum e objetiva sobre e para o mundo. Para Freire (1994), em “*Educação como Prática da Liberdade*”, também encontramos uma relação horizontal do homem com o homem, com praticamente as mesmas características, identificada pelo diálogo crítico entre educador e educando, ou ainda, uma relação dialógico-dialética entre os dois: ambos aprendem juntos, baseados em sentimentos e ações que nutrem a valorização do indivíduo ao possibilitar que o educando expresse seus conhecimentos e suas experiências

para, a partir daí, construir juntamente com o educador "*o conhecimento novo, uma cultura vinculada aos seus interesses*"⁴.

Essas duas relações associadas ao homem constituem o fator filosófico citado no início e que possibilita o estabelecimento dos objetivos da educação porque nelas, entre outras coisas, encontramos as necessidades humanas que os determinam. Essas necessidades dependem direta e constantemente do contexto histórico e social no qual o homem está inserido, ou seja, quando conhecemos a realidade humana (tais necessidades), podemos reconhecer os valores relativos ao momento histórico vivido pelo homem e, assim, proporcionar sua promoção dentro da sociedade através da educação, entendendo essa promoção como parte do processo de humanização e de cidadania do indivíduo.

Por processo de humanização estamos nos referindo à forma de existência adquirida pelo homem através de sua conscientização como sujeito do processo histórico e "*que se dá ao longo de toda a vida, ocorrendo em casa, na rua, no trabalho, na igreja, na escola e de muitos modos diferentes*"⁵. E, por processo de formação do cidadão, através da educação escolar e dos professores, estamos considerando como o resultado da mediação entre a sociedade da informação e os alunos, para que através do desenvolvimento da reflexão, estes adquiram a sabedoria necessária para articular os conhecimentos científicos e tecnológicos em totalidades distintas que constituem o mundo.

Além desses aspectos relativos ao homem, à sociedade e à relação entre eles, Saviani (1980) considera também que a comunicação humana é outro fator associado à educação e estabelece dois tipos: a educação não-intencional e a educação intencional.

Na educação não-intencional, a comunicação acontece entre as pessoas sem que elas tenham o objetivo de educar e, como isso acontece freqüentemente no dia a dia, dizemos que esta é uma educação assistemática, onde a consciência de tal ato não está presente, ou seja, é a educação guiada pelo senso comum e,

⁴ Gadotti (1994), pág. 27.

⁵ Brandão (1981), extraído da pág. 39 de Gadotti (1994).

portanto, é nesse tipo de educação que os conceitos espontâneos* têm origem e que o estudante traz consigo para a escola. Esses conceitos são adquiridos inconscientemente por todo ser humano através de sua relação com o mundo (relação vertical) e com as outras pessoas que dele fazem parte (relação horizontal).

Na educação intencional o ato de educar passa a ser uma ação consciente e sistematizada do homem e para o homem, na medida em que este se preocupa e reflete sobre a educação, significando que essa ação sobre o conhecimento ocorre em função dos objetivos previamente estabelecidos e que devem resultar numa formação adequada do homem, ao considerá-lo inserido numa sociedade, num dado momento histórico.

Ao pensarmos a educação com o objetivo de formar o ser humano na sua totalidade, fornecendo-lhe “instrumentos” e possibilidades de refletir e agir sobre e para a sociedade, não podemos considerar que o ensino de uma determinada disciplina implica num simples conhecer de todo seu conteúdo, precisamos pensar que envolve também o ensino do que fazer com esse conteúdo no mundo em que se vive, ou seja, envolve uma certa “transformação” desse conteúdo em algo mais, algo cujo alcance vá além dos “muros” da escola; envolve aquilo que entendemos como a relação entre a disciplina, em nosso caso, a Física, e o mundo e, conseqüentemente, a relação entre os conhecimentos universal e vivencial.

Apesar da educação brasileira atual, como um todo, refletindo os problemas gerais do país, encontrar-se numa situação bastante complicada, nossas considerações restringem-se aos problemas do ensino de segundo grau no qual o ensino propedêutico tem dominado desde o início da história da educação no Brasil. Esse tipo de ensino ganhou realmente um novo aliado com o advento dos

* Atualmente os conceitos espontâneos estão relacionados aos conhecimentos adquiridos a todo momento, em todas as situações e lugares através das interações que o homem realiza ao longo de sua vida cotidiana e que, portanto, é parte de sua “bagagem cultural”. Esses conhecimentos, na maioria das vezes, são “incorporados” pelo indivíduo de forma inconsciente, numa maneira não-intencional, fazendo com que os conceitos assim concebidos ou construídos se apresentem para o sujeito com uma estrutura suficientemente solidificada através dos significados que a “ergueram”.

exames vestibulares para o ingresso nas universidades porque, aí sim, os objetivos do ensino propedêutico encontraram respaldo para permanecer.

O ensino propedêutico caracteriza-se por ser um conjunto de estudos que devem anteceder, como num estágio preparatório, os cursos superiores; trata-se de um ensino que prepara os alunos para receberem um ensino mais avançado. Nesse sentido, o conjunto de estudos do ensino propedêutico é aquele que, atualmente, norteia os cursos preparatórios para o exame vestibular, como o próprio nome indica.

Este tipo de ensino valoriza o conteúdo do conhecimento em sua essência específica, ao mostrar uma grande preocupação com o “fornecimento” de um conhecimento geral e superficial de suas áreas e, como um mero pré-requisito para um estágio superior, que sabemos ser inacessível à grande maioria dos estudantes. Isso ocorre basicamente por dois motivos interrelacionados: primeiro, o sentido da palavra “superior” não gera nenhum interesse nos estudantes, pelo menos de imediato e no sentido que é empregado aqui, por não levá-los a atingir o “real” estágio superior que almejam; no qual “superior” estaria relacionado, por exemplo, com o *“desejo de crescer, de ser iniciado no mundo dos adultos, de penetrar nos segredos que os adultos detêm”*⁶, o que conseqüentemente só é considerado na sociedade atual depois que o estudante passa por um curso superior. E o segundo motivo desse desinteresse, ocorre por não suprir e nem fornecer garantias de que suas necessidades básicas, como melhores condições de trabalho e de vida, por exemplo, sejam atingidas.

Dessa maneira, o ensino propedêutico mostra-se inadequado por ter seus objetivos diferindo radicalmente das necessidades imediatas que as mudanças na sociedade vêm impondo à educação e ao ser humano. Esses objetivos encontram-se voltados para um futuro, de certa forma, mantenedor da sociedade e do tipo de adulto que se encontra no mundo do estudante de hoje e que, portanto, constituem-se em suas únicas referências. Ou seja, esse adulto que é valorizado na sociedade, possui um curso superior, mostrando “indiretamente” que o valor do

⁶ Snyders (1988), página 12.

estudante como ser humano nessa sociedade só ocorre no futuro, depois que ele passar no vestibular. Além disso, o fato de não valorizar o estudante como ser humano antes dessa fase, não possibilita que ele veja a escola como mais um espaço de satisfação das suas necessidades humanas relacionadas ao saber, à satisfação cultural que, normalmente, é negligenciada pela sociedade em geral.

Pensar a educação brasileira atual tendo como objetivo e considerações aquelas descritas no início desta seção, nos parece, num primeiro momento, utópica se considerarmos que o ensino propedêutico tem dominado esse cenário há muitos anos sem que haja praticamente nenhuma forma de questionamento a respeito. Mas, pelo mesmo motivo, ou seja, a manutenção de um sistema de ensino pelo simples fato deste já existir de forma eficiente para as classes privilegiadas, pode nos levar a pensar que a atual situação da educação não vislumbra mudanças no ensino. A falta de um questionamento do atual sistema dominante, poderia nos fazer pensar que, ao estabelecer os objetivos educacionais, têm-se "esquecido", talvez por comodismo, de se levar em consideração a realidade em que o país se encontra, passando por mudanças econômicas, políticas e sociais; porque, se isso acontecesse, o sistema de ensino poderia apresentar maiores chances de transformação.

Diante desse quadro, onde a educação se mostra dominada por um sistema de ensino, senão total ou, parcialmente, destituído de significado devido à incoerência entre seus objetivos e a colaboração que lhe cabe nas transformações sociais necessárias para a sociedade atual, consideramos importante a contribuição de um sistema de ensino alternativo que seja voltado para os problemas sócio-políticos e que tenha potencialidade para substituir o ensino propedêutico. Nesse sentido, Libâneo (1984) caracteriza as propostas de ensino progressistas, aquelas que têm como finalidade principal uma educação que, segundo Silveira Porto (1987), recebe esse nome por considerar "*as desigualdades existentes entre os alunos, como resultado de suas condições concretas de vida, as quais vão determinar também suas aspirações, interesses, talentos, etc.*"⁷,

⁷ Silveira Porto (1987), páginas 44 e 45.

sendo então, o ensino direcionado para que o aluno tenha condições de desvendar e compreender as relações sociais existentes na sociedade de classes, tendo sempre em vista, a construção de um projeto social de transformação da sociedade que, atualmente, já se encontra em processo de mudança. Assim, a educação transforma-se também num fenômeno político, onde a escola serve de espaço crítico à sociedade.

A escola, na pedagogia progressista, deve realizar a mediação entre os alunos, os conteúdos e o mundo social, por tratar esses conteúdos como resultado da intervenção humana, além de situá-los histórica e socialmente. Dessa maneira, eles não são apresentados como uma forma acabada e imutável do conhecimento, mas como algo que se encontra num estado dinâmico de constante acabamento, deixando-o passível de críticas e modificações.

Nesse sentido, mesmo sabendo que a escola, como mero espaço representativo da educação, não tem condições de sozinha transformar a sociedade, acreditamos que duas funções possam ser desempenhadas: *“a primeira, fornecer aos alunos, principalmente os das camadas populares, o domínio de conteúdos e conhecimentos valorizados pela sociedade; e, segundo, de posse de tais conteúdos e conhecimentos devidamente trabalhados no sentido de desvendar as relações de opressão e dominação, fornecer-lhes armas conceituais para que possam lutar no sentido de estabelecer um novo projeto social, mais justo e mais humano.”*⁸

Sob esse enfoque progressista da educação e da escola podemos dizer que seus objetivos encontram-se intimamente relacionados com a transformação da sociedade que, por isso e para isso, incluem a humanização e a formação da cidadania do indivíduo. O processo de humanização, na concepção de Freire (1994), o homem deve assumir sua vocação natural de integração dentro da sociedade através de uma atitude participativa como real sujeito na busca dos valores e inquietações que o levam à plenitude nesse papel que, conseqüentemente, depende do momento em que a sociedade se encontra. Assim,

⁸ Silveira Porto (1987), página 45.

quando o homem se encontra numa sociedade que vive uma época histórica dinâmica, maior é a sua tendência de utilizar suas habilidades e funções intelectuais para atingir a plenificação como ser humano.

É nesse sentido que a escola deve "instrumentalizar" o homem, considerando-o como ser constituinte e ativo da sociedade (espaço) que se encontra num dado momento (tempo), para que ele se conscientize das mudanças que se fazem necessárias e assuma seu papel numa possível intervenção na sociedade já que ele também detém conhecimentos adquiridos ao longo de sua vida justamente por integrar esse espaço-tempo.

Por esse processo de humanização fazer parte da educação e por ocorrer *"na sociedade humana com a finalidade explícita de tornar os indivíduos participantes do processo civilizatório e responsáveis por levá-lo adiante"*⁹, a escola também tem papel fundamental na formação do cidadão. Então, a educação escolar, através da preparação científica, técnica e social do indivíduo inserido na sociedade atual (tecnológica e globalizada), deve *"possibilitar que os alunos trabalhem os conhecimentos científicos e tecnológicos, desenvolvendo habilidades para operá-los, revê-los e reconstruí-los com sabedoria"*¹⁰ o que, necessariamente, implica em saber analisar e confrontar esses conhecimentos dentro do contexto social para que haja sua articulação em totalidades que possibilitem a formação da cidadania no aluno.

Como estes são os objetivos atribuídos à escola, os conteúdos também devem refleti-los *"conforme a interpretação dada ao conceito de cidadania e do efetivo papel que se acredita que a escola possa desempenhar em sua formação"*¹¹. Portanto, esses conteúdos devem contribuir para uma formação total do indivíduo o que implica, a nosso ver, num repensar desses conteúdos e na maneira de apresentá-los, considerando também o seu papel na contribuição para essa formação.

⁹ Garrido Pimenta (1996), página 7.

¹⁰ Op.cit.ant., página 8.

¹¹ Piassi (1995), página 105.

3.1.II. Física

Ao considerarmos nossa visão da Física a ser ensinada no segundo grau, devemos considerar também o que este conhecimento compreende e o que dele se desprende para que também possamos articulá-lo com nossa visão de educação. Mas, como este trabalho focaliza o conhecimento físico relativo à Eletricidade e, para não deixarmos de expor nossa visão da Física como um todo, o que é essencial para este desenvolvimento, encontra-se no anexo 1 um texto sobre a teoria eletromagnética através do qual procuramos expressar nossas considerações e pressupostos que estaremos tratando neste item.

Para nós é imprescindível que a Física a ser ensinada seja considerada como um dos muitos conhecimentos que devem contribuir para a formação total do indivíduo, meta principal de nossa visão educacional. Consideramos a Física uma ciência que, como tal, constitui-se num corpo de conhecimento estruturado e dinâmico e, portanto, em constante processo de modificação, diferente do “produto” acabado, estático e linear que, normalmente, é ensinado nas escolas.

Ao considerarmos a Física como um produto estático, linear e “pronto para o consumo”, estamos fazendo um tipo de “recorte” na evolução histórico-temporal, como se estivéssemos parando o tempo para essa ciência e, ainda, colocando seus conteúdos ou áreas numa seqüência linear.

Nosso tratamento da Física considera-a um corpo de conhecimento dinâmico porque esta esteve e continua em constante processo de elaboração e reelaboração, sua história evolutiva, como ciência, confundiu-se com o processo humano que busca compreender a realidade, uma das grandes inquietações do homem em todos os tempos. Portanto, considerar a Física enquanto processo humano, implica também considerar as necessidades humanas relativas ao contexto econômico, político e social no qual essa ciência se encontra e, conseqüentemente, como esse contexto influencia em sua construção. Essas duas influências, do contexto histórico (espaço-tempo) e das necessidades humanas, fazem com que as teorias físicas e a própria Física, como um todo, “ganhem” um “tom de realidade” porque, na busca da compreensão dessa realidade, surgem diferentes possibilidades na interpretação do mundo real através das teorias;

caracterizando assim, a Física como um processo em constante construção ao longo do tempo.

A Física enquanto corpo de conhecimento estruturado e dinâmico é aquela Física “conhecida” pela comunidade científica ao longo do tempo e que, inclusive, ajudou a elaborar tal estrutura através do “fazer” científico; por outro lado, a Física ensinada na escola que domina o cenário atual, tem sido mostrada como algo linearizado, um produto acabado do qual nada se sabe a respeito do processo de elaboração e que, portanto, não é nada além do resultado de um processo que deve ser consumido sem questionamentos. Essas duas maneiras de “ver” a Física, ou seja, seu caráter dual de processo, na visão da comunidade científica, e de produto, na visão que o professor “deve passar” para os alunos durante o processo de ensino, devem ficar explícitas para possibilitar uma compreensão abrangente do que é Física.

Para que a Física ensinada na escola não apresente apenas esse aspecto de produto acabado, impossibilitando qualquer tipo de questionamento durante o processo de ensino-aprendizagem, consideramos relevante “olhar” a Física como uma estrutura de conhecimento em constante fase de construção, porque através dela, pretendemos possibilitar a compreensão da realidade, do mundo físico e, para isso, devemos também levar em consideração outros fatores que influenciam nessa construção.

Ao considerarmos uma teoria física construída estrutural e dinamicamente a fim de procurarmos compreender um certo fato ou fenômeno do mundo físico, precisamos: identificar a teoria e aquilo que se pretende buscar entender; considerar que, permeando a estrutura da teoria identificada, encontra-se a visão de mundo das pessoas que, de alguma forma, colaboraram para sua construção e que, portanto, fornecem também influências subjetivas derivadas de suas intenções humanas; reconhecer os aspectos conceitual e formal da teoria, tanto em extensão quanto em profundidade.

A compatibilidade entre a teoria física e o fenômeno (do mundo físico) a ser compreendido parece ser, a primeira vista, uma consideração desnecessária por ser óbvia no processo científico, mas é justamente a existência dessa relação que se cria uma unificação entre a teoria e o fenômeno, fornecendo-lhe o que é

chamado de significado físico e que é muito importante no processo de ensino-aprendizagem da educação progressista que consideramos.

As visões de mundo dos diferentes cientistas enquanto homens que vivem numa sociedade, imprimem à estrutura da teoria física elaborada, tanto aspectos subjetivos relacionados às intenções humanas vigentes em sua época, quanto aspectos objetivos, também relativos às necessidades de cada sociedade. No entanto, não são só as visões de mundo dos cientistas que influenciam na estruturação de uma teoria física, os professores e alunos também o fazem porque, além destes também serem parte integrante da sociedade, eles também agem sobre o conhecimento físico ao longo do processo de ensino-aprendizagem, carregando suas intenções humanas que, certamente, incluem necessidades diferentes daquelas encontradas nos cientistas diante de uma teoria física.

As influências das visões de mundo de professores e alunos na construção da estrutura de uma teoria física ocorrem ao longo do processo de ensino-aprendizagem, levando-nos a considerar que é “*o conhecimento subjetivo que nutre e reforça as visões de mundo, abrindo as fronteiras*”¹² entre a Física e o mundo físico, contribuem para a criatividade e possibilitam a construção de imagens da natureza, imprescindíveis para a aprendizagem por criarem uma “ponte” entre o abstrato (mundo teórico) e o concreto (mundo físico).

A estrutura de uma teoria física “*é dada pela combinação de suas partes em um todo*”¹³. Essas partes (princípios, leis e conceitos, além de suas interações e propriedades) estão combinadas de maneira organizada e hierarquizada compondo um sistema de relações que sustentam a totalidade da teoria, isto é, sustentam a possibilidade de se compreender racionalmente a realidade. Para que essa sustentação ocorra, os elementos da estrutura devem estar organicamente ligados ao todo e nele ganhar significados, valores e funções determinadas “*como as partes de um corpo ou organismo*”¹⁴, reforçando a idéia de que o todo é diferente da soma das partes.

¹² Pregnotatto (1995), página 4.

¹³ Salém (1986), página 46.

¹⁴ Kawamura & Hosoume (1992), página 3.

É comum associarmos a parte com o conhecimento local e o todo com o global; assim, quando nos aprofundamos ou privilegiamos uma parte da estrutura (um local), estamos praticamente eliminando a possibilidade de estabelecermos relações desta com outras partes e acabamos por perder a extensão da teoria, ou seja, seu aspecto global.

Para se “olhar” o conhecimento localmente é preciso se aproximar da teoria, possibilitando o conhecimento mais profundo que pode ser relacionado com a intuição, resultado da prática constante do “fazer” Física. À medida que se tem consciência desse conhecimento mais profundo, faz-se necessário um distanciamento que possibilite a articulação entre as partes que compõem esse todo. Assim, o global (o todo) é um conhecimento em extensão onde prevalece, não mais a intuição e sim, a razão. É nesse momento que se concretiza a preocupação de se trabalhar com a teoria em sua totalidade, como um todo, e não mais em partes sem articulação ou em fragmentos.

Dessa maneira, o conhecimento local, ao criar uma percepção profunda dos conceitos (partes) envolvidos na teoria atribuindo-lhes um certo grau de realidade, por se manifestar como visão de mundo ou imagem da natureza já que *“envolve julgamentos de valor, fortemente determinados pela particular vivência do indivíduo, que se traduz numa postura frente ao objeto do conhecimento”*¹⁵, contribui para a construção dos aspectos conceituais da teoria. Enquanto o conhecimento global encontra-se associado à estruturação espacial da teoria, onde os vários conceitos encontram-se ligados racionalmente, formando *“um todo coerente do ponto de vista lógico-matemático”*¹⁶, fornecendo uma visão conjunta e simultânea de todas as relações entre os conceitos envolvidos.

A possibilidade de pensar numa teoria física dotada de estrutura nos permite um “contato” direto e simultâneo com todos os elementos e relações que a constituem, formando um todo coerente lógica e matematicamente que lhe fornece a auto-consistência. Essa característica da teoria é associada à possibilidade de ligação entre um conceito e outro, por qualquer uma das relações ou

¹⁵ Pregolato (1995), página 84.

¹⁶ Op.cit.ant..

interdependências que existam entre eles, de maneira que sejam equivalentes no sentido formal (matemático) e conceitual.

Até aqui, nossas considerações estavam voltadas basicamente para a teoria do conhecimento físico, apesar de considerarmos não ser possível desvinculá-la do caráter experimental da Física, também muito importante.

O caráter experimental da Física é intrínseco à natureza por envolver sua observação a fim de detectar regularidades que possibilitem processos de investigação. Essas investigações, por sua vez, são mediadas por idéias e concepções que, assim como ocorre no processo de construção das teorias físicas, influenciam nos objetivos que se pretende atingir com tais investigações. Alves (1994), realizando uma analogia entre um cientista (neste caso, um físico), com suas teorias, e um pescador, com suas redes ou anzóis, diz que *“um cientista é uma pessoa que sabe usar as redes teóricas para apanhar as entidades que lhe interessam”*¹⁷, porque, como as redes, as teorias são construídas levando em consideração concepções e pré-julgamentos que os próprios cientistas possuem a respeito de seu objeto de investigação e que, portanto, servem para direcionar o “olhar” do cientista nessas investigações. E é também nessa fase da investigação na qual o cientista pode perceber a adequação das redes teóricas que está usando porque, além de apanhar as “coisas” de seu interesse, a teoria deve eliminar aquilo que não tenha significado para as observações, ou seja, deve selecionar, dentre todas as observações, aquelas que realmente interessam.

A Física experimental, sob o ponto de vista do ensino, possibilita o desenvolvimento da capacidade de observação e percepção da natureza e do mundo físico, de maneira que envolve intenções, ou seja, não é uma simples observação, prescinde da definição de posicionamentos que contribuem para o que e como será observado. Para isso, a metodologia experimental é fundamental já que explicita a necessidade do estabelecimento de metas e a adoção de teorias que norteiem o “olhar” para os fenômenos físicos que se pretende compreender. Isto é, a metodologia experimental faz com que o aluno, ao observar a natureza,

¹⁷ Alves (1994), página 94.

não o faça apenas para comprovar algo estudado na teoria ou que o professor disse que ocorreria, faz com que o próprio aluno aprenda como é realizada a observação da natureza baseada nesse método, elaborando hipóteses em função da teoria aceita a fim de testar e comprovar “*o que aconteceria se...*”. Assim, o caráter e a metodologia experimental da Física são fundamentais na formação de atitudes como essas que, no processo de ensino-aprendizagem, contribuem tanto para facilitar a compreensão dos conceitos abstratos e suas relações com o mundo concreto quanto para dominar a linguagem utilizada pela Física.

As atividades experimentais introduzidas no ensino de Física têm sido justificadas, entre outras coisas, por propiciar “*um melhor entendimento dos conceitos e relações, na medida em que permitem uma aproximação concreta e vivenciada do que o aluno está aprendendo*”¹⁸. Nesse sentido, a transformação de situações do dia a dia em atividades experimentais planejadas, pode apresentar basicamente duas vantagens para o ensino: fornecendo concretude à experimentação ao “*alargar o universo da Física para além da sala de aula, estendendo seu interesse ao mundo a nossa volta*”¹⁹ e também, ainda por meio da concretude desse tipo de atividade, fornecer bases que contribuem para o domínio da linguagem utilizada pela Física, pois, ao partir de situações do dia a dia, cria a possibilidade de uma passagem gradual entre a linguagem do aluno e a linguagem a ser dominada.

Em resumo, o caráter experimental da Física representado pelas atividades utilizadas nos processos de ensino, facilitam atingir três objetivos fundamentais:

- a) saber como observar a natureza, transformada ou não, e seus fenômenos, através de métodos experimentais;
- b) auxiliar na compreensão dos conceitos físicos e suas relações;
- c) contribuir para o domínio da linguagem utilizada pela Física.

As idéias desenvolvidas aqui, dizem respeito ao caráter experimental da Física essencialmente voltado para o ensino, ou seja, relacionado ao “fazer” experiência na escola e como isso pode ser trabalhado, especificamente, no

¹⁸ Kawamura & Hosoume (1992), página 5.

¹⁹ Op.cit.ant., página 6.

processo de ensino através da experimentação de situações do dia a dia. No entanto, esse caráter experimental da Física, enquanto uma maneira de observar e procurar compreender a realidade da natureza, utilizando o método científico como o de uma ciência experimental, faz parte de sua construção e que, apesar de não ser utilizado necessariamente com esse intuito no processo de ensino, deve ser, pelo menos, apresentado aos alunos como tal para que eles saibam de sua existência e de sua importância no desenvolvimento da Física. Isto quer dizer que existe diferença, na Física, entre o “fazer” experiência no processo de ensino, através das atividades experimentais, e o “fazer” experiência no processo de construção científica, apesar da Física experimental que deve ser abordada na educação, encontrar-se totalmente caracterizada nos dois casos.

3.1.III. Processos de Ensino-Aprendizagem

Pensar a educação e o conteúdo, a Física, tendo objetivos tão amplos quanto os apresentados para a formação do indivíduo, implica também num repensar na maneira como isso deve ser realizado, ou seja, devemos pensar como ensinar, considerando o que ocorre no processo de aprendizagem dos alunos.

Atualmente a tendência educacional tem se voltado para uma formação total do indivíduo que inclui sua contribuição para os processos de humanização e cidadania. Essa tendência se deve às necessidades impostas à educação através das transformações que a sociedade vem sofrendo porque a sobrevivência do indivíduo no mundo atual e, conseqüentemente, sua valorização nesse espaço, estão atrelados a sua capacidade de se adaptar e, principalmente, participar da nova sociedade que está se formando.

Apesar das propostas de educação atuais tenderem para o ensino progressista, sabemos que o domínio na prática educacional continua sendo o do ensino propedêutico e dos processos de aprendizagem relacionados a ele. Por isso, fizemos um paralelo entre os processos de aprendizagem dessa educação dominante e os da educação progressista, incluindo as passagens que estão ocorrendo entre uma e outra.

Para isso, consideramos necessário expor o que é “aprender” em cada tipo de ensino: no propedêutico, significa a retenção, por parte do aluno, do

conhecimento transmitido pelo professor, único detentor desse saber dentro do processo. E, no progressista, aprender é *"desenvolver a capacidade de processar informações e lidar com os estímulos do ambiente, organizando os dados disponíveis da experiência"*²⁰; como consequência desses significados, os pressupostos de aprendizagem para cada um dos ensinamentos podem ser estabelecidos, levando também à definição da relação professor-aluno ao longo dos processos de aprendizagem.

No ensino propedêutico, a aprendizagem pressupõe que a capacidade de assimilação dos conhecimentos por parte do aluno, não está relacionada ao seu desenvolvimento humano, pois assume, por exemplo, que uma criança possui a mesma capacidade de assimilação de um adulto, apenas menos desenvolvida. Com isso, o processo de aprendizagem ocorre de maneira receptiva e mecânica pelo aluno que deve reter, através de repetições sistemáticas, o conteúdo que o professor transmite *"na forma de verdade a ser absorvida"*²¹. Nesse tipo de ensino, a educação é um processo externo por pretender que o aluno adquira uma cultura geral, cujo significado do saber encontra-se em si mesmo.

Dentro desse quadro de modificações, aquelas ocorridas com o ser humano "forçaram" mudanças também nos processos educacionais que, conseqüentemente, refletiram nos processos de ensino-aprendizagem. Essas mudanças no ser humano estão relacionadas com as transformações na sociedade que, por sua vez, influenciam na maneira como o homem é visto, considerado nos processos sociais e educacionais.

No decorrer do tempo, a maneira de considerar o aluno no processo de ensino-aprendizagem foi se modificando. Aos poucos, o aluno deixa de ser considerado desprovido de suas necessidades humanas ao longo da educação, como ocorria no ensino propedêutico, para passar a ter um valor como indivíduo do mundo que, ao estar se educando, está realizando um processo interno, ao ter sua educação partindo de necessidades e interesses próprios, capacitando-o para sua adaptação ao meio, ou seja, inicia-se a valorização da auto-educação, onde o

²⁰ Libâneo (1984), página 42.

²¹ Op.cit.ant., página 24.

“aprender se torna uma atividade de descoberta, é uma auto-aprendizagem, sendo o ambiente apenas o meio estimulador. É retido o que se incorpora à atividade do aluno pela descoberta pessoal; o que é incorporado passa a compor a estrutura cognitiva para ser empregado em novas situações”²². Assim, o professor perde seu lugar de privilégio para assumir a função de coadjuvante no desenvolvimento do aluno e, se intervém, é para dar forma ao raciocínio dele. É a partir desse ensino que se instaura a “vivência democrática” entre professor e alunos, tal qual a vida em sociedade deve ser.

E na tendência progressista atual, que surge como uma necessidade inerente às mudanças sociais que agora vêm ocorrendo, os pressupostos de aprendizagem fazem com que o aluno, por esforço próprio, se reconheça nos conteúdos e modelos sociais apresentados pelo professor para que ele amplie sua experiência e tenha condições de compreender o “vivido” para atingir um nível mais crítico de conhecimento da sua realidade. Isso, através de uma correspondência entre os interesses dos alunos e os conteúdos, ambos vinculados à realidade social, para que esta seja conhecida e, posteriormente, compreendida; ou, através do exercício da abstração para alcançar a representação da realidade concreta, a razão de ser dos fatos.

Assim, *“o conhecimento novo se apoia numa estrutura cognitiva já existente, ou o professor provê a estrutura de que o aluno ainda não dispõe”²³. Dessa maneira, o princípio da aprendizagem significativa é admitido, pois supõe, como passo inicial, a verificação daquilo que o aluno já sabe, ou seja, “o professor precisa saber (compreender) o que os alunos dizem ou fazem, o aluno precisa compreender o que o professor procura dizer-lhes. A transferência da aprendizagem se dá a partir do momento da síntese, isto é, quando o aluno supera sua visão parcial e confusa e adquire uma visão mais clara e unificadora”²⁴. Com esses pressupostos, a relação professor-aluno no processo ensino-aprendizagem, segundo Libâneo (1984):*

²² Libâneo (1984), página 26.

²³ Op.cit.ant., página 42.

²⁴ Libâneo (1984), página 42.

“Se o conhecimento resulta de trocas que se estabelecem na interação entre o meio (natural, social, cultural) e o sujeito, sendo o professor o mediador, então a relação pedagógica consiste no provimento das condições em que professores e alunos possam colaborar para fazer progredir essas trocas. O papel do adulto é insubstituível, mas acentua-se também a participação do aluno no processo. Ou seja, o aluno, com sua experiência imediata num contexto cultural, participa na busca da verdade, ao confrontá-la com os conteúdos e modelos expressos pelo professor.”(p.41)

Se considerarmos que, ao longo do tempo, a educação e os processos de ensino-aprendizagem foram se modificando, podemos notar que o educando passou gradativamente a ser considerado como um indivíduo total: dotado de uma estrutura cognitiva anterior ao ensino escolar; carregado de intenções humanas relacionadas ao contexto social; passível de ser capacitado a refletir e agir diante de sua realidade; interessado em adquirir conhecimentos; enfim, um ser de grande complexidade que não pode deixar de ser considerada ao longo de seu processo de aprendizagem, por se tratarem das reais características relevantes para a educação atual. Mas, além disso, esse ser complexo, encontra-se inserido num mundo físico também bastante complexo devido aos diversos fatores que nele influem e às modificações que vêm sofrendo que, por sua vez, influenciam nos processos de aprendizagem do ser humano. Esta última consideração já justifica o processo de aprendizagem utilizado na educação progressista; no entanto, faz-se necessário a compreensão de como se dá a aprendizagem nessa educação.

O educando, no ensino progressista, é considerado um ser dotado de uma estrutura cognitiva construída ao longo de sua vida e que, assim, tem suas bases nos conceitos espontâneos elaborados sobre os elementos significativos de sua vivência; a maneira como essa estrutura se encontra, ou seja, como os conceitos espontâneos do educando estão articulados, formando uma estrutura estável ou não, cuja estabilidade depende de fatores externos - de sua interação com o mundo físico e com as pessoas de sua convivência - e também de fatores internos,

como sua estrutura pessoal interna, sua personalidade*, trabalhou para articular tais conceitos, faz com que a estrutura cognitiva seja bem estruturada ou não, capacitando o educando para novos conhecimentos e como estes podem se apoiar na estrutura já existente.

Quando é considerado que a estrutura cognitiva do educando existe, com alguma forma, mesmo antes da aprendizagem escolar e que, esta se encontra em processo constante de amadurecimento, também é assumido que o próprio educando procura a "verdade a ser aprendida", porque essa procura é guiada por sua realidade fornecendo, conseqüentemente, significado ao conhecimento físico aprendido. Além disso, essa nova relação entre o educando e o conhecimento, de constante busca, também revitaliza as possibilidades de utilização de estratégias de ensino onde os educandos e o professor se utilizem, por exemplo, de analogias entre algo que já faz parte do conhecimento do aluno, de sua estrutura, com aquilo que ele está procurando aprender. Essa procura pelo significado do conhecimento associada ao uso de analogias como estratégias de ensino, cria uma maior interação professor-educando, fazendo com que ambos procurem, pelo menos, utilizar a mesma linguagem, para que, aos poucos, se chegue àquela convencionada para a Física e que, normalmente, é dominada apenas pelo professor.

Os três âmbitos de reflexão desenvolvidos neste capítulo, não são independentes: se a visão de educação é a progressista então, a compreensão do que é Física também deve ser coerente com essa visão, é como aquela algo próximo do seu caráter processual; e também, coerente com a visão de como o aluno de hoje aprende nesse tipo de educação.

Na educação progressista, o objetivo é formar o aluno em sua totalidade, promovendo, para isso, seu processo de humanização e de cidadania que

* Em psicologia, refere-se "ao sujeito dos processos de conduta, dos distintos processos nos quais a conduta consiste e entre os quais está a aprendizagem." Ou, pode ser "identificada com as características individuais e propriamente diferenciais de uma pessoa frente a outras." Fierro (1996), página 154.

considera, principalmente, sua capacitação para agir durante o processo de aprendizagem e, ao longo de sua vida, no seu mundo. Nessa perspectiva educacional, a Física deve, através do desenvolvimento de seu conteúdo, contribuir para esse tipo de formação do estudante, fornecendo-lhe “instrumentos” e possibilidades para também poder refletir.

Introdução

1 - Conceitos Espontâneos em Eletricidade: um mapeamento bibliográfico

**2 - Algumas Características das Visões de Eletricidade dos Estudantes de
Duas Propostas de Ensino**

**3 - Reflexões a Respeito do Ensino – Educação/Física/Processos de
Ensino-Aprendizagem**

**4 - Análise Comparativa das Duas Propostas de Ensino
de Eletricidade**

5 - Considerações Finais

Anexos

Referências Bibliográficas

Capítulo 4 – Análise Comparativa das Duas Propostas de Ensino de Eletricidade

No capítulo anterior, considerando referências relativas a um repensar da natureza e da construção do conhecimento físico por parte dos estudantes, além das próprias características dos livros representantes das propostas, estabelecemos que nossas reflexões deveriam ser dimensionadas em função das visões da educação, da Física e dos processos de aprendizagem. Essas dimensões de reflexão, possibilitaram a definição de elementos comuns às duas propostas que, simultaneamente, caracterizassem e direcionassem a análise das propostas Ramalho e GREF.

4.1. Os Elementos Norteadores da Análise

Os 12 elementos privilegiados na caracterização das propostas de ensino de Eletricidade foram organizados, segundo as três dimensões de reflexão, da seguinte forma:

4.1.I. Educação

1. Objetivos Educacionais: esses elementos encontram-se em cada proposta, explícitos, no início, e permeando todo o seu desenvolvimento, ao definir as relações dos elementos que compõem as propostas.

2. A Física e o Mundo: este elemento identifica as relações entre os conhecimentos universal e vivencial e permite inferir como cada proposta de ensino concebe a relação entre o conhecimento físico e o mundo em que vivemos, contendo implicitamente o significado da Física na forma de compreender o mundo.

4.1.II. Física

3. Construção da Física: contém as informações que permitem inferir a visão de ciência com relação ao seu processo de construção. São informações dadas pela História da Ciência que é privilegiada e pela forma com que essa

História comparece no contexto do desenvolvimento do conteúdo. Esse elemento informa se o conteúdo comparece como algo construído num determinado espaço-tempo.

4. Interpretações da Natureza: neste elemento estão os modelos físicos utilizados na explicação dos fenômenos, as relações entre eles e os limites de validade de cada um; informa também sobre a caracterização da Física como interpretações da natureza (suas imagens) através de modelos explicativos que a destacam como um conhecimento estruturado ao longo da História.

5. Organização do Conteúdo: neste elemento encontram-se as informações sobre a forma de estruturação do conteúdo e a natureza dos elementos dialéticos parte-todo que o estrutura. Possibilita a observação da existência ou não de algo que estrutura as partes ou se repete fornecendo um contorno, um “esqueleto”, para a proposta, além de informar também como as unidades estão organizadas.

6. Conteúdo e Forma: este elemento possibilita explicitar se há articulações ou não entre as partes e o todo do conhecimento em estudo, isto é, torna possível verificar de que maneira o conteúdo é abordado através da fragmentação, separando-o em sub-unidades desenvolvidas independentemente, sem a existência de um todo que lhes forneça significado ou, abordando-o como um todo organizado de tal forma que as suas partes ganham significado através dessa organização.

7. Atividades Experimentais: são os elementos que evidenciam o caráter experimental do conhecimento físico: a proposição ou não de atividades experimentais assim como a relação das mesmas com outras maneiras de desenvolver o conteúdo e os tipos de experimentos, fornecem elementos para a compreensão do significado dos experimentos no ensino da Física.

8. Aspectos Qualitativos e Quantitativos: são os elementos que caracterizam os aspectos conceitual e formal da ciência Física. O desenvolvimento equilibrado desses dois aspectos ou o privilégio de um deles dará informações sobre a relevância ou não de conhecimentos locais em profundidade e/ou de conhecimentos globais de natureza estrutural.

4.1.III. Processos de Ensino-Aprendizagem

9. Conhecimento do Aluno: como é tratado o conhecimento que o aluno traz consigo na terceira série do segundo grau e que foi adquirido ao longo de sua vida; dependendo de como essa "bagagem cultural" do aluno é considerada: se já é algo "maduro" ou algo que se encontra em constante processo de desenvolvimento, torna-se possível compreender como é considerada a atuação do estudante no processo de ensino-aprendizagem em cada proposta com relação ao conhecimento científico.

10. Atuação do Aluno: nesse elemento evidenciam-se as concepções sobre o "papel" do aluno no processo de aprendizagem. A partir dos tipos de atividades ou ações propostas para os estudantes é possível extrair elementos que contribuem para compreender a visão sobre formas de aquisição do conhecimento por parte dos estudantes.

11. Linguagem Utilizada: nesse elemento encontra-se a diferença entre a linguagem do professor e dos alunos: o primeiro utilizando-se de uma linguagem convencionada, totalmente relacionada à Física, e o segundo, por não se utilizar naturalmente dela, encontra muita dificuldade. E é essa diferença também que evidencia a definição das atuações do professor e do aluno.

12. Analogias como Estratégia: nesse elemento estão as analogias utilizadas como estratégias de ensino: a natureza, as formas de articulação no contexto do desenvolvimento do conteúdo e a explicitação dos limites das analogias utilizadas revelam alguns indicadores sobre as formas de compreender os processos de aprendizagem dos estudantes na aquisição do conhecimento.

4.2. Os Elementos Norteadores nas Duas Propostas

Considerando ser a educação uma das dimensões a contribuir na formação completa dos estudantes com o intuito deste desempenhar suas funções como ser humano dentro da sociedade em que vive, onde os conhecimentos representados pelas disciplinas escolares, inclusive a Física através de seus conteúdos, também contribua de maneira responsável para esse tipo de formação que, conseqüentemente, inclui a preocupação com os processos de ensino-

aprendizagem dos estudantes. Dessa maneira, as três dimensões de análise (educação, Física e processos de ensino-aprendizagem), que poderíamos chamar de tríade dos pressupostos teóricos, nos guiaram na definição e identificação dos elementos, um a um em cada proposta, permitindo uma comparação entre elas.

Na prática, essa análise foi realizada em três etapas: na primeira, analisamos cada proposta separadamente, através da leitura minuciosa de seus livros sobre Eletricidade; na segunda, já tendo em mente nossas dimensões, estabelecemos alguns elementos relevantes e comuns às propostas Ramalho e GREF para que pudéssemos utilizá-los numa comparação; e, na terceira etapa, esses elementos foram revistos agora, considerando-os paralela e simultaneamente com as primeiras análises obtidas através da primeira leitura que, finalmente, resultaram nos 12 elementos norteadores. É importante ressaltar que muitos desses elementos possuem interfaces comuns entre si e, portanto, algumas características das propostas podem ter sido abordadas em mais de um dos elementos.

4.2.1. Educação

1. Objetivos Educacionais

A proposta do Ramalho tem, ao mesmo tempo, como público-alvo os estudantes e o professor de segundo grau porque este adota o livro como referência para preparar suas aulas.

No prefácio do livro encontram-se indicados explicitamente o público-alvo da proposta bem como seu objetivo: *“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”*¹. Assim, o objetivo central da proposta converge para o ensino propedêutico, propondo abordar toda a Física, neste caso, a Eletricidade, visando contribuir sempre para uma formação futura dos estudantes, seja ela na utilização da Física em suas carreiras ou na preparação para os exames vestibulares; tanto num caso como no outro, o objetivo da proposta é voltado para o futuro visando o preparo dos estudantes para um estágio de estudos superior àqueles que já tiveram, objetivo propedêutico.

¹ Ramalho (1986), prefácio.

A proposta GREF tem como objetivo central e explícito que o estudante compreenda seu mundo vivencial para, *“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”*². Esse objetivo de compreensão do mundo, através da Física (ou Eletricidade, neste caso), é realizado focalizando tanto os aspectos da Física inerentes a mais uma das áreas do conhecimento, da cultura, quanto aos aspectos característicos do conhecimento científico e seus métodos.

2. A Física e o Mundo

Nos livros de segundo grau mais utilizados a relação entre a Física ensinada na escola e o mundo vivencial dos alunos é pouco discutida e, às vezes, nem mesmo citada. No caso destes dois livros, isso acontece em menor grau já que ambos procuram explicitar uma relação entre a Física e o mundo, mas sob enfoques e tratamentos bem diferentes, principalmente, porque seus objetivos também são bastante diferentes.

Ao longo do livro do Ramalho, especialmente a título de ilustração, há colocações que procuram mostrar situações do mundo real inseridas no conteúdo teórico, mas isso normalmente é feito de maneira isolada, depois de todo um tratamento dado à teoria.

A Eletricidade, subdividida em partes, é desenvolvida através de itens que, por sua vez, abordam o conteúdo teórico e, quando é possível, ilustram-no com situações do dia a dia, mas principalmente com situações que envolvem aplicações técnicas e tecnológicas. Há figuras representando os aparelhos de medidas elétricas, geradores e receptores, e ainda, as partes elétricas de um automóvel e das hidrelétricas brasileiras que são desenvolvidas através de textos para leitura.

Portanto, as ilustrações da Eletricidade através do mundo real, restringem-se a um tratamento descritivo de equipamentos e tecnologia abordando-os por meio da mesma relação matemática que já vinha sendo utilizada durante todo o livro. Esse tipo de procedimento mostra que, uma das dificuldades dos estudantes, a

² GREF (1995), página 19.

linguagem científica utilizada no livro, continua ocorrendo mesmo num ponto em que a sua compreensão deveria ser facilitada, isto é, quando o mundo, através de seus equipamentos e tecnologia, bastante próximos do aluno, é tratado apenas como uma ilustração do conteúdo teórico, o aspecto interpretativo da Física que poderia contribuir para uma aprendizagem significativa, deixa de existir e, mais uma vez, contribui para distanciar o aluno do conhecimento científico. Dessa maneira, na relação entre a Física e o mundo, este último fica restrito a uma exemplificação da teoria eletromagnética reforçada pela utilização de seu caráter vivencial em simples exemplos.

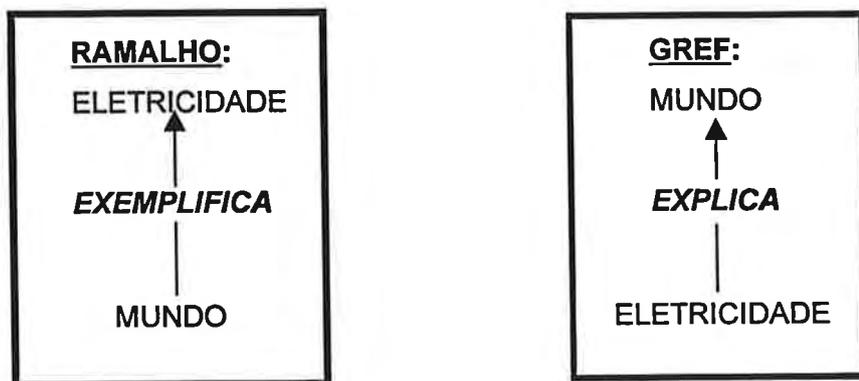
O enfoque dado pelo GREF é bastante diferente, porque, ao contrário, o início do processo de ensino ocorre através do mundo vivencial do aluno onde a teoria eletromagnética é aplicada. Partindo do próprio mundo vivencial do aluno que cita e procura compreendê-lo, a teoria é desenvolvida concomitantemente com os elementos reais com os quais os estudantes convivem; iniciando assim também a consideração do caráter universal da Física.

O GREF, antes de tudo, procura elaborar uma relação de elementos do dia a dia do aluno para, através deles, desenvolver os conceitos e apresentar a teoria física. O mundo, portanto, é o motivador de todo o curso, quando escolhe um conjunto de elementos de mesma característica e o analisa sob os aspectos da Eletricidade com os quais se relaciona.

No entanto, essa abordagem que mostra utilizações da teoria física na compreensão do mundo vivencial do aluno, não elimina o caráter técnico e nem o formalismo matemático necessários num curso de Eletricidade.

Enfim, nos dois livros há um tratamento técnico relacionado à Eletricidade do mundo vivencial, mas a diferença encontra-se em como isso é feito. O Ramalho opta por um desenvolvimento técnico e formal e o GREF não, o tratamento técnico é uma investigação mais livre dos elementos elétricos para, só depois, se utilizar do formalismo nos aspectos quantitativos.

A relação entre a Física e o mundo ao longo dos dois livros pode ser esquematizada da seguinte forma:



4.2.II. Física

3. Construção da Física

No Ramalho notamos uma preocupação com a abordagem histórica logo no início, no prefácio do livro, onde os autores se propõem a desenvolver “a Física como uma ciência contemporânea”³ tanto que, para tal localização temporal, também no prefácio, é apresentado um quadro histórico contendo as descobertas e invenções da Física, sempre fazendo um paralelo com destaques da História mundial. No entanto, esse quadro representativo (ver [anexo 5](#)), por se encontrar isolado do conteúdo do curso e por ser de difícil compreensão pelo próprio tipo de apresentação dos dados (datas e acontecimentos históricos), dificulta para o aluno qualquer possibilidade de estabelecer um vínculo significativo entre o que está por vir e algum conhecimento histórico que ele já possui.

Além disso, o quadro apresentado no volume três de Eletricidade é o mesmo encontrado nos outros dois volumes da coleção (Mecânica e Termologia e Óptica), mostrando que nenhuma menção especial é feita aos destaques históricos da Eletricidade que poderiam fornecer maior subsídio para que o aluno pudesse localizar historicamente o conhecimento que está adquirindo ou, mesmo, indicando que esse conhecimento, ainda na História contemporânea, vem sofrendo modificações e evoluções que não o mostrariam como um “produto” acabado, mas sim, em constante processo de acabamento.

³ [Ramalho](#) (1986), prefácio.

Quando os autores declaram que a Física estudada é aquela descrita como uma ciência contemporânea e capaz de explicar os mais diversos fenômenos, não fica claro esse caráter de atualidade no conteúdo, ao contrário, pode-se até considerar que o tratamento dado à Eletricidade é o mesmo que tem sido feito há alguns anos, sem que haja uma renovação significativa. Ou seja, o caráter contemporâneo ao qual os autores se referem, fica restrito aos textos que procuram relatar algumas das aplicações de Eletricidade no mundo em que o aluno vive, como, por exemplo: nas hidrelétricas, nas telecomunicações e na descrição do funcionamento das partes elétricas de um automóvel. Na pesquisa científica, essa contemporaneidade também fica um pouco difícil de ser percebida, porque o exemplo de uma experiência científica descrito, data do início do século, a experiência de Millikan com a qual os autores mostram a utilidade de um capacitor na determinação do valor da carga elétrica.

No curso do GREF, não há nenhuma menção explícita aos aspectos históricos da Eletricidade, quer seja ao longo do texto, quer seja na apresentação da proposta de curso. Mas, notamos que um enfoque histórico encontra-se contido a todo momento, justamente pelo próprio tipo de curso que é proposto. O GREF, ao desenvolver a proposta baseada no mundo vivencial do aluno, adota automaticamente a História contemporânea como contexto histórico que permeia e guia a Eletricidade estudada, o que permite até o estudo da tecnologia mais moderna, conforme a solicitação dos alunos.

Esse curso, tanto no desenvolvimento histórico quanto metodológico, trata a Física como um conjunto de conhecimentos em constante evolução, fato este bastante perceptível pelo modo como a tecnologia do mundo vivencial é tratada no conteúdo de Eletricidade. Por exemplo, quando o GREF desenvolve o estudo dos materiais semicondutores isso fica explícito, porque a utilização de certos componentes eletrônicos ficou ultrapassada e, principalmente, mostra as vantagens e diferenças dessa evolução.

Esse tratamento da Física considera-a, não mais um "produto" acabado, mas sim, um produto em constante acabamento, sendo que essa necessidade de acabamento é e faz parte do processo de evolução e elaboração da ciência.

Ainda com relação ao processo de construção do conhecimento científico, o GREF explicita a utilização de modelos de explicação e o limite de validade de cada um; isso é feito, por exemplo, quando é desenvolvido o modelo clássico de corrente elétrica para explicar como ela surge e atua nos aparelhos elétricos para fazê-los funcionar. Além de realizar uma discussão sobre os limites de validade desses modelos, ou seja, é discutido com o aluno até quando um modelo explicativo pode ser utilizado em termos das suas limitações teóricas surgidas principalmente devido aos avanços científicos e tecnológicos. Por exemplo, quando são tratados os elementos de sistemas de comunicação e informação, é iniciada a discussão da necessidade de se utilizar um novo modelo explicativo para o funcionamento dos novos elementos (materiais semicondutores) e, na parte do curso sobre materiais semicondutores, é desenvolvido o modelo baseado na Física Quântica que os explica.

4. Interpretações da Natureza

Neste elemento foi realizada uma comparação entre os dois livros quanto ao desenvolvimento da Física como um conhecimento dotado de estrutura histórico-evolutiva.

No curso do Ramalho a visão dominante é a macroscópica, mas sem um rigor formal, pois a carga é tratada, por exemplo, como uma “bolinha” de dimensões ínfimas, não pontual. A corrente é apresentada como a carga em movimento no interior do metal, mas não se analisa as características da corrente utilizando essa compreensão de carga. Por exemplo, quando é analisada a resistividade dos materiais, não se faz uso do modelo microscópico para explicar a relação entre o arranjo estrutural do metal com uma maior ou menor resistividade de um dado material.

A abordagem da Eletricidade no Ramalho é, em sua essência, macroscópica já que o seu desenvolvimento e conseqüente ligação com os exemplos citados, só ocorrem nesse nível, o que mantém o domínio do curso sob a abordagem da Física clássica.

No curso do GREF há uma alternância constante entre as visões macroscópica e microscópica, conforme se faça necessário na abordagem da

teoria. Para que a teoria eletromagnética seja totalmente desenvolvida nesse curso, tanto os aspectos microscópicos quanto os macroscópicos, são abordados indiscriminadamente já que é possível encontrar ambos em um único conceito. Assim, no decorrer da teoria, ocorrem passagens constantes de uma visão para a outra.

É possível perceber também que os aspectos microscópicos e macroscópicos da Eletricidade tratados pelo GREF, são encontrados indistintamente em situações vivenciais do mundo dos alunos, sem uma delimitação formal entre ambos. Isto é, considerando, por exemplo, a explicação do funcionamento dos aparelhos resistivos, parte-se de uma situação perceptível (visão macro), como o fato da ligação entre o aparelho e a tomada gerar a energia que possibilita o funcionamento do aparelho e, para que ocorra o seu aquecimento, um processo microscópico (o movimento vibratório das moléculas que constituem o resistor), recorre-se ao efeito Joule. Nesse momento, é realizado um tratamento microscópico do modelo clássico da corrente e, mais adiante, esse mesmo conceito é tratado através do modelo moderno, onde se considera o elétron com sua dualidade de partícula-onda. Isso indica que é considerada a evolução histórica na construção do conhecimento científico, porque mostra as limitações encontradas em cada modelo motivando a busca de novas explicações e, conseqüentemente, de novos modelos mais adequados.

Mesmo fazendo um uso constante dos dois aspectos ao longo do livro, o GREF sempre se utiliza do modelo microscópico para explicar as propriedades dos elementos estudados já que este foi construído com o aluno de maneira totalmente estruturada e, portanto, dotado de toda a teoria capaz de explicar as mais diversas situações.

5. Organização do Conteúdo

Comparando os dois livros quanto as suas estruturas, notamos que, apesar de ambos possuírem uma estrutura básica que sustenta o curso, essas apresentam um caráter diferenciado. Isto é, em cada livro o "esqueleto" funciona com diferentes funções e, conseqüentemente, com diferentes relações entre o todo e as partes.

No Ramalho, a estrutura básica é repetida a cada capítulo ao longo do livro, independentemente do conteúdo a ser abordado. Essa estrutura é a seguinte:

conteúdo teórico, exercícios resolvidos, exercícios propostos, exercícios de recapitulação e testes propostos.

As partes dessa estrutura básica encontram-se bem definidas ao longo do livro. O conteúdo teórico é desenvolvido em forma de pequenos textos através dos quais procura se destacar definições e relações matemáticas relacionadas referentes ao capítulo. Esse pequeno texto é subdividido em tópicos que correspondem aos elementos da relação matemática. Esses tópicos são apresentados de maneira seqüencial para que, ao fim do desenvolvimento de um grupo constituído de dois a quatro itens, seja possível a colocação dos exercícios resolvidos e propostos referentes a eles. Em seguida, o texto continua a desenvolver o conteúdo teórico até que se esgote o assunto tratado. Nesse ponto, são colocados os exercícios propostos de recapitulação, seguidos pelos testes propostos que fecham cada capítulo.

Nessa estrutura básica encontram-se ainda eventuais textos de aprofundamento sobre o assunto ou numa tentativa de relacionar o mundo com a teoria estudada. Esses textos localizam-se no final de alguns dos capítulos, para ilustrar as noções e conceitos estudados, procurando mostrar aplicações da Física estudada no mundo vivencial. Os textos desenvolvem, por exemplo, as partes elétricas de um automóvel ou a utilização de um capacitor na experiência de Millikan para a determinação do valor da carga. Dois textos ainda tratam da utilidade prática da Eletricidade, quando desenvolvem o aproveitamento do potencial hidrelétrico e as telecomunicações no Brasil.

Esses textos mostram algumas utilidades daquilo que o aluno está estudando, seja na sua vida diária, seja nas pesquisas científicas. No entanto, essa característica positiva do livro encontra-se bastante isolada da estrutura restante o que praticamente esconde a relação que se procura destacar entre a Física e o mundo em que o aluno vive.

Os textos voltados para aplicações práticas ou científicas só começam a aparecer no livro a partir da parte II - cargas em movimento (Eletrodinâmica), quando os exemplos no mundo vivencial são bem mais freqüentes.

Nesta proposta, somente as relações internas existentes entre as partes são desenvolvidas constituindo um todo diferente do todo da Eletricidade porque, neste

caso, o todo seria a estrutura básica de cada capítulo que é formada pelas sub-unidades (partes) que o compõem e constitui uma unidade, por ter suas partes totalmente relacionadas ao conteúdo tratado no capítulo.

No livro do GREF, a estrutura básica é bastante diferente, por não se compartimentar em elementos rígidos e isolados com relação àqueles que o seguem ou antecedem. A estrutura deste livro baseia-se numa atividade participativa que dá forma à própria estrutura e que, ao mesmo tempo, possibilita ao aluno uma visão abrangente do que está por vir no decorrer do curso. A atividade consiste no levantamento, tanto por parte dos alunos quanto do professor, das “coisas” que se relacionam com a Eletricidade, seguido de uma classificação segundo o tipo de transformação de energia que realizam. Assim, surge o núcleo central de todo o curso, a transformação de energia elétrica nas suas diversas formas e que se constitui no elemento unificador da estrutura.

A transformação de energia é abordada no decorrer do livro sob os diversos aspectos a que se propõe o curso, isto é, primeiro o texto desenvolve os aspectos qualitativos das “coisas” citadas e classificadas; depois as teoriza e, ao longo do texto, sugere atividades e exercícios correspondentes que irão evidenciar, para os alunos, os aspectos qualitativos estudados e, ao mesmo tempo, procurar motivá-los para a etapa seguinte na teoria. Depois de desenvolvidos todos os conceitos, noções e relações fundamentais para a compreensão dos elementos referentes ao capítulo, surgem os exercícios que foram propostos com suas resoluções e em seguida, fechando cada capítulo, tem-se a descrição detalhada das atividades sugeridas com os respectivos comentários. Os exercícios mesclam abordagens qualitativas e quantitativas quando, ora tratam da aplicação das relações matemáticas, e ora, dos aspectos qualitativos das relações entre as grandezas físicas; tudo isso é feito sempre considerando o caráter prático do curso que se utiliza de exercícios que abordam situações do mundo vivencial do aluno.

O GREF apresenta textos complementares que se encontram no final do livro, tratando de aprofundamentos matemáticos; possíveis relações entre a Física e outras áreas do conhecimento, como, por exemplo, a Biologia; fornecendo explicações para fenômenos presenciados no dia a dia que só serão utilizadas caso haja tempo ou seja necessário, segundo critérios do professor.

Esta proposta apresenta um elemento unificador - as transformações de energia elétrica - e o utiliza tanto para desenvolver as partes do conteúdo numa relação dialética parte-todo que sustenta a estrutura do conhecimento físico quanto, para atingir o objetivo da proposta, compreender o mundo vivencial.

6. Conteúdo e Forma

O conteúdo e a forma do desenvolvimento da Eletricidade nos dois livros encontram-se intimamente relacionados às respectivas propostas de ensino e seu tratamento dialético parte-todo.

O Ramalho se propõe a formar o aluno para passar no exame vestibular, ou seja, a formar um futuro universitário. E, para que essa formação se efetive, o curso segue um conteúdo que abrange uma grande extensão das partes da Eletricidade, ora com mais profundidade, ora com menos, mas quase sempre de modo isolado e fragmentado. A característica essencial dessa proposta é uma abordagem propedêutica com a fragmentação do conteúdo onde as partes não se relacionam entre si e os assuntos referentes a elas são desenvolvidos sem questionamentos ou discussões. Neste tipo de tratamento, a Eletricidade não passa de uma soma das partes que constituem o conteúdo, não possuindo um significado comum que forneça uma unidade ao todo.⁴

Podemos dizer também que o conteúdo de Eletricidade é desenvolvido de maneira unidimensional o que significa que todas as definições e relações matemáticas são estudadas como se estivessem numa seqüência linear, numa "via de mão única", onde a volta não existe já que, ao aluno não é mostrada nenhuma maneira de se retomar o conteúdo que foi estudado anteriormente. Assim, não existe relação alguma entre o que está se estudando num dado momento e o que já se estudou, o conteúdo é transmitido sempre "olhando" para frente, mas sem que o aluno saiba aonde vai chegar.

Outro fator que mostra ser este um curso fragmentário é explicitado quando se verifica que o conteúdo de Eletricidade é dividido em três partes: cargas em repouso (Eletrostática), cargas em movimento (Eletrodinâmica) e Eletromagnetismo (efeito magnético das cargas em movimento) de forma estanque e sem inter-

⁴ Pregolato (1995) faz uma análise do mesmo livro e, com relação a este tema, chega a mesma conclusão.

relações explícitas⁵. Enfim, o que a proposta do Ramalho faz é seguir uma tendência bastante antiga na educação, a de fragmentar um todo, neste caso, a Eletricidade, para depois, desenvolver as suas partes sem que, ao menos, seja mencionado esse fato, ou seja, não há uma relação parte-todo que possibilite a construção de uma estrutura do conhecimento físico.

Os conceitos de Eletricidade no Ramalho são desenvolvidos a partir do excesso ou da falta de carga porque o conceito de carga é considerado o mais simples, para depois, desenvolver os conceitos mais complexos considerando assim, a existência de uma hierarquia entre eles. Essa hierarquia tem origem quando se considera a complexidade dos conceitos que surgem ao longo do conteúdo com relação a sua abrangência, isto é, os conceitos mais simples apresentam uma abrangência menor que os conceitos considerados mais complexos; esse tipo de pensamento é o próprio desenvolvimento do curso, privilegiando o treinamento e a prática constante de cada relação matemática, promovendo um conhecimento local e específico.

No curso do GREF isso não chega a acontecer, pois durante toda a apresentação, fica explícita a constante relação entre o todo e as suas partes, isto é, a Eletricidade (o todo) é discutida desde o início entre o professor e os alunos a fim de se estabelecer os elementos (as partes) relacionados a ela e que devem ser estudados. Os elementos relacionados à Eletricidade que foram levantados no início do curso são, então, analisados a fim de que se estabeleça padrões que permitam uma classificação. Esses padrões irão, simultaneamente, definir as partes a serem estudadas ao longo do curso, além de estabelecer suas características, possibilitando considerá-las também como partes de um todo e que serão desenvolvidas numa seqüência que permita fazer retomadas entre essas partes.

O GREF possui uma unidade no conteúdo de Eletricidade que mantém a coesão entre as partes e essa unidade é centrada na transformação de energia elétrica nas suas mais diversas formas, citadas pelos próprios alunos na discussão inicial do curso. Portanto, tendo a idéia da transformação de energia no centro, o livro do GREF discute: os aparelhos resistivos; os motores elétricos e os

⁵ Neste aspecto, o trabalho de Pregonato (1995) também indica essa falta de articulação entre os capítulos.

instrumentos de medida com ponteiro; as fontes de energia; os elementos de sistemas de comunicação e informação (propagação de energia); os materiais semicondutores e os componentes elétricos e eletrônicos. E ainda, em cada uma das partes, existe o seu aprofundamento através de modelos explicativos.

O conteúdo de Eletricidade, dessa maneira, é sempre desenvolvido a partir dos conceitos mais gerais para os mais particulares que, na maioria das vezes, são expostos como casos especiais dos primeiros. Esse tipo de desenvolvimento facilita um tratamento abrangente do conteúdo e a transferência dos conhecimentos adquiridos para o mundo vivencial do aluno o que ainda propicia uma ampla discussão da Eletricidade como mais um componente voltado para um conhecimento global e com abrangência.

7. Atividades Experimentais

No Ramalho não existem atividades dessa espécie, reforçando uma noção bastante freqüente entre os estudantes a respeito da Física: aprender Física implica, essencialmente, saber resolver problemas matemáticos e que, necessariamente, não parecem ter nenhuma relação com atividades experimentais, na concepção dos estudantes. Assim, mesmo sabendo que a Física possui características experimentais, não as associam à Física que lhes é ensinada no segundo grau.

No GREF, as atividades propostas para os alunos podem ser experimentais ou exploratórias. As atividades experimentais têm como finalidade a aplicação dos conhecimentos adquiridos durante as aulas, numa ação prática do aluno, enquanto as atividades exploratórias, procuram incentivar as investigações desses conhecimentos no mundo vivencial ao mesmo tempo em que motivarão novas investigações e questionamentos sobre o assunto. Dessa forma, este último tipo de atividade também cumpre a função de criar um "gancho" para o assunto seguinte.

As atividades exploratórias (não-experimentais) ainda propiciam a verificação direta dos aspectos qualitativos da teoria nos elementos do mundo vivencial. Por exemplo, uma das atividades propõe a observação do resistor de um chuveiro elétrico para a verificação da relação entre o seu comprimento e o aquecimento que ele proporciona. E ainda, com esse tipo de atividade, é possível o

estudo dos mesmos aparelhos elétricos através de “novos” aspectos que possibilitam o estudo sobre outros elementos que constituem o aparelho em questão e que é retomado sob esse novo enfoque.

8. Aspectos Qualitativos e Quantitativos

Estes aspectos, nos dois livros, foram aqui desenvolvidos considerando que algumas características já foram tratadas no elemento sobre **Conteúdo e Forma**. Assim, neste item, a abordagem foi realizada de maneira mais abrangente a fim de se estabelecer, principalmente, o aspecto dialético conceitual-formal do conhecimento físico.

Os aspectos qualitativos da teoria relacionados à introdução dos conceitos físicos no curso do Ramalho quase não existem, indicando uma centralização nas relações matemáticas, em detrimento dos significados físicos dos fenômenos elétricos estudados. Ou seja, os aspectos quantitativos da Eletricidade dominam o desenvolvimento da proposta, enquanto os aspectos qualitativos que poderiam desenvolver as conceituações físicas, ficam restritos à análise de algumas situações que procuram estabelecer relações entre os fenômenos elétricos e as “fórmulas” destacadas.

Uma ilustração desse tipo de tratamento ocorre, por exemplo, no início do capítulo 7-Resistores, onde o efeito Joule inicia o conteúdo teórico sobre aparelhos resistivos, mostrando aspectos qualitativos relacionados à transformação de energia para, logo em seguida, sem estabelecer praticamente nenhuma relação, introduzir a lei de Ohm, relação matemática que é tratada como o centro de tudo que foi feito nesse momento, reforçando os aspectos quantitativos mais uma vez. Mas, ainda nesse trecho, ocorre um novo “tratamento” qualitativo, agora, citando as relações de dependência e não dependência entre a resistência elétrica, a corrente elétrica e a tensão elétrica, representadas na expressão da lei de Ohm.

Depois disso, há um exercício resolvido com a finalidade de ilustrar a utilização da expressão da lei de Ohm para, em seguida, relacionar o efeito Joule com a expressão da lei de Joule, apenas citando que o “*resistor dissipa a energia elétrica que recebe do circuito*”⁶. Essa citação reforça a preocupação centrada nas

⁶ Ramalho (1986), página 103.

“fórmulas” utilizadas em Física enquanto poderia ser um bom momento para tratar, por exemplo, das transformações de energia elétrica em energia térmica, um aspecto qualitativo e também conceitual.

Através do exemplo citado acima, também é possível perceber que, em alguns pontos do livro do Ramalho, os aspectos qualitativos tratados, parecem não possuir relação alguma com as relações matemáticas que representam os aspectos quantitativos. Nesse caso, o efeito Joule parece inicialmente estar desvinculado da lei de Ohm porque, por exemplo, depois de chegar na expressão nada é mencionado, relacionando-a ao aquecimento de um aparelho resistivo; isso só é feito depois que mais uma expressão matemática é introduzida, a que representa a lei de Joule.

No curso GREF, mantendo a estrutura da Física e sua relação com o mundo vivencial, os aspectos qualitativos, através do processo de construção dos conceitos, são desenvolvidos em primeiro lugar e, só posteriormente, são tratados os aspectos quantitativos, tanto representados pelas expressões matemáticas quanto pelas discussões que são realizadas a fim de estabelecer as interdependências entre as grandezas envolvidas nos dois aspectos. Em resumo, antes de chegar em qualquer relação matemática que, inclusive envolve os aspectos conceituais da Física, as grandezas envolvidas são amplamente discutidas qualitativa e quantitativamente.

Essa discussão que precede o estabelecimento da relação matemática, permite desenvolver importantes aspectos físicos, muitas vezes observados pelos alunos em seu dia a dia e, ao mesmo tempo, ao manter a estrutura geral da Eletricidade, possibilita que o aluno tenha uma compreensão mais abrangente das “fórmulas”.

Considerando a mesma parte do conteúdo, a obtenção da lei de Ohm, utilizado para ilustrar as conclusões obtidas a respeito da proposta do Ramalho, também ilustramos nossas conclusões a respeito do curso GREF.

Antes de obter a relação matemática da lei de Ohm, o GREF desenvolve todos os aspectos qualitativos das grandezas físicas envolvidas e as conseqüências, relacionando essas grandezas com as dimensões dos elementos dos aparelhos resistivos. Por exemplo, é discutido que o filamento de um fusível

que suporta uma corrente elétrica alta é mais grosso do que aquele que suporta uma corrente baixa. Assim, depois de desenvolver vários aspectos como esse, inclusive através das visões macroscópica e microscópica, a expressão matemática da lei de Ohm só é obtida mostrando a necessidade de um equacionamento de todas essas idéias, relacionando a corrente elétrica, a resistência elétrica e a tensão elétrica. Mas, mesmo quando isso é feito e os aspectos quantitativos imperam, os aspectos qualitativos não são esquecidos, pois há uma retomada de certos pontos discutidos anteriormente agora, considerando diretamente o significado matemático e relacionando-o, mais uma vez, com o mundo vivencial em estudo.

4.2.III. Processos de Ensino-Aprendizagem

9. Conhecimento do Aluno

Nos dois livros é considerado que o aluno possui um conhecimento anterior, ou seja, o aluno já chega na escola com um certo conjunto de conhecimentos que é tratado diferentemente nas duas propostas.

Quando o Ramalho faz uso de algum conceito já apresentado em um dos livros da coleção, ou seja, faz uso de algum conhecimento que o aluno já possui, a sua utilização ocorre como se o aluno realmente o tivesse aprendido. Nessa proposta, parece haver uma premissa de que, se o aluno está na terceira série do segundo grau, ele já passou pelas séries anteriores e, conseqüentemente, aprendeu tudo que foi ensinado. Sendo assim, faz uso de alguns conceitos e definições estudados nessas séries anteriores para desenvolver alguns dos conceitos elétricos, considerando, de certa forma, que o processo de aprendizagem e o de ensino são idênticos, não fazendo distinção entre eles, ou seja, tudo o que o professor ensina é aprendido exatamente da mesma forma como foi ensinado, não considerando fatores subjetivos que influenciam no processo de ensino-aprendizagem.

Dessa maneira, a proposta do Ramalho faz uso do conhecimento que o aluno deve ter e não do que ele realmente possui; o que é utilizado não é a real "bagagem cultural" do aluno mas sim, os pré-requisitos matemáticos e físicos que ele deve possuir, para seguir o curso de Eletricidade da terceira série do segundo grau.

O GREF faz uso do conhecimento anterior do aluno de outra forma; esses conhecimentos são utilizados para, sabendo que o aluno os adquire no decorrer de sua vida, motivar os estudos a respeito do mundo vivencial e, principalmente, mostrar como a Física procura explicar esse mundo. Ou seja, quando ocorre a utilização de um conceito estudado anteriormente, o GREF faz uma retomada das noções envolvidas e procura relacioná-las com os novos conceitos a serem aprendidos, considerando portanto, sua relevância no processo de ensino-aprendizagem.

Quando o GREF desenvolve algum conceito novo, através de sua relação com conceitos já conhecidos do aluno, ocorre grande influência deste sobre o objeto de estudo, ou seja, o conceito já conhecido, por não ser “cobrado” de uma maneira formal, sofre fortes influências da interpretação do aluno que, por sua vez, tem influências de sua relação com o mundo em que vive.

Em resumo, o tratamento dado ao conhecimento anterior do aluno pela proposta GREF, caracteriza-se pela constante consideração desses conhecimentos adquiridos através de sua vida cotidiana e de como estes podem ser melhor compreendidos por meio da Física.

10. Atuação do Aluno

A atuação do aluno nos dois cursos encontra-se intimamente relacionada a sua própria função, assim como a do professor. A função do aluno é definida essencialmente pelos tipos de atividades estabelecidas através da proposta, isto é, a ação do aluno e sua consideração no processo ensino-aprendizagem são dois pontos fundamentais.

No Ramalho, nenhuma atividade é explicitamente proposta ao aluno, quer seja experimental ou de qualquer outra natureza. No entanto, estabelecida pelo próprio mecanismo do curso, fica claro que, aos alunos cabe uma postura praticamente passiva, durante às aulas e ativa, durante a resolução de exercícios. Assim, a ação efetiva do aluno fica restrita à execução de exercícios através de mecanismos e, principalmente, iniciativas estabelecidas pelo professor. O professor resolve os exercícios e problemas mostrando ou, melhor, estabelecendo o mecanismo a ser utilizado em cada tipo e o aluno utiliza-se dele para resolver a maior quantidade e diversidade possível.

Para que esse tipo de aprendizagem se torne efetiva, ainda cabe ao aluno memorizar as relações matemáticas trabalhadas ao longo do livro, através de repetições sistemáticas nessas resoluções de exercícios; restringindo ao aluno, uma atuação bastante mecanicista, na qual seu mundo vivencial não é imprescindível.

No GREF, as funções do professor e do aluno encontram-se bastante interligadas, desde o início do curso. Durante o levantamento e classificação das “coisas” que alunos e professor relacionam à Eletricidade, a participação é praticamente a mesma para ambos, porque, nesse momento, fica bem claro que os dois organizam e orientam toda a seqüência do curso. Esse tipo de participação do aluno é motivado e também motiva suas inquietações que surgem conforme ele interage com o mundo que o cerca; possibilitando assim que o aluno também influencie no conteúdo a ser abordado.

Ao aluno do GREF também cabe investigar certos objetos e elementos de sua vida cotidiana, através de atividades, obrigando-o a tomar iniciativas que o levem a procurar compreender os fenômenos que se encontram a sua volta. Essas atividades têm como função principal provocar no aluno uma ação sobre seu mundo, numa atitude investigante e inquiridora, além de incluir um caráter técnico na mesma, quando, por exemplo, os alunos desmontam um aparelho elétrico, têm um contato direto com suas peças e podem investigar esse funcionamento.

11. Linguagem Utilizada

A linguagem utilizada nos dois livros é bastante diferente, não tanto em sua forma, mas na maneira como é apresentada, e essa apresentação influencia bastante na interação professor-aluno, porque é fator determinante na facilitação ou não do diálogo entre ambos.

O Ramalho utiliza desde o início a linguagem científica adotada por convenção para Eletricidade. As grandezas e os elementos elétricos são representados por símbolos convencionados pela comunidade científica o que, na maioria das vezes, os torna muito distantes da realidade do aluno por se tratar de mais um fator que deve ser memorizado mecanicamente pelos alunos.

Outra dificuldade dos alunos, relacionada à linguagem e que também ocorre na maioria dos livros do ensino tradicional, é a identificação das letras convencionadas com as grandezas físicas que estas representam; essa dificuldade se deve ao fato dos alunos não conseguirem fazer qualquer associação entre uma e outra, principalmente, por não terem a menor noção dos critérios adotados para isso. Por exemplo, várias grandezas físicas são representadas pela primeira letra da palavra que ela representa, sem que isso seja ao menos mencionado, como nos seguintes casos: R - resistência elétrica; F_e - força elétrica; etc.. Mas, algumas não chegam a seguir essa “regra”, como, por exemplo: i - corrente elétrica; U - tensão elétrica; etc..

Os símbolos que representam os elementos elétricos também apresentam essa dificuldade porque, na maioria das vezes, os objetos que eles representam são dificilmente identificáveis por seus símbolos, por exemplo:  resistor.

Assim, na proposta Ramalho, a linguagem e como esta é utilizada, podem ser consideradas “barreiras” na interação professor-aluno porque, tendo o primeiro pleno domínio da linguagem científica, dela se utiliza diretamente, impossibilitando qualquer diálogo com o aluno já que este não possui o mesmo domínio.

Na proposta GREF, apesar da convenção científica de símbolos também ser a utilizada, isso é realizado em etapas de adaptação que são percorridas até sua adoção final. Isto é, no início do curso não há uma preocupação em adotar imediatamente símbolos e letras para os elementos e grandezas elétricas do conteúdo, sendo estes inicialmente representados por figuras pictóricas. Por exemplo, no início do curso, a representação de um ferro elétrico ou dos elementos elétricos é feita através de um desenho pictórico, procurando reproduzir como esses objetos são vistos no dia a dia.

Conforme o conteúdo teórico vai sendo desenvolvido e novos elementos e grandezas vão se tornando conhecidos, surge também a necessidade de uma uniformidade dessas representações. Assim, gradativamente, a linguagem pictórica dos desenhos vai sendo substituída pela linguagem convencional dos símbolos e, portanto, deixam de representar os elementos elétricos construídos através das interpretações gerais, para adotarem os respectivos símbolos convencionados,

segundo critérios preestabelecidos e justificados pela necessidade de uniformidade nas informações.

O processo que envolve a adoção das letras representativas das grandezas elétricas é um pouco diferente. Os primeiros contatos com os aparelhos elétricos, assim como ocorre com os símbolos representativos dos elementos, fazem com que uma representação própria seja adotada, constituindo uma fase de transição dessa troca que, influenciada pela convenção já encontrada nos aparelhos investigados, passa a ganhar ainda mais significado, principalmente porque esses valores e símbolos também são adotados internacionalmente.

Na proposta GREF, justamente pelo tipo de processo que ocorre até a adoção final da linguagem científica, a interação professor-aluno é constante e intensa através do diálogo que se estabelece entre os dois por estarem ambos falando a mesma "língua".

12. Analogias como Estratégia

Nos dois livros, a única analogia feita relaciona o campo elétrico ao campo gravitacional, mas com enfoques bastante diferentes.

A analogia entre o campo elétrico e o campo gravitacional no livro do Ramalho fica restrita ao caráter vetorial e à associação que os autores fazem entre a massa e a carga elétrica, procurando relacionar um conceito aprendido nas séries anteriores com o novo conceito, a fim de se utilizar essa analogia como mais um componente do processo de aquisição do conhecimento.

Para fazer a analogia destacando o caráter vetorial é considerada uma região do espaço próximo da Terra, onde é colocado um corpo de prova de massa m o qual passa a ficar sujeito a uma força atrativa $\vec{P} = m \cdot \vec{g}$, originada pela Terra que, portanto, cria o campo gravitacional que age sobre m . Dessa maneira, a cada ponto do campo é associado um vetor campo gravitacional \vec{g} .

Em seguida, o mesmo procedimento é feito para introduzir o conceito de campo elétrico que, analogamente ao \vec{g} seria representado por \vec{E} , vetor campo elétrico que estaria associado a cada ponto do espaço. Mas, há uma menção importante que os autores fazem, é o fato dos dois campos existirem

independentemente de se colocar uma massa ou uma carga em suas regiões ou não.

Dessa maneira, esta analogia destaca os aspectos vetorial e matemático das expressões que relacionam o campo à força correspondente. Essa analogia e, principalmente, a forma como é representada uma carga elétrica, contribuem para reforçar a noção de que uma carga é uma “bolinha” localizável em determinados pontos.

Para se utilizar da analogia entre o campo elétrico e o gravitacional, o GREF começa contando as origens históricas do conceito geral de campo e dizendo que o campo elétrico é apenas um entre muitos tipos.

Em seguida, antes de entrar propriamente no conceito de campo elétrico, é apresentado o campo gravitacional porque os autores o consideram mais próximo da vivência do aluno já que estes conhecem bem os efeitos da força-peso. O campo gravitacional é representado como uma “aura” que envolve a Terra e cuja atuação independe da existência ou não de massas por perto, mesma consideração feita pelo Ramalho. Mas, ainda sob esse aspecto, o Ramalho não faz nenhuma menção à existência de um campo gravitacional associado a todos os corpos que têm massa o que induz o aluno a pensar que este só está associado à Terra, enquanto o GREF, fazendo justamente essa menção, desvincula o campo gravitacional apenas à Terra.

O GREF ainda trata do alcance do campo gravitacional, dizendo que ele age desde o interior dos objetos até enormes distâncias, como a da Terra à Lua. Mas destaca também que esse campo é uniforme na região próxima à superfície terrestre, onde tem a mesma intensidade, direção e sentido.

A idéia mais interessante proposta pelo GREF no tratamento do campo gravitacional ocorre quando, na parte que desenvolve as fontes de energia elétrica, há uma retomada desse assunto agora, discutindo as conseqüências de se “desligar” a força gravitacional da Terra. Dessa discussão segue para o estudo das interações elétricas, realizando um paralelo entre os dois tipos de interação.

Assim, depois dessa abordagem qualitativa, o livro segue para o mesmo tipo de abordagem do campo elétrico no interior de um fio que desenvolve a uniformidade desse campo e sua ação sobre os elétrons que aí se encontram. A

ação é representada pela força elétrica que passa a atuar e, portanto, a criar o movimento associado à corrente elétrica dentro do fio.

Neste ponto em que a uniformidade espacial dos campos é tratada, é abordada também a idéia de que os campos elétricos que surgem no interior do fio, quando este é ligado a uma bateria, são constantes no tempo e, assim, produzem as chamadas correntes contínuas. É nesse ponto também que as correntes alternadas são descritas, como uma variação do campo elétrico no tempo, o que irá acarretar a alternância também no sentido da força sobre os elétrons e, finalmente, no estudo da frequência da corrente alternada.

Nesse tratamento, o destaque à analogia feita pelo GREF, fica por conta dos aspectos qualitativos, enquanto os quantitativos, através do desenvolvimento das relações matemáticas, são abordados posteriormente, quando é tratada a relação entre as grandezas físicas e geométricas do elementos estudados.

Portanto, o GREF realmente utiliza-se dessa analogia entre os campos gravitacional e elétrico, além do próprio conceito geral de campo, como mais um componente do processo de aquisição do conhecimento.

4.3. Uma Síntese da Análise Comparativa

Uma síntese dessa análise comparativa encontra-se no quadro 4 que segue.

Quadro 4 – Quadro Comparativo

EDUCAÇÃO		
	RAMALHO	GRAF
1. Objetivos	- Vestibular e outros cursos superiores.	- Compreensão do mundo físico e tecnológico.
2. A Física e o Mundo	- O mundo exemplifica a Física (Eletricidade).	- A Física (Eletricidade) explica o mundo.
FÍSICA		
	RAMALHO	GRAF
3. Construção da Física	- História contemporânea através de menções à experiências do início do século (Millikan) e às hidrelétricas e telecomunicações brasileiras atuais. - A Física é tratada como um "produto" acabado e pronto para ser consumido.	- Enfoque histórico contemporâneo e atual através da aplicação da teoria no estudo de componentes elétricos modernos. - A Física é tratada como "produto" de um processo histórico.
4. Interpretações da Natureza	- Domínio da visão macroscópica, sem rigor, e com eventuais passagens pela visão micro. - Utiliza-se apenas do modelo da Física clássica.	- Conforme a necessidade, há passagens entre as visões macroscópica e microscópica. - Utiliza-se tanto de modelos da Física clássica quanto da moderna, conforme a necessidade nas explicações.
5. Organização do Conteúdo	- Estrutura básica que se repete: conteúdo teórico, exercícios resolvidos, exercícios propostos, exercícios de recapitulação e testes propostos, constituindo-se numa "soma" das partes da Eletricidade. - Textos extras (aprofundamento ou possíveis relações entre o mundo e o conteúdo).	- Estrutura básica: centrada nos diversos tipos de transformação de energia elétrica. As partes e o todo (Eletricidade) mantêm uma relação através das transformações de energia que lhes fornece a unidade. - Textos complementares (aprofundamento matemático; possíveis relações com outras áreas do conhecimento e explicações para fenômenos observados no dia a dia).

FISICA		
	RAMALHO	GRAF
6. Conteúdo e Forma	<ul style="list-style-type: none"> - As partes não se relacionam (conhecimento fragmentado) levando a um conhecimento local e específico e ao desenvolvimento. - Seqüência: cargas em repouso, cargas em movimento e eletromagnetismo. - Os conceitos são desenvolvidos a partir dos mais simples para os mais complexos, criando uma hierarquia entre eles. 	<ul style="list-style-type: none"> - Constante relação parte-todo fornecendo um conhecimento estruturado centrado nas transformações de energia. - Seqüência: centrada nas diversas transformações de energia elétrica. - A hierarquia entre os conceitos é baseada nos mais abrangentes que são desenvolvidos primeiro e depois, os mais simples (ou menos abrangentes), que são casos particulares dos anteriores.
7. Atividades Experimentais	- Não existem.	- Atividades motivadoras e questionadoras que fazem a abertura para o assunto seguinte.
8. Aspectos Qualitativos e Quantitativos	- "Destaque" para os aspectos quantitativos através das relações matemáticas.	- Primeiro, destaque para os aspectos qualitativos que mantêm intacta a estrutura do conhecimento físico e sua relação com o mundo vivencial e só, posteriormente, destaca os aspectos quantitativos.

PROCESSOS DE ENSINO-APRENDIZAGEM		
	RAMALHO	GRAF
9. Conhecimento do Aluno	- Procura, às vezes, utilizar-se do que o aluno deve ter como conhecimento e não do que ele realmente possui.	- Utiliza-se do que o aluno realmente possui para levar a teoria até o mundo vivencial explicitado pelo aluno.
10. Atuação do Aluno	- Resolução de exercícios. - Memorização por exaustão.	- Participação ativa ao longo do processo. - Investigação e observação do mundo vivencial.
11. Linguagem Utilizada	- Convencional desde o início.	- Inicia com linguagem cotidiana, passa pela pictórica e chega à convencional.
12. Analogias como Estratégia	- Campo gravitacional - campo elétrico.	- Campo gravitacional - campo elétrico.

Introdução

1 - Conceitos Espontâneos em Eletricidade: um mapeamento bibliográfico

**2 - Algumas Características das Visões de Eletricidade dos Estudantes de
Duas Propostas de Ensino**

**3 - Reflexões a Respeito do Ensino – Educação/Física/Processos de
Ensino-Aprendizagem**

4 - Análise Comparativa das Duas Propostas de Ensino de Eletricidade

5 - Considerações Finais

Anexos

Referências Bibliográficas

Capítulo 5 – Considerações Finais

Ao apreciarmos uma pintura que retrata um certo fato, podemos pensar que existem diversas maneiras de fazê-lo e uma delas, seria procurar compreender o contexto em que ocorreu o fato que está sendo retratado. Quando fazemos essa contextualização, nossa maneira de olhá-la se transforma e também nossas considerações a seu respeito, isto é, se num primeiro olhar simplesmente admiramos sua beleza e equilíbrio estético, dizendo se gostamos ou não, no momento seguinte podemos estar interessados em procurar compreendê-la de maneira mais profunda, investigando, por exemplo, o porquê de certas formas de representação. Esse segundo olhar exige que, de certa forma, nos afastemos do quadro em si e procuremos nos remeter ao contexto no qual o quadro foi elaborado. Certamente, esse afastamento é apenas uma das maneiras que possuímos para enxergarmos o quadro em sua totalidade, poderíamos seguir caminhos diferentes para procurar compreender o quadro em profundidade e é justamente essa diversidade de opções, considerando este ou aquele fator, que direciona nossa escolha entre os diversos caminhos. A escolha por um dos caminhos, permitirá obter dados explícitos da contribuição específica desse estudo na ampliação de nosso conhecimento a respeito da pintura. Assim, um conhecimento mais geral a respeito do quadro só será obtido através da diversidade de caminhos trilhados durante a investigação.

Fazendo uma analogia entre as maneiras de olhar uma pintura e a nossa análise das duas propostas de ensino, podemos dizer que cada uma delas seria uma pintura retratando a Eletricidade e que esta pesquisa é o caminho escolhido para aprofundarmos nossa compreensão da proposta do GREF e também da proposta do Ramalho.

Para realizarmos essa pesquisa, optamos por compará-las, assim como poderíamos fazer uma comparação entre duas pinturas que retratam o mesmo fato. Então, precisaríamos estabelecer elementos comuns e característicos das duas obras, considerando reflexões pertinentes ao caminho escolhido para esse estudo mais aprofundado.

Assim, estabelecemos elementos comuns às propostas Ramalho e GREF e que, ao mesmo tempo, refletissem suas características relacionadas às nossas reflexões sobre: educação, Física e processos de ensino-aprendizagem. Esses elementos, ao nortearmos nossa comparação, fizeram com que verificássemos intenções diferentes nesses aspectos e que, inclusive também poderiam estar expressas na formação dos estudantes que passaram por cada uma delas. Ou seja, esse seria um passo além, no sentido de aprofundar nossas investigações das duas propostas, mas agora, olhando para o aluno, para também encontrar diferenças nas suas formas de compreender a Eletricidade de cada “quadro”.

Ao considerarmos os estudantes de cada proposta e as diferentes formas que eles apresentam de compreender a Eletricidade, poderíamos dizer que se tratam de apreciadores dos dois quadros, cada um seguindo uma maneira de olhar para a Eletricidade porque essa é justamente uma das diferenças existentes entre elas.

Fica claro que, com o caminho escolhido para esta pesquisa, foi possível analisarmos as duas propostas de ensino e também obter as suas diferenças, apenas com uma certa profundidade, referentes: aos objetivos educacionais a serem atingidos, às formas de desenvolver o conteúdo de Eletricidade e à visão do processo de ensino-aprendizagem implícitos em cada proposta. A diferença nos objetivos educacionais de formação dos estudantes encontra-se quando a proposta do Ramalho visa fazer o estudante passar no exame vestibular e, a do GREF, instrumentalizá-lo para ele vir a compreender os fenômenos físicos de seu cotidiano. Nas formas de desenvolvimento da Eletricidade, a diferença aparece numa abordagem fragmentada e linearizada, realizada pela proposta do Ramalho, e no tratamento estruturado do conteúdo em torno das transformações de energia, o elemento unificador, feita pelo GREF. E, enquanto na proposta tradicional, o aluno não participa ativamente do processo de aprendizagem, na proposta do GREF, a participação do aluno nesse processo é constante desde o início, no planejamento do curso.

Entre os estudantes das propostas Ramalho e GREF, verificamos existir basicamente, três diferenças nas formas de compreender a Eletricidade. Essas diferenças dizem respeito: às relações subjetivas que os estudantes apresentam

diante da Eletricidade; aos lugares onde eles conseguem perceber a Eletricidade no mundo físico e aos modelos explicativos dos estudantes para os fenômenos elétricos.

Nas relações subjetivas dos estudantes com a Eletricidade, verificamos que os do GREF apresentam menor porcentagem de respostas relacionadas ao medo e, mesmo quando isso acontece, uma análise mais cuidadosa nas expressões utilizadas por esses estudantes, parece indicar que essa sensação tem um significado diferente daquele encontrado nas respostas dos estudantes dos outros grupos, isto é, os sentimentos puramente instintivos deixam de aparecer.

Esse resultado, indicando a perda do medo, talvez seja explicado pela maneira como a proposta trabalha com elementos que os próprios estudantes do GREF apontam como sendo significativos e que, provavelmente, envolve coisas e situações que os amedrontam. Essas coisas e situações devem estar no conjunto de temas que são abordados no curso, pois a proposta parte de um levantamento das coisas relacionadas à Eletricidade e que os estudantes consideram importantes. Isso se reflete nos temas que têm realidade para o aluno, como: curto-circuito, choque, altas correntes e aquecimento dos fios, e que são desenvolvidos no curso. Assim, esse resultado na diminuição do número de estudantes que têm medo, pode ser explicado através da busca de compreensão de tais fenômenos, como uma consequência na forma do GREF trabalhar a Eletricidade, promovendo uma interação direta dos estudantes com os fenômenos elétricos por meio dos aparelhos de seu dia a dia que inicialmente não conhece ou domina, mas que, ao longo do processo, passa a trabalhar com modelos explicativos para compreender tais fenômenos. É claro que essa perda do medo não é uma coisa unânime entre os estudantes do GREF, acontece com uma grande maioria, devido talvez a essa necessidade de explicação através de modelos que a proposta desenvolve.

Para os estudantes do GREF, a grande utilidade da Eletricidade pode ser explicada através da perspectiva fornecida pelo projeto que indica a existência da Eletricidade em quase tudo que faz parte da vida. Isso também está relacionado com o domínio do espaço que a Eletricidade ocupa na vida do estudante, isto é, os lugares e situações que eles conseguem perceber a Eletricidade é muito maior, abrangendo um grande espectro de coisas de sua realidade. Nessa mesma

perspectiva, os estudantes da proposta do Ramalho parecem perder um pouco a noção de realidade, porque a visão da Eletricidade como algo muito útil em suas respostas, diminui com relação as dos estudantes da primeira série do segundo grau e esse resultado também é reforçado, quando os dois grupos do ensino tradicional, mostram freqüências de respostas muito próximas no âmbito de comparecimento da Eletricidade em suas vidas.

Com relação ao espaço de comparecimento no qual os estudantes percebem a Eletricidade, como já dissemos, os estudantes do GREF apresentam um maior número de lugares citados, quando comparados com aqueles citados pelos estudantes dos outros grupos, isso significa que a identidade entre os conhecimentos físicos, neste caso, elétricos, adquiridos na escola e os conhecimentos relacionados ao mundo vivencial são muito mais freqüentes, além de mostrar e reforçar uma ampliação na visão de Eletricidade em seu mundo.

Entre os modelos explicativos identificados nos três grupos, consideramos que todos os estudantes das duas propostas que vêm completeza na idéia de que a passagem de eletricidade pelos aparelhos faz com que eles funcionem, não se utilizam de modelo em suas explicações. Essa não utilização de um modelo explicativo para o funcionamento dos aparelhos elétricos, aparece com maior freqüência entre os estudantes da proposta do Ramalho, apesar de aparecer também nos outros dois grupos, mas o grupo que apresenta a menor freqüência é o dos estudantes do GREF, com menos da metade da respostas encontradas no Ramalho.

Ao mesmo tempo, o modelo do choque entre correntes de sinais opostos (modelo de sumidouro) só é encontrado entre os estudantes que nunca estudaram Eletricidade, indicando que, de alguma forma, tanto a proposta do Ramalho quanto a do GREF conseguem promover algum tipo de mudança nos conceitos espontâneos dos estudantes. Apesar desse resultado, relativo a um dos modelos intuitivos de corrente elétrica, bastante freqüente nas pesquisas sobre conceitos espontâneos, ter sido obtido em nossa pesquisa, alguns dos outros modelos, também dessa linha de pesquisa, como o modelo de Watts, por exemplo, não foram encontrados, porque não utilizamos como instrumento a montagem de circuitos elétricos.

Os estudantes do GREF utilizam-se com bastante freqüência os modelos explicativos para os fenômenos elétricos, sejam eles baseados numa visão macroscópica, através do modelo da transformação de energia, ou baseados na visão microscópica, do movimento ou choque de elétrons e, nos dois casos, com praticamente a mesma freqüência. Além disso, dentro do grupo de estudantes do GREF que apresenta um modelo baseado na visão microscópica, encontram-se vários estudantes que o fazem utilizando exatamente o modelo clássico de corrente elétrica.

Estudantes dos outros dois grupos também apresentam tanto o modelo da transformação de energia quanto o do movimento ou choque de elétrons e, nos dois grupos, as freqüências são praticamente iguais. Mas, um resultado bastante interessante, é que os estudantes da proposta tradicional que apresentam o modelo do movimento ou choque de elétrons, parecem possuir um “pseudo-modelo” microscópico porque, em suas respostas, a visão microscópica aparece ao citarem apenas o movimento dos elétrons como o responsável pelo funcionamento dos aparelhos elétricos (vide os exemplos de respostas dos grupos 1 e 2, para o modelo do movimento ou choque de elétrons, na página 41 deste trabalho).

Um fato bastante importante que também pudemos observar é que muitos dos estudantes do GREF utilizam-se simultaneamente da transformação de energia e do efeito dos choques dos elétrons na rede cristalina em suas explicações para os fenômenos elétricos. Isso indica que esses estudantes são capazes de analisar os fenômenos através das duas visões: macroscópica e microscópica.

Esses resultados indicam que os estudantes do GREF utilizam-se com freqüência e desenvoltura de modelos para explicar os diversos fenômenos elétricos, inclusive aqueles que ocorrem em seu mundo vivencial. A utilização de modelos explicativos exige dos estudantes conhecimentos físicos muito bem estruturados e isso poderia ser explicado porque a proposta GREF apresenta como linha unificadora a transformação de energia que tem como função, ser o elemento que garante a unidade da estrutura do conhecimento, no caso, a Eletricidade.

Como a transformação de energia (modelo macroscópico) garante unidade à estrutura da Eletricidade, fornecendo significado aos seus conteúdos físicos, justamente pelo fato dos elementos resistivos também pertencerem a essa mesma

estrutura, os estudantes da proposta GREF adquirem o modelo explicativo de maneira consciente e, assim, eles conseguem “transitar” facilmente entre o mundo físico (concreto) e o mundo teórico (abstrato) em suas explicações. Para garantir a possibilidade dessa passagem entre os dois mundos, conforme se faça necessário, além do conhecimento físico estar bem estruturado, deve estar também integrado com a realidade em que o estudante está inserido.

Os resultados relativos aos estudantes da proposta do Ramalho, mostram que a utilização de modelos explicativos é muito baixa principalmente naqueles baseados numa visão microscópica. Isso leva a crer que não existe um elemento que estruture a proposta o que, conseqüentemente, indica que o conteúdo de Eletricidade é fragmentado, podendo ser uma possibilidade de explicação para o fato dos estudantes dessa proposta praticamente desvincularem os conhecimentos escolares da sua realidade.

Enfim, depois deste trabalho de pesquisa, estas seriam minhas conclusões, além daquelas obtidas através da própria pesquisa e que me deixaram plenamente satisfeita como pesquisadora. Mas, e o meu lado como professora, como ele se encontra? As minhas motivações de professora que deram início a todo este trabalho, como ficaram depois de todo esse período? Desta parte em diante, pretendo justamente analisar os pontos levantados por tais questões.

Quando admiramos uma pintura, uma poesia, um filme ou mesmo um trabalho científico, são essencialmente nossos interesses pessoais que irão influenciar numa interação maior com esse objeto. No caso desta pesquisa, o mote inicial foi justamente o trabalho como professora e o interesse em conhecer melhor tanto os alunos quanto a Física a ser ensinada. Com o passar do tempo e ao longo desse trabalho, esse mote inicial tomou contornos maiores, ou seja, deixou de se limitar apenas ao aluno e à Física, porque os interesses iniciais mostraram que não poderiam mais ser desvinculados do mundo real e de tudo que se relacionava ao homem que, no meu caso, por eu estar fazendo mestrado numa área interdisciplinar, poderia ser pensado através da educação e de sua relação com a Física.

Assim, as motivações pessoais que me trouxeram até aqui, encontram-se ampliadas, basicamente, porque me conscientizei de que existe uma grande lacuna

entre saber que o aluno não consegue aprender e tomar uma atitude contra isso. E é, a partir desse ponto, que as perguntas começam a surgir: qual seria essa atitude? Por onde começar? Alguém ou alguma coisa poderia ajudar? E algumas outras mais! Esta pesquisa foi o meu ponto de partida e o meio de procurar respondê-las. Tive contato com novas propostas de ensino, diferentes da única que conhecia, aquela pela qual passei. Esse contato me mostrou por onde começar a agir, pesquisar para procurar entender o que é ensinar e aprender Física.

Através dos resultados desta pesquisa pude concluir que realmente é possível tentar compreender como é o processo de aprendizagem dos estudantes e passei a acreditar que essa compreensão poderia me levar a mostrar para os alunos que o ensino da Física, assim como toda forma de conhecimento e, principalmente, a maneira de adquirir esse conhecimento é muito prazeroso. Além disso, através da minha própria experiência como professora, pude notar que esse prazer é facilmente conseguido quando os estudantes, as pessoas, “vêm” esse conhecimento diante de si, no seu mundo e que, muitas vezes, fica ainda mais interessante quando percebem que suas relações com o mundo também podem fornecer-lhes um certo conhecimento.

Por isso, poder fazer uma pesquisa comparando duas propostas com as quais tomei contatos distintos: uma (a do Ramalho), estudando e dando aulas através dela, e a outra (a do GREF), apenas dando aulas, e que, mesmo assim, pude discernir as vantagens de cada uma, é muito importante. E é justamente devido à importância que cabe a cada uma delas no cenário educacional que sei dos limites desta pesquisa, limites relacionados à linha de pesquisa e que, portanto, encontram-se atrelados à análise parcial que foi realizada. Mas que, mesmo assim, continua a nos motivar em pesquisas que se preocupem com a educação e os processos de ensino-aprendizagem relacionados a ela em todas as áreas de conhecimento.

Introdução

1 - Conceitos Espontâneos em Eletricidade: um mapeamento bibliográfico

2 - Algumas Características das Visões de Eletricidade dos Estudantes de Duas Propostas de Ensino

3 - Reflexões a Respeito do Ensino – Educação/Física/Processos de Ensino-Aprendizagem

4 - Análise Comparativa das Duas Propostas de Ensino de Eletricidade

5 - Considerações Finais

Anexos

Referências Bibliográficas

Anexo 1

Teoria Eletromagnética

Neste texto desenvolvemos a teoria eletromagnética como um todo: seus conceitos, princípios e todos os elementos e noções que dela procedem para um curso de Eletricidade. Este texto serviu para nossa recorrência à teoria ao longo de toda pesquisa e, assim como consideramos que a visão de mundo de cada ser humano influencia na estruturação de seus conhecimentos, neste texto também se encontra minha visão do que é a teoria eletromagnética e como ela está estruturada. Essa estruturação encontra-se centrada nos campos elétrico e magnético o que, conseqüentemente, coloca as equações de Maxwell no foco de todo o desenvolvimento teórico.

1.1. A Teoria Eletromagnética

Uma carga localizada em um ponto do espaço sente o campo nesse lugar através da força que se manifesta sobre ela. A força que age sobre a carga num ponto pode explicitar, através de suas características, as características do campo naquele ponto, seja ele elétrico e/ou magnético.

Se neste ponto existir um campo elétrico, a carga fica sob a ação de uma força elétrica que tem a mesma direção e o mesmo sentido do campo, caso a carga tenha sinal positivo e, sentido oposto ao do campo, caso a carga tenha sinal negativo.

Para cargas em movimento, a interação carga-campo também resulta em uma força, neste caso, magnética porque a carga está em movimento. Essa força depende das direções da velocidade da carga e do campo magnético no ponto; ela é simultaneamente perpendicular a essas duas direções (da velocidade e do campo magnético) e seu sentido é dado pelo produto vetorial entre o vetor-velocidade e o vetor-campo magnético, quando a carga é positiva e no sentido oposto ao fornecido pelo produto, quando a carga é negativa.

Por outro lado, mesmo quando a carga se encontra em movimento, ela ainda sente o campo elétrico e portanto, a força elétrica também continua a atuar. Assim, a interação carga-campo passa a ser eletromagnética já que a força agente sobre a carga é agora, uma soma vetorial das forças elétrica e magnética o que pode possibilitar a descrição dos dois campos no ponto localizado.

A soma vetorial dessas duas forças pode possibilitar uma descrição dos correspondentes campos, mas com algumas restrições.

Se uma carga com velocidade \vec{v} sente uma força elétrica perpendicular a direção de \vec{v} , então o campo tem a mesma direção e o mesmo sentido da força, se a carga for positiva. Mas desta maneira, não é possível saber algo a respeito da existência ou não do campo magnético, mesmo que a carga esteja em movimento. Então, introduz-se uma outra carga com velocidade \vec{v} na mesma direção da força da situação anterior. Caso haja um campo magnético neste ponto, isso faz com que uma força magnética se manifeste sobre essa carga e esta deve ser perpendicular a direção da velocidade. Simultaneamente, pode ser medido um campo magnético cuja direção também é perpendicular a direção da velocidade e a da força magnética e seu sentido é obtido pelo produto vetorial dos vetores velocidade e força magnética, quando a carga é positiva e pelo inverso desse produto quando a carga é negativa. E também, é possível medir um campo elétrico através da força que atua sobre a carga na primeira situação descrita. Dessa maneira, torna-se possível medir os campos elétrico e magnético indiretamente.

Neste tipo de interpretação da natureza, baseada na interação carga-campo a fim de se descrever as características dos campos, constata-se limitações nas análises de algumas situações. As limitações referem-se à possibilidade de se medir uma força mas, ao mesmo tempo, à impossibilidade de se caracterizar o campo. Por exemplo, mede-se uma força. No entanto, nada se sabe a respeito da origem do campo elétrico: se ele existe devido à carga ou devido a uma variação temporal do campo magnético.

Essas limitações podem ser resolvidas através da interpretação da natureza dos campos de outra maneira, utilizando as quatro equações de Maxwell que estruturam o todo do eletromagnetismo.

1.2. As Equações de Maxwell

As quatro equações de Maxwell abarcam as leis fundamentais do eletromagnetismo com base na natureza dos campos elétrico e magnético.

A lei de Gauss descreve a criação do campo elétrico numa região do espaço. Essa lei evidencia que a carga é fonte ou causa da existência do campo elétrico além de tratar do não aparecimento e nem do sorvimento do campo elétrico no espaço vazio.

A lei de Faraday aborda a criação do campo elétrico devido à variação temporal do campo magnético.

A lei de Ampère-Maxwell descreve a criação do campo magnético devido a existência da corrente elétrica ou a variação temporal do campo elétrico.

E finalmente, a chamada lei de Gauss magnética, trata da inexistência do monopolo magnético, ou seja, não há "carga" magnética.

As duas primeiras leis tratam da criação do campo elétrico e as duas últimas, da criação do campo magnético.

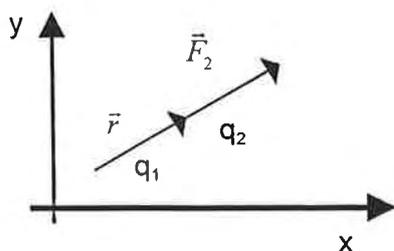
1.2.1. O Campo Elétrico

Uma carga q_2 localizada numa região do espaço sente uma força \vec{F}_2 devido a um campo criado por outra carga q_1 .

Os aspectos qualitativos da lei de Gauss e da interação elétrica se encontram na frase acima. A essência do aspecto qualitativo da lei de Gauss está no trecho: *campo criado por outra carga q_1* , e a da força elétrica no início da frase, quando trata da manifestação da força sentida pela carga q_2 através da mediação do campo criado pela primeira. Isso fica mais claro quando se observa a lei de Coulomb na sua forma matemática:

$$\vec{F}_2 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1}{r^2} q_2 \hat{r}$$

onde o versor $\hat{r} = \frac{\vec{r}}{r}$ e \vec{r} tem sua direção dada pela reta que une as duas cargas e o sentido é da carga q_1 para q_2 .



\vec{F}_2 é a força que a carga q_2 sente devido ao campo \vec{E}_1 criado por q_1 , ou seja, $\vec{F}_2 = q_2 \vec{E}_1$.

Assim, matematicamente o campo elétrico \vec{E}_1 ou um campo elétrico \vec{E} genérico, é descrito:

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \hat{r}$$

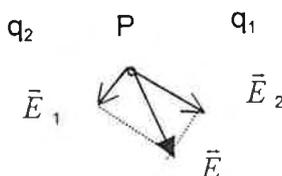
O campo \vec{E} é radial com origem no ponto onde q se localiza. A intensidade de \vec{E} cai com $1/r^2$ mostrando que, quanto mais afastado da carga q , mais fraco será o campo. Assim, o ponto onde q se encontra é um ponto de descontinuidade porque é nele que a intensidade de \vec{E} tende a infinito. E, quando a distância tende a infinito, a intensidade de \vec{E} tende a zero. Donde se conclui que \vec{E} ocupa todo o espaço.

E, para ilustrar os aspectos qualitativos do campo elétrico, segue a citação de Robilotta¹:

“ Uma carga elétrica parada tem, em torno de si, um campo elétrico. Um aspecto notável deste campo é que ele é eterno e está lá, independentemente de existirem ou não cargas por perto, que possam senti-lo. De acordo com esse modo de ver as coisas, o campo é uma propriedade da partícula: ela sempre traz o campo consigo, sendo impossível separar um do outro. Pode-se pensar no campo elétrico como sendo uma parte real, mas não material de uma partícula carregada, que a envolve, preenchendo todo o espaço que a circunda. Numa linguagem mais figurada, poderíamos pensar no campo elétrico como uma espécie de aura a envolver a carga elétrica.”

Todos esses aspectos são para uma única carga. Quando se trata de duas ou mais cargas, vale o princípio da superposição que diz que o campo elétrico em qualquer ponto do espaço é o vetor-soma dos vetores \vec{E} criados por todas as cargas da região.

Seja um ponto P localizado numa região onde se encontram duas cargas pontuais q_1 e q_2 , positivas. O vetor campo elétrico \vec{E} resultante associado ao ponto P é a soma vetorial dos campos \vec{E}_1 e \vec{E}_2 criados respectivamente pelas cargas q_1 e q_2 . Isto é possível devido ao princípio da superposição que é válido quando a carga q é elementar e não tem estrutura, porque, caso uma delas a tivesse, ocorreria uma redistribuição espacial de suas cargas criando um campo elétrico com características diferentes do de uma carga pontual.



¹ **Robilotta** (1987), M.R. - “Processos Mesônicos em Física Nuclear” - IFUSP - Notas de aula - III Escola de Verão Jorge André Swieca - Petrópolis.

Se em algum ponto do espaço o campo elétrico \vec{E} for igual a zero, isso não significa que não existe campo e sim, é o resultado da superposição de vários campos devido a cargas positivas e negativas.

Até aqui tratou-se dos aspectos, da criação de campo elétrico associado a uma carga localizada num ponto. Agora, os mesmos aspectos serão tratados, mas sob o enfoque da lei de Gauss que, matematicamente, na sua forma integral é:

$$\oint_S \vec{E} \cdot d\vec{s} = \frac{q}{\epsilon_0}$$

Essa equação afirma que o fluxo do vetor campo elétrico \vec{E} através de uma superfície fechada S é proporcional à carga q envolvida por S. Isso significa, por outro lado, que quando S não envolve nenhuma carga, o fluxo do campo \vec{E} é nulo. É daí que parte a analogia da carga elétrica como “fonte” ou “sorvedouro” do campo elétrico.

Na lei de Gauss, a idéia de fluxo é diferente da utilizada em Mecânica. Neste caso, o fluxo não é algo que passa de um lado para outro, através de uma certa área mas sim, algo que “fura” ou “espeta” a superfície S: é a quantidade de vetores \vec{E} que “espetam” a superfície S que indica se o fluxo do campo \vec{E} é zero ou não.

O fluxo do campo \vec{E} será zero quando a carga q que cria \vec{E} não estiver envolvida pela superfície S, porque todos os vetores \vec{E} que estarão “espetando” a superfície, o farão indiferentemente da superfície estar na região ou não, sem se constituir num fluxo. E o fluxo do campo \vec{E} será diferente de zero, quando a carga q estiver envolvida pela superfície S porque assim, todos os vetores \vec{E} que estiverem “furando” a superfície devem ter origem na carga q o que permite se fazer a analogia citada anteriormente: uma carga positiva como “fonte” e uma carga negativa como “sorvedouro”. É essa analogia que também fornece o sinal do fluxo: positivo, quando o campo diverge e negativo, quando o campo converge para a carga q.

Esta analogia da carga como “fonte” ou “sorvedouro” de campo elétrico é bastante conveniente, mas restringe-se a tê-la apenas como ponto de origem dos vetores radiais de \vec{E} já que o campo elétrico existe e ocupa todo o espaço indiferentemente da presença da carga de prova.

Outro aspecto interessante da lei de Gauss deriva do fato do fluxo do campo elétrico criado por uma carga ou distribuição, não depender da forma e nem da área da superfície que a envolve. Ou seja, se uma carga q é envolvida por duas superfícies, uma envolvendo a outra, não é possível que uma linha de campo gerada pela carga atravessasse apenas uma das superfícies, ela deve atravessar ambas. Portanto, o espaço vazio existente entre elas, assim como todo ele, não cria e nem sorve o campo elétrico. Isso se justifica devido ao fato da intensidade do campo elétrico \vec{E} cair com $1/r^2$ e não, com qualquer outro valor de expoente; porque, se isso não acontecesse, o fluxo do campo elétrico e a sua intensidade, não seriam inversamente proporcionais a r^2 , como a área da superfície, e o espaço funcionaria como uma fonte ou um sorvedouro de campo. Portanto, o fluxo desse campo será constante através de qualquer superfície que envolva a carga. Essa constância do fluxo do campo é o que possibilita a sua representação através de linhas de campo. As linhas de campo são representações do vetor campo \vec{E} sendo que este *“é tangente à linha que passa pelo ponto e indica a direção da força elétrica que sofre uma carga de prova positiva colocada no ponto.(...). É costume, porém, e também conveniente, traçar as linhas continuamente, principiando numa carga positiva e terminando numa negativa.”*² Esta é uma descrição da convenção adotada para a representação das linhas de campo.

E finalmente, a respeito das linhas de campo, pode-se dizer que essas linhas são mais concentradas na região mais próxima da carga q que as cria e diminuem, a medida que se afasta da carga q , ou seja, quanto mais próximo da carga, mais concentradas se encontram as linhas de campo de \vec{E} .

1.2.2. O Campo Magnético

Uma das leis que trata da criação do campo magnético é conhecida como lei de Gauss magnética.

Mas, como acontece a criação de um campo magnético? A carga elétrica q cria campo elétrico e quem cria o campo magnético \vec{B} ? Existe carga magnética?

Não. Não existe carga magnética ou monopolo magnético, o que existe são dipolos magnéticos. Os dipolos magnéticos são encontrados na natureza e correspondem a regiões cujas características são similares às da carga elétrica quanto as linhas de campo e a sua relação com o campo. Assim, como existem

² Tipler, (1984).

cargas positivas e negativas e essas são respectivamente regiões onde as linhas de campo elétrico têm origem e terminam, existem os pólos norte e sul, regiões onde as linhas do campo magnético começam e terminam que poderiam corresponder respectivamente às cargas positivas e negativas. Mas, a analogia fica por aí, porque na natureza não é encontrado nenhum dos pólos separadamente, eles sempre existem aos pares (pólo norte e pólo sul), os dipolos.

Portanto, o fato das linhas do campo magnético \vec{B} saírem do pólo norte e chegarem no pólo sul, associado à idéia da inexistência de monopolos magnéticos, faz com que essas linhas sejam sempre fechadas.

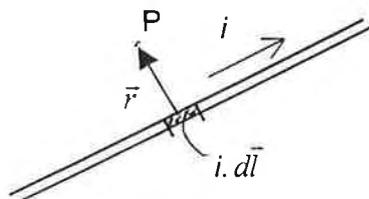
Matematicamente, a lei de Gauss magnética tem a seguinte forma:

$$\oint_S \vec{B} \cdot \vec{n} dS = 0,$$

ou seja, o fluxo do campo magnético é sempre nulo.

Mas, a pergunta sobre a origem de \vec{B} continua sem resposta. O que se sabe é que, quando cargas elétricas se encontram em movimento, cria-se campo magnético. Esse movimento de cargas numa região do espaço faz com que este perca sua isotropia porque a direção na qual ocorre o movimento (a direção da velocidade das cargas elétricas) passa a ser privilegiada e surge uma simetria cilíndrica.

No campo elétrico a simetria característica é esférica em torno do ponto onde a carga se localiza e no campo magnético, a simetria é cilíndrica em torno do eixo que define a direção do movimento de uma carga com velocidade \vec{v} ou de várias cargas em movimento numa mesma direção resultante gerando uma corrente elétrica. Assim, pode-se pensar numa corrente elétrica i que percorre um fio condutor retilíneo e infinito a fim de se analisar como seria o campo magnético \vec{B} criado no espaço.



Seja $i \cdot d\vec{l}$ um elemento de corrente. O elemento do campo magnético $d\vec{B}$ criado por este, num ponto P do espaço situado a uma distância r do fio, é dado por:

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{i d\vec{l} \times \hat{r}}{r^2},$$

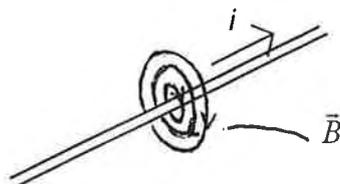
onde $\hat{r} = \frac{\vec{r}}{r}$ é o versor e \vec{r} tem sua direção dada pela reta que une o elemento de corrente $i d\vec{l}$ ao ponto P e o sentido é desse elemento para o ponto P. Esta é a lei de Biot-Savart.

Para se obter o campo magnético \vec{B} devido à corrente total no fio ou num circuito qualquer, utiliza-se esta lei para se obter o campo devido a cada elemento de corrente do circuito e depois, faz-se a soma de todos eles.

A lei de Biot-Savart é análoga a lei de Coulomb sob dois aspectos: o elemento de corrente $i d\vec{l}$ é a fonte do campo magnético, assim como q é a fonte do campo elétrico e a intensidade do campo magnético \vec{B} diminui com o quadrado da distância ao elemento de corrente assim como acontece com o campo elétrico \vec{E} e a distância à carga elétrica q.

As direções desses campos são bem diferentes, pela própria simetria de cada um, o campo magnético \vec{B} é perpendicular simultaneamente à direção radial e à direção fornecida pelo elemento de corrente $i d\vec{l}$ e o sentido é dado pela "regra da mão direita".

Assim, as linhas de campo de \vec{B} de um fio retilíneo e infinito percorrido por uma corrente, envolvem-no formando circunferências concêntricas, cuja concentração depende da distância r ao fio, ou seja, quanto mais próximas do fio, mais concentradas estão as linhas de campo de \vec{B} e vice-versa.

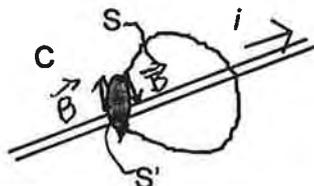


Como também foi feito para o campo elétrico, até aqui estudou-se apenas os aspectos da criação do campo magnético associado ao elemento de corrente. Agora, o mesmo desenvolvimento será realizado através da lei de Ampère.

$$\oint_C \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 \int_S \vec{j} \cdot \hat{n} dS$$

A circuitação do campo magnético \vec{B} sobre a linha fechada C que delimita a superfície S, é igual ao fluxo da densidade de corrente \vec{j} através dessa superfície.

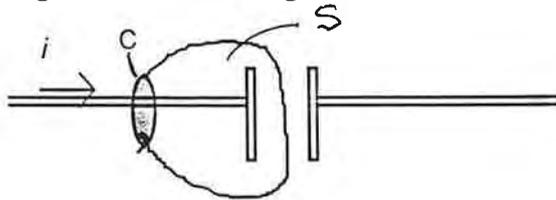
A superfície S escolhida é qualquer superfície aberta, por ser delimitada pela linha fechada C , que envolva a corrente. Assim, por exemplo, no caso de um fio longo percorrido por uma corrente, seria possível escolher tanto S quanto S' que também é uma superfície aberta e delimitada por C .



Considerando agora, um circuito percorrido por uma corrente i e que contenha um capacitor, para se obter o campo magnético \vec{B} , deve-se escolher uma superfície S com as mesmas características descritas acima. Se essa superfície escolhida envolver uma das placas do capacitor, o fluxo da densidade de corrente através desta superfície é nulo, mesmo que a corrente seja diferente de zero. Entretanto, se outra superfície que não envolva o capacitor for escolhida, este fluxo é diferente de zero.

E a circulação de \vec{B} ao longo da curva C , é diferente? E a lei de Ampère perde a validade?

A resposta é que a lei de Ampère não é completa para descrever a criação do campo magnético. Neste caso, será preciso considerar, além da corrente no circuito, uma variação do campo elétrico \vec{E} no tempo que existe enquanto o capacitor está carregando ou descarregando.



Para resolver esse problema, Maxwell acrescentou mais um termo à lei de Ampère.

$$\oint_C \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial}{\partial t} \int_S \vec{E} \cdot \vec{n} dS, \text{ o termo atribuído a Maxwell também pode ser}$$

interpretado como a variação temporal do fluxo do campo elétrico \vec{E} através da superfície S delimitada pela linha fechada C .

A variação temporal do campo elétrico só ocorre quando a corrente $i(t)$ (a corrente varia no tempo) no circuito é diferente de zero e isso acontece quando o capacitor está carregando ou descarregando. Por outro lado, nos instantes em que

o capacitor descarregou ou carregou-se, a corrente $i(t)$ é igual a zero e o campo elétrico é nulo ou constante.

Assim, a lei de Ampère-Maxwell fica:

$$\oint_C \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 \int_S \vec{j} \cdot \hat{n} dS + \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial}{\partial t} \int_S \vec{E} \cdot \hat{n} dS$$

Nesta lei, o primeiro termo mostra que, se existe uma corrente elétrica percorrendo um circuito, então um campo magnético \vec{B} é criado de tal forma que suas linhas de campo sejam linhas fechadas sempre perpendiculares a corrente que atravessa o circuito. E o segundo termo, diz que, se existir numa região do espaço um campo elétrico \vec{E} variando no tempo, então um campo magnético \vec{B} também pode ser criado com as mesmas características descritas acima. As linhas de campo de \vec{B} são sempre perpendiculares à direção da variação das linhas de campo \vec{E} .

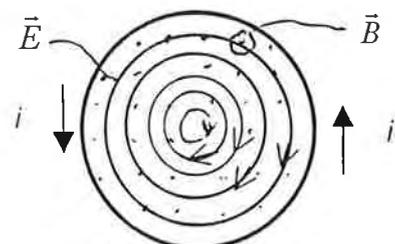
1.2.3. A Lei de Faraday ou o Campo Elétrico (induzido)

Ao se considerar que numa certa região do espaço existe um campo magnético \vec{B} e que este é estático, nessa região não existe mais nada.

Por outro lado, se esse campo magnético for variável no tempo, ocorre também a indução de um campo elétrico na região considerada. Mas, como ele é?

Pela lei de Gauss, a descontinuidade do campo elétrico \vec{E} encontra-se na carga que o cria. Como não há carga elétrica neste caso, não há descontinuidade do campo elétrico, então as linhas de campo de \vec{E} induzido são fechadas.

A direção do campo elétrico \vec{E} é sempre perpendicular à variação temporal do campo magnético \vec{B} que o induziu. Esquematicamente, pode-se considerar o campo magnético criado no interior de um solenóide suficientemente longo percorrido por uma corrente elétrica i , conforme a figura.



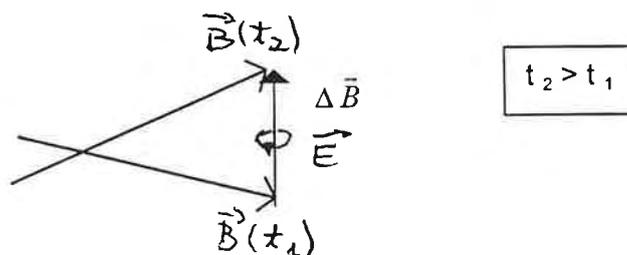
(Vista frontal do solenóide)

Considera-se o solenóide suficientemente longo porque a discussão se concentrará na sua região central onde \vec{B} é constante.

Se uma corrente elétrica i variável no tempo percorre esse solenóide, o campo magnético variará na direção do eixo do solenóide e aí, o campo elétrico induzido \vec{E} será perpendicular a esta variação, isto é, as linhas de campo de \vec{E} formam circunferências concêntricas cujo centro coincide com o eixo do solenóide. Ao longo de cada linha, o campo elétrico tem a intensidade constante e esta depende diretamente da distância em relação ao centro do solenóide.

No caso descrito acima, a **direção de \vec{B} é constante e a sua intensidade varia**. Então, para que \vec{E} e \vec{B} sejam perpendiculares entre si, pois as direções de \vec{B} e de sua variação coincidem, as linhas de campo de \vec{E} devem ser circunferências que envolvam as linhas de campo de \vec{B} .

Num outro caso, pode-se considerar a **intensidade de \vec{B} constante e a sua direção variável no tempo**. A variação do campo magnético, $\Delta\vec{B}$ não tem, como no caso anterior, a mesma direção de \vec{B} . Como o campo elétrico induzido é sempre perpendicular à variação de \vec{B} então, suas linhas de campo são circunferências concêntricas cujo eixo está instantaneamente na direção de $\Delta\vec{B}$, conforme a figura. E o sentido dessas linhas de campo é fornecido pela "regra da mão esquerda" devido a um sinal negativo que existe na expressão matemática da lei de Faraday. Esquemáticamente, essa variação de \vec{B} e a direção do campo elétrico induzido seriam:



A expressão matemática da lei de Faraday é

$$\int_C \vec{E} \cdot d\vec{l} = - \frac{d}{dt} \int_S \vec{B} \cdot \hat{n} d\vec{S}.$$

E é esse sinal negativo na lei que a torna compatível com o princípio da conservação da energia. Isso pode ser ilustrado, por exemplo, analisando-se o fenômeno da auto-indução num circuito constituído por um anel metálico, uma chave e uma bateria.

Quando a chave está aberta, não existe corrente nem campo magnético no circuito.

Quando a chave é fechada, cria-se um campo elétrico no interior do fio que, por sua vez, cria uma corrente; ambos têm sua intensidade aumentada durante um certo intervalo de tempo. Essa corrente, pela lei de Ampère, cria um campo magnético cuja direção é indicada pela “regra da mão direita”.

Nesse curto intervalo de tempo em que a corrente i varia, o campo magnético \vec{B} criado também varia com o tempo. Pela lei de Faraday, $\frac{\Delta\vec{B}}{\Delta t}$ cria um campo elétrico induzido \vec{E} .

O campo elétrico \vec{E} e $\frac{\Delta\vec{B}}{\Delta t}$ se opõem por causa do sinal negativo da lei de Faraday. Se ele não existisse, a lei iria prever que o campo elétrico induzido \vec{E} teria o mesmo sentido do campo elétrico gerado pela bateria o que faria com que a corrente aumentasse indefinidamente já que haveria uma “soma” de efeitos dos dois campos elétricos sobre os elétrons livres do anel e assim, violaria o princípio da conservação da energia.

1.2.4. Algo Mais sobre o Campo Elétrico

Até aqui tratou-se de dois “tipos” de campo elétrico: um eletrostático e outro induzido. Além disso, suas linhas de campo também eram bem diferentes entre si: as do campo eletrostático são linhas abertas com uma distribuição esférica no espaço e as do campo induzido são linhas fechadas com uma distribuição cilíndrica no espaço. Essas diferenças nas linhas de campo fazem com que eles tenham diferentes propriedades: o primeiro é conservativo e o segundo, não.

Dizer que um campo é conservativo significa que, a circuitação sobre qualquer caminho fechado neste campo elétrico tem sempre o mesmo resultado, zero.

Esse mesmo resultado permite que se defina uma grandeza escalar φ chamada de *diferença de potencial*. A integral de linha entre dois pontos localizados no campo elétrico, a menos de um sinal negativo, é definida como a diferença de potencial elétrica. Isto é, considerando os dois pontos P_1 e P_2 num campo elétrico \vec{E} , tem-se:

$$\varphi_{12} = - \int_{P_1}^{P_2} \vec{E} \cdot d\vec{l}$$

φ_{12} é também interpretado como o *trabalho* por unidade de carga realizado durante um deslocamento entre os pontos P_1 e P_2 no campo elétrico \vec{E} .

Por outro lado, dizer que um campo não é conservativo, significa que, se a circuitação for calculada para o campo elétrico induzido, o resultado será diferente de zero. Ou seja, quando se percorre caminhos diferentes entre dois pontos localizados nesse campo elétrico, os resultados da circuitação irão depender desses caminhos portanto, não é possível ser definida uma diferença de potencial para este “tipo” de campo elétrico.

A grandeza relacionada a esse resultado que se poderia definir e que depende do caminho que se percorre sobre as linhas do campo elétrico é denominada de *força eletro-motriz* (f.e.m) ε , definida como a integral de linha entre dois pontos P_1 e P_2 localizados no campo elétrico \vec{E} :

$$\varepsilon = \int_{P_1}^{P_2} \vec{E} \cdot d\vec{l}$$

Em resumo, o campo elétrico é único e essa separação é apenas uma maneira de analisar características diferentes do mesmo objeto, ora eletrostático ora induzido, em situações estática ou dinâmica, respectivamente.

1.3. A Carga Elétrica

Não é nada fácil discutir sobre a carga elétrica por dois motivos: é impossível defini-la e é impossível pensar nela dissociada do campo elétrico. Assim, o mais coerente é falar sobre a carga através de duas de suas características: a conservação e a quantização da carga e destas relacionadas ao campo elétrico.

Dizer que a carga se conserva significa que num sistema isolado (não há passagem de carga ou matéria através de seus limites) a soma das cargas positivas e negativas é constante. Essa lei é expressa matematicamente pela equação da continuidade:

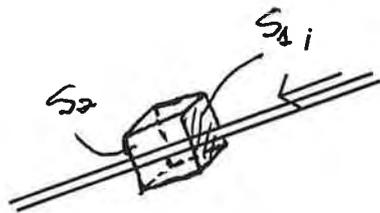
$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \vec{\nabla} \cdot \vec{j} = 0$$

que relaciona a densidade de corrente \vec{j} que atravessa uma superfície qualquer S com a variação da densidade de carga ρ no tempo.

Se a corrente elétrica é estacionária, então $\frac{\partial \rho}{\partial t}$ é zero e, pela equação da continuidade, $\vec{\nabla} \cdot \vec{j} = 0$ também é zero, ou seja, não há criação de corrente.

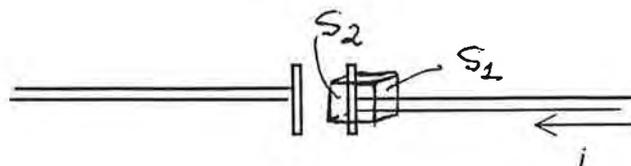
Seja um fio longo percorrido por uma corrente elétrica estacionária i .

Considerando, por exemplo, uma superfície cúbica escolhida conforme a figura e localizada nesse fio.



Diz-se que toda corrente que entra através da superfície S_1 sai pela superfície S_2 de modo que não haja nem fonte nem sorvedouro de corrente dentro da superfície cúbica. Ou seja, o fluxo de corrente através da superfície cúbica é nulo.

Agora, considerando um capacitor ligado a esse mesmo fio longo e escolhendo uma superfície cúbica como representada na figura.



A corrente elétrica que atravessa a superfície S_1 não é a mesma que passa por S_2 porque através de S_2 não há corrente elétrica e o fluxo da corrente através da superfície cúbica é diferente de zero. Então, há uma variação da densidade de carga dentro deste volume, delimitado pela superfície cúbica que ocorre durante a carga ou descarga do capacitor.

Outra característica associada à carga por meio de sua conservação é relacionada à existência do campo elétrico. O campo encontra-se intimamente ligado à carga assim, a conservação da carga implica também numa "forma" de conservação do campo porque relaciona essa existência (da carga) com a

eternidade do campo, segundo citação³ feita anteriormente por Robilotta a respeito do campo elétrico.

A quantização da carga, ou seja, o fato das cargas serem sempre múltiplos da carga do elétron ($e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$), considera que existem apenas dois tipos de cargas (positivas e negativas), com o mesmo módulo e sinais contrários. A essa existência está associada também a existência de dois tipos de campos: um divergente associado à carga positiva e outro convergente associado à carga negativa.

Considerando as duas idéias desenvolvidas acima a respeito do campo elétrico, sua eternidade e o fato de ser infinito, pode-se dizer que este campo não é criado e nem destruído e que existe em todo espaço. No entanto, sua detecção não é nada fácil porque as cargas se cancelam e os campos se superpõem.

³ Vide citação à página 115 deste texto.

Anexos 2

Anexo 2 A

Questionário Utilizado

QUESTIONÁRIO
INSTRUMENTO DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO
ENSINO DE FÍSICA - IFUSP - JUN/1994

SÉRIE: _____ **SEXO:** _____ **IDADE:** _____

1. Que tipos de coisas, situações ou palavras surgem na sua cabeça quando se fala em eletricidade?

2. Faça um desenho simples de ferro de passar roupa, ligado na tomada tal como você vê em sua casa.

3. Explique como você vê ou imagina a eletricidade que vem pelos fios, desde a tomada até o ferro quando este se encontra ligado.

4. Por que o ferro esquenta quando está ligado?

5. São sempre necessários dois fios para o ferro funcionar? Por que?

6. Como a eletricidade age numa lâmpada para ela poder acender?

7. Que diferenças você vê entre o funcionamento do ferro e o funcionamento da lâmpada?

8. Se dois fios fazem funcionar o ferro, a lâmpada ou o chuveiro estiverem ligados na tomada e um encostar no outro, o que deve acontecer? Que explicação você dá para o que acontece?

9. Com pilhas ou baterias é possível fazer funcionar um ferro de passar roupa? Justifique.

Anexo 2 B

Questionários Respondidos

QUESTIONÁRIO
 INSTRUMENTO DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO
 ENSINO DE FÍSICA - IFUSP - NOV/1993
 SÉRIE: 1º 0 SEXO: FEMIN. IDADE: 15

1. Que tipos de coisas, situações ou palavras surgem na sua cabeça quando se fala em eletricidade?

Hidrelétrica, lâmpada, tomada, chuva de lua (gelo), cabos elétricos, choque.

2. Descreva alguns lugares ou situações onde você vê eletricidade.

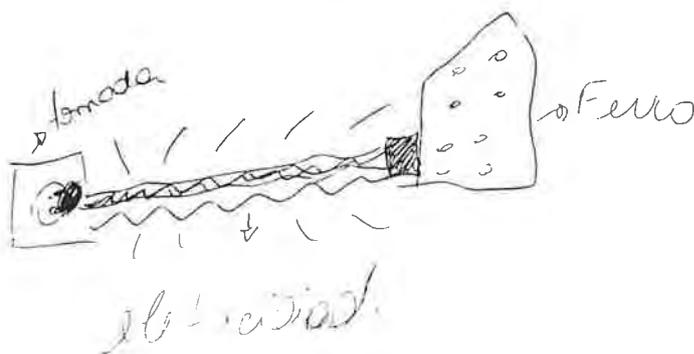
Eu não a vejo, só sei que está lá.
 nos transformadores de energia, nos fios descasados e de alta tensão, etc.

3. Faça um desenho simples do ferro de passar roupa, ligado na tomada tal como você vê em sua casa.



4. Explique como você vê ou imagina a eletricidade que vem pelos fios, desde a tomada até o ferro quando este se encontra ligado.

Imagino assim:



5. Por que o ferro esquentar quando está ligado?

Porque a eletricidade aciona o seu sistema de funcionamento.

6. São sempre necessários dois fios para o ferro funcionar? Por que?

Por que um é para a corrente + e outro é p/ negativa.
Se for os dois positivos ou negativos, não funcionará direito.

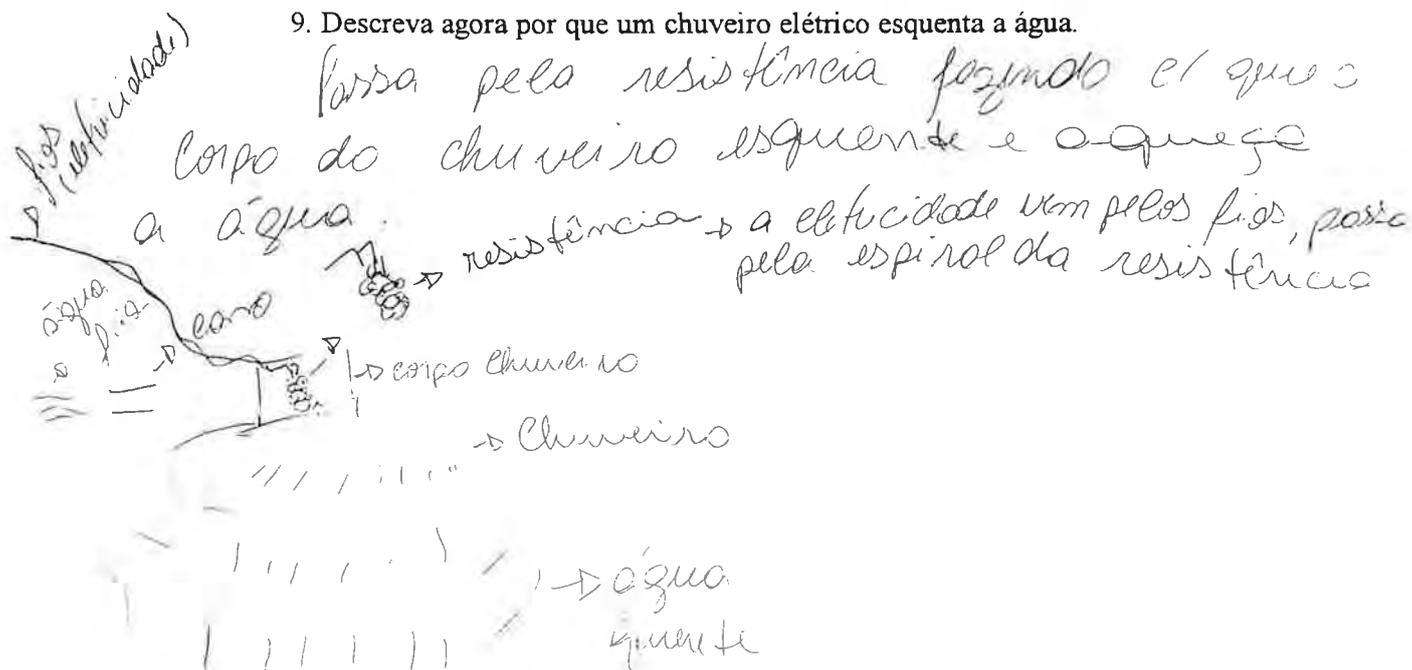
7. Como a eletricidade age numa lâmpada para ela poder acender?

Fazendo vibrar seus pequenos átomos produzindo energia luminosa.

8. Que diferenças você vê entre o funcionamento do ferro e o funcionamento da lâmpada?

Quase nenhuma, só que a energia da lâmpada é luminosa e quente e a do ferro é só quente.

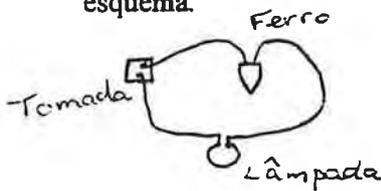
9. Descreva agora por que um chuveiro elétrico esquentar a água.



10. Se os dois fios que fazem funcionar o ferro, a lâmpada ou o chuveiro estiverem ligados na tomada e um fio encostar no outro, o que deve acontecer? Que explicação você dá para o que acontece?

Vai dar um choque, pois $+$ e $-$ não podem estar diretamente ligados.

11. Observe bem o esquema abaixo envolvendo uma ligação com o ferro e a lâmpada. Com essa ligação é possível esquentar o ferro e acender a lâmpada? Justifique sua resposta e, se necessário (se assim você o achar), desenhe outro esquema.



Sim, pois as duas energias positiva e negativa não estão diretamente ligados.

12. Com pilhas ou baterias é possível fazer funcionar:

a) uma lâmpada? Justifique.

Sim. Abre-se o fio em 2 partes e ligue na polaridade \ominus o fio de corrente elétrica \oplus e vice-versa.

b) um ferro de passar roupa? Justifique.

Também. Idem.

c) um chuveiro elétrico? Justifique.

Idem as anteriores.

13. Agora, escreva a respeito do que você acha ser a eletricidade.

Algo produzido pelas hidrelétricas (com a força das águas) e que nos é conduzido através de fios de alta tensão (condutores) e que através de sua tensão (110 ou 220) passa pelos transformadores de energia. P/ do untad chegar até nós.

14. Você acha que a eletricidade é uma coisa importante? Por que?

Claro. Sem ela nada iria funcionar São Paulo e toda civilização do mundo pararia, por que já estamos acostumados com as facilidades e comodidades que ela nos proporciona.

QUESTIONÁRIO
 INSTRUMENTO DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO
 ENSINO DE FÍSICA - IFUSP - NOV/1993
 SÉRIE: 1º colegial SEXO: M IDADE: 19

1. Que tipos de coisas, situações ou palavras surgem na sua cabeça quando se fala em eletricidade?

luzes e coisas não aparece na minha cabeça, só o medo de tomar choque

2. Descreva alguns lugares ou situações onde você vê eletricidade.

Quando colocamos em uma tomada dois fios, onde há produção de força

3. Faça um desenho simples do ferro de passar roupa, ligado na tomada tal como você vê em sua casa.



4. Explique como você vê ou imagina a eletricidade que vem pelos fios, desde a tomada até o ferro quando este se encontra ligado.

Eu não posso explicar porque eu não vejo, e não posso imaginar porque nunca pensei nisso

5. Por que o ferro esquenta quando está ligado?

Porque a energia produz calor

6. São sempre necessários dois fios para o ferro funcionar? Por que?

Sim. Porque um polo é negativo e o outro positivo

7. Como a eletricidade age numa lâmpada para ela poder acender?

não faço a mínima ideia

8. Que diferenças você vê entre o funcionamento do ferro e o funcionamento da lâmpada?

não sei

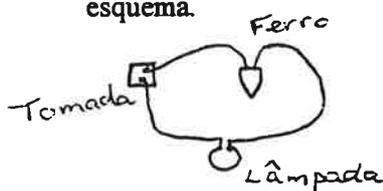
9. Descreva agora por que um chuveiro elétrico esquenta a água.

Porque fica uma resistência emersa no recipiente do chuveiro, onde esta resistência produz calor esquentando a água

10. Se os dois fios que fazem funcionar o ferro, a lâmpada ou o chuveiro estiverem ligados na tomada e um fio encostar no outro, o que deve acontecer? Que explicação você dá para o que acontece?

O que acontece é um curto circuito, não sei explicar

11. Observe bem o esquema abaixo envolvendo uma ligação com o ferro e a lâmpada. Com essa ligação é possível esquentar o ferro e acender a lâmpada? Justifique sua resposta e, se necessário (se assim você o achar), desenhe outro esquema.



Sim. Porque os fios não se encostam e assim transmitem energia um para o outro

12. Com pilhas ou baterias é possível fazer funcionar:

a) uma lâmpada? Justifique.

Sim porque há certas lâmpadas que precisam poucos watts para funcionar

b) um ferro de passar roupa? Justifique.

não porque no mínimo ele precisa de 110 watts
 ele funcionar a não ser se for de uma bateria de carro

(7)

94/57

c) um chuveiro elétrico? Justifique.

não. Porque é 220 e possui um fio isolado

13. Agora, escreva a respeito do que você acha ser a eletricidade.

A eletricidade é um bem de consumo que não deve ser desperdiçado

14. Você acha que a eletricidade é uma coisa importante? Por que?

Sim. Porque se ela não existia nós viveríamos na idade da pedra.

QUESTIONÁRIO
INSTRUMENTO DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO
ENSINO DE FÍSICA - IFUSP - NOV/1993
SÉRIE: 3º B SEXO: masc. IDADE: 18

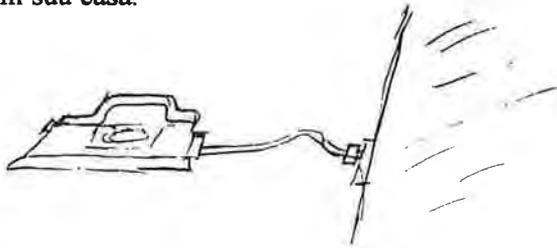
1. Que tipos de coisas, situações ou palavras surgem na sua cabeça quando se fala em eletricidade?

Palavras: choque, luz, força, luz
coisas: furivéis, aparelhos elétricos, fios, lanternas.
situações: dependência da eletricidade para tudo.

2. Descreva alguns lugares ou situações onde você vê eletricidade.

nas cidades, nas casas, fábricas, em todos os lugares há presença de eletricidade.

3. Faça um desenho simples do ferro de passar roupa, ligado na tomada tal como você vê em sua casa.



4. Explique como você vê ou imagina a eletricidade que vem pelos fios, desde a tomada até o ferro quando este se encontra ligado.

5. Por que o ferro esquenta quando está ligado?

Porque há, uma transformação de energia elétrica, para energia térmica, que o próprio ferro transforma.

6. São sempre necessários dois fios para o ferro funcionar? Por que?

Sim, porque o ferro não funciona, aliás, nada funciona se não houver os dois pólos de energia, que é um negativo e um positivo.

7. Como a eletricidade age numa lâmpada para ela poder acender?

A eletricidade é transformada de energia elétrica de condução, para energia elétrica de "iluminação", que é por onde passa em um filamento na lâmpada que aquece até formar um luz, que ilumina o local.

8. Que diferenças você vê entre o funcionamento do ferro e o funcionamento da lâmpada?

É que o ferro a energia é transformada para aquecer, e a lâmpada serve para iluminar o ambiente.

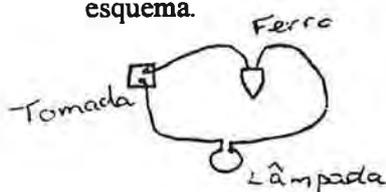
9. Descreva agora por que um chuveiro elétrico esquenta a água.

O chuveiro elétrico esquenta a água por causa da resistência que existe dentro dele, que é enrolada, e por isso a energia por isso, fazendo que a água em contato com ele, se aqueça.

10. Se os dois fios que fazem funcionar o ferro, a lâmpada ou o chuveiro estiverem ligados na tomada e um fio encostar no outro, o que deve acontecer? Que explicação você dá para o que acontece?

b) que acontece é que vai haver um curto na instalação, fazendo queimar o aparelho e as instalações de casa, podendo causar ~~os~~ fúscos ~~que~~ podendo acontecer até um incêndio.

11. Observe bem o esquema abaixo envolvendo uma ligação com o ferro e a lâmpada. Com essa ligação é possível esquentar o ferro e acender a lâmpada? Justifique sua resposta e, se necessário (se assim você o achar), desenhe outro esquema.



N. Sim, porque a energia que corre nos fios é constante, fazendo os dois funcionarem normalmente, ou podendo haver aquecimento do fio, queimando-o.

12. Com pilhas ou baterias é possível fazer funcionar:
a) uma lâmpada? Justifique.

Sim, dependendo da voltagem que houver na bateria ou na pilha, e dependendo da voltagem da lâmpada.

b) um ferro de passar roupa? Justifique.

12

G2/12

c) um chuveiro elétrico? Justifique.

13. Agora, escreva a respeito do que você acha ser a eletricidade.

14. Você acha que a eletricidade é uma coisa importante? Por que?

Sim, porque sem ela, a vida não seria tão facilitada como é, com todos os aparelhos.

5. Por que o ferro esquenta quando está ligado?

Porque a eletricidade fornece energia para o esquentamento do ferro.

6. São sempre necessários dois fios para o ferro funcionar? Por que?

Sim, por que um é o pólo positivo e o outro é o negativo.

7. Como a eletricidade age numa lâmpada para ela poder acender?

Do mesmo modo que age no chuveiro, esquenta uma resistência e é através do calor dessa resistência que se obtém a luz.

8. Que diferenças você vê entre o funcionamento do ferro e o funcionamento da lâmpada?

A energia da lâmpada é enviada através da luz já do ferro através do calor.

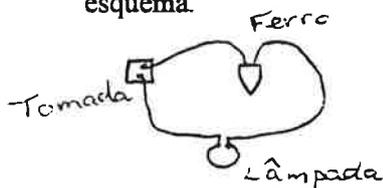
9. Descreva agora por que um chuveiro elétrico esquenta a água.

Porque a energia elétrica aquece uma resistência que por isso esquenta a água, fazendo o aquecimento.

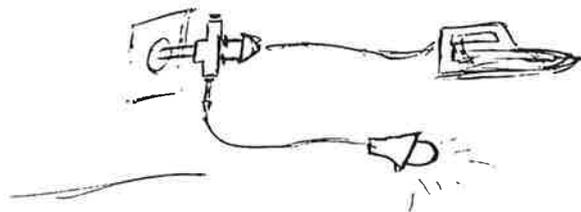
10. Se os dois fios que fazem funcionar o ferro, a lâmpada ou o chuveiro estiverem ligados na tomada e um fio encostar no outro, o que deve acontecer? Que explicação você dá para o que acontece?

CURTO-CIRCUITO, A EXPLICAÇÃO É
Acho que é o choque entre
o positivo e o negativo

11. Observe bem o esquema abaixo envolvendo uma ligação com o ferro e a lâmpada. Com essa ligação é possível esquentar o ferro e acender a lâmpada? Justifique sua resposta e, se necessário (se assim você o achar), desenhe outro esquema.



IMPOSSÍVEL



12. Com pilhas ou baterias é possível fazer funcionar:

a) uma lâmpada? Justifique.

SIM, PILHAS TAMBÉM TÊM
PÓLOS POSITIVOS E NEGATIVOS,
CONTO COM FIOS

b) um ferro de passar roupa? Justifique.

É POSSÍVEL COM PILHAS
DE UMA GRANDE PILHA, MAS
O FIO DEVE CONECTAR MUITA VEZ

c) um chuveiro elétrico? Justifique.

Acho que SIM, só que com o MESMO CASO DO FERRO, PUXA MUITA ENERGIA

13. Agora, escreva a respeito do que você acha ser a eletricidade.

ELETRICIDADE É UM FENÔMENO QUE PUXA ENERGIA E FORÇA PARA AS COISAS.

14. Você acha que a eletricidade é uma coisa importante? Por que?

SIM, PORQUE SE NÃO TIVÉSSEMOS A ELETRICIDADE, NÃO TERIAMOS MUITAS COISAS, COMO POR EXEMPLO: LUZ, PARA À NOITE; ÁGUA QUENTE, PARA O BANHO NO INVERNO; GELADEIRA, PARA CONSERVAR ALIMENTOS; ETC.

QUESTIONÁRIO
 INSTRUMENTO DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO
 ENSINO DE FÍSICA - IFUSP - NOV/1993
 SÉRIE: 3º B SEXO: Masculino IDADE: 18 anos

1. Que tipos de coisas, situações ou palavras surgem na sua cabeça quando se fala em eletricidade? varios aparelhos ligados a energia
Multimídia, fone de ouvido, micro
aparelho de som.
Cosas ligadas a luz, energia elétrica

2. Descreva alguns lugares ou situações onde você vê eletricidade.

Quando ligamos o chuveiro, batidora

3. Faça um desenho simples do ferro de passar roupa, ligado na tomada tal como você vê em sua casa.



4. Explique como você vê ou imagina a eletricidade que vem pelos fios, desde a tomada até o ferro quando este se encontra ligado.

A uma passagem de elétrons livres,
devido uma força queda por um
campo elétrico. A corrente é muito
rápida, pode os vezes até haver um
curto circuito.

5. Por que o ferro esquenta quando está ligado?

Por que ele é ligado a tomada, a
uma passagem de energia elétrica.

6. São sempre necessários dois fios para o ferro funcionar? Por que?

Não, apenas um fio sozinho,
a passagem de energia.

7. Como a eletricidade age numa lâmpada para ela poder acender?

Tem que haver uma corrente.

8. Que diferenças você vê entre o funcionamento do ferro e o funcionamento da lâmpada?

No ferro há uma passagem de elétrons,
gerando uma energia.

No lâmpada precisamos de uma
corrente, e uma corrente, surgindo
a potência e a tensão.

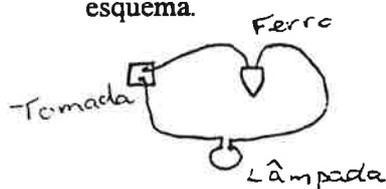
9. Descreva agora por que um chuveiro elétrico esquenta a água.

Porque toda energia elétrica se converte em
energia térmica.

10. Se os dois fios que fazem funcionar o ferro, a lâmpada ou o chuveiro estiverem ligados na tomada e um fio encostar no outro, o que deve acontecer? Que explicação você dá para o que acontece?

Haverá um curto circuito, seria quando um dos polos o resistor não for usado. Se não houver proteção nos fusíveis haverá um curto.

11. Observe bem o esquema abaixo envolvendo uma ligação com o ferro e a lâmpada. Com essa ligação é possível esquentar o ferro e acender a lâmpada? Justifique sua resposta e, se necessário (se assim você o achar), desenhe outro esquema.



Sim.

12. Com pilhas ou baterias é possível fazer funcionar:

a) uma lâmpada? Justifique.

Não, a lâmpada só funciona através do energia elétrica.

b) um ferro de passar roupa? Justifique.

Sim, pois o ferro precisa de energia elétrica.

c) um chuveiro elétrico? Justifique.

Sim, pois ~~seu~~
e ligado a tomada, havendo
energia.

13. Agora, escreva a respeito do que você acha ser a eletricidade.

Muito bom, sem ela nós
ni sobreviveríamos. Ela é uma
parte de nós.

14. Você acha que a eletricidade é uma coisa importante? Por que?

Sim, claro, sem ela não existiria
muitas coisas, que nós precisamos p/
sobreviver.

G3/83

QUESTIONÁRIO
INSTRUMENTO DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO
ENSINO DE FÍSICA - IFUSP - NOV/1993
SÉRIE: 3º SEXO: Masc IDADE: 22

1. Que tipos de coisas, situações ou palavras surgem na sua cabeça quando se fala em eletricidade?

Televisão, geladeira, video game, parte elétrica, fiação, chuveiro, energia, campelinka.

2. Descreva alguns lugares ou situações onde você vê eletricidade.

nas lâmpadas, televisão, geladeira, chuveiro, rádio, toca disco, ...

3. Faça um desenho simples do ferro de passar roupa, ligado na tomada tal como você vê em sua casa.



4. Explique como você vê ou imagina a eletricidade que vem pelos fios, desde a tomada até o ferro quando este se encontra ligado.

Atualiza do movimento dos elétrons livres.

5. Por que o ferro esquenta quando está ligado?

Porque os elétrons livres chocam-se com a rede cristalina produzindo o aquecimento da resistência.

6. São sempre necessários dois fios para o ferro funcionar? Por que?

Sim, porque um é o fio fase e o outro o fio neutro.

7. Como a eletricidade age numa lâmpada para ela poder acender?

Os elétrons ao se chocarem contra a rede cristalina neste caso transformam a sua energia de movimento em energia calorífica e luminosa.

8. Que diferenças você vê entre o funcionamento do ferro e o funcionamento da lâmpada?

A única diferença é a sua aplicação ou em um e produzida a energia calorífica no outro a luminosa.

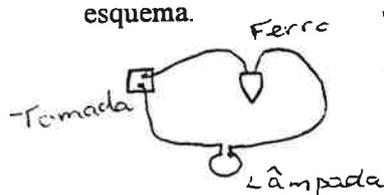
9. Descreva agora por que um chuveiro elétrico esquenta a água.

Quando a energia elétrica passa pela resistência do chuveiro há um aumento muito grande entre os elétrons da rede cristalina produzindo o aquecimento da água.

10. Se os dois fios que fazem funcionar o ferro, a lâmpada ou o chuveiro estiverem ligados na tomada e um fio encostar no outro, o que deve acontecer? Que explicação você dá para o que acontece?

há um curto circuito, acontece uma queima no sistema

11. Observe bem o esquema abaixo envolvendo uma ligação com o ferro e a lâmpada. Com essa ligação é possível esquentar o ferro e acender a lâmpada? Justifique sua resposta e, se necessário (se assim você o achar), desenhe outro esquema.



Não, porque há necessidade de dar fim para que funcione o sistema.

12. Com pilhas ou baterias é possível fazer funcionar:

a) uma lâmpada? Justifique.

Depende da W da lâmpada.

b) um ferro de passar roupa? Justifique.

Não porque é preciso de uma W muito grande

c) um chuveiro elétrico? Justifique.

Não, porque é preciso de uma ω muito grande.

13. Agora, escreva a respeito do que você acha ser a eletricidade.

Eletricidade é o mov. dos elétrons livres contidos no fio.

14. Você acha que a eletricidade é uma coisa importante? Por que?

Sim, porque a partir da eletricidade se criaram coisas muito importantes principalmente no campo tecnológico.

Anexo 3

Índice do Livro da Proposta do Ramalho de Eletricidade

Conteúdo

Parte I — Cargas Elétricas em Repouso	
CAPÍTULO 1: Eletrização — Força Elétrica.....	1
CAPÍTULO 2: Campo Elétrico.....	24
CAPÍTULO 3: Trabalho e Potencial Elétrico	43
CAPÍTULO 4: Exercícios Gerais.....	60
CAPÍTULO 5: Propriedades dos Condutores em Equilíbrio Eletrostático — Capacidade Eletrostática	72
Parte II — Cargas Elétricas em Movimento	
CAPÍTULO 6: Corrente Elétrica.....	89
CAPÍTULO 7: Resistores	101
CAPÍTULO 8: Associação de Resistores.....	112
CAPÍTULO 9: Medidas Elétricas.....	134
CAPÍTULO 10: Geradores e Receptores.....	146
CAPÍTULO 11: Gráficos.....	187
CAPÍTULO 12: Capacitores.....	201
Parte III — Eletromagnetismo	
CAPÍTULO 13: Campo Magnético.....	235
CAPÍTULO 14: Força Magnética.....	264
CAPÍTULO 15: Indução Eletromagnética.....	294
CAPÍTULO 16: Noções de Corrente Alternada.....	318
CAPÍTULO 17: Radiação Eletromagnética.....	332
Respostas.....	343
Conceitos e Expressões Fundamentais.....	352

Anexo 4

Índice do Livro da Proposta GREF de Eletromagnetismo

SUMÁRIO

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 Sequência	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
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 MEDIDA COM PONTEIRO	109
---	-----

2.1 A Sequência	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 gerador 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
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
PARTE 4 – RÁDIO, TV, GRAVADOR E TOCA-DISCOS: ELEMENTOS DE SISTEMAS DE COMUNICAÇÃO E INFORMAÇÃO	231
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 Disco	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

PARTE 5 – DIODO E TRANSISTOR: MATERIAIS SEMICONDU- TORES	275
5.1 A Seqüência	275
5.2 A Fenomenologia	276
5.3 Modelo de Átomo: Caracterização e Pressupostos	277
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 Semi- condutor	287
5.5.1 O diodo semiconductor: o efeito da retificação obtida a partir da junção P-N	289
5.5.2 O diodo fotoemissor (led): o efeito da eletroluminescência obti- do através da junção P-N	291
5.5.3 O transistor semiconductor: 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 Seqüência	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
7. Descrição do processo de modulação e de recepção das ondas de rádio	381
8. Rádio Galena	385
EXERCÍCIOS COMPLEMENTARES	393
Parte 1 – Fusíveis, Lâmpadas, Chuveiros e Fios de Ligação: Aparelhos Resistivos	393
Parte 2 – Motores e Instrumentos de Medida com Ponteiro	403
Parte 3 – Dínamo de Bicicleta, Gerador de Usina, Motor-Gerador, Pilha, Bateria: Fontes de Energia Elétrica	415
Parte 4 – Rádio, TV, Gravador, Toca-Discos: Elementos de Sistemas de Comunicação e Informação	431
BIBLIOGRAFIA BÁSICA	437

PLANO DE CURSO

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

fusíveis, lâmpadas, chuveiro, instalação elétrica residencial

CONCEITOS

Tensão, corrente elétrica, potência e resistência elétrica. Modelo de corrente elétrica baseado na Física clássica.

Anexo 5

Quadro Histórico do livro do Ramalho

Introdução

1 - Conceitos Espontâneos em Eletricidade: um mapeamento bibliográfico

**2 - Algumas Características das Visões de Eletricidade dos Estudantes de
Duas Propostas de Ensino**

**3 - Reflexões a Respeito do Ensino – Educação/Física/Processos de
Ensino-Aprendizagem**

4 - Análise Comparativa das Duas Propostas de Ensino de Eletricidade

5 - Considerações Finais

Anexos

Referências Bibliográficas

Referências Bibliográficas

- **Alves (1994)**, Rubem - “**Filosofia da Ciência: introdução ao jogo e suas regras**”. Ed. Brasiliense, São Paulo, 1994.
- **Andrés (1992)**, María Maite - “**Evaluación de la Estrategia de Conflicto para la Enseñanza de la Unidad de Electricidad, en el Noveno Grado de Escuela Básica**”. Revista Brasileira de Ensino de Física, 14(2): 101-5p., São Paulo, 1992.
- **Atas dos Simpósios Nacionais de Ensino de Física – SNEF** (V - 1982, VI - 1985, VII - 1987, IX - 1991, X - 1993).
- **Axt**, Rolando; **Moreira**, Marco Antonio; **Silveira**, Fernando Lang da - “**Experimentação Seletiva e Associada à teoria como Estratégia para Facilitar a Reformulação Conceitual em Física**”. REF, 12: 139-58p., dez./1990.
- **Banco de Referências de Ensino de Física - “Ensino de Física no Brasil**”. Catálogo Analítico de Dissertações e Teses (1982 a 1995), IFUSP, São Paulo, 1996.
- **Barros**, Carlos - “**Ciências - 8ª série: Prevendo o Futuro da Espécie Humana**”. Ed. Ática, São Paulo, 1984.
- **Brandão (1981)**, Carlos Rodrigues - “**O Que é Educação**”. Ed. Brasiliense, São Paulo, 1981.
- **Cohen**, R.; **Eylon**, B.; **Ganiel (1983)**, U. - “**Potential Difference and Current in Simple Electric Circuits: a study of students’ concepts**”. Am. J. Phys., 51(5), May/1983.

- **Closset (1983)**, J.L. - “**Le Raisonnement Sequentiel en Electrocinétique**”. Thèse de troisième cycle. Université Paris VII, Paris, 1983.

- **Cruz, Daniel** - “**Ciências e Educação Ambiental - Química e Física**”. Ed. Ática, São Paulo, 1996.

- **Cudmani (1989)**, Leonor C.; **Fontdevila**, Pablo - “**Física Básica: a organização de conteúdos no ensino-aprendizagem do Eletromagnetismo**”. Cad. Cat. Ens. Fís., 6(3): 196-210p., Florianópolis, dez./1989.

- **Del Carlo**, Sandra - “**Um Quadro Comparativo de Duas Propostas de Ensino de Eletricidade: ‘Ramalho’ e ‘GREF’** “. Resumos e Programa do V EPEF (Encontro de Pesquisadores em Ensino de Física), pág. 20, Águas de Lindóia – SP, set./1996.

- **Domínguez (1988)**, Maria Eugenia; **Moreira**, Marco Antonio - “**Significados Atribuídos aos Conceitos de Campo Elétrico e Potencial Elétrico por Estudantes de Física Geral**”. REF, 10: 67-82p., dez./1988.

- **Feynman**, Richard P. – “**The Feynman Lectures in Physics**” – vol.II. Addison-Wesley, Mass., 1964.

- **Fierro (1996)**, Alfredo - “**Personalidade e Aprendizagem no Contexto Escolar**”; pág.154. In “**Desenvolvimento Psicológico e Educação – Psicologia da Educação**”, vol. 2; **Coll**, César; **Palacios**, Jesús; Marchesi, Álvaro (orgs.). Ed. Artes Médicas, Porto Alegre, 1996.

- **Fredette**, Norman; **Lochhead (1980)**, John - “**Student Conceptions of Simple Circuits**”. The Physics Teacher, March/1980.

- **Freire (1994)**, Paulo - “Educação como Prática da Liberdade”. Ed. Paz e Terra, São Paulo, 1994.
- **Gadotti (1994)**, Moacir - “Pensamento Pedagógico Brasileiro”. Ed. Ática, São Paulo, 1994.
- **Garrido Pimenta (1996)**, Selma - “A Didática como Mediação na Construção da Identidade do Professor – uma experiência de ensino e pesquisa”.
- **GRAF (1993)** (Grupo de Reelaboração do Ensino de Física) - “Física 3 – Eletromagnetismo”. EDUSP, São Paulo, 1993.
- **GRAF** (Grupo de Reelaboração do Ensino de Física) - “Física 2 – Física Térmica e Óptica”. EDUSP, São Paulo, 1996.
- **GRAF** (Grupo de Reelaboração do Ensino de Física) - “Física 1 – Mecânica”. EDUSP, São Paulo, 1996.
- **Holsti**, Ole R. - “Content Analysis”. In Handbook of Social Psychology V.1, 596-673p., 1969.
- **Kawamura**, Maria Regina D. & **Hosoume (1992)**, Yassuko - “O Ensino de Física”. In “Programa para o Aperfeiçoamento de Professores da Rede Estadual de Ensino”, Secretaria da Educação do Estado de São Paulo, Fundação para o Desenvolvimento da Educação (FDE). São Paulo: SE/FDE, 1992.
- **Libâneo (1984)**, José Carlos - “Democratização da Escola Pública: a pedagogia crítico-social dos conteúdos”. Loyola Editora, São Paulo, 1984.

- **Mendes (1977)**, Durmeval Trigueiro - “**Notas para a filosofia da educação brasileira**”. Fórum Educacional, 1(1), jan./mar., Iesa/FGV, Rio de Janeiro, 1977.
- **Menezes**, Andréa M.M.; **Lopes**, Eliana; **Robilotta**, Manoel R. - “**Gente como Carga e Aula como Campo**”. REF, 5 (1): 16-24p., São Paulo, 1983.
- **Moreira (1987)**, Marco Antonio; **Domínguez**, Maria Eugenia - “**Misconceptions in Electricity among College Students**”. Ciência e Cultura, 39(10): 955-61p., out./1987.
- **Ota**, Maria Inês Nobre - “**Estrutura Conceitual do Eletromagnetismo**”. Revista Pro-Posições, vol. 7, nº 1(19), 67-75p., Campinas, março/1996.
- **Piassi (1995)**, Luís Paulo de Carvalho - “**Que Física Ensinar no 2º Grau? – Elementos para uma Reelaboração do Conteúdo**”. Dissertação de Mestrado em Ensino de Ciências (modalidade: Física), IFUSP/FEUSP, São Paulo, 1995.
- **Pregolatto (1994)**, Yukimi H. - “**A Eletrostática: o conhecimento possível e o conhecimento aprendido**”. Tese de Doutorado em Ensino de Ciências (modalidade: Física), FEUSP, São Paulo, 1994.
- **Purcell**, Edward W. – “**Curso de Física de Berkeley - Volume 2 – Eletricidade e Magnetismo**”. Ed. Edgard Blücher, São Paulo, 1973.
- **Ramalho (1986) Júnior**, Francisco; **Ferraro**, Nicolau Gilberto; **Soares**, Paulo Antonio de Toledo - “**Os Fundamentos da Física - Vol. 3 – Eletricidade**”. Ed. Moderna, São Paulo, 1986.
- **Ramalho Júnior**, Francisco; **Ferraro**, Nicolau Gilberto; **Soares**, Paulo Antonio de Toledo - “**Os Fundamentos da Física - Vol. 2 – Termologia, Óptica Geométrica e Ondas**”. Ed. Moderna, São Paulo, 1986.

- **Ramalho Júnior, Francisco; Ferraro, Nicolau Gilberto; Soares, Paulo Antonio de Toledo - “Os Fundamentos da Física - Vol. 1 – Mecânica”.** Ed. Moderna, São Paulo, 1986.
- **Rinaldi (1995), Carlos - “Concepções Alternativas e o Ensino de Física”.** Revista de Educação Pública, 4(6): 117-39p., Cuiabá, jun./dez.1995.
- **Rinaldi, Carlos - “Concepções de Adultos Não Influenciados pelo Ensino Formal sobre Eletricidade”.** Revista de Educação Pública, 3(3): 145-61p., Cuiabá, jun./1994.
- **Rinaldi, Carlos - “Estudo Comparado: construção do conceito de circuito elétrico”.** Revista de Educação Pública, 3(3): 139-44p., Cuiabá, jun./1994.
- **Robilotta, Manoel R.; Goldman, Carla; Lopes, Eliana - “Um pouco de Luz na Lei de Gauss”.** REF, 3(3): 3-15p., São Paulo, set./1981.
- **Salém (1986), 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.
- **Saviani (1980), Dermeval - “Educação: do senso comum à consciência filosófica”.** Cortez/Autores Associados Editora, São Paulo, 1980.
- **Secretaria da Educação do Estado de São Paulo (1992),** Coodenadoria de Estudos e Normas Pedagógica (CENP) - **“Proposta Curricular para o Ensino de Física – 2º Grau”.** São Paulo: SE/CENP, 1992.
- **Shipstone (1988), David - “Pupils’ understanding of Simple Electrical Circuits – some implications for instruction”.** Phys. Educ., 23, 1988.

- **Silveira**, Fernando Lang da; **Moreira**, Marco Antonio - “A Validade Preditiva do Escore Total em testes Relativos à Concepções em Força e Movimento e em Corrente elétrica sobre a Média Final de Alunos de Física I (Mecânica) e Física II (Eletromagnetismo)”. Cad. Cat. Ens. Fís., 9(2): 105-12p., Florianópolis, ago./1992.
- **Silveira**, Fernando Lang da; **Moreira**, Marco Antonio; **Axt**, Rolando (1989) - “Validação de um teste para Verificar se o Aluno Possui Concepções Científicas sobre Corrente Elétrica em Circuito Simples”. Ciência e Cultura, 47(11): 1129-33p., nov./1989.
- **Silveira Porto** (1987), Maria do Rosário - “Função Social da Escola”. In “Escola Brasileira: temas e estudos”; **Fischmann**, Roseli (org.). Ed. Atlas, São Paulo, 1987.
- **Snyders** (1988), Georges - “A Alegria na Escola”. Ed. Manole, Porto Alegre, 1988.
- **Steffani**, Maria Helena; **Vieira**, J. **Quillfedt**, J.; **Sellestre**, L.; **Rios**, L.H.R.; **Schimitz**, S.R. - “Conservação de Corrente Elétrica num Circuito Elementar: o que os alunos pensam a respeito”. Cad. Cat. Ens. Fís., 3(1): 12-6p., Florianópolis, abr./1986.
- **Tagliati** (1991), José Roberto - “Um Estudo dos Conceitos Espontâneos em Eletricidade”. Dissertação de Mestrado em Ensino de Ciências (modalidade: Física), IFUSP/FEUSP, São Paulo, 1991.
- **Tipler**, Paul A. - “Física 2ª – Tipler”. Ed. Guanabara Dois, Rio de Janeiro, 1984.