



CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS
Mestrado em Educação Tecnológica

Sidney Maia Araújo

**A TEORIA ONDULATÓRIA DE CHRISTIAAN HUYGENS NOS
LIVROS DIDÁTICOS DE FÍSICA DO ENSINO MÉDIO**

Belo Horizonte - MG

2009

Sidney Maia Araújo

A TEORIA ONDULATÓRIA DE CHRISTIAAN HUYGENS NOS LIVROS DIDÁTICOS DE FÍSICA DO ENSINO MÉDIO

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Educação Tecnológica do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais - CEFET-MG, para obtenção do título de Mestre em Educação Tecnológica.

Orientador: Prof. Dr. Fabio Wellington Orlando da Silva.

Belo Horizonte - MG

2009

Araújo, Sidney Maia

A663t A teoria ondulatória de Christiaan Huygens nos livros didáticos de física do ensino médio / Sidney Maia Araújo. – Belo Horizonte, 2009. 110 f. : il.

Dissertação (mestrado) – Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais .

Orientador: Fábio Wellington Orlando da Silva.
Bibliografia

1. Física – Estudo e Ensino. 2. Teoria ondulatória. 3. Christiaan Huygens. I. Silva, Fábio Wellington Orlando da. II. Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais. III. Título

CDD 530

Elaboração da ficha catalográfica pela Biblioteca-Campus II / CEFET-MG



CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO EM EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA

Sidney Maia Araújo

A teoria ondulatória de Christiaan Huygens nos livros didáticos de física do ensino médio

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Educação Tecnológica do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais - CEFET-MG, em 25 de setembro 2009, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Educação Tecnológica, aprovada pela Banca Examinadora constituída pelos professores:

Prof. Dr. Fábio Wellington Orlando da Silva
Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais - orientador(a)

Prof. Dr. Peter Leroy Faria
Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais

Prof. Dr. Heitor Garcia de Carvalho
Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais

A TEORIA ONDULATÓRIA DE CHRISTIAAN HUYGENS NOS LIVROS DIDÁTICOS DE FÍSICA DO ENSINO MÉDIO

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Educação Tecnológica do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais - CEFET-MG, em 25/09/2009 , como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Educação Tecnológica, aprovada pela Banca Examinadora constituída pelos professores:

Prof. Dr. Fabio Wellington Orlando da Silva - CEFET/MG-Orientador

Prof. Dr. Heitor Garcia de Carvalho- CEFET/MG

Prof. Dr. Peter Leroy Faria – PUCMINAS

DEDICATÓRIA

À minha família.

AGRADECIMENTOS

A **Deus**, pela saúde, sabedoria e perseverança que me foi dada ao longo desta vida;
Ao **Professor, Doutor Fabio Wellington Orlando da Silva**, pela atenção, paciência credibilidade e magnífica orientação;

Aos **meus familiares** que me incentivaram e me deram apoio para que eu chegasse onde cheguei, em especial, a minha mãe **Eunice**, meu pai **Osvaldo**, minha irmã **Sidrene** e ao meu sobrinho **Gabriel**, que sempre torceram pelo meu sucesso e que muitas vezes ficaram sem a atenção merecida pelo tempo que me dediquei à pesquisa;

A Minha companheira **Viviane**, pela atenção e apoio nos momentos mais difíceis, que passei nos últimos 3 anos;

A Todos os **professores do Mestrado em Educação Tecnológica do CEFET/MG** que tive a grata satisfação de encontrar e trabalhar ao longo desse tempo;

Aos Professores Dr. Peter Leroy Faria e Dr. Heitor Garcia de Carvalho por terem aceitado o convite de participar da banca examinadora dessa dissertação;

Aos **autores dos Livros Didáticos** que, sem seus livros não seria possível realizar essa pesquisa;

Aos amigos deste **curso do mestrado**, especialmente aos integrados do G9: **Elivane, Renata, Daniel, Claudia, Geraldo, Davi, Kélsen e Warllison**, companheiros do FICITEC;

A todos meus amigos, especialmente o meu grande amigo e ex-professor **Dalton**, por ser um modelo de profissionalismo e de otimismo;

Aos meus alunos e ex-alunos, que por muitas vezes serviram de inspiração e conforto para continuar o meu trabalho.

“... Procuramos formar pessoas que não sejam admiráveis apenas como pensadores ou criadores, mas também como seres humanos...”

Howard Gardner

RESUMO

Este trabalho apresenta uma comparação entre a teoria exposta por Christiaan Huygens no *Tratado da Luz*, no século XVII, com a versão que lhe é atualmente atribuída por alguns livros didáticos de Física para o ensino médio. A opção pelo estudo do livro didático é devido à sua marcante presença como elemento de registro das formas de ensino em determinados períodos históricos. Inicia-se com a discussão do papel e função do livro didático no ensino de Física. Em seguida, é feito um estudo sobre a contribuição da História da Ciência ao Ensino de Física e a sua importância para a humanização da ciência, bem como a desmistificação de fatos que impediriam o estabelecimento da relação do processo de desenvolvimento científico com as dimensões culturais, sociais, políticas e econômicas nele presentes. O universo da pesquisa constituiu-se dos livros didáticos de Física, tanto na sua versão completa como na de volume único, de autores que tiveram livros didáticos aprovados no processo do Programa Nacional do Livro Didático do Ensino Médio do ano de 2009. A parte empírica é desenvolvida por meio da leitura desses livros didáticos, particularmente dos capítulos relacionados à natureza ondulatória da luz, que usualmente aparecem sob o título: “Ótica e Ondas”, investigando se os textos fazem uma abordagem histórica do conteúdo, discuti os elementos básicos da teoria de Huygens e as alterações posteriores em relação à teoria original. Concluiu-se que as informações veiculadas nesses livros não são fiéis à proposta inicial do modelo, ora omitindo elementos, ora incorporando contribuições de outros autores, e conduzem a uma visão inadequada da evolução histórica dessa teoria.

Palavras-Chave: teoria ondulatória da luz; ensino de Física; livros didáticos.

ABSTRACT

This Work presents a comparison between the theory exposed by Christiaan Huygens in the *Treatise on Light*, in the XVII century, with the version of some current textbooks of Physics for High School. The option for the study of the textbook is due to its outstanding presence as an element of the registration forms of education in certain historical periods. It begins with a discussion of the role and function of the textbook in teaching physics. Next a study is done on the contribution of the History of Science Teaching of Physics and its importance for the humanization of science and the demystification of facts that would prevent the establishment of the scientific process with the cultural, social, it presents economic and political. The framework of this research consisted of Physics textbooks complete books and reduced versions of authors that to have didactic books approved in the process of National Program of the Textbooks of High School of year 2009. The empirical part is developed through the reading of these textbooks, especially the chapters related to the wave nature of light, which usually appear under the headline: "Optics and Waves," texts are investigating whether a historical approach of the content, discuss the elements basic theory of Huygens and subsequent amendments in relation to the original theory. It was concluded that the information conveyed in these books are not faithful to the original proposal of the model, sometimes omitting elements, sometimes incorporating contributions from other authors, and lead to an inadequate vision of the historical evolution of this theory.

Keywords: wave theory of light, physics education, textbooks.

Lista de Figuras e Tabelas

Figura 1 Propagação da luz produzida por uma vela.....	71
Figura 2 Ondas de Choque se propagando no Éter.....	72
Figura 3 Propagação esférica das Ondas de Choque no Éter.....	73
Figura 4 Mapa Conceitual sobre a teoria ondulatória da luz de Huygens.....	74
Tabela 1 Quantidade de livros distribuídos pelo PNLD de 2000 até 2008.....	39
Tabela 2 Livros Didáticos de Físico Recomendados pelo PNLEM 2009.....	79
Tabela 3 Resultado da presença das categorias pesquisadas nos livros didáticos.....	96
Tabela 4 Resultado da busca de elementos do Modelo de Huygens nos livros didáticos.....	97

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AAAS - Associação Americana para o Avanço da Ciência
BSCS - Biological Sciences Curriculum Study
CBA - Chemical Bond Approach
CEB – Câmara de Educação Básica
CEFET/MG - Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais
CNE - Conselho Nacional de Educação
COLTED - Comissão do Livro Técnico e Livro Didático
ENEM - Exame Nacional do Ensino Médio
FAE - Fundação de Assistência ao Estudante
FENAME - Fundação Nacional de Material Escolar
FNDE - Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação
GREF - Grupo de Re-elaboração do Ensino de Física
INL - Instituto Nacional do Livro
LDB - Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional
MEC - Ministério da Educação
PCN - Parâmetros Curriculares Nacionais
PFH - Projeto de Física de Harvard
PLIDEF - Programa do Livro Didático para o Ensino Fundamental
PNBE - Programa Nacional Biblioteca da Escola
PNLD - Programa Nacional do Livro Didático
PNLEM - Programa Nacional do Livro Didático do Ensino Médio
PSSC - Physical Science Study Committee
SEB - Secretaria de Educação Básica
MSG - Science Mathematics Study Group
TIMSS - Terceiro Estudo Internacional sobre matemática e ciência
USAID - Agência Norte-Americana para o Desenvolvimento Internacional

Sumário

1	Introdução.....	13
2	O livro didático.....	21
2.1	Breve histórico do livro didático no Brasil.....	25
2.2	Atribuições do livro didático.....	31
2.3	O livro didático e as políticas de distribuição do Governo Brasileiro.....	35
2.4	Critérios usados pelo PNLEM, na seleção dos livros de Física.....	40
3	Considerações a respeito do uso da História da Ciência no ensino de Física.....	43
3.1	A História da Ciência no Ensino de Ciência.....	43
3.2	O uso da História da Ciência no Ensino de Física.....	50
3.3	Argumentos contrários ao uso da História da Ciência no Ensino de Ciências.....	53
3.4	A História da Ciência nos livros didáticos.....	57
4	A Natureza Ondulatória da Luz e o Tratado da Luz.....	60
4.1	Breve Histórico a cerca da teorias da natureza da Luz.....	60
4.2	O tratado da Luz.....	69
5	Metodologia.....	75
5.1	Referencial teórico-metodológico: Estudos Comparados na pesquisa histórica.....	75
5.2	Procedimentos Metodológicos.....	77
6	Resultados.....	80
6.1	Caracterização dos livros.....	80
6.2	A presença da História da Ciência nas obras analisadas.....	90
7	Discussão.....	96
8	Conclusão.....	100
	Referências.....	103

1 INTRODUÇÃO

A presente pesquisa se insere no campo do ensino de Física. Como disciplina a Física passou a ser objeto de estudo nas escolas brasileiras de maneira mais efetiva com a criação do Colégio Pedro II, em 1837, no Rio de Janeiro [1]. Mesmo passados 172 anos, percebe-se que, ao estudar a história do Ensino da Física, poucas mudanças ocorreram no cenário desse ensino. Assim, torna-se necessário refletir sobre o Ensino de Física praticado nas escolas, sobretudo na educação básica.

Alguns estudos dos livros didáticos de Física ao longo do Séc.XX indicam [2] que a educação científica dessa disciplina, teve mudança apenas no conteúdo específico, convivendo com a proposta pedagógica de ensino centrada na memorização e aplicação de equações.

Atualmente, em virtude das pesquisas no ensino de Física em concomitância com as políticas públicas de distribuição do livro didático [3], observa-se uma mudança na estrutura dos textos desses livros [4]. A maioria dos livros didáticos de Física apresenta um discurso que mostra a preocupação em tratar a Física como uma ciência que permite compreender uma grande quantidade de fenômenos naturais, indispensáveis para a formação profissional e a preparação para o vestibular, e a compreensão e interpretação do mundo pelos indivíduos.

No entanto, o tratamento mostrado nesses textos ainda mostra aspectos quantitativos excessivos, em detrimento dos qualitativos e conceituais, privilegiando mais a atividade de resolução de problemas, que se traduzem em exercícios matemáticos com respostas prontas [5]. Nessa perspectiva, os conteúdos acabam por ser desenvolvidos como se estabelecesse relações com eles mesmos, sendo desconsideradas as diversas relações da Física como o mundo extra-escolar.

Essa prática pedagógica não permite aos estudantes a compreensão de que a ciência é uma construção humana, com todas as implicações que possa ter inclusive os erros e acertos decorrentes das atividades humanas. Dessa forma, essa Física não permite ao aluno o acesso à compreensão conceitual e ao formalismo próprio deste campo de conhecimentos, essencial para o desenvolvimento de uma cultura científica. Essa concepção de ensino de Ciências descontextualizada, que

vem sendo praticada na educação básica, priva o aluno de uma visão crítica e reflexiva de Ciência, Tecnologia e Sociedade.

O Ensino Médio pode ser a última oportunidade de uma educação científica mediada pela Física para a maioria da população brasileira, pois um número elevado de estudantes ou não possui acesso aos estudos superiores [6], ou dirigir-se a cursos para os quais a Física não é um pré-requisito direto. Desta forma, ministrar o conteúdo dessa disciplina no Ensino Médio é de vital importância para a formação técnico científica do aluno. Além disso, apesar do incentivo que deve ser dado à promoção do Ensino Médio para o Ensino Superior, essa deveria ser apenas uma possibilidade, e não o objetivo principal do Ensino Médio.

Há um consenso entre os professores em torno da idéia de que a Física seja uma ciência experimental [3]. Apesar dos professores enfatizarem a natureza experimental da matéria e a importância dessa consideração no sentido de contribuir para uma compreensão dos fenômenos físicos, o caráter experimental da Física habitualmente não faz parte da proposta pedagógica do Ensino Médio. Esse fato pode ser observado ora pela ausência de textos que apresentem sugestões de experimentos a serem realizados pelo professor ou por seus alunos, ora pela falta de estrutura física e curricular da instituição de ensino [5]. Assim, a disciplina Física para o Ensino Médio, de modo geral, trata dos conteúdos sem nenhuma preocupação com seu desenvolvimento experimental.

Observa-se também [4] que alguns professores que se dizem freqüentemente preocupados com um curso mais voltado para a compreensão dos conceitos escolhem textos com excessivo tratamento matemático, sem trabalharem os aspectos cognitivos da aprendizagem.

As observações feitas nos parágrafos anteriores fazem parte de uma vida cheia de angústias e paradoxos da carreira de docente da educação básica. Esses sentimentos me acompanham deste o segundo semestre de 1991, quando comecei a lecionar. Estava cursando o 2º período do bacharelado em Física pela UFMG quando, por questões financeiras, fui obrigado a lecionar ciência para a então 8ª série do Ensino Fundamental, em uma escola da rede estadual de Educação de Minas Gerais. Durante esses anos, nas aulas ministradas, pude ter esse contato sob os aspectos afetivos, emocionais e cognitivos. Nelas foi possível trabalhar com várias metodologias, como a realização de experimentos, a utilização de fitas de vídeo, demonstrações e também a forma expositiva tradicional.

Dessa experiência, pude sentir a dificuldade em ser professor de uma escola pública. Logo nos primeiros dias, constatei a situação da educação nas nossas escolas, em conversas na sala dos professores que abordavam sistematicamente a indisciplina e a apatia dos alunos e também a falta de motivação dos próprios professores para enfrentar e transformar a realidade.

Nos primeiros anos em que comecei a lecionar, percebi algumas dificuldades da realidade escolar, entre elas o conteúdo programático, que já vem pronto, e, de certa forma, imposto aos professores, os livros didáticos, que em algumas escolas já são determinados e escolhidos, dos quais a maior parte contribui com uma visão de ensino dogmática e deslocada da realidade, explorando excessivamente a matematização no Ensino de Física. Além disso, constatei o pouco tempo destinado às aulas de Ciências, sendo oferecido no máximo duas a três aulas por semana, dependendo da série e do colégio. No primeiro ano de trabalho docente, senti ainda minha falta de habilidade em controlar os alunos, quanto à disciplina e ao aprendizado. De acordo com a experiência vivida, verifiquei que o trabalho docente se torna mais eficiente quando o professor apresenta o conteúdo de forma a estimular a aprendizagem mais significativa para o educando, relacionando-o com aplicações e situações do cotidiano e da vivência anterior do aluno.

No início desse século XXI, o professor tem uma tarefa árdua, que é motivar crianças e adolescentes em sala de aula, concorrendo com outros meios de comunicação como a internet e a televisão. No fim de 2006, depois de 15 anos em sala de aula, resolvi me preparar para o processo de seleção do mestrado pelo CEFET/MG.

Além da faceta de instrutor que o trabalho docente exige, por várias vezes apenas ficava conversando com os meus alunos sobre assuntos do cotidiano deles, percebendo que os sujeitos em uma sala de aula são indivíduos protagonizando sua própria história. Dessas conversas, percebi a necessidade de humanizar o ensino de ciências. Decidi então propor uma pesquisa que estivesse relacionada à perspectiva de um Ensino de Física que pudesse mostrar o lado humano de como se faz ciência. Depois de acumular certa experiência docente e experimentar diversas formas de desilusão, percebi que as aulas de Física se tornam desinteressantes tanto para os alunos quanto para mim mesmo, pela exagerada presença de fórmulas. Optei por uma investigação baseada nos aspectos da História da Ciência, por ser uma temática que contribui para humanização da ciência e ajuda no desenvolvimento de

uma atitude científica, formando e contribuindo para formar uma visão de mundo e da natureza do conhecimento científico.

Além da integração entre o lado humano e a construção da ciência, os aspectos históricos podem contribuir para tornar o ensino mais interessante, facilitando a aprendizagem, mostrando o processo gradativo e lento da construção do conhecimento, o que pode levar o aluno a perceber suas dúvidas como cabíveis. Assim, com a percepção [8] de que a aceitação ou crítica de propostas depende não só da fundamentação, mas também das forças políticas, filosóficas e religiosas envolvidas e que idéias científicas estão num contexto temporal e cultural, é possível mostrar ao educando que tanto os acertos quanto os erros colaboraram para a ciência que temos atualmente.

A partir do uso da História da Ciência no Ensino de Física, é possível mostrar aos nossos alunos que a ciência é um processo, que ela foi elaborada através dos erros e acertos dos cientistas, e não um produto acabado e definido, como é inserido em boa parte dos livros didáticos [9]. Assim sendo, pode-se evidenciar para os alunos que os cientistas que têm os seus nomes marcados na ciência são seres humanos como nós, passaram por dificuldades, anseios e angústias, mas deram sua contribuição através de um caminho longo e árduo, passando por momentos de desespero, e que foram sujeitos a análises e aprovações.

A História da Ciência é uma estratégia [8] de ensino na qual o professor pode ressaltar aos alunos que a Física é uma ciência em constante evolução, construída ao longo do tempo através de hipóteses, observações e teorias marcadas por disputas entre comunidades científicas. Por outro lado, a presença da História da Ciência nas aulas de Física exige do professor que, além de ser um mediador do conhecimento, possua também a atividade de pesquisar materiais didáticos que contenham uma História da Ciência de qualidade, pois na maioria dos casos os textos dos livros didáticos apresentam pouca ou nenhuma História da Ciência [3]. Para preparar esse material didático de apoio, o docente deve consultar manuais e artigos desenvolvidos por pesquisadores que tenham profundo conhecimento sobre a área e, na medida do possível, as próprias fontes primárias.

Atualmente, o grande acervo de obras originais e trabalhos de qualidade sobre História da Ciência disponíveis na Internet permitem que os textos dos manuais consagrados não sejam a única fonte de informação. Esse recurso pode e

deve ser explorado, principalmente por professores, em algumas situações por estudantes, estimulando, na medida do possível, a consulta às fontes primárias.

A utilização didática da História da Ciência no Ensino Médio não é a solução definitiva para os problemas do ensino de Ciências [10], em particular para o ensino de Física. No entanto, pode contribuir para estimular as pessoas a inovar e pensar cientificamente sobre as questões da sociedade atual, já que a História da Ciência tem um caráter interdisciplinar [8], permitindo a integração da Física com outras áreas de conhecimento. Para essa tarefa, é fundamental que o livro didático adotado pelo professor o auxilie a fazer uma contextualização histórica no ensino de Física.

Admitindo-se, portanto, que os livros didáticos sejam artefatos pedagógicos de grande importância nos processos educativos formais [11], é fundamental que o texto apresente características que colaborem para uma aprendizagem livre de distorções, entre as quais informações confiáveis sobre a História da Ciência. O objetivo desta pesquisa é investigar se a teoria ondulatória de Huygens, na forma como está presente nos livros didáticos de Física para o ensino médio, contém os mesmos elementos básicos que o autor propôs em seu trabalho original, apresentado em 1678. Esse procedimento proporcionará obter indícios para uma discussão a respeito da existência de distorções históricas nos textos didáticos, que levariam a uma visão inadequada da evolução das idéias da Física, dificultando assim o trabalho docente.

De forma esquemática, pode-se justificar a importância da presente pesquisa pelos seguintes pontos:

- O livro didático é o artefato pedagógico mais difundido no território nacional [6];
- Na Maioria dos estabelecimentos de ensino, o livro didático é o único recurso disponível para o trabalho do professor;
- Ao trabalhar com História da Ciência, o professor deve contar com uma fonte confiável, e como é o recurso mais difundido, o livro didático deve apresentar essa confiabilidade.
- A Ótica é um tema de grande relevância para a formação do estudante;
- Discussões sobre a natureza da luz estão presentes na Física desde a antiguidade até a atualidade [13];

- O modelo proposto por Huygens para a natureza da luz é um forte exemplo do grau de abrangência da Filosofia mecanicista no séc.XVII.

Como fonte primária, optou-se pelo Tratado da Luz de Christiaan Huygens pelas seguintes razões [14]:

- existência de trabalhos sobre a teoria da luz de Christiaan Huygens [15];
- facilidade na obtenção do texto original.

Particularmente no que se refere à teoria ondulatória da luz, a visão comumente apresentada nos textos dos livros didáticos de cursos superiores [15] sugere aos alunos que os pesquisadores do século XVII dispusessem, além do conhecimento resultante de desenvolvimentos posteriores, algumas concepções atuais [15].

A análise foi realizada comparando o texto original do tratado da luz, publicado em 1690, com os textos dos livros didáticos do universo da pesquisa. Dessa forma, o resultado dessa análise indicará se os livros didáticos do universo pesquisado apresentam a teoria ondulatória de Huygens com os elementos fundamentais desse modelo, conforme a sua publicação original do séc. XVII, ou se a apresentam com distorções susceptíveis de ocasionar uma aprendizagem deficiente do desenvolvimento das teorias sobre a natureza da luz.

Como objetivos específicos, essa pesquisa procurou verificar:

- se os livros didáticos utilizam a História da Ciência em seus textos;
- a existência de uma discussão sobre a natureza da luz nos livros didáticos;
- se os textos didáticos mencionam o modelo ondulatório da luz de Huygens;
- a existência de distorções da História da Ciência nos textos didáticos;

A pesquisa foi realizada de forma a atingir os objetivos acima explicitados, sendo norteadada pela questão: Os livros didáticos de Física destinados ao Ensino Médio recomendados [12] pelo PNLEM 2009 abordam a teoria ondulatória de Huygens conforme a sua proposta original no Tratado da Luz do séc. XVII?

Para responder à questão da pesquisa, optou-se pela metodologia de estudos comparados [16], em busca das diferenças entre os textos dos livros didáticos atuais e a fonte primária. Conforme pesquisa realizada, em livros didáticos de Física para os cursos superiores [15, 17, 21], a teoria ondulatória de Huygens apresenta

distorções de cunho histórico. Sabendo que esses mesmos livros são usados como referências para os textos didáticos do ensino médio, pode-se admitir como hipótese, a seguinte afirmação: A teoria ondulatória de Huygens apresentada nos livros didáticos **não** corresponde à proposta original do autor no Tratado da Luz no séc. XVII.

Dessa maneira fica evidenciado que a pesquisa foi realizada comparando a fonte primária com os textos didáticos atuais, em busca das diferenças do objeto da pesquisa no contexto pesquisado.

O universo da pesquisa constituiu-se dos livros didáticos de Física indicados no Programa Nacional do Livro Didático do Ensino Médio (PNLEM 2009 [12]). Os elementos da amostragem são produções das quatro maiores editoras do Brasil.

Como os livros recomendados pelo PNLEM passam por uma análise com critérios bem definidos, esses representam, a priori, uma amostragem significativa tanto no aspecto numérico de uso no território nacional, como já foi mencionado, quanto no aspecto da qualidade dos seus textos. Dessa forma, o universo da pesquisa é uma amostra do mercado editorial brasileiro dos livros didáticos de Física, tanto na sua versão completa como na de volume único, de autores que tiveram suas obras aprovadas no processo do PNLEM 2009.

A dissertação está distribuída em 8 capítulos, sendo o primeiro destinado à introdução da pesquisa realizada.

No Segundo capítulo, discute-se o papel do livro didático no ensino, por ser ele, um dos recursos pedagógicos mais difundidos no território nacional [3]. Apesar da presença das novas tecnologias educacionais em escolas e colégios, o livro didático exerce uma influência muito grande na prática do ensino brasileiro, e, como tem sido amplamente ponderado por diversos pesquisadores [4] apesar das limitações desse tipo de material, ele constitui muitas vezes a única fonte de informação de que o professor dispõe para ministrar o conteúdo. Conseqüentemente, o conhecimento científico chega aos alunos através do livro didático, constituindo-se assim num dos elos mais importantes do processo.

No terceiro capítulo, são mostrados argumentos a favor e contra a aproximação da História da Ciência com o ensino de ciências e, em particular, como o ensino de Física. Segundo Michael R. Matthews [18], várias razões têm sido colocadas em defesa da História da Ciência no ensino, entre elas a motivação dos estudantes, a humanização dos conteúdos, o rico entendimento do “método

científico” e da natureza da ciência, assim como as contribuições da História da Ciência ao se trabalhar com uma abordagem que valorize o aspecto humano. Ao apresentar a ciência como uma construção humana, mostra-se ao estudante a ciência como um processo contínuo e inacabado, o que contribui para a desmistificação da ciência produzida por descobertas fortuitas, sendo valorizados tanto os acertos quanto os erros.

No quarto capítulo, é feito um breve histórico da evolução da teoria ondulatória da luz, dando maior ênfase ao período compreendido entre a segunda metade do séc. XVII e o início do séc. XX. Em seguida é mostrada uma descrição detalhada do modelo Ondulatório de Christiaan Huygens, usando como texto base o primeiro capítulo do seu livro *Tratado da Luz*, obra publicada em 1690. Ao longo desse capítulo, é mostrado a disputa entre os modelos ondulatórios e corpusculares para explicar a natureza da luz.

No quinto capítulo, são apresentados os aspectos da metodologia da pesquisa. Nesse capítulo, são apresentadas informações referentes à pesquisa de estudos comparados. Também são feitos detalhamentos sobre as escolhas, recortes e ferramentas metodológicas usadas durante a pesquisa.

O sexto capítulo mostra os resultados da coleta de dados nos livros didáticos de Física recomendados pelo PNLEM 2009, usados na pesquisa. Os resultados foram divididos em dois tópicos. O primeiro mostra a caracterização física dos livros e comentários sobre a formação e experiência dos seus autores. Em seguida é mostrado o resultado das buscas pelos elementos do modelo ondulatório de Huygens nos livros didáticos.

No sétimo capítulo, está presente uma discussão dos resultados obtidos no capítulo anterior, mediante uma análise qualitativa.

No oitavo capítulo, é apresentada a conclusão da pesquisa e as considerações finais a respeito do trabalho.

2 O LIVRO DIDÁTICO

Dentre as várias recomendações dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) [19], existe a orientação para o professor utilizar além do livro didático, outros recursos como: jornais, revistas, computadores e filmes, diversificando assim as suas estratégias de ensino. Apresenta-se ao aluno um conceito por meio de mais de uma fonte de informação, amplia-se o tratamento dado os conteúdos, fazendo-o perceber que o conceito em questão está inserido no mundo à sua volta, não sendo um tema desconectado da realidade. Porém, em consequência das condições do trabalho docente na maioria das nossas escolas, o livro didático tem sido praticamente o único instrumento auxiliar da atividade de ensino [20]. Para o aluno, constitui-se numa importante, senão única, fonte de estudo e pesquisa; para o professor, é o principal artefato pedagógico do seu trabalho, sendo aplicado diretamente na apresentação de conteúdos e no desenvolvimento das atividades em sala de aula ou extraclasse.

Sua utilização, entretanto, não deve ser feita de maneira automática e inflexível [21]. Não se deve considerar o livro didático uma referência que contenha a verdade dos fatos. O professor deve fazer uma análise crítica do texto, julgando a eficiência das estratégias pedagógicas apresentadas em sua realidade sócio-cultural. Outro aspecto extremamente relevante na análise dos livros didáticos é a qualidade das informações vinculadas ao programa de ensino do livro. Para essas análises a formação do professor é uma variável imprescindível, para realizar as correções ou adaptações necessárias, de forma a potencializar as oportunidades de aprendizagem de seu aluno.

Nesse panorama não é raro [22] encontrar professores de diversos níveis de educação (Básica, profissional ou Superior) que se recusam cada vez mais a adotar incondicionalmente os livros didáticos encontrados no mercado, na forma concebida e disseminada por seus autores e editoras. Esse profissional faz constantemente adaptações das coleções, tentando adequá-las à sua realidade escolar e às suas convicções filosóficas e metodológicas do trabalho pedagógico. Acabam por reconstruir o livro didático adotado, gerando um esforço extra para tal reformulação, sem o devido reconhecimento profissional, e sem agradar aos editores e autores de

livros didáticos, pois essas adaptações podem eventualmente introduzir erros e equívocos nas obras editadas.

Visando minimizar esse esforço do professor em adaptar os textos didáticos e concomitantemente reduzir o risco da introdução de erros nos textos, o Ministério da Educação (MEC) criou uma metodologia para a seleção e recomendação dos livros didáticos distribuídos no território nacional, a partir do ano de 1997 [20]. O Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) consiste em estudos para analisar e classificar os livros por princípios e critérios bem estabelecidos, que consideram tanto a experiência acumulada nas avaliações anteriores quanto os objetivos e as particularidades presentes no período escolar da utilização dos livros.

Dentre os critérios apresentados, os mais relevantes para a escolha dos livros didáticos pelo PNLD são [5]:

- Correção dos conceitos e informações básicas;
- Correção e pertinência metodológicas;
- Contribuição para a construção da cidadania;
- Ausência de orientações que induzam comportamentos de riscos à integridade física do aluno;

Dentre os critérios acima mencionados, o de “Correção dos conceitos e informações básicas” é uma das justificativas para essa pesquisa. Uma vez que um conceito não surge espontaneamente, mas é uma construção histórica, deve-se fazer a apresentação de conceitos científicos e levando em conta o processo Histórico da evolução desse conceito, sem omissão ou falsas atribuições à sua construção.

Os PCN's recomendam a inclusão da construção histórica e filosófica de um dado conhecimento científico em particular da Física, nos textos dos livros didáticos[23, p. 54]:

A física percebida como construção histórica, como atividade social humana, emerge da cultura e leva à compreensão de que modelos explicativos não são únicos nem finais, tendo se sucedido ao longo dos tempos, como o modelo geocêntrico, substituído pelo heliocêntrico, a teoria do calórico pelo conceito de calor como energia, ou a sucessão dos vários modelos explicativos para a luz. “O surgimento de teorias físicas mantém uma relação complexa com o conteúdo social em que ocorreram”.

Ao mesmo tempo em que os órgãos governamentais, como o MEC, investem em programas para a seleção e recomendação dos livros didáticos, pesquisadores

[5] acadêmicos vêm-se dedicando há vários anos a investigar a qualidade desses livros, denunciando suas deficiências [24] e apontando soluções para seu aprimoramento.

Estudar os livros didáticos de certo conteúdo, num dado período histórico, não é apenas uma forma de auxiliar o professor no processo de seleção dos livros na sua escola, mas serve também com uma forma de entender uma tendência do ensino que fez ou faz parte de uma sociedade [20].

A análise de textos didáticos já foi considerada no ensino de ciência um tópico sem muita importância. Porém, nos últimos 30 anos tem se observado uma tendência a valorizar os livros didáticos [11]. Em especial tem-se o trabalho de Alain Choppin, que apresenta uma considerável quantidade de publicações a respeito do livro didático e sua importância como instrumento de análise histórica.

O trabalho de A. Choppin estabelece a importância do livro didático não apenas como auxiliar pedagógico, mas também como fonte de pesquisas acadêmicas. Deve-se destacar que Choppin atribui aos livros didáticos e outras dimensões, além da dimensão pedagógica, principalmente por ser um artefato sócio-cultural. Estudos históricos [4] mostram que os livros didáticos exercem quatro funções essenciais, que podem variar consideravelmente segundo o ambiente cultural, a época, as disciplinas, os níveis de ensino, os métodos e as formas de utilização [11]:

Função referencial: também chamada de curricular ou programática, desde que existam programas de ensino: o livro didático é então apenas a fiel tradução do programa, ele constitui o suporte privilegiado dos conteúdos educativos, o depositário dos conhecimentos, técnicas ou habilidades que um grupo social acredita que seja necessário transmitir aos alunos.

Função instrumental: o livro didático põe em prática métodos de aprendizagem, propõe exercícios ou atividades que, segundo o contexto, visam a facilitar a aprendizagem dos conhecimentos, favorecerem a aquisição de habilidades e competências da sociedade que o produziu.

Função ideológica e cultural: é a função mais antiga. A partir do século XIX, com a constituição dos estados nacionais e com o desenvolvimento, nesse contexto, dos

principais sistemas educativos, o livro didático se afirmou como um dos vetores essenciais da língua, da cultura e dos valores da sociedade, e nesse sentido, assume um importante papel político. Essa função, que tende a aculturar e, em certos casos, a doutrinar as jovens gerações, pode exercer-se de maneira explícita, até mesmo sistemática e ostensiva, ou, ainda, de maneira dissimulada, mas não menos eficaz.

Função documental: acredita-se que o livro didático pode fornecer, sem que sua leitura seja dirigida, um conjunto de documentos, textuais ou iconográficos, cuja observação ou confrontação podem vir a desenvolver o espírito crítico do aluno. Essa função surgiu muito recentemente na literatura escolar e não é universal: só é encontrada essa função em ambientes pedagógicos que privilegiam a iniciativa pessoal da criança e visam a favorecer sua autonomia; supõe, também, um nível elevado de formação dos professores.

Nesta pesquisa, o livro didático será considerado como um Referencial para o projeto pedagógico, em consonância com os Parâmetros Curriculares Nacionais e a legislação vigente.

Esta opção determina a dimensão em que essa pesquisa irá considerar o livro, ou seja, apenas como um artefato pedagógico de auxílio ao trabalho docente, que pode contribuir ou não para o ensino de ciência. Faz parte dos objetivos deste trabalho de pesquisa analisar a presença e consistência da História da Ciência nos textos didáticos, como forma de entender como a sociedade produtora do livro didático, em especial a comunidade escolar, concebe a História da Ciência no desenvolvimento dos programas de Ensino. Nessa dimensão o livro didático é um produto cultural da sociedade, assinalando que a presença de concepções errôneas no texto será interpretada como uma evidência de que esses erros permeiam boa parte da sociedade que produziu esse artefato.

2.1 Breve histórico do livro didático no Brasil

O uso de um livro que contenha um texto didático para auxiliar o trabalho do professor não é um problema atual. Sabe-se, que em 1657, Comênio, propôs em sua obra *Didática Magna*, uma escola moderna na qual não se usassem obras clássicas (fontes primárias) para a formação dos alunos, mas um texto com uma estrutura própria para o trabalho docente. Essa proposta de Comênio surgiu em uma época em que os livros eram raros e caros para a maior parte da população, com a finalidade de facilitar o acesso da comunidade escolar a textos de apoio ao trabalho docente, em uma única obra [3]. Ele criou dessa forma uma dicotomia entre o conhecimento acadêmico e o conhecimento escolar. Segundo essa visão, a utilização desses textos poderia agilizar o aprendizado dos alunos tornando a tarefa do professor menos penosa [3, p. 11]:

(...) finalmente serão hábeis para ensinar, mesmo aqueles a quem a natureza não dotou de muita habilidade para ensinar, pois a missão de cada um não é tanto tirar da mente o que deve ensinar, como sobretudo comunicar e infundir na juventude uma erudição já preparada e com instrumentos também já preparados, colocados nas suas mãos.

Pelo texto da *Didática Magna*, Comênio argumenta que a formação específica do professor não seria tão importante, se esse tivesse em suas mãos um manual didático que lhe servisse de guia para o trabalho docente. Assim o texto do livro didático na Perspectiva de Comênio seria uma tradução do conhecimento acadêmico para utilização em atividades de educação formal; tendo assim configurado o fenômeno denominado *Transposição Didática* [26, p.36]. Esse é apenas um entre vários modelos de ensino, não o único, nem necessariamente o melhor. A proposta de Comênio, juntamente com o conceito de *Transposição Didática*, não estaria em conflito com as recomendações dos PCN's, desde que, ao elaborar o texto didático, o autor mostrasse a construção histórica do conhecimento científico de forma a não distorcer os eventos históricos. Para tal, recomenda-se que o autor do livro didático tenha o cuidado de consultar as fontes primárias dos conceitos expostos na sua obra didática.

No Brasil o livro didático passou a ter uma maior importância no fim da década de 1920 [25]. Nesse período era conhecido como **Compêndio**, em referência à concepção de Comênio para o texto didático. Nesse mesmo período, em virtude do crescimento industrial e da urbanização, a escola pública apresentou uma considerável expansão. O uso dos compêndios nessas escolas se tornou uma prática difundida no trabalho do professor, que permanece até os dias atuais.

Os primeiros livros didáticos adotados no Brasil foram traduções de textos consagrados das escolas francesas [2] e cópias dos manuais portugueses, dada a influência do modelo escolar desses países na escola brasileira. De forma que, em sua maioria, o livro didático brasileiro, nesse período, não continha muitos (na maioria dos casos, ausência completa) elementos da realidade regional do aluno.

Desde o período de 1920, a concepção do Livro Didático, no Brasil, foi sendo modificada em função das políticas públicas educacionais de distribuição e regulamentação desse recurso pedagógico [3]. O estado se tornou o principal responsável pela inclusão do livro didático no universo da escola.

Entendendo a importância do livro didático na Educação, em 1929, o governo brasileiro criou [27] um órgão específico para estabelecer políticas do livro didático, o Instituto Nacional do Livro (INL). No ano de 1930 [9], a reforma de Francisco Campos fez modificações metodológicas significantes na concepção da educação presente nos textos. Nesse período os livros didáticos eram coletâneas de todo o conteúdo da disciplina. A partir dessa Reforma, o livro didático passou a compartimentar os conteúdos das disciplinas no modelo seriados de forma semelhante ao que se observa nos dias de Hoje.

Porém, só em 1934, quando Gustavo Capanema se tornou ministro da Educação do presidente Getúlio Vargas, o INL começou a atuar efetivamente nas políticas do livro didático e recebendo suas primeiras atribuições: a edição de obras literárias para a formação cultural da população, a elaboração de uma enciclopédia e de um dicionário nacionais e a expansão do número de bibliotecas públicas. A ação do INL durante a gestão de Gustavo Capanema, de 1934 até 1945, possibilitou uma maior legitimação ao livro didático nacional e conseqüentemente, auxiliou o aumento de sua produção, tendo como modelo os livros didáticos editados na França e Portugal.

Os livros didáticos, ainda chamados de “compêndios”, tiveram uma definição operacional oficial pela primeira vez por meio do Decreto-lei 1.006, de 30/12/1938 [22]:

Art. 2º parágrafo 1º: Compêndios são os livros que exponham, total ou parcialmente, a matéria das disciplinas constantes dos programas escolares.

Pode-se observar que a definição oficial desse período histórico não contempla um projeto pedagógico, nem mesmo leva em conta a realidade dos espaços e tempos escolares. De certa maneira, os livros didáticos eram praticamente manuais informativos sobre disciplinas escolares da época.

No ano de 1966, um acordo entre o Ministério da Educação (MEC) e a Agência Norte-Americana para o Desenvolvimento Internacional (USAID) permitiu a criação da Comissão do Livro Técnico e Livro Didático (COLTED), com o objetivo de coordenar as ações referentes à produção, edição e distribuição do livro didático. Nesse período ocorreu uma mudança na percepção da sociedade quanto ao livro didático, que passou a ser visto como um produto cultural da sociedade, passando a ser valorizado como mercadoria. Uma das metas do COLTED estabelecida em 1967 era a distribuição gratuita de 51 milhões de livros para os estudantes brasileiros em um período de três anos.

Em 1971 o Instituto Nacional do Livro (INL) passa a desenvolver o Programa do Livro Didático para o Ensino Fundamental (PLIDEF), assumindo as atribuições administrativas e de gerenciamento dos recursos financeiros até então a cargo da COLTED.

Em 1968, foi criada a FENAME, Fundação Nacional de Material Escolar, que assumiu as responsabilidades do Programa do Livro Didático antes de responsabilidade do INL, através de um decreto presidencial [9]. A partir de então, a FANAME passou a definir as diretrizes para a produção de material escolar e didático. Dentre as responsabilidades da FENAME podem ser destacadas:

- assegurar sua distribuição em todo o território nacional;
- formular o programa editorial;
- executar os programas do Livro Didático;
- cooperar com as instituições educacionais, científicas e culturais, públicas e privadas, na execução de objetivos comuns.

Com o Programa Nacional do Livro Didático (PNLD), criado pelo decreto n.º 91542, de 1985, ocorreram algumas mudanças, conforme pode ser visto no texto do decreto [3]:

Art. 1º - Fica instituído o Programa Nacional do Livro Didático, com a finalidade de distribuir livros escolares aos estudantes matriculados nas escolas públicas de 1º Grau.”

Art. 2º - O Programa Nacional do Livro Didático será desenvolvido com a participação de professores do ensino de 1º Grau, mediante análise e indicação de títulos dos livros a serem adotados.

§ 1º - A seleção far-se-á por escola, série e componente curricular, devendo atender às peculiaridades regionais do país.

§ 2º - Os professores procederão a permanentes avaliações dos livros adotados, de modo a aprimorar o processo de seleção.

Art. 3º - Constitui requisito para o desenvolvimento do Programa, de que trata este Decreto, a adoção de livros reutilizáveis.

§ 1º - Para os efeitos deste artigo, deverá ser considerada a possibilidade da utilização dos livros nos anos subsequentes à sua distribuição, bem como a qualidade técnica do material empregado e o seu acabamento.

§ 2º - A reutilização deverá permitir a progressiva constituição de banco de livros didáticos, estimulando-se seu uso e conservação.

Art. 4º - A execução do Programa Nacional do Livro Didático competirá ao Ministério da Educação, através da Fundação de Assistência ao Estudante – FAE, que deverá atuar em articulação com as Secretarias de Educação dos Estados, Distrito Federal e Territórios, e com órgãos municipais de ensino, além de associações comunitárias

Parágrafo Único. “A execução prevista neste artigo compreenderá a seleção final, a aquisição e a distribuição do livro didático às escolas da rede pública de ensino de 1º Grau, bem como atividades de acompanhamento e controle do Programa.

Assim, a partir dessa data o Programa Nacional do Livro, substituiu o PLIDEF e introduziu na dinâmica do uso escolar do livro didático pelos professores as seguintes práticas [3]:

- Reutilização do livro, implicando a abolição do livro descartável e o aperfeiçoamento das especificações técnicas para sua produção, visando maior durabilidade e possibilitando a implantação de bancos de livros didáticos;
- Extensão da oferta aos alunos de 1ª e 2ª séries das escolas públicas e comunitárias;
- Fim da participação financeira dos estados, passando o controle do processo decisório para a FAE e garantindo o critério de escolha do livro pelos professores.

Inicialmente, o PNLD ficou encarregado da distribuição dos livros didáticos destinados ao Ensino Fundamental, na época do decreto conhecido como 1º grau. A

partir de 1996, o PNLD também se ocupou da distribuição de Livros Didáticos para o Ensino Médio.

No PNLD, os livros passavam ser avaliados pedagogicamente e classificados como:

- Excluídos, ,
- Não recomendados,
- Recomendados com ressalvas,
- Recomendados.

Os livros classificados como excluídos são obras com erros conceituais, indução a erros, preconceitos ou discriminação de qualquer tipo.

Os livros classificados como não recomendados são aqueles nos quais a dimensão conceitual se apresenta com insuficiência, trazendo impropriedades que comprometem significativamente sua eficácia didático-pedagógica.

As obras recomendadas com ressalvas possuem qualidades mínimas que justifiquem sua recomendação, embora apresentem, também, problemas que, se levados em conta pelo professor, podem não comprometer sua eficácia.

Já os livros recomendados cumprem corretamente sua função, atendendo satisfatoriamente não só a todos os princípios comuns e específicos, como também aos critérios mais relevantes da área.

Nos anos subseqüentes [22], o governo federal ampliou gradativamente o atendimento aos alunos. Com a extinção da Fundação de Assistência ao Estudante (FAE) em 1997, e com a transferência da política de execução do PNLD para o Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE), é que começou a produção e distribuição dos livros de forma contínua e massiva. A Resolução FNDE n.º 38/03, de 23/10/2003, criou o Programa Nacional do Livro para o Ensino Médio (PNLEM), com o objetivo de distribuir livros didáticos das disciplinas de Matemática e Língua Portuguesa, até 2005.

De forma geral a distribuição dos livros didáticos no Brasil vem aumentando progressivamente nos últimos anos, ampliando-se de forma significativa a partir de 1985, com o Plano Nacional do Livro Didático (PNLD). Pelos dados do FNDE de 2008, o Programa Nacional de Livros para o Ensino Médio (PNLEM) distribuiu a quantidade de 18.248.846 exemplares de livros para 7.132.477 alunos em 15.216 escolas, em todo o território nacional [6]. Segundo o relatório da câmara brasileira do livro e do sindicato nacional dos editores de livros de 2006 [29], a produção de livros

didáticos representa 57,14% de todo o setor editorial do Brasil, ficando extremamente concentrado em 7,89% das editoras cadastradas no sindicato nacional dos editores de livros, o que evidencia uma grande concentração de poder pelas editoras que trabalham com o livro didático, justificando a importância da pesquisa em livros didáticos.

Observa-se que, apesar do livro didático ser um importante artefato no trabalho docente e um valioso produto para o mercado editorial brasileiro, muitas dessas obras apresentam diversos problemas [5], dentre esses talvez o principal seja a existência de erros conceituais na abordagem de certos conteúdos apresentados nos textos dos livros didáticos de Ciências. Esses conteúdos muitas vezes são apresentados de forma a preencher determinados tópicos do programa da disciplina sem qualquer justificativa; outras vezes há incoerência nos conteúdos, resultando na falta de encadeamento dos temas abordados.

Nas últimas décadas, muitos pesquisadores [11], [20], [21] têm desenvolvido estudos sistemáticos sobre os mais variados aspectos relacionados ao livro didático, ora mostrando que os manuais escolares sempre tiveram uma história de desacertos e desencontros, ora apontando para a existência de erros conceituais graves no seu texto.

Esses estudos [30] sugerem uma grande frequência de informações incorretas nos textos didáticos, evidenciando a necessidade de investimentos na formação dos professores, na perspectiva de seu aperfeiçoamento, para que estejam preparados para realizar uma análise crítica do conteúdo dos livros didáticos com que trabalham.

2.2 Atribuições do livro didático

A atual situação educacional exige, cada vez mais, professores capazes de proporcionar aos alunos experiências pedagógicas significativas, diversificadas e alinhadas com a sociedade em que estão inseridos. Nessa perspectiva, os materiais de ensino, e em particular o livro didático, são fundamentais para o andamento do trabalho docente. Nesse panorama, a distribuição desses materiais para a comunidade escolar é de vital importância para a atividade docente e, por conseguinte, para potencializar as oportunidades de aprendizagem dos alunos.

A avaliação das obras didáticas para o trabalho docente é uma atividade importante para a comunidade escolar, baseada na premissa [12] de auxiliar o professor na busca por caminhos metodológicos para sua prática pedagógica. Não é recomendado que o livro didático seja a única opção para uso do professor [10], porém, sem sombra de dúvidas atualmente é o seu principal recurso em sala de aula, atuando como uma orientação importante para a busca de outras fontes de informação.

A obra didática a ser usada pela escola deve considerar, em sua proposta científico-pedagógica, a realidade da comunidade escolar na qual o professor e o aluno estão inseridos, visando à interação professor-aluno, especialmente em sala de aula. Além disso, deve contribuir para o atendimento de seus objetivos gerais, estabelecidos pelo Artigo 35 da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB: Lei no 9.394/96), nos seguintes termos [31]:

O ensino médio, etapa final da educação básica, com duração mínima de três

anos, terá como finalidades:

I. a consolidação e o aprofundamento dos conhecimentos adquiridos no ensino fundamental, possibilitando o prosseguimento dos estudos;

II. a preparação básica para o trabalho e a cidadania do educando, para continuar aprendendo, de modo a ser capaz de se adaptar com flexibilidade a novas condições de ocupação ou aperfeiçoamento posteriores;

III. o aprimoramento do educando como pessoa humana, incluindo a formação ética e o desenvolvimento da autonomia intelectual e do pensamento crítico;

IV. a compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos, relacionando a teoria com a prática, no ensino de cada disciplina.

Dessa forma os livros didáticos não podem conter, seja sob a forma de texto ou de ilustração, os seguintes itens [12]:

- veicular preconceitos de qualquer espécie;
- ignorar as discussões atuais das teorias e práticas pedagógicas;
- repetir e propagar estereótipos;
- conter informações e conceitos errados ou análises equivocadas;
- contrariar a legislação vigente.

Visando à formação de um cidadão crítico-reflexivo, balizado com conhecimento científico, não se pode conceber um livro didático na forma de apostilas, com informações, regras e recomendações que visem apenas à preparação do aluno para um exercício profissional específico ou para o ingresso no ensino superior [5].

Observa-se ainda que a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB: Lei no 9.394/96) no Título II, art. 3º, preconiza como princípios do ensino:

- ✓ liberdade de aprender, ensinar, pesquisar e divulgar a cultura, o pensamento, a arte e o saber;
- ✓ o pluralismo de idéias e de concepções pedagógicas;
- ✓ o respeito à liberdade e apreço à tolerância;
- ✓ a garantia do padrão de qualidade;
- ✓ a valorização da experiência extra-escolar;
- ✓ a vinculação entre a educação escolar, o trabalho e as práticas sociais

Assim, a obra didática deve oferecer aos professores liberdade de escolha de tempos e espaços pedagógicos para a realização das suas atividades docentes.

Qualquer livro sempre traz uma mensagem, um conjunto de informações vinculadas a um contexto e a uma ideologia subjacente. Com o Livro didático não é diferente. Pesquisas [32] na área reforçam a idéia de que muitas características do livro didático estão intrinsecamente relacionadas ao seu período histórico, a uma vertente metodológica da época e respondem aos objetivos da educação propostos pelas entidades oficiais de ensino. Apesar de inúmeras críticas, percebe-se que, em relação ao ensino médio, o livro didático caracteriza-se como obra de referência para professores e alunos.

É impossível ao ensinar Física recriar todo o conhecimento acumulado pela humanidade ou consultar todas as fontes primárias ao longo de séculos de investigações científicas. Desta maneira, entende-se que o ensino realista é mais trabalhoso, as escolas não dispõem de recursos e não há tempo hábil no decurso das aulas. Então, o livro didático se apresenta como um recurso que sintetiza a produção científica, adequando-a aos alunos, de acordo com as concepções pedagógicas dos autores e dos professores que adotam determinada coleção.

Ao analisar o livro didático, visando a estabelecer suas funções, percebem-se três vertentes a considerar: a pedagógica, a ideológica e a econômica [28]. A principal função [22] do livro está direcionada para a aprendizagem escolar e para estabelecer uma ligação entre as aprendizagens escolares e a vida cotidiana e profissional. Contudo, o mercado [29] impõe ao livro didático, com os seus avanços tecnológicos e sociais, uma competição acirrada em relação às informações, gerando novas funções para este instrumento.

No início da sua utilização, quando era denominado de compêndio, o livro didático tinha a função de auxiliar ao trabalho do professor. Não há referências em relação à formação da cidadania e do aluno pesquisador, apenas no sentido de ajudá-lo a dosar o que seria ensinado em sala de aula, seguir orientações metodológicas comprovadamente eficazes, já testadas por mestres renomados e, finalmente, dar condições aos alunos e professores de terem contato com fotos, gráficos, retratos e ou obras de difícil acesso. Ou seja, o livro didático era um material de compilação de dados para consulta e estudo. Hoje, acredita-se na ampliação dessas funções. O MEC, pelo PNLEM, propõe que o novo livro didático [12] tenha outras contribuições além das conhecidas, entre as quais:

- i) Internalização e domínio da linguagem, nos seus diversos gêneros, como alfabetização, linguagem matemática, manual de software, línguas estrangeiras;
- ii) A construção do conhecimento por meio do processamento do texto impresso, com ampliação e aprofundamento das diversas áreas do conhecimento

Desde a institucionalização do ensino, o livro didático tem um importante papel na dinâmica da educação formal [1] Embora contenha a maior parte do currículo escolar, não se caracteriza apenas como transmissor de conhecimento e

valores. Permite também o controle técnico de ensino, orientando a prática pedagógica do professor, as estratégias a serem utilizadas e que por meio dele se orientem algumas decisões em relação ao conteúdo. Associa uma função de regulação da prática pedagógica a uma função de contextualização, dos conteúdos. Os textos didáticos além de apresentarem o conhecimento formal e conceitual das diferentes áreas de ensino, organizados por série, apresentam também valores formativos, ressaltando os aspectos afetivos, éticos, sociais e intelectuais na formação de habilidades e competências.

Apesar do fluxo dinâmico das informações, o livro didático ainda apresenta a função de referência para que os alunos busquem a certificação das informações. E, finalmente, o livro didático apresenta a função de educação social e cultural.

Atualmente, o livro didático além de auxiliar no processo de aprendizagem, tem a função de instigar o estudante a relacionar o conhecimento formal com as situações do seu cotidiano [12]. No ensino de Ciências [12] o livro didático auxilia a compreender a construção do conhecimento científico, propicia uma visão da realidade em termos filosóficos e sócio-históricos da realidade.

No caso dos livros didáticos de Ciências, em particular a Física, uma falha comum está nas concepções errôneas, dogmáticas, parciais e mistificadas, que são encontradas nos textos das obras [5]. O conhecimento científico é tratado como pronto, acabado, atemporal e elaborado por cientistas privilegiados, alijados de um contexto histórico, cultural, ideológico e ético. Dessa forma, caracteriza uma prática metodológica por meio da qual o aluno se encontra como ser passivo, depositário de informações desconexas e descontextualizadas. Essas concepções [5] são difíceis de serem modificadas e o que é mais grave, passam a cada ano e a cada livro estudado, a ser incorporadas no consciente coletivo da comunidade escolar.

Tais práticas acabam por induzir nos alunos uma visão deturpada da Ciência. Essa concepção de ciência, do conhecimento científico, não contribui para uma formação de habilidades e competências no aluno para uma visão crítico-reflexiva das ligações entre ciência, tecnologia e sociedade [33].

Para minimizar os efeitos dessas distorções que surgem em alguns textos didáticos, o PNLEM recomenda a inserção de textos e dados históricos, que proporcionem ao aluno a oportunidade de entender a ciência como uma construção humana. A atual política de inserção de elementos históricos nos textos dos livros didáticos, além de uma recomendação legal, pode ser visto como um ganho para a

melhoria do trabalho docente, uma vez que, pesquisas [34] apontam que o ensino de ciência desenvolvido com inclusões estratégicas de história da ciência, mostra-se mais eficiente e prazeroso, tanto para os professores quanto para os alunos.

2.3 O livro didático e as políticas de distribuição do Governo Brasileiro

Nas últimas décadas, a produção dos livros didáticos tem apresentado um grande fluxo comercial. As pesquisas sobre esse objeto de estudo devem, portanto, considerá-lo um produto [11] que contenha elementos de sua materialidade, ou seja, das leis de mercado e também do seu uso na educação.

Os livros didáticos estabelecem grande parte das condições materiais para o ensino e a aprendizagem nas salas de aula [22]. Provavelmente nenhum outro material escolar sofreu tanto as influências das leis de mercado quanto o livro didático, fundamentalmente porque as políticas do livro escolar, além de atender aos anseios da comunidade escolar, devem levar em conta o seu impacto no mercado editorial [25].

No Brasil, as políticas públicas para o livro didático são representadas pelo PNLD (Programa Nacional do Livro Didático). Esse programa foi criado pelo decreto nº 91542, de 1985, estabelecendo algumas alterações [3] substanciais em relação ao programa do livro didático anterior, nos seguintes pontos:

- o término de compra do livro descartável, ou seja, o governo não compraria mais livros que contivessem exercícios para serem feitos no próprio livro, para possibilitar a sua reutilização por outros alunos em anos posteriores. Sendo assim, o governo passou a comprar somente livros não consumíveis;
- a escolha do livro didático passou a ser feito diretamente pelo professor;
- distribuição gratuita às escolas públicas e sua aquisição com recursos do Governo Federal;
- Universalização do atendimento do programa para os alunos de todas as séries do atual Ensino Fundamental.

Com a implementação do PNLD em 1985, a principal mudança em relação ao programa anterior foi a extinção do sistema de co-edição e do censor oficial dos livros didáticos usados nas escolas brasileiras. O Estado foi gradativamente

assumindo o papel de financiador desses livros, passando o MEC a ser comprador dos livros produzidos pelas editoras participantes do Programa do Livro Didático.

Paralelamente ao PNLD, outro programa de grande alcance, em que os livros são adquiridos para as escolas públicas brasileiras, é o Programa Nacional Biblioteca da Escola (PNBE). Neste, porém, as obras adquiridas não são didáticas, ficando restritas ao acervo da biblioteca escolar, diferentemente dos livros adquiridos através do PNLD, cuja finalidade é a aquisição de livros didáticos que ficam com o aluno durante todo o período escolar.

Apesar de as principais diretrizes estabelecidas em 1985 terem se mantido, algumas mudanças significativas foram introduzidas no PNLD em 1996. Nesse ano, o governo federal, que até então tinha o papel de comprador e distribuidor de livros didáticos, formou uma comissão para analisar a qualidade dos textos, recursos iconográficos dos conteúdos e dos aspectos pedagógico e metodológico dos livros que vinham sendo comprados pelo Ministério da Educação e Cultura. Tal comissão analisou os dez livros de cada disciplina mais solicitados pelos professores das escolas públicas. Segundo a comissão, tal levantamento demonstrou que o MEC vinha comprando e distribuindo para a rede pública de ensino livros didáticos com erros conceituais, desatualizados em relação aos conteúdos e preconceituosos.

A partir de 1996, o MEC passou a submeter os livros didáticos a uma avaliação, cujos resultados são divulgados em guias distribuídos para as escolas, com o objetivo de orientar os professores na escolha do livro didático.

A divulgação [5] do guia de livros didáticos e principalmente, dos livros excluídos por motivos diversos (erros conceituais, preconceito etc.) teve ampla repercussão na mídia e ocasionou uma grande reação das editoras e dos autores, principalmente pela divulgação de extensa lista de livros escritos e excluídos, principalmente por erros conceituais.

Nesse mesmo ano, outras mudanças significativas também ocorreram. O PNLD passou a ser conduzido pelo Fundo Nacional de Desenvolvimento para a Educação (FNDE), autarquia federal vinculada ao MEC e responsável pela captação de recursos para o financiamento de programas voltados para o ensino fundamental, e o MEC conseguiu estabelecer um fluxo regular de recursos para o Programa, cumprindo sua proposta de universalização. No mesmo ano, os alunos de 5^a a 8^a séries receberam livros didáticos e, em 2001, foram distribuídos mais de 89 milhões

de livros, sem contar os livros distribuídos no Estado de São Paulo, que compra os Livros com recursos repassados pelo PNLD descentralizado.

Em 2004 [6], o programa de distribuição de livros didáticos foi estendido aos alunos do Ensino Médio de todo o país com a criação do PNLEM, cujo procedimento é semelhante ao PNLD, que distribui livros aos alunos do Ensino Fundamental. O processo do PNLEM começa com a inscrição dos livros por parte das editoras e seus autores, havendo um edital que estabelece as regras para a inscrição do livro didático, que é publicado no Diário Oficial da União e disponibilizado no sítio do FNDE na internet. Posteriormente essas obras são apresentadas para verificar se atendem às exigências técnicas e físicas do edital, sendo realizada uma triagem pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) do Estado de São Paulo. Os livros selecionados são encaminhados então à Secretaria de Educação Básica (SEB/MEC), responsável pela avaliação pedagógica. A SEB escolhe especialistas para analisar as obras, conforme os critérios divulgados no edital. Os especialistas elaboram as resenhas dos livros aprovados, que passam a compor o guia de livros didáticos.

O guia do livro didático é disponibilizado pelo FNDE em seu sítio na internet [12], ao mesmo tempo em que a SEB envia o mesmo material impresso às escolas cadastradas no censo escolar. As secretarias estaduais e municipais de educação ficam com a tarefa de acompanhar a distribuição do guia e a escolha dos títulos pelos professores, além de supervisionar a devolução dos formulários.

Os livros didáticos [12] tendem a ser escolhidos por um processo participativo, entre os professores de uma disciplina, com base no guia do livro didático. Porém, estudos realizados [25],[54] mostram que a grande maioria dos professores não lê o guia do livro didático da sua disciplina, para efetuar a escolha. Dessa forma, boa parte dos livros didáticos presentes nas escolas foram escolhidos por outros critérios, que não os mencionados no guia do livro didático.

O próprio guia dos livros didáticos recomenda que diretores e professores analisem e escolham as obras que serão utilizadas, e o professor possui duas alternativas para escolha dos livros didáticos: A primeira é pela internet, de posse de senha previamente enviada pelo FNDE às escolas, os professores fazem a escolha *on line* em aplicativo específico para esse fim disponível na página do FNDE. A segunda é pelo formulário impresso, remetido pelos correios, nessa alternativa, o FNDE envia às escolas cadastradas no censo escolar, junto com o

guia do livro didático, um formulário de escolha que deve ser usado pelos docentes para identificação das obras desejadas.

A escolha só é processada quando os formulários são preenchidos corretamente. É obrigatória a escolha de dois títulos, um em primeira opção e outro em segunda opção, necessariamente de editoras diferentes. Tal dispositivo visa a resguardar a escolha do professor, caso o FNDE não negocie os títulos escolhidos em primeira opção. Após a compilação dos dados dos formulários impressos e dos pedidos pela Internet, o FNDE inicia o processo de negociação com as editoras. A aquisição é realizada por inexigibilidade de licitação, prevista no art. 25 da lei federal 8.666/93 combinada com os arts. 28 e 30 da lei 9.610/98, tendo em vista que as escolhas dos livros são efetivadas pelos professores.

Feita a negociação, o FNDE firma o contrato e informa o quantitativo e as localidades de entrega para as editoras, que dão início à produção dos livros, sob a supervisão dos técnicos do FNDE. Inicialmente, o programa de distribuição de livros para o Ensino Médio[6] atendeu, de forma experimental, 1,3 milhão de alunos da primeira série do Ensino Médio de 5.392 escolas das regiões Norte e Nordeste, que receberam, até o início de 2005, 2,7 milhões de livros das disciplinas de português e matemática. A resolução nº 38 do FNDE, que criou o programa, definiu o atendimento de forma progressiva aos alunos das três séries do Ensino Médio de todo o Brasil. Segundo o MEC, o programa se procurou universalizar a distribuição de livros didáticos de língua portuguesa e matemática para o Ensino Médio em 2006. Assim, milhões de alunos das três séries do Ensino Médio de milhares de escolas do país foram beneficiados, com exceção das escolas e dos alunos dos estados de Minas Gerais e do Paraná, que desenvolvem programas próprios.

A quantidade de livros distribuídos pelo PNLD de 2000 até 2008 pode ser vista na tabela [6]:

Tabela 1: Quantidade de livros distribuídos pelo PNLD de 2000 até 2008

Ano Letivo	Livros distribuídos pelo PNLD
2000	60.164.529**
2001	89.301.950**
2002	91.109.906**
2003	45.126.832**
2004	98.437.963**
2005	93.275.636**
2006	37.833.087**
2007	102.521.965**
2008	6 0.542.424**

Fonte:

(**) - (PNLD/2000 - Aquisição de Livros de 1ª série e Reposição e Complementação da 2ª a 8ª série); (PNLD/2001 - Aquisição de Livros de 1ª a 4ª série e Reposição e Complementação de 5ª a 8ª série); (PNLD/2002 - Aquisição de Livros de 1ª série e 5ª a 8ª série, e Reposição e Complementação de 2ª a 4ª série); (PNLD/2003 - Aquisição de Livros de 1ª série e Reposição e Complementação da 2ª a 8ª série); (PNLD/2004 - Aquisição de Livros de 1ª a 4ª série e Reposição e Complementação de 5ª a 8ª série); (PNLD/2005 - Aquisição de Livros de 1ª série e 5ª a 8ª série, e Reposição e Complementação de 2ª a 4ª série); (PNLD/2006 - Aquisição de Livros da 1ª série e Reposição e Complementação de 2ª a 8ª série); (PNLD/2008 - Aquisição de Livros da 1ª série e Reposição e Complementação de 2ª a 8ª série).

2.4 Critérios usados pelo PNLEM na seleção dos livros de Física

Todas as obras analisadas pelo PNLD/PNLEM devem satisfazer concomitantemente aos seguintes critérios [12]:

- As obras deverão observar os preceitos legais e jurídicos (Constituição Federal, Estatuto da Criança e do Adolescente, Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, Lei nº 10.639/2003, Diretrizes Curriculares Nacionais do Ensino Médio, Resoluções e Pareceres do Conselho Nacional de Educação, em especial, o Parecer CEB nº15/2000, de 04/07/2000, o Parecer CNE/CP nº 003/2004, de 10/03/2004 e Resolução nº 1, de 17 de junho de 2004);
- correção e adequação conceituais e correção das informações básicas;
- coerência e pertinência metodológicas;
- preceitos éticos.

A não-observância de qualquer um desses critérios, por parte de uma obra didática, será entendida que essa apresenta uma proposta contrária aos objetivos dos Parâmetros Curriculares Nacionais, o que implica a sua exclusão do PNLEM.

Tendo em vista preservar a unidade e a articulação didático-pedagógica da obra, será excluída toda a coleção que tiver um ou mais volumes excluídos no presente processo de avaliação.

O PNLEM também analisa a consistência da proposta pedagógica da obra, tomando com referência o papel do livro didático de ser um dos instrumentos de mediação de ensino-aprendizagem, na formação de um indivíduo na plenitude da sua consciência e com atitudes crítico-reflexivas do processo educativo. Portanto, também é um critério de exclusão para o PNLEM, a obra que:

- formular erroneamente os conceitos que veicule;
- fornecer informações básicas erradas e/ou desatualizadas;
- mobilizar de forma inadequada esses conceitos e informações, levando o aluno a construir erroneamente conceitos e procedimentos.
- não tiver coerência e pertinência metodológicas;
- não explicitar suas escolhas teórico-metodológicas;

- caso recorra a diferentes opções metodológicas, apresente-as de forma desarticulada, não evidenciando a compatibilidade entre elas;
- apresente incoerência entre as opções declaradas e a proposta efetivamente formulada;
- não alerte sobre riscos na realização das atividades propostas e não recomende claramente os cuidados para preveni-los;
- não contribua, por meio das escolhas metodológicas, para a consecução dos objetivos da educação em geral, do ensino médio, da área de conhecimento e da disciplina, o desenvolvimento de capacidades básicas do pensamento autônomo e crítico (como a compreensão, a memorização, a análise, a síntese, a formulação de hipóteses, o planejamento, a argumentação), adequadas ao aprendizado de diferentes objetos de conhecimento;
- veicule quaisquer formas de Preconceitos.
- veicule em seu textos ou representações gráficas mensagens de naturezas como condição econômico-social, etnia, gênero, orientação sexual, linguagem ou qualquer outra forma de discriminação;
- privilegie um determinado grupo, camada social ou região do país;
- divulgue matéria contrária à legislação vigente para a criança e o adolescente, no que diz respeito a fumo, bebidas alcoólicas, medicamentos, drogas e armamentos, entre outros;
- faça publicidade de artigos, serviços ou organizações comerciais, salvaguardada, entretanto, a exploração estritamente didático-pedagógica do discurso publicitário;
- faça doutrinação religiosa;
- veicule idéias que promovam o desrespeito ao meio ambiente.

Para a qualificação da obra didática, essa deve conter em seu texto uma estrutura de conteúdos que possibilitem ao professor trabalhar temas relacionados à construção de uma sociedade, que aborde criticamente as questões de sexo e gênero, de relações étnico-raciais e de classes sociais, denunciando toda forma de violência na sociedade e promovendo positivamente as minorias sociais. O PNLEM verifica se a obra é caracterizada pelo uso de uma linguagem adequada para o Ensino Médio.

O livro do professor deve apresentar textos que auxiliem o professor não só a manusear o livro didático, mas também referências para sua formação continuada, opções metodológicas para a exposição do conteúdo e sugestões para atividades avaliativas.

Por fim, o livro didático destinado ao Ensino Médio deve contemplar além dos itens mostrados anteriormente, outros fatores, tais como:

- Favorecer a ampliação e utilização dos conhecimentos adquiridos ao longo do ensino fundamental;
- oferecer informações capazes de contribuir para a inserção dos alunos no mercado de trabalho, o que implica a capacidade de buscar novos conhecimentos de forma autônoma e reflexiva, usando o mundo do trabalho com ferramenta de aprendizagem;
- oferecer informações atualizadas, de forma a apoiar a formação continuada dos professores.

3 CONSIDERAÇÕES A RESPEITO DO USO DA HISTÓRIA DA CIÊNCIA NO ENSINO DE FÍSICA

3.1 A História da Ciência no Ensino de Ciência

O período no qual o estudante cursa o Ensino Médio constitui uma parte importante no processo de formação do futuro cidadão. Nesse período é que o estudante desenvolve o senso crítico e a capacidade de abstração e raciocínio com certo grau de complexidade.

Assim sendo, a metodologia de ensino para o Ensino Médio deve ser pautada para que o estudante potencialize suas capacidades cognitivas. No caso específico do professor de Física, esse deve realizar um trabalho pautado na elaboração de aulas expositivas e atividades diversas, que proporcionem ao aluno uma visão dessa disciplina que [35]:

- Mostre que o conhecimento apresentado ao longo do curso do Ensino Médio de Física não é fechado, mas uma construção contínua;
- Indique que os conhecimentos da Física foram obtidos a partir da modelagem de situações problematizadoras, de forma que o estudante deve relacionar o conteúdo aprendido na escola com situações do seu cotidiano;
- Privilegie a discussão sobre conceitos de grandezas físicas e seus impactos na sociedade atual, não apenas o uso dessas grandezas como elementos de equações a serem decoradas.
- Valorize a diversidade cultural dos alunos, usando suas experiências pessoais e profissionais com elementos contextualizadores do conteúdo de física;
- Possibilite, dentro da realidade dos espaços e tempos escolares que a instituição de ensino na qual trabalha, a transdisciplinaridade dos conteúdos da Física em concomitância com outras disciplinas do currículo escolar;

Porém, o que se observa no cotidiano escolar, no que diz respeito ao ensino de Física no Ensino Médio, de certa maneira não tem correspondido a estas

expectativas, tomando como referência os dados sobre a evasão de alunos e professores das salas e o alto índice de analfabetismo científico [24].

O ensino de Física ocorre na maioria das escolas [34] de forma tradicional, concebendo o aluno apenas como um receptor inerte de informações. A Física trabalhada de maneira formal, baseada na exclusiva matematização de um conteúdo linear, fragmentado e compartimentado, que exige tão somente a memorização de equações sem que se estabeleçam os seus significados e a contextualização.

Uma parcela significativa desta problemática [34] se deve a uma formação de professores que lecionam Física desprovida de elementos que poderiam superá-la ou, ao menos, amenizá-la. Tem sido usual, nos currículos dos cursos de graduação em Física do Brasil, uma subestimação dos aspectos históricos e epistemológicos desta ciência. Tais currículos, em suma, relevam apenas o aspecto operacional da Física, caracterizando-se como um ensino das equações usadas em Física, mas não sobre Física.

Essa situação, mesmo sendo atual, não reflete as discussões e reflexões [34] que vem sendo realizadas nas últimas décadas sobre a necessidade do ensino de Física, que apresente mais elementos filosóficos e históricos, que ajudem o aluno a contextualizar os conteúdos da disciplina. Esse movimento de uma grande parcela da comunidade acadêmica propõe uma aproximação e articulação das pesquisas sobre História e Filosofia da Ciência com a prática do professor de Física.

De acordo com os parâmetros curriculares Nacionais [10], é essencial que o conhecimento científico seja explicitado com um processo histórico, objeto de contínuas transformações e associado às outras formas de expressão e produção humana. Para isso, o estudante egresso no Ensino Médio deveria ser capaz de, entre outras habilidades e competências, reconhecer o sentido histórico da Ciência e da Tecnologia, percebendo suas relações com o contexto cultural, social, político e econômico em diferentes épocas e compreender as ciências como um produto social.

Além da necessidade legal de inserir a História da Ciência na sala de aula, existem argumentos favoráveis de natureza didática, apontados há vários anos. Por exemplo, o filósofo alemão Ernest Mach no fim do séc. XIX [36, p.7] propunha que:

A investigação histórica do desenvolvimento da ciência é extremamente necessária a fim de que os princípios que guarda como tesouros não se tornem um sistema de preconceitos apenas parcialmente compreendidos ou, o que é pior, um sistema de pré-conceitos. A investigação histórica não somente promove a compreensão daquilo que existe agora, mas também nos Apresenta novas possibilidades.

Pode-se observar que, desde o fim do século XIX, haviam tentativas de associar ou aproximar a história ao ensino das ciências, como o esforço de Ernst Mach. Contudo, com as reformas dos currículos de ciências ocorridas na década de 1960 [34], sobretudo nos Estados Unidos, realizadas por organismos governamentais e sem (ou com pouca) participação dos historiadores da ciência, pode-se dizer que houve uma diluição da presença de História da ciência no conteúdo programático de Física, assim com em outras disciplinas.

Desde o século XIX, havia tentativas de aproximação do ensino das ciências com a História e Filosofia das ciências (em particular, da Física), sendo destacado neste período, como mencionado anteriormente, o nome de Ernst Mach, cujos argumentos em favor do ensino e da aprendizagem em ciências podem ser encontrados inclusive em teorias educacionais da atualidade.

O primeiro [34] livro didático de ciência que Mach escreveu trazia uma introdução histórica com as idéias e grandes feitos daqueles que construíram a Física. Alguns de seus argumentos em favor do uso da História no ensino podem ser assim resumidos:

- As teorias científicas só podem ser compreendidas se seu desenvolvimento histórico for compreendido;
- deve-se ensinar pouco, mas ensinar bem; seguir a ordem histórica do desenvolvimento da matéria;
- deve-se colocar as questões filosóficas vinculadas à ciência .

Dessa forma pode-se entender que o ensino de ciências assim com a natureza da ciência é uma produção sócio-cultural, com causas e conseqüências ligadas diretamente aos anseios da sociedade num dado período histórico.

A partir de levantamentos de pesquisas realizadas e tendências contemporâneas, como, por exemplo, o projeto norte-americano 2061 (programa que prevê que o estudante de Ciência deva ser capaz de examinar um tema sob

diversos pontos de vista), e o crescente volume de publicações sobre História da ciência, em periódicos específicos de ensino de ciências, demonstram a existência de uma grande vontade de usar a História da ciência como estratégia para o ensino de Ciência. Esses dados apontam para uma reaproximação entre essas áreas de conhecimento [34].

Entretanto, mesmo com essa tendência do uso da História da Ciência no ensino de Física, não há consenso quanto à forma da utilização de uma abordagem histórica no ensino de ciências. Dentre as inúmeras dificuldades de implementação, a que merece uma atenção especial é a formação inadequada dos professores [8]. Para que o uso da História da Ciência no ensino de Ciência seja um projeto viável, tanto na educação básica quanto na superior, é necessária uma reformulação da carga horária destinada a estudos de História, Filosofia e Epistemologia das ciências nos cursos de licenciaturas.

Um maior enfoque de História, Filosofia e Epistemologia da Ciência em um curso de licenciatura de Física, com ênfase em aplicação no ensino de Física para educação básica, pode contribuir em diversos aspectos para a formação do docente, como, por exemplo [34].

- A humanização da Ciência. Mostrar que a construção do conhecimento científico é um produto social, permitindo traçar um paralelo entre o desenvolvimento dos conceitos da Física na História da Humanidade. Contextualizar a Ciência revela os personagens, suas interações e seus conflitos e problemas enfrentados na sua criação e evolução, rompendo assim com os mitos de que “Física é para gênios” aproximando o conteúdo da disciplina como a perfil do estudante;
- Melhor compreensão dos conceitos, contextualizando o seu desenvolvimento e aperfeiçoamento bem como suas dimensões sociais, culturais, econômicas. Uma abordagem de ensino contextual pode propiciar uma compreensão mais plena dos seus fundamentos e conceitos;
- A noção de que o conhecimento científico é mutável e o conhecimento científico sempre passou por transformações e momentos de crises, o que mostra que o pensamento científico atual também está sujeito a tais processos, e um estudo com ênfase na História e Filosofia da Ciência pode proporcionar uma percepção mais crítica destes processos.

Fazendo um levantamento histórico [34] dos currículos dos cursos de ciências, principalmente dos países da Europa e nos Estados Unidos da América ao longo do séc. XX, pode-se evidenciar a presença de três tradições concorrentes de organização curricular:

- A prática, com ênfase na concepção pragmática do ensino de Ciências, enfatizando a técnica e as aplicações cotidianas;
- A especialização, que se baseia em aprofundar o máximo possível em cada tópico do ensino de ciências, com expectativa de tornar o aluno um especialista na disciplina;
- A contextual, que enfatiza o aspecto humanístico das disciplinas, o desenvolvimento histórico e as implicações culturais da ciência.

Na primeira metade do século XX, havia um crescente reconhecimento dos aspectos humanísticos e práticos. Com a 2ª Guerra mundial (1939 -1945), houve um aumento na perspectiva da ciência aplicada. Professores da Universidade de Columbia desenvolveram um currículo exaltando a função da Ciência na sociedade para solução de problemas cotidianos. Os pesquisadores alegavam que a população deveria compreender a importância de se ter cientistas competentes para garantir a evolução do trabalho científico. O comitê de Harvard [37] defendia que os fatos deveriam ser apreendidos em seu contexto histórico, filosófico e cultural.

O lançamento do satélite soviético Sputnik ao espaço em 1957 produziu um alerta nos educadores e políticos americanos [37] e pôs em cheque o seu sistema educacional. A Fundação Nacional de Ciências fez um alto investimento em diversos projetos curriculares, em especial o Physical Science Study Committee (PSSC) para a Física; o Chemical Bond Approach (CBA) de Química, o Biological Sciences Curriculum Study (BSCS) de Biologia e o Science Mathematics Study Group (MSG) de Matemática.

Nos países britânicos [34] até a década de sessenta, prevalecia nos currículos o método do ensino de ciências por descoberta, com ênfase também na história, e com influências de Mach. Similarmente ao que aconteceu nos Estados Unidos da América a partir da década de 1950, ocorreram reformas curriculares com a implantação dos cursos de Ciências de Nuffield, que negligenciaram a dimensão histórica do conhecimento e valorizaram a visão indutivista do método científico. Contrariando essa tendência de desvalorizar a História da ciência nos textos

didáticos, temos os projetos de Física de Harvard (PFH) e o PSSC [38], implementados principalmente nos Estados Unidos da América nos anos sessenta. Tanto o PFH e PSSC, foram implementados em todo o território dos Estados Unidos da América e devido a sua característica humanista, foram adaptados e usados em outros países do mundo. Desenvolvido por profissionais das diversas áreas do conhecimento, incluindo físicos, astrônomos, historiadores, filósofos e professores, o curso de Física do PFH e do PSSC fazem uma introdução aos conceitos da Física a partir das suas idéias mais relevantes e numa perspectiva cultural e histórica, com os objetivos de atingir estudantes com diferentes capacidades e com as mais variadas vocações profissionais. Pode-se entender que os projetos PFH e PSSC representam um excelente exemplo de ensino de ciências através de abordagem contextual. Mais de sessenta [38] estudos sobre sua eficácia foram publicados e todos com resultados positivos e encorajadores.

Apesar desses os esforços para aprimorar o ensino das ciências, levantamentos feitos em 1992 pela Associação Americana para o Avanço da Ciência [34] (AAAS), apontavam para uma evasão dos alunos nas disciplinas de ciências. Em especial a Física era a disciplina com maior fuga, com uma perda também considerável de número de docentes. Esse levantamento alertava para a falência do sistema educacional americano. Enquanto isso, na Inglaterra, tendências similares eram apontadas pela Royal Society e pela comissão nacional de Educação.

Os relatórios intitulados “Ciência para todos os americanos”, referentes ao projeto 2061, e “Referências para alfabetização científica”, ambos propostos pela Associação Americana para o Avanço da Ciência (AAAS), fornecem as diretrizes para a formatação dos currículos das ciências. Eles enfatizam o aprendizado guiado pelo conhecimento da natureza e História da Ciência e argumentam em favor da inclusão desta pelos aspectos:

- A sua utilidade para o ensino da ciência e o valor intrínseco do conhecimento sobre História da Ciência.
- O ensino das disciplinas científicas, informado por abordagem contextual, se caracteriza por uma série de compromissos educacionais, por exemplo, a introdução dos alunos a um importante aspecto da sua cultura e da sua ciência, levando-o a compreender tanto o aspecto ontológico, o objeto da disciplina, como o aspecto epistemológico, a sua natureza (metodologia, princípios, limitações, história etc.).

- Permite estabelecer as conexões com outros ramos do conhecimento como, por exemplo, ética, religião, cultura, além das demais disciplinas científicas salientando a natureza interdisciplinar da História da Ciência, que auxilia na aquisição e contextualização de novos conhecimentos científicos.

Mesmo com os argumentos mostrados, observa-se que a História no ensino da Física apresentada nos livros didáticos consiste em apresentar a Física a partir de uma coletânea de fatos [9]. Coletânea que se resume a mostrar uma estrutura de leis a aprender, de fórmulas a decorar, de problemas a solucionar e exercícios laboratoriais de rotina destinados a obter respostas.

Nessa perspectiva, esse modelo é responsável [3, 8, 9] pela visão inadequada e distorcida do público leigo e da comunidade escolar, que induz que o pensamento científico se reduz a ‘fatos’ resultantes de investigações empíricas ou em termos de leis rígidas e generalização forçada, sem uma dimensão humana.

Sabe-se que o trabalho da Ciência não consiste dessa forma de pensamento e nem o método científico se comporta na prática como esses textos descrevem. Esses mitos foram quebrados por historiadores da Ciência que fizeram descrições mais rigorosas dos processos de descoberta.

Pode-se pensar que desprezar a História da Ciência no ensino de Física é rejeitar uma forma pedagógica útil para conduzir este ensino, numa perspectiva mais humanista, tomado-o um ingrediente necessário à nossa herança cultural.

Nessa mesma direção, pode-se inserir ainda o fato de que a forma perfeita e linear como a Física é apresentada nos textos didáticos não corresponde ao seu processo de construção, e a História da Ciência parece um caminho de como trazer à tona, aos estudantes, o real processo de construir e aprender Física.

A tendência de reaproximação [34] pode ser percebida ao reportar os resultados do “Terceiro Estudo Internacional sobre matemática e ciência” (TIMSS) que contou com a participação de mais de quarenta países.

Dentre as conclusões [39] relatadas, alguns países que não estavam entre aqueles com maiores pretensões em planejar ou implementar abordagem contextual de ensino foram mais bem sucedidos nos itens sobre testes de Ciências e uso de História da Ciência, do que outros que dedicaram maior atenção à História da Ciência nos livros didáticos. Isso sugere que o uso de uma abordagem Histórica contextual, sem ter o foco no conteúdo específico, pode mais confundir os alunos que ajudá-los, também foi relatado que a formação dos professores com ênfase em

História da Ciência deve ser a chave para um ensino técnico-científico de qualidade na educação básica. Também foi relatado que os professores de todas as partes do mundo têm incluído a História da Ciência nos seus cursos, enfatizando que tal abordagem é fundamental para uma formação mais adequada dos professores.

Pode-se concluir que [39] para a atual sociedade, um ensino técnico-científico de qualidade é fundamental, tanto para os estudantes que irão seguir uma carreira científica quanto para aqueles que não irão. O conhecimento científico é um processo dinâmico, cujos contextos social, histórico e psicológico e outros são muito mais determinantes que os aspectos puramente formal e abstrato, e a abordagem contextual, em função do seu papel eminentemente crítico da Ciência e da relação desta com a sociedade, é identificada como uma poderosa forma de aumentar o grau de apropriação de conhecimentos científicos da população em geral.

Os resultados [39] do TIMSS revelaram que há um aumento e um efeito significativo de abordagem contextual no ensino das ciências nos países de todas as partes do mundo. Dessa forma, os resultados do TIMSS apontam para uma tendência do aumento do uso da História da Ciência como uma ferramenta para a melhoria do ensino de Física, propiciando uma compreensão mais adequada dos conceitos dessa disciplina e sobre a natureza da ciência.

3.2 O uso da História da Ciência no Ensino de Física

A História da Ciência já foi considerada uma disciplina adequada apenas para a formação de futuros pesquisadores, dentro das especificidades das suas disciplinas. Entretanto, observa-se que cada vez mais, ela ganha espaço como uma área independente, sobretudo a partir de meados dos anos 1960 [40], quando as publicações a respeito da História da Ciência aumentaram consideravelmente.

Nesse mesmo período, aprofundou-se o questionamento do papel da História da Ciência no Ensino de Física. Decorridos 40 anos, ela aparece na maioria dos livros didáticos apenas em anexos e/ou rodapés de páginas, fazendo referências a pequenos resumos de biografia de nomes importantes da Física, sem chamar a atenção para a existência de um ramo chamado História da Ciência.

Com respeito a esse fato, pode-se observar que o uso da História da Ciência na atividade docente suscita alguns questionamentos, entre os quais podemos citar [40]:

- Deficiência dos cursos de formação de professores, dificultando a apresentação e discussão de tópicos que evidenciem a História da Ciência.
- Escassez de textos de História da Ciência que contemplem as necessidades específicas do ensino de Física no Ensino Médio.
- Falta de relatos históricos mais rigorosos e apropriados para o Ensino Médio.

Há recomendações em trabalhos acadêmicos que recomendam ao professor combinar uma prática científica (o conteúdo propriamente dito) com uma prática didática [33]. Assim, a História da Ciência poderia complementar os aspectos técnicos com uma visão social, cultural e humana. Ela permitiria ambientar a sociedade da época em questão, trazer as concepções favoráveis e contrárias que surgiram na aceitação de determinada idéia e conhecer a vida dos cientistas e de outros pesquisadores que contribuíram para o desenvolvimento de uma idéia e que não são mencionados em livros didáticos. Sob o ponto de vista técnico, a História da Ciência facilitaria o entendimento de certos resultados científicos complexos bem como sua evolução.

No entanto, esses aspectos abordados durante a prática docente devem ser bem fundamentados, pois apresentar resultados sem fundamentação não é ensinar Ciências, é simplesmente doutrinar.

Ainda sobre a importância da inserção da História da Ciência no ensino, pode-se pensar na História da Ciência como uma estratégia de ensino que motive o aluno do Ensino Médio para a Física e a torna mais interessante, facilitando sua aprendizagem. Além disso, a utilização da História da Ciência nesse nível de ensino pode contribuir para [8]:

- Ensinar Ciências através de episódios históricos, explicitando o processo gradativo e lento da construção do conhecimento, permitindo uma visão concreta da natureza real da ciência, seus métodos, suas limitações. Isso possibilitará a formação de um espírito crítico, fazendo com que o conhecimento científico seja desmistificado sem que se destrua seu valor.

- A História da Ciência mostrada através de episódios históricos permite ao aluno vislumbrar que ocorreu um processo lento de desenvolvimento de conceitos até chegar às concepções aceitas atualmente, o que facilita o aprendizado de educando que poderá perceber que suas dúvidas são pertinentes ao conceito em questão;
- O Aluno poderá ter a chance de perceber que a aceitação ou não de uma proposta não depende apenas do seu valor intrínseco, mas de um jogo complexo de interesses, políticos e sociais.

Um ponto importante ao refletir sobre o uso da História da Ciência no ensino é o uso do livro didático. Quase nunca os livros de Ciências apresentam elementos da História da Ciência. Muitos professores utilizam o livro didático como algo pronto, salvo de críticas e muitas vezes como a única ferramenta de trabalho. Por exemplo, alguns livros de Química apresentam uma mistura de fatos ocorridos em épocas diferentes, citados como se houvessem ocorrido na mesma época ou em forma linear [21].

Além das dificuldades encontradas nos textos didáticos, ainda existe a concepção de Ciência, muitas vezes carregada do senso comum, em uma significativa parcela de professores [33]. Observa-se que alguns professores consideram que o conhecimento científico é determinado, tratando-o como algo pronto, instantâneo, como se de repente aquela idéia ou aquela concepção tenha surgido na cabeça de alguém que já estava predestinado a isso. Uma das saídas para isso pode ser o bom preparo acadêmico e continuado, a fim de saber fundamentar, organizar, atualizar e contextualizar o conhecimento científico para seus alunos.

Ficam claras nessa argumentação as contribuições que a História da Ciência pode trazer ao Ensino de Ciências, em virtude de inúmeros trabalhos ligados à temática. É importante que o professor, na medida das suas possibilidades busque atualizar-se em novas fontes de pesquisas, como livros de História da Ciência, ou sugerir ao gestor da instituição em que leciona a oportunidade de participar de cursos de extensão ou aperfeiçoamento sobre História da Ciência.

3.3 Argumentos contrários ao uso da História da Ciência no Ensino de Ciências

Apesar dos pontos favoráveis a uma boa educação científica, ainda não existe um consenso quanto à forma de usar a História da Ciência no ensino de Ciências. Um dos argumentos contrários ao uso da História da Ciência é dado por Thomas Kuhn [41] em seu livro “A estrutura das Revoluções Científicas”. Nele, Kuhn argumenta que os manuais científicos (livros didáticos) fazem referência apenas a partes de trabalhos de antigos cientistas, consideradas como contribuições ao enunciado e à solução de problemas apresentados pelo paradigma dos textos didáticos. Também revela que os cientistas já nascem comprometidos com o paradigma vigente, dando a impressão de que a ciência só chegou onde chegou através de uma série de invenções e descobertas individuais. Deve-se salientar que Kuhn examina essa questão somente em relação aos cursos de formação de cientistas, mas que é possível levá-las em conta na discussão quando o assunto é Ensino Médio. Nesse contexto a discussão pode ser conduzida sob dois aspectos:

- Os conteúdos veiculados pelos livros didáticos de Ensino Médio são conteúdos modificados, extraídos de manuais científicos consagrados do Ensino Superior;
- O uso da História da Ciência, com exceções, tem-se restringido à apresentação dos grandes gênios da ciência dos paradigmas mais recentes (Newton, Galileu, Lavoisier, Mendel entre outros).

O segundo aspecto mostra o que acontece atualmente, em que a ciência, em diversos meios de divulgação, tem sido apresentada como uma “construtora de heróis”, de gênios escolhidos ao acaso por descobrirem, inventarem ou elaborarem teorias complexas. Essa visão de ciência não contempla os aspectos sociais, políticos, filosóficos e culturais que estavam por trás de tais conquistas. Isso nos dá uma idéia de que a ciência é uma sucessão linear de eventos, como se tivesse um roteiro a ser seguido.

A História da Ciência pode contribuir positivamente para o ensino da Física ao estabelecer as ligações entre as visões da natureza do conhecimento científico, sua metodologia com a sociedade. Contudo, a História da Ciência não tem o papel,

meramente instrumentalista, de servir a objetivos pedagógicos para o ensino da Física, além de não ser uma condição necessária para a compreensão dos conceitos. Um curso de Física universitário no sentido proposto por Khun[42], tem como objetivo reproduzir a comunidade de especialistas, treinar o aluno em determinadas técnicas e habilidades dentro de um paradigma aceito e, para isso a História da Física não mostra nenhuma utilidade. Em 1970, num simpósio realizado no Massachusetts Institute of Technology (MIT), a utilidade da História da Ciência na educação científica foi questionada. Tratava-se de um prenúncio dos grandes debates que seriam travados naquela década, motivados pelo conflito de posições acerca do papel da História da Ciência no Ensino de Ciências [34].

Contudo, é justamente a pouca presença da História da Ciência nos livros didáticos e o seu uso distorcido, no sentido de promover uma reconstrução de idéias que parecem fluir naturalmente em direção à tendência atualmente aceita, que tende a apresentar as teorias atuais como resultado de um processo de gestação. Nesse processo os cientistas do passado trabalhavam em problemas coerentes com a sua realidade sócio-histórica a fim de encontrar soluções [43]. Essa gestação da solução dos problemas faz passar despercebida (ou invisível), para o estudante, as grandes rupturas (revoluções científicas, nos termos de Kuhn) no conhecimento científico. Ou seja, a imagem do trabalho científico que resulta dessa opção educacional é a de cientistas de épocas anteriores trabalhando linear e cumulativamente em prol de uma ciência em constante desenvolvimento.

Outra vertente [34] contrária à utilização da História da Ciência no ensino sustenta que o trabalho científico apresenta uma grande complexidade. Desse modo, a discussão histórico-didática de concepções científicas já não mais aceitas pela ciência contemporânea seria, no mínimo, incompleta e, por essa razão, suscetível, inerentemente, a fortes críticas.

A falta de consenso da comunidade científica sobre o uso da História da Ciência tem contribuído para a proliferação de uma História da Ciência de má qualidade no ensino da Física e outras Ciências. Se essa pseudo-história é a única possível, então ela deve ser evitada [44].

Realmente, uma dada seleção histórica da evolução dos assuntos de um corpo específico de conhecimentos, em qualquer situação, será sempre um subconjunto do real e intrincado emaranhado de relações que lhe conferiram dinamicidade. E isto não é exceção no sistema educacional, em que as disciplinas

que estruturam qualquer currículo lidam com cargas horárias limitadas. Essa dificuldade, no entanto, pode ser contornada se os elaboradores de livros texto e professores produzirem textos e outros materiais didáticos que apresentem uma história simplificada que lance uma luz sobre os conteúdos discutidos, que não seja uma mera caricatura do processo histórico. Essa simplificação deve levar em consideração a faixa etária dos alunos e todo o currículo a ser desenvolvido. A História da Ciência pode tornar-se mais e mais complexa à medida que assim exija a situação educacional [44].

Não há dúvida de que os livros didáticos e as práticas docentes em sala de aula, para não falar na própria estrutura curricular, têm dado pouco, ou nenhuma importância ao valor didático da História da Ciência [9]. O aspecto pragmático dos programas de ensino, voltados à apresentação e aplicação de conceitos, leis e teorias, que enfatiza o produto do conhecimento, acaba passando a falsa impressão de que a ciência é algo pronto e desprovido de humanidade. Acreditar que os alunos necessitam apenas utilizar leis previamente construídas para solucionar problemas escolares ou do seu cotidiano é uma idéia absolutamente errada, que põe em perigo o valor educativo do ensino científico. Uma consequência imediata desse ensino dogmático é a perda de interesse por parte do estudante [45, p.50]. É possível harmonizar didaticamente o processo de construção do conhecimento científico com sua faceta pragmática. Para que isso efetivamente ocorra, é preciso, dentre outras coisas, que o agente educativo (professor, autor de livros didáticos e outros) insira em seu trabalho a idéia de que os modelos da natureza aceitos em outras épocas não foram nem mais nem menos científicos do que as atuais. Deve-se mostrar, no seu trabalho como docente ou escritor, que o fato de uma teoria mais antiga não ser aceita na atualidade não a torna menos científica, do que as teorias aceitas hoje.

Ao contrário, os diferentes conjuntos de crenças, concepções, hipóteses e teorias mantidas pelos estudiosos ao longo dos tempos, subordinadas a visões de mundo específicas e por vezes bastante conflitantes entre os membros de uma mesma comunidade científica, estruturam a própria história do pensamento científico. Segundo Kuhn [41 p.22]:

(...) em vez de procurar as contribuições permanentes de uma ciência mais antiga para a nossa perspectiva privilegiada, devemos atentar para a integridade histórica daquela ciência, a partir de sua própria época. Por exemplo, não devemos perguntar pela relação entre as concepções de Galileu e as da ciência moderna, mas antes, pela relação entre as concepções de Galileu e aquelas partilhadas por seu grupo, isto é, seus professores, contemporâneos e sucessores imediatos nas ciências (...) devemos procurar estudar as opiniões desse grupo e de outros similares a partir da perspectiva que dá a essas opiniões o máximo de coerência interna.

Desta forma, o professor com interesse na história reduz o risco de fazer surgirem efeitos indesejáveis com a criação de heróis da Ciência ou supremacia da aplicação em detrimento da gestação do conhecimento científico, ou vice-versa. Ou seja, ensinar a idéia de que o passado foi constituído a partir de elementos simples que foram se tornando complexos por conta de um processo dinâmico da interação entre sociedade, ciência e tecnologia na elaboração de um conhecimento [43].

O tempo que a abordagem histórica necessita para sua utilização constitui outro argumento apresentado com frequência em oposição à História da Ciência no ensino de ciência. Entretanto essa abordagem não pressupõe o abandono do conteúdo programático. Admite-se que, para o conteúdo específico de uma disciplina, ter sentido, as discussões históricas necessitam do domínio de um corpo de conhecimento científico e técnico por parte dos estudantes.

É importante salientar que não se pode superdimensionar a contribuição da história junto ao ensino, para não tornar o ensino um escravo da história, e também para não alimentar expectativas que possam concebê-la como a solução dos sérios problemas da didática do Ensino da Física. A pesquisa em ensino de Ciências tem apontado, nos últimos anos, que não há uma metodologia que, isoladamente, garanta o sucesso educacional [45, p.35]. Embora a História da Ciência não seja, em si, uma metodologia de ensino, também não pode ela garantir um ensino de ciências [8], livre de falhas. Certamente nem todos os estudantes irão motivar-se através de uma educação científica histórica. Mesmo assim, essa perspectiva deve ser apresentada para os alunos como uma alternativa em detrimento a uma educação de doutrinação.

3.4 A História da Ciência nos livros didáticos

O ensino da Ciência, ou da Física em particular, é apresentado freqüentemente em termos de metodologias, recursos e histórias para solucionar determinados problemas [5] e introduzir determinados conteúdos ou para unificá-los. A Ciência dessa forma apresenta uma imagem mais relacionada com trabalhos experimentais/observacionais de um Galileu idealizado através dos tempos, ou seja, a de que a ciência começa com observação e de que essa observação constitui uma base segura para a produção de um conhecimento legítimo.

Esta posição epistemológica é característica do indutivismo ingênuo [46], que acredita na observação cuidadosa dos fenômenos da natureza, sem nenhuma espécie de preconceitos. Grande parte desse indutivismo está presente em nossos livros didáticos.

A Ciência, na visão desses livros, é cumulativa, linear, desprovida de preconceitos, desumana e neutra [47]. Observa-se também que o conhecimento científico tem sido apresentado nesses livros didáticos como algo que vai sendo acrescido de novas teorias, através de uma continuidade em que as novas teorias vão incorporando as anteriores, de forma a construir uma estrutura sólida, com suas bases estruturadas ao longo dos séculos. Isto pode funcionar pedagogicamente, mas quando associado a todas as caracterizações feitas anteriormente, em especial ao fato de se apresentar uma ciência atemporal, a impressão que passa é que, a ciência alcançou o seu estado atual através de uma série de descobertas e invenções individuais, as quais, reunidas, constituem a coleção moderna dos conhecimentos técnicos.

O texto dos livros didáticos sugere que os cientistas procuraram realizar, desde os primeiros empreendimentos científicos, os objetivos particulares presentes nos paradigmas atuais. Essa percepção cumulativa da Ciência associa-se à idéia de progresso, ou seja, à medida que se avança, os conhecimentos anteriores tornam-se casos particulares do novo conhecimento. E isto é reproduzido nos livros didáticos, apresentando-se uma visão distorcida da construção do conhecimento.

A ciência não deve ser considerada como um saber, como um Deus onipotente e onipresente. A ciência assim aceita é vista como a verdade absoluta, como um mito que passa a ser a solução de todos os problemas que afetam os homens. Essa concepção de Ciência tende a encarar o conhecimento científico

como definitivo e estabelecer uma separação entre a ciência e as outras formas de conhecimento do homem e do mundo.

Assim pode-se entender que a ciência não é a única forma de conhecimento possível, mas como uma forma de conhecimento que tem suas especificidades, sua história e seus personagens. Que não está desvinculada de todo o resto e que não é a única maneira de explicar a natureza. É apenas uma das formas de compreendê-la. E para compreendê-la corretamente, juntamente com o seu desenvolvimento e seus significados cultural e social, devem-se reconstruir corretamente os componentes do desenvolvimento científico que não são de natureza puramente objetiva. Os componentes ideológicos, culturais, ambientais e sociais são elementos muito importantes nos processos de formação das idéias e de reconstrução de novas teorias.

Inúmeros pontos de vista compõem a concepção de ciência presente nos livros didáticos. Nos livros pesquisados, pode-se observar a existência de diferenças entre maior ou menor aprofundamento dos conceitos e teorias apresentados. Além disso, outros elementos também participam: o desenvolvimento histórico dos conceitos e das teorias, a biografia dos cientistas e os traços de suas personalidades, as circunstâncias sociais e econômicas, o desenvolvimento tecnológico, as artes, as questões filosóficas, as guerras, entre outros.

Apesar de toda a corrente epistemológica que marcou a filosofia da ciência do século XX [4], com nomes como Popper, Kuhn, Feyerabend, Hanson, Lakatos, entre outros, a corrente indutivista, propulsionada por uma visão conservadora, continua com seus fundamentos firmemente ancorados no sistema educacional, na mídia em geral e também em boa parte dos livros didáticos. Essa Concepção de Ciência faz com que ela se mostre como um sinônimo de realidade e verdade. Dessa forma, a Ciência passa a ter uma natureza divina e seus princípios dogmáticos a serem doutrinados pela educação formal.

A Ciência nos livros didáticos é apresentada [47 p.77] de forma absolutamente atemporal, não tendo referência no processo de gestação do conhecimento e muito menos ao contexto que foi criada. Na tentativa de suprir essa lacuna muitos dos livros didáticos apresentam [4] anexos ou leituras complementares enxertadas na estrutura da obra que passam uma história da ciência, simplificada, consistindo basicamente da biografia dos principais nomes relacionados ao conteúdo em questão. Nesses textos, quando estão presentes

capítulos, apêndices ou notas históricas, quase sempre são notas de História da Ciência, aquelas seqüências cronológicas de datas de grandes invenções, de descobertas sensacionais ou de nascimento e morte das principais personagens envolvidas nesses acontecimentos, acompanhados de ilustrações que representam essas personagens ou seus feitos. Esse tipo de história simplificada de forma caricaturizada pode ser mais prejudicial do que útil na tentativa de apresentação da Ciência como uma construção sócio-cultural.

No entanto, em relação aos aspectos históricos [4], alguns poucos autores têm a preocupação em remeter aos pensadores envolvidos na criação dessas idéias, o que é feito no próprio desenrolar do texto, contribuindo de forma significativa para a visão de Ciência como obra construída no transcurso da história humana, e não algo pronto e acabado. Com isso a visão de Ciência é apresentada a partir de conceitos e teorias, explicação de fenômenos e aplicações tecnológicas, história dos cientistas, choque das idéias da física, relações com outras áreas da cultura, relações com a esfera sócio-econômica.

Essas características mencionadas contribuem para a imagem da Física como área do conhecimento que pode contribuir para a formação cultural geral de um cidadão contemporâneo.

Levando-se em conta apenas os aspectos sócio-históricos além da aplicação de conceitos, leis e teorias, não se está apenas enfatizando o produto do conhecimento, mas todo o processo de concepção deste destacando outros elementos como fatores culturais mais amplos relacionados com a Física: aspectos históricos, filosóficos, sociais, políticos, ideológicos, tecnológicos, artísticos, religiosos, relações com o senso comum, com a natureza e outros.

É necessário que o conhecimento seja apresentado com base na sua história, que as teorias sejam discutidas com todos os aspectos que estiveram subjacentes ao seu aparecimento [44]. Nesses termos deve-se propor um ensino de Ciência que a apresente como uma atividade humana, portanto contextualizado histórica e socialmente, que evidencie seu caráter inacabado, transitório, bem como as rupturas, transformações e revoluções pelas quais essa atividade passou através dos séculos, pode ser estruturado dando uma importância ao seu aspecto histórico. Assim a História da Ciência pode ser um elemento importante, se não fundamental, nos textos didáticos, principalmente nos livros destinados à educação básica.

4 A NATUREZA ONDULATÓRIA DA LUZ E O TRATADO DA LUZ

4.1 Breve Histórico das teorias a cerca da natureza da Luz

Os questionamentos sobre a natureza da luz, se ela é corpuscular ou ondulatória, são antigos, remontam pelo menos à Grécia antiga [13]. Muito embora prevalecesse a natureza corpuscular da luz entre os filósofos gregos da Antiguidade, como Pitágoras (c.560-c.480), Platão (c.428-c.347) e Empédocles (c.490-c.430), Aristóteles (384-322) defendia a hipótese de que a luz era um fenômeno relacionado às propriedades de um determinado meio. Dessa maneira, Aristóteles concebia uma idéia de uma natureza não corpuscular para a luz, assemelhando-se a uma perturbação se propagando nesse meio. Essa idéia pode ser considerada como uma proto-teoria ondulatória da luz [13].

Durante a Idade Média e a Renascença, a natureza corpuscular da luz foi mais aceita do que a natureza ondulatória, por uma questão de simplicidade do problema. A maioria das pesquisas relacionadas à Ótica nesse período tinha um caráter mais aplicado, não sendo então prioridade estabelecer a natureza da luz, ficando essa discussão restrita ao território da filosofia. Desse período destacam-se as pesquisas Óticas realizadas pelos físico e matemático iraquiano Abu-Ali Al-Hasan Ibn Al-Haytham, conhecido como Al-Hazen (c.965-1038), pelo erudito inglês Robert Grosseteste (c.1175-1253), pelo filósofo inglês e monge franciscano Roger Bacon (c.1219-c.1292), pelo erudito silesiano Witelo (c.1225-c.1275), pelo erudito italiano Blasing de Parma (c.1345-1416) e pelo matemático italiano Paolo Toscanelli (1397-1482). O debate sobre a natureza da luz permaneceu no campo filosófico até o Século XVII, quando então se tornou um objeto de interesse científico. Esse fato pode ser entendido pela observação de diversos fenômenos luminosos nesse período histórico, fenômenos hoje conhecidos como “difração” e “interferência”, pelo físico italiano Francesco Maria Grimaldi (1618-1663) e os ingleses Robert Boyle (1627-1691) e Robert Hooke (1635-1703); dupla refração, pelo médico dinamarquês Erasmus Bartholinus (1625-1698); que foram explicados e entendidos a partir de modelos, usando, ora a natureza corpuscular, ora a natureza ondulatória da luz.

As experiências realizadas por Grimaldi foram apresentadas em seu livro intitulado *Physico-Mathesis de Lumine, Coloribus et Iride* [13], publicado em 1665, depois de sua morte. Grimaldi observou que, se um feixe de luz branca passar

através de dois estreitos orifícios, situados um atrás do outro, e em seguida atingir um anteparo branco, haverá neste uma região iluminada além da que deveria existir se a luz se propagasse em linha reta. É como se as partículas luminosas se encurvassem ao passar pelos orifícios, afirmou Grimaldi. Nesse tipo de experiência, observou ainda que, nas bordas dessa região iluminada, havia uma ligeira coloração avermelhada e azulada.

No mesmo ano de 1665, foi publicado o livro de Hooke intitulado *Micrographia*, no qual ele descreveu observações sobre a presença da luz na sombra geométrica de um objeto iluminado e, também, de cores produzidas por uma lâmina transparente e fina, de faces paralelas e iluminadas com luz branca. Nesse livro, Hooke[13] registrou a presença de anéis coloridos quando uma das faces da lâmina é esférica. Registre-se que observações semelhantes a essas foram realizadas, nessa mesma época, por Boyle. A hipótese que era mais aceita na época dessas observações consistia em considerar a luz tendo uma natureza corpuscular, porém essa se mostrou ineficaz para explicar as observações de Grimaldi, Hooke e Boyle. Como uma alternativa para explicar tais fenômenos, Hooke [13] usou a hipótese de que a luz consistisse de rápidas vibrações que se propagavam no meio, no qual o fenômeno era observado.

Os Resultados dos trabalhos de Hooke e de Boyle levaram o físico e matemático inglês Sir Isaac Newton (1642-1727) a estudar, em 1666, as cores exibidas pelas películas finas, fenômeno esse atualmente conhecido como os anéis de Newton. Newton fez estudos mais aprofundados do fenômeno da dispersão da luz, ao observar que a luz branca solar, ao atravessar um prisma de vidro, era decomposta nas cores do arco-íris.

Deve-se registrar que o físico, matemático e filósofo francês René Descartes (1596-1650), em seu texto intitulado *La Dioptrique* [15], escrito em 1637 como suplemento de seu famoso *Discours de la Méthode*, registrou sua preocupação com a natureza da luz, ao apresentar uma teoria segundo a qual a luz era essencialmente uma série de movimentos de vórtices que se transmitiam através de choques em um meio perfeitamente elástico, denominado éter luminífero, que preenche todo o espaço. Em 1644 o éter foi postulado por Descartes quando afirmou que a gravidade decorria de uma série semelhante de vórtices de diversos tamanhos situados nesse meio etéreo.

Em 1669, em um pequeno trabalho intitulado *Experimentis Crystalli Islandici Disdiacastici, quibus Mira et Insolita Refractio Detegitur*, Bartholinus [13] descreveu as experiências que realizou com um cristal transparente de carbonato de cálcio conhecido hoje como calcita (CaCO_3) trazido por alguns comerciantes da Islândia, razão pela qual esse cristal passou a ser conhecido como Cristal da Islândia. Em suas experiências com esse cristal observou que:

- O Cristal duplicava objetos quando estes eram vistos através dele, fenômeno esse que Bartholinus denominou de dupla refração.
- Se o cristal sofresse uma rotação, uma das imagens permanecia fixa, enquanto a outra se deslocava acompanhando o giro do cristal. Concluiu, então, haver dois tipos de refração, uma responsável pela imagem fixa, à que denominou de refração ordinária, e uma outra responsável pela imagem móvel, que chamou de refração extraordinária.

A hipótese da natureza ondulatória da luz proposta por Hooke foi retomada com alterações por Christiaan Huygens (1629-1695) e apresentada em seu livro intitulado *Traité de la Lumière* [13], publicado em 1690.

Com a hipótese apresentada por Huygens, pode-se demonstrar geometricamente, conforme a tradição da época, as leis da reflexão e da refração. Porém, ao usar essa hipótese para explicar a refração de um raio de luz ao transitar entre o ar e a água, tem-se uma consequência que confronta as teorias ondulatória e corpuscular da natureza da luz. Segundo a hipótese de Huygens, a velocidade da luz na água seria menor do que no ar, em contraposição à afirmação de Newton, que era defensor da teoria corpuscular da luz. A teoria corpuscular afirmava que a luz se propagava mais rapidamente na água [13], em virtude dos corpúsculos de luz serem acelerados pela atração das partículas constituintes da água. Essa polêmica só foi resolvida no Século XIX, quando os físicos franceses Jean Bernard Léon Foucault (1819-1868) e Armand Hyppolyte Louis Fizeau (1819-1896), em 1850, mediram a velocidade da luz na água e encontraram ser menor do que no ar.

Os trabalhos realizados por Newton [13] sobre Óptica foram inicialmente comunicados à Royal Society, entre 1672 e 1676 e, posteriormente, atualizados e apresentados em sua obra intitulada *Opticks, or a Treatise of the Reflexions, Refractions, Inflexions and Colours of Light*, em três capítulos, os quais ele nomeou livros I, II e III, publicado em 1704. O Livro I expõe, sob a forma de teoremas, as

experiências sobre a reflexão, refração, dispersão e decomposição da luz no prisma; a teoria corpuscular usada na explicação do fenômeno do arco-íris; seções particulares são dedicadas ao telescópio refletor ou catóptrico, inventado por ele em 1668, à coloração dos corpos, aos fenômenos das lâminas finas e aos anéis de Newton. O Livro II é dedicado aos fenômenos de interferência e periodicidade. O Livro III trata das inflexões sofridas por raios luminosos, quando passam rente aos ângulos, e das franjas de interferência. Ao final desse Livro III, como apêndice, Newton apresenta uma série de Questões (*queries*), de caráter reflexivo, sobre a natureza da luz.

É importante salientar que, até o fim do séc.XVII, tanto as teorias ondulatórias de Hooke, Descartes e Huygens, quanto à teoria corpuscular de Newton, estavam inseridas no contexto da filosofia mecanicista. A filosofia mecanicista consiste na representação dos fenômenos do universo por meio de interações entre corpos, na forma de choques e forças gravitacionais. Não estava formada até então a conceituação atual de movimento ondulatório, não se tinha idéia sobre elementos como frequência e comprimento de onda. Portanto as ondas luminosas das teorias ondulatórias da época eram uma perturbação aperiódica que se propagava no éter.

A autoridade e prestígio de Newton fizeram com que a teoria ondulatória da luz fosse praticamente esquecida por quase um século. Mesmo assim, durante o Século XVIII, a teoria ondulatória da luz tinha renomados defensores, dentre eles o físico e matemático suíço Leonhard Euler (1707-1783) que, em 1746, no artigo intitulado *Theoria Lucis et Colorum* [13], defendeu a idéia de que havia uma semelhança entre luz e som, retomando a idéia inicial do trabalho de Huygens, agora com as ferramentas matemáticas adequadas e com a conceituação de onda como um movimento periódico, que apresenta frequência e comprimento de onda. Fazendo a analogia entre luz e som, Euler supôs que as cores de um objeto dependiam do comprimento de onda luminosa, afirmando que a luz no éter é um análogo ao som no ar.

No início do Século XIX, o médico, lingüista e físico Thomas Young fez experimentos relacionados com as propriedades das ondas num fluido, fazendo analogias entre luz e som [48]. Young foi eleito membro da Royal Society of London em 1794 e, em 1799, estudou os trabalhos de Euler e Huygens a respeito das analogias entre o som e a luz e a natureza ondulatória de ambos.

A partir daí, ele começou a inferir sobre a possibilidade de se observar experimentalmente o fenômeno da interferência em raios de luz, decorrente de suas observações relacionadas com a interferência de ondas de água e de pulsos de som, interferência essa que provocava regiões nas quais ocorria a destruição dessas ondas e regiões nas quais havia o reforço. Essas observações foram apresentadas por ele em reuniões realizadas na Royal Society [48], ocorridas nos anos de 1801, 1802 e 1803. No trabalho de 1802, foram apresentados resultados sobre a interferência de raios luminosos e uma explicação para os anéis de Newton, usando a idéia de interferência entre ondas de luz incidentes, refletoras e refratadas na camada de ar existente entre a lente e a lâmina de vidro utilizadas para obter aqueles anéis de interferência. A partir de vários experimentos [48], determinou que o comprimento de onda das ondulações que constituem a luz vermelha extrema, deve ser, supostamente, cerca de $1/36$ de milésimo de uma polegada, e da luz violeta extrema deve ser cerca de $1/60$ de milésimo, com a média de todo o espectro sendo cerca de $1/45$ de milésimo.

Mesmo com esses resultados, os trabalhos de Young sobre a natureza ondulatória da luz não foram devidamente notados imediatamente por seus contemporâneos. Por exemplo em 1809, o físico e astrônomo francês Pierre Simon, Marquês de Laplace (1749-1827), usou a natureza corpuscular da luz para explicar o raio extraordinário da dupla refração.

Em 1808, na cidade de Paris, Étienne Malus (1775-1812) observou [15][13], através de um cristal de dupla refração, a imagem do disco solar refletida nas janelas do Palácio de Luxemburgo, quando percebeu que, durante um pôr-do-sol, em lugar de duas imagens distintas, havia apenas uma, ou era a imagem ordinária ou a extraordinária, dependendo da posição que ocupava a lâmina em relação ao seu olho. Continuando a experiência à noite, fez incidir a luz de uma vela em um espelho d'água, e observou a luz refletida, sob um ângulo de incidência de 36° , mais uma vez através de um cristal de dupla refração. Ele constatou que a luz refletida estava polarizada, sendo o próprio Malus que cunhou o termo polarização, semelhante à luz refratada por um cristal de calcita. Repetiu o experimento com um espelho e encontrou o mesmo efeito. Dessa forma, Malus concluiu que a luz refletida também podia ser polarizada.

A descoberta de Malus trazia dificuldades aos defensores da teoria ondulatória. Na época de Young, a luz era concebida como uma onda análoga ao

som, que se propaga na mesma direção em que ocorrem as oscilações, ou seja, uma onda longitudinal. Os resultados de Malus não podiam ser explicados usando esse modelo de onda de luz.

Em uma carta de Young a Malus, de 1811, o pesquisador inglês reconhece que esses experimentos não podem ser explicados pela teoria ondulatória. Em 1817, Young escreveu a seu amigo Dominique François Jean Arago (1786-1853), afirmando que os resultados de Malus poderiam ser explicados pela teoria ondulatória, se a onda luminosa se propagasse no espaço com uma vibração transversal à direção de propagação [15]:

Tenho refletido sobre a possibilidade de dar uma explicação imperfeita do problema da luz que constitui a polarização, sem partir da doutrina genuína de ondulação.

Há um princípio nessa teoria segundo o qual todas as ondulações são simplesmente propagadas através de espaços homogêneos em superfícies esféricas concêntricas do tipo das ondas sonoras, consistindo apenas de movimentos diretos e retrógrados das partículas na direção dos raios, com condensações e rarefações concomitantes (isto é, ondas longitudinais). Além disso, é possível explicar nessa teoria uma vibração transversal, propagando-se também na direção do raio, com igual velocidade, mas o movimento das partículas ocorrendo em uma certa direção constante em relação ao raio. Isso é uma polarização.

A Hipótese das ondas luminosas transversais de Young era uma analogia com uma onda mecânica se propagando na superfície de um fluido. Essa hipótese foi aceita pelo engenheiro francês Augustin Fresnel (1788-1827), que percebeu que essa poderia explicar comportamento conhecido da luz, inclusive os efeitos observados dentro dos cristais. A academia de Ciência da França então lançou um desafio aos defensores da teoria ondulatória e promoveu, em 1819, um concurso para uma monografia sobre a difração, vencido por Fresnel.

Um dos membros da comissão julgadora do prêmio, Poisson, um ardoroso defensor da teoria corpuscular, mostrou que, se a teoria ondulatória fosse admitida, deveria aparecer um ponto brilhante no centro da sombra de um obstáculo circular opaco, justamente no ponto mais protegido. O comitê organizador do prêmio realizou a experiência, considerado um experimento crucial na disputa entre as teorias ondulatória e corpuscular, demonstrando a existência do ponto brilhante na sombra, como previsto pela teoria ondulatória da luz.

Assim, a natureza ondulatória da luz foi formalizada nos trabalhos de Fresnel, entre 1814 e 1821. Fresnel apresentou uma descrição matemática rigorosa da interferência da luz, usando ainda a idéia de propagação em frentes de onda de Huygens, o modelo de interferência de Young com as ferramentas matemáticas do século XIX. Hoje, essa descrição é conhecida como Princípio de Huygens-Fresnel.

A descrição de Fresnel para a onda luminosa tomou como base as teorias ondulatórias do século XVII, tendo também as observações e inferências do trabalho de Young. Deve-se ressaltar que o modelo de Fresnel está inserido no paradigma científico do século XIX. Nesse momento histórico, o movimento ondulatório estava bem formalizado tanto na conceituação dos seus elementos, quanto nas ferramentas matemáticas, e o éter era modelado como um fluido, sujeito às leis da hidrodinâmica. De forma que a teoria ondulatória desse período tem especificidades distintas das teorias do século XVII.

Paralelamente à Ótica, desenvolvia-se outro ramo da Física, a Eletricidade. Desde as últimas décadas do Século XVIII, a Eletricidade despertou grande interesse nos pesquisadores. Em 1819, o dinamarquês Christian Oersted observou que uma carga elétrica em movimento, representada por uma corrente elétrica em um condutor, perturbava a orientação de uma bússola colocada em suas proximidades. A passagem de uma corrente elétrica gerava campo magnético, concluindo que o magnetismo e a eletricidade estavam ligados. Dessa forma passou-se a adotar a termo eletromagnetismo para descrever fenômenos de natureza elétrica e magnética. Em 1831, o inglês Michel Faraday observou que uma bobina, desligada de uma fonte, colocada nas proximidades um campo magnético variável apresentava uma corrente elétrica induzida, evidenciando que a variação de um campo magnético gerava um campo elétrico.

Aos poucos, as experiências revelavam a natureza do eletromagnetismo e suas equações. Na segunda metade do Século XIX, James Clerk Maxwell (1831-1879) fez uma síntese dessas equações. A partir dessas equações, hoje conhecidas como equações de Maxwell, foi possível demonstrar que os campos elétrico e magnético satisfazem a equações de uma onda que se propagam com a velocidade da luz. Ele associou, então, o fato desses campos se propagarem com a velocidade da luz à interpretação de a luz visível ser um caso particular de onda eletromagnética, isto é, as ondas eletromagnéticas dentro de uma faixa de

freqüência percebidas pelo olho humano, sendo essa interpretação a natureza da luz visível.

Era uma hipótese completamente nova, pois a natureza da luz tanto na teoria ondulatória quanto na corpuscular admitiam a luz com sendo uma perturbação de um meio fluido/elástico, ou o movimento de corpúsculos. De certa forma, os modelos anteriores da natureza da luz estavam vinculados aos conceitos de matéria e movimento, enquanto a hipótese de Maxwell colocava a luz como um caso particular do eletromagnetismo, sendo assim inserida no paradigma de interação entre campos. O trabalho de Maxwell foi corroborado em 1886, por Heinrich Rudolf Hertz (1857-1894), ao produzir em laboratório a primeira onda eletromagnética, hoje conhecida como “onda Hertziana”.

A confirmação experimental de Hertz contribuiu de forma intensa para a aceitação da teoria ondulatória. Porém a mesma experiência que confirmou a existência das ondas eletromagnéticas, e subseqüentemente a natureza ondulatória da luz, também gerou questionamentos que manteriam ativos os debates a respeito da luz.

Após [49 p.67] a morte de Hertz em 1894, o seu assistente Phillip Lenard (1862-1947) conduziu uma série de experiências com as ondas hertzinianas. Em 1900, encontrou um novo fenômeno: ao expor uma placa de zinco à luz ultravioleta, esta liberava elétrons, denominando esse fenômeno como *Efeito Fotoelétrico*. A teoria ondulatória só poderia explicar esse fenômeno se a energia que esses elétrons adquirissem fosse proporcional à intensidade da luz. Entretanto o próprio Lenard realizou uma série de experimentos mostrando que a energia adquirida pelos elétrons ejetados era proporcional à freqüência da luz incidente.

No mesmo período de 1900, o físico Max Planck (1858-1947) apresentou uma hipótese sobre a natureza das ondas eletromagnéticas, a fim de explicar um resultado experimental da emissão de radiação térmica por um corpo negro, que não concordava com o modelo ondulatório clássico das ondas eletromagnéticas. A hipótese de Planck consistia em considerar que uma onda eletromagnética deveria apresentar um espectro de energia discreto, e não contínuo como na teoria clássica, e que essa energia era função apenas da freqüência da onda eletromagnética. A Hipótese de Planck marca o início da Física Quântica, que vem a ser um novo paradigma para a Ciência.

Em 1905, o físico Albert Einstein (1879-1955) apresentou uma hipótese para explicar o efeito fotoelétrico [49 p.70]. Einstein propôs que a teoria ondulatória estava incompleta, e que a luz poderia ter também características de partículas. Para Einstein, as ondas luminosas deveriam propagar-se em “pacotes” de ondas, e não como o modelo tradicional de uma onda que ocupa todo o espaço na sua propagação. Assim, pela concepção de Einstein, os pacotes de ondas, os quais ele chamou de Fótons, teriam um comportamento semelhante a partículas quando a luz interagisse com a superfície de um metal, chocando-se com os elétrons e transferindo para esses energia e momento. Acima de um dado valor de energia dos Fótons, os elétrons seriam ejetados, ocorrendo assim o efeito fotoelétrico. Pela hipótese de Planck, a energia das ondas eletromagnéticas dependeria proporcionalmente a sua frequência, dessa maneira os resultados das experiências de Lenard poderão ser explicados pelo modelo de Einstein. Admite-se atualmente que a luz tem uma natureza dual onda-partícula, corpuscular e ondulatória.

Novamente deve-se ater aos fatos de que o modelo ondulatório-corpuscular de Einstein esteja inserido em um contexto sócio-histórico completamente diferente das teorias ondulatórias e corpusculares do século XVII. Em hipótese nenhuma os fótons de Einstein se assemelham aos corpúsculos de Newton na sua teoria corpuscular, nem as frentes de onda de Huygens se comparam aos pacotes de onda da teoria do efeito fotoelétrico. No ensino de Ciência usando a História da Ciência como elemento motivador, o docente deve estar atento a não analisar fatos históricos com o paradigma atual, como o risco de produzir um ensino distorcido historicamente. No caso da natureza da luz, cada período histórico apresenta uma teoria ondulatória própria, que é um produto da sua época. Fazer uma análise da evolução das teorias ondulatórias do século XVII até o início de Século XX, é uma excelente oportunidade de mostrar ao aluno, principalmente da educação básica, como a Ciência é uma construção humana e não dogmática. Porém, se o docente não tomar os cuidados de situar cada teoria ondulatória em seu devido paradigma, correrá o risco de induzir em seus alunos idéias errôneas do trabalho da Ciência. Por exemplo, simplesmente apresentar que no século XVII Huygens tinha uma teoria ondulatória para a luz sem dar detalhes do seu modelo e da sua concepção de onda, e mais adiante apresentar a conclusão de Maxwell de que essa é uma onda eletromagnética, pode induzir no aluno a idéia de que Huygens no século XVII concebia a luz como uma onda tal qual Maxwell a imaginou, desprezando assim 200

anos de história. O uso da História da Ciência deve ser visto como um elemento motivador para o ensino de Ciências, porém, se não houver infra-estrutura e condições Físicas favoráveis (textos de qualidade e tempo adequado para ministrar o conteúdo) e um preparo por parte dos docentes, seu uso pode ocasionar mais prejuízos que benefícios. Assim é extremamente importante que o docente avalie bem suas condições de trabalho, antes de iniciar um conteúdo usando a História da Ciência, pois nesse tipo de abordagem em especial não há lugar para improvisos.

4.2 O Tratado da Luz

Para uma visão do modelo da luz, foi estudado a obra original [50]: *Traité de la lumière* de C.Huygens e uma tradução [14] feita pelo Dr. Roberto Andrade Martins

A contribuição de Christiaan Huygens deve ser compreendida no contexto de sua época. O desenvolvimento da teoria física da luz durante o século XVII está associado à construção de modelos mecânicos, que procuravam explicar, por meio de conceitos puramente mecânicos, as propriedades conhecidas da luz, tais como a propagação retilínea, a reflexão, a refração e a origem das cores. Essa busca por modelos mecânicos é facilmente compreensível, pois constituíam a melhor ciência de seu tempo. Afinal, o século XVII assistiu à publicação dos principais trabalhos de Galileu (1564-1642), Descartes (1596-1650), Pascal (1623-1662), Hooke (1635-1703), Kepler (1571-1630), Boyle (1627-1691) e Newton (1642-1727), apenas para citar os mais conhecidos.

O Tratado da Luz foi apresentado por Huygens em 1678 à Academia Real de Ciências da França, em Paris, e publicado em 1690, em Leyde, acompanhado de um discurso sobre a causa da gravidade. Ele é dividido em seis capítulos. Para a pesquisa, o mais relevante é o capítulo I, denominado *Dos Raios Diretamente Espalhados* (ou que se propagam diretamente), o qual apresenta alguns pressupostos e discute a natureza e as propriedades gerais da luz. Os demais capítulos tratam da reflexão, da refração, da refração no ar, da birrefringência da calcita e de um método para determinar as figuras produzidas por espelhos e lentes.

No início do capítulo 1, afirma que a geometria é a principal ferramenta para compreender a natureza e propagação da luz, e que suas demonstrações não são suposições mas fatos observados [14, p. 12]:

Como acontece em todas as ciências às quais a geometria é aplicada à matéria, as demonstrações relativas Óptica são fundamentadas sobre verdades tiradas da experiência.

Esse trecho já identifica o caráter empirista do trabalho de Huygens, e a utilização da geometria como ferramenta de demonstração faz parte da tradição mecanicista desse período histórico.

Quanto à natureza da luz, afirma não duvidar que consista no movimento de alguma espécie de matéria [14, p. 12]:

Não se pode duvidar que a luz consista no movimento de certa matéria. Se considerarmos sua produção na Terra são principalmente o fogo e a chama que a geram, e eles contém sem dúvida corpos que tem um movimento muito rápido...

A respeito da propagação da luz, afirma que essa deve se propagar de forma semelhante ao som [14, p. 12]:

Sabemos que, por meio do ar, que é um corpo invisível e impalpável, o som se propaga em toda a volta do lugar que foi produzido, por um movimento que passa sucessivamente de uma parte do ar para outra. A propagação desse movimento se faz em igual velocidade para todos os lados e devem se formar como superfícies esféricas que crescem sempre e que chegam a atingir nossas orelhas. Ora, não há dúvida de que a luz também não venha de um corpo luminoso até nós por um movimento impresso à matéria que esta entre os dois...

Admite a existência de um meio que propaga a luz de maneira análoga ao ar que serve com meio de propagação do som [14, p. 17]:

Creio que a melhor explicação para esse movimento é suposição de que os corpos luminosos líquidos ou sólidos, como a chama – aparentemente o Sol e as estrelas – são compostos por partículas que nadam em uma matéria muito sutil, que as agita com grande rapidez, e as faz chocar-se contra as partículas do Éter, que as

No trecho acima, pode-se observar que a natureza da propagação da luz se faz por ondas de choques entre partículas do Éter. De forma que a idéia que Huygens tinha da natureza da luz era relacionado à filosofia mecanicista, que

adotava o modelo mecânico como a única alternativa possível para explicar o universo.

Para explicar a razão de a luz ser mais rápida que o som e a natureza do Éter, novamente é usado o modelo de colisão, como pode ser visto no trecho a seguir [14, p. 18]:

Ora, para aplicar esse tipo de movimento àquilo que produz a Luz, nada impede que imaginemos que as partículas do éter sejam uma matéria tão próxima da dureza perfeita e de recuperação tão rápida quanto quisermos.

Ao considerar o som e as ondas produzidas na superfície da água pela queda de uma pedra, acredita ele, diferentemente de Descartes, que a luz tenha uma velocidade finita. Relata, em seguida, a experiência de Römer, realizada em 1676, que a avaliou em cerca de 1000 diâmetros da Terra por minuto.

Apesar da analogia, Huygens distingue também algumas diferenças entre a luz e o som, concernente aos movimentos que os produzem à matéria na qual se propagam e à forma como se comunicam.

Quanto ao movimento, as ondas sonoras seriam produzidas pelo tremor de um corpo inteiro, ou de uma parte considerável dele, que agita todo o ar à sua volta. A luz produzida por uma vela (figura 1), ao contrário, deve surgir do movimento de cada ponto do objeto luminoso (A, B e C) para que se possam perceber todas as diferentes partes desse objeto. Os pontos da superfície do corpo comunicariam essa agitação aos corpúsculos do éter que os envolvem.



Fig.1: Propagação de Luz produzida por uma vela

Fonte: Caderno de História e Filosofia da Ciência- suplemento 4/86 p.20

A propagação da onda de choque no éter se faz, basicamente, pela transferência de movimento entre as partículas vizinhas, como é mostrada no trecho a seguir [14, p. 21]:

Tal pode ser provado pela fila de bolas iguais, de matéria duraSe lançarmos contra ela, ao mesmo tempo dos dois lados opostos bolas semelhantes A e D, ver-se-á que cada uma retorna com a mesma velocidade que tinha inicialmente...

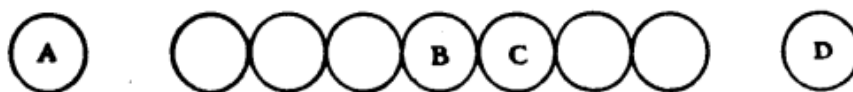


Fig.2: Propagação das ondas de choque no Éter.

Fonte: Caderno de História e Filosofia da Ciência- suplemento 4/86 p.21.

Essa matéria que serve à propagação da luz a partir dos corpos luminosos, ou seja, o éter, não pode ser o ar que sentimos e respiramos, pois, quando o ar é extraído de um local, o éter permanece. Isso pode ser demonstrado encerrando-se um corpo sonoro em um recipiente de vidro e retirando-se o ar por meio da bomba de vácuo inventada por Boyle. Ao retirar o ar, o som deixa de ser ouvido, mas a luz não deixa de atravessar o vidro, tal como antes. Da mesma forma, na experiência de Torricelli, ao inverter o tubo de vidro na cuba com o mercúrio, surge o vácuo na extremidade fechada do tubo, mas a luz continua a atravessar a porção evacuada. Isso prova que uma matéria diferente do ar deve atravessar o vidro, sabendo-se que tanto o mercúrio quanto o vidro são impenetráveis ao ar.

A luz seria propagada por meio de ondas esféricas, pois os corpúsculos de éter não se encontram alinhados um após o outro, mas distribuídos de maneira confusa, de forma que cada um toque diversos vizinhos, o que não impede que transmitam o movimento e o propaguem sempre para frente. Para justificar essa asserção, mais uma vez o autor faz uma analogia. Considere uma bola A em contato com diversas bolas idênticas CCC (Fig. 3). Se a bola A for atingida por uma outra bola B, de modo a pressionar todas as bolas CCC que ela toca, a bola A comunicará todo o seu “movimento” às CCC e, em seguida, A e B permanecerão imóveis. Nem é preciso supor que os corpúsculos de éter sejam esféricos, como na figura, embora essa característica contribua à propagação do movimento. A igualdade de

dimensões, contudo, parece mais necessária, pois, se um corpúsculo de éter se chocasse com outro maior, haveria um pequeno recuo de parte do movimento.

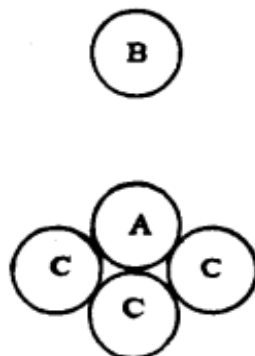


Fig. 3: A bola A, em contato com diversas bolas idênticas CCC, é atingida por outra bola B. A bola A comunica o movimento às bolas CCC e, em seguida, as bolas A e B permanecem imóveis.

Fonte: Caderno de História e Filosofia da Ciência- suplemento 4/86 p.19.

Os corpúsculos do éter são supostos em perpétuo movimento, mas a propagação sucessiva das ondas não é impedida, pois não consiste no transporte dos corpúsculos em si, apenas de uma pequena perturbação, que eles não podem deixar de comunicar aos vizinhos, apesar do movimento que os agita e os faz mudar de lugar entre si. Mais uma vez, como se percebe, uma analogia puramente mecânica.

Em síntese, o Tratado da Luz contém um modelo engenhoso, com muitas aplicações, mas baseado em colisões mecânicas, na transmissão da luz por choques elásticos dos corpúsculos do Éter, em consonância com seu tempo e com trabalhos anteriores do autor. Ele não menciona vibrações em torno de uma posição de equilíbrio, nem discute propriedades periódicas, tais como período, frequência ou comprimento de onda, que seriam consideradas apenas nos séculos seguintes.

De forma geral, a teoria ondulatória de Huygens para a Luz estabelece os seguintes elementos-chave, que serão usados como parâmetros de busca na pesquisa comparativa nos textos dos livros didáticos:

- Modelo Mecanicista.
- Propagação da luz por ondas de choques.
- Existência do Éter para propagar a luz.

- Onda semelhante ao som (onda de propagação longitudinal).
- Ondas aperiódicas.

A seguir foi elaborado um mapa conceitual sobre as principais características do modelo ondulatório da luz de Huygens (Fig.4) :

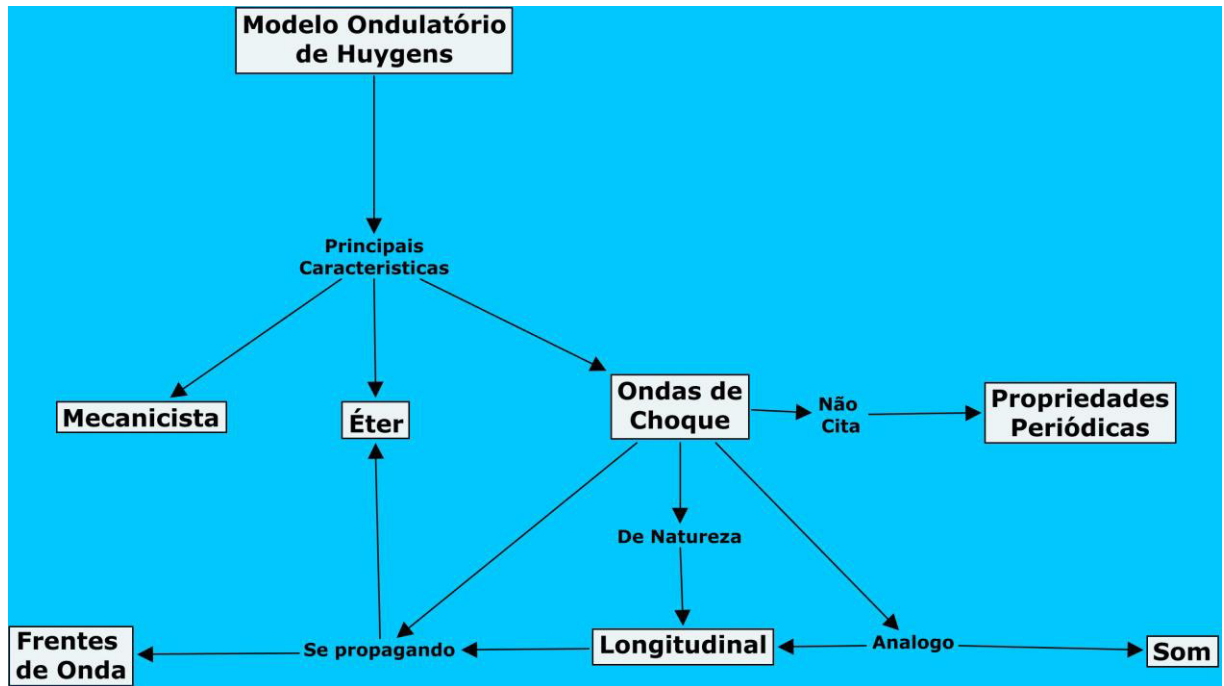


Figura 4. Mapa Conceitual sobre a teoria ondulatória da luz de Huygens

5 METODOLOGIA

5.1 Referencial teórico-metodológico: Estudos Comparados na pesquisa histórica

Ao fazer analogias e comparações, estamos realizando processos inerentes à consciência e à vida humana. Da mesma forma, procurar conhecer as diferentes soluções que outros países e outros povos dão aos seus problemas, às suas instituições, como no caso da educação, sempre foi um meio de desenvolvimento e de enriquecimento. Mas, para fazer comparações, além da dificuldade de entender as diferentes línguas e seus complexos significados, há o problema do conhecimento e da interpretação de seu contexto histórico-cultural. Nessas relações estão sempre as situações de analogia e de comparação, que trazem para si uma dimensão de imprecisão pela própria natureza do processo.

Quando se reconstrói a história de um dado evento, ou quando se desenvolve um processo de intercâmbio intercultural ou um projeto de estudo histórico, a atitude de comparação está sempre presente, mesmo que não seja algo consciente ou que não se revele de modo explícito. O próprio processo de aquisição de conhecimento sobre o objeto no contexto que é estudado implica um confronto que vai além do mero conhecimento do objeto e do contexto isoladamente. Implica a comparação do objeto com o significado que a realidade do contexto imprime no objeto. Nesse processo comparativo, é fundamental conhecer e assumir as categorias que permitem fazer o confronto. É um processo que não acontece no vazio, e sim através de algum tipo de paradigma.

Do ponto de vista metodológico, não será feita a pesquisa pelas semelhanças, mas pelas diferenças, pois a hipótese dessa pesquisa considera que os textos didáticos atuais apresentam elementos diferentes dos propostos inicialmente pelo autor no séc.XVII. Admitindo que, ao realizar uma comparação

entre um texto do séc. XVII com um texto atual, imprima-se nessa análise o significado atual de relatos que ocorreram há mais de 300 anos, semelhanças entre os textos podem induzir o pesquisador a pensar o séc. XVII com a natureza científico-social do séc. XXI. Porém, fazendo a pesquisa pelas diferenças [16], o paradigma que se forma durante a leitura evidencia que os textos são produtos de culturas distintas. Sendo assim, a característica do objeto a ser estudado não deve ser distorcida pelo contexto da pesquisa; de forma contrária, a análise estaria impregnada de falhas e imprecisões históricas graves.

A utilização do método histórico [51 p.23] permite buscar as diferenças entre eventos distintos a partir dos processos históricos mais amplos (compreender a história como processo), e reconstruí-las como parte de uma determinada realidade é um trabalho sempre complexo, aberto às transformações sob a ação dos sujeitos sociais. Com o objetivo de preservar a singularidade de cada fato ou eventos na análise de seus temas, sem forçar a existência de significados do contexto pesquisado no objeto da pesquisa, os estudos históricos comparados são de grande valor. Neste sentido, a pesquisa não pretende transpor modelos do séc. XVII para a atualidade, mas apenas assinalar as diferenças entre os textos desses dois períodos históricos, como forma de alertar a comunidade sobre o risco de distorcer fatos históricos pela leitura não criteriosa de um texto de outro período histórico-cultural.

O estudo comparativo de um texto histórico tem basicamente duas funções [52]:

- Permitir capturar o processo de elaboração e fundamentação de uma teoria científica, no seu contexto histórico-social, com todas as dificuldades que foram retiradas dos textos didáticos;
- Apresentar ao leitor a oportunidade de perceber que a natureza da pesquisa científica não é um processo fechado, mas uma construção social.

Dessa forma, reescrever um texto histórico a partir de uma visão atual, sem preservar suas estruturas singulares, produz um produto que necessariamente não cumpre as duas funções básicas apresentadas anteriormente.

De forma geral nesta pesquisa os estudos comparados serão usados para assinalar as diferenças entre os elementos fundamentais da teoria apresentada no texto do séc. XVII (objeto da pesquisa) e o universo dos livros didáticos pesquisados (contexto da pesquisa). Supõe-se também que essas diferenças implicam

distorções e falhas (que devem ser evitadas) na apresentação do trabalho de Huygens para o estudante do Ensino Médio [44].

5.2 Procedimentos Metodológicos

O universo da pesquisa será constituído pelos livros indicados pelo PNLEM 2009 para a disciplina de Física. Para a análise, a amostra constitui-se dos livros didáticos (coleções completas e volume único) de seis obras [12], editados por quatro das maiores editoras presentes em nosso país (atual, Ática, Moderna e Scipione). A opção por coleções completas e volume único foi feita para ser possível a realização, além da pesquisa comparativa entre o texto de Huygens de 1690 e o texto de cada livro, uma comparação entre essas modalidades de livros, com o intuito de verificar de aspectos da História da Ciência são suprimidos ou reduzidos na versão mais compacta.

Para fazer a análise dos livros didáticos, foi feita a leitura do prefácio de cada obra e a totalidade dos capítulos relacionados à ótica e ondas, em busca dos seguintes categorias:

- intenção dos autores de usar a História da Ciência ao longo do texto;
- intenção dos autores de apresentar a natureza da luz em uma abordagem histórica;
- citação sobre Huygens nos textos relacionadas à Natureza da luz;
- elementos-chave do modelo ondulatório de Huygens.

Os elementos-chave do modelo ondulatório de Huygens serão procurados nos textos dos livros didáticos usando a metodologia de estudos comparados, em busca das diferenças entre o texto original e os textos dos livros didáticos. Desta forma, a leitura dos livros didáticos será feita norteadada pela idéia de que existem diferenças entre o objeto da pesquisa e o contexto pesquisado. Os elementos, porém que contém as especificidades do objeto (Tratado da Luz) devem estar presentes no contexto da pesquisa (livros didáticos); em caso contrário, evidencia-se a existência de distorção na História da Ciência nesse episódio.

A fim de situar a importância do texto de referência escolhido, no caso o tratado da luz de C. Huygens, dentro da obra didática, procurou-se fazer uma análise do prefácio de cada obra, procurando identificar se existe ou não intenção de fazer uma contextualização histórica do conteúdo da Física.

A pesquisa foi feita focada no Volume 2, entretanto existem duas coleções nas quais os autores optaram por tratar a ótica no volume 2 e o movimento ondulatório no volume 3. Assim, a pesquisa será realizada num total de oito livros didáticos.

Os livros foram obtidos junto às editoras. Para a análise, foi feita uma descrição de cada um dos livros didáticos, contemplando: caracterização física do livro, caracterização dos autores e apresentação da estrutura de distribuição dos tópicos e assuntos. Cada um dos livros será explicitado com maiores detalhes o perfil acadêmico dos autores, seus currículos, as experiências declaradas, os objetivos da obra, se ela é de coleção ou volume único, a editora, se a impressão é colorida.

Quanto à abordagem dos assuntos, além de como o capítulo é dividido, será observada também a forma de distribuição dos tópicos e se ocorre de forma articulada ou não. Além disso, será verificado como, no livro, ocorriam às formas de manifestação de aspectos relacionados à História da Ciência, se através de texto, de fotografia, de figura, de charge, de nota, de nota de rodapé, de legenda, de gráfico, de diagrama etc. A seguir tem-se na tabela 2 os livros do PNLEM 2009.

Tabela 2 Livros Didáticos de Física Recomendados pelo PNLEM 2009.

Livro	Título	Autor(es)	Volume analisado	Editora	Ano da publicação
1	Universo da Física	Sampaio e Calçada	Volume 2 Volume 3	Atual	2005
2	Física	Sampaio e Calçada	Volume Único	Atual	2005
3	Física	Alberto Gaspar	Volume Único	Ática	2008
4	Física – Ciência e Tecnologia	Ferraro,Penteado, Toledo e Torres	Volume 2 Volume 3	Moderna	2005
5	Física	Máximo e Beatriz	Volume 2	Scipione	2008
6	Física	Aurélio e Toscano	Volume Único	Scipione	2008

6 RESULTADOS

Os resultados obtidos nesta pesquisa serão apresentados seguindo a ordem abaixo descrita:

- 1º) Caracterização dos livros analisados;
- 2º) Dados obtidos pela leitura dos capítulos de ótica e ondas em cada obra e analisando as seguintes categorias:
 - A) Identificar se o(s) autor(es) de cada obra tem a intenção de utilizar a História da Ciência ao longo do texto;
 - B) Identificar se o(s) autor(es) de cada obra apresentam a natureza da luz em uma abordagem histórica;
 - C) Identificar se o(s) autor(es) de cada obra citam o trabalho de Huygens nos textos relacionados a natureza da luz;
 - D) Buscar encontrar os elementos chave do modelo ondulatório de Huygens.

6.1 Caracterização dos livros

Conforme descrito acima e no capítulo referente à metodologia, para cada um dos livros foi feita uma caracterização da forma como ele se apresenta, os dados de seus autores, assim como a estrutura do livro e a distribuição dos assuntos no capítulo.

Livro 1: Universo da Física Volumes 2 e 3 :

Autor(es): José Luiz Sampaio e Caio Sérgio Vasquez Calçada

Editora: Atual

Apresentação do livro

A obra se apresenta de maneira contextualizada, é organizada para a compreensão dos fenômenos do cotidiano, valorizando a realidade do aluno. Avança

gradativamente dos assuntos mais elementares até os temas mais avançados da Física, com as conquistas dos cientistas do séc. XX. O livro se caracteriza por uma linguagem informal, mas também preocupada em atender o rigor da ciência, sendo valorizados os aspectos históricos, procurando mostrar de que forma os conhecimentos foram gerados e modificados, desde a Antiguidade até os nossos dias. Os pensadores que mais contribuíram para o desenvolvimento da Física têm sua vida apresentada no contexto de sua própria época, sendo suas descobertas associadas ao cotidiano dos dias atuais. A obra se mostra mais preocupada com a formação para a cidadania do que a preparação para o vestibular.

Apresentação dos autores

Os autores são bacharéis em Física e Matemática pela Universidade de São Paulo, sendo que o autor Caio Sérgio Calçada também é engenheiro eletricista pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São professores da rede particular de ensino desde 1968.

Estrutura física do livro

A obra é de coleção completa em 3 volumes dos quais o volume 1 tem um total de 456 páginas; o volume 2 tem 520 páginas e o volume 3 apresenta 500 páginas. A impressão é colorida, sendo o papel de boa qualidade e o formato 20,5 cm x 27,5 cm.

Distribuição dos assuntos

O livro é dividido em capítulos e cada um deles se apresenta em vários assuntos. Inicialmente é feita uma contextualização com a sociedade. Os assuntos são desenvolvidos em várias seções, sendo que em algumas dessas seções é apresentado um exemplo e depois alguns exercícios em ordem crescente de dificuldade. São apresentados ao longo do livro leituras complementares de título: “*Física no devido tempo*”, que mostra alguns fatos históricos e as biografias dos cientistas envolvidos no conteúdo referente ao capítulo estudado. Algumas seções denominadas de reforço, revisão e aprofundamento têm o intuito de proporcionar ao

aluno oportunidades de aprendizagem de acordo com o seu potencial cognitivo. Em cada capítulo, há uma página associando à teoria com a aplicação da tecnologia.

Livro 2: Física Volume Único

Autor(es): José Luiz Sampaio e Caio Sérgio Vasquez Calçada

Editora: Atual

Apresentação do livro

A obra se destina a cursos com cargas horárias reduzidas, razão pela qual os conteúdos são vistos de uma forma mais resumida. Tem como público alvo o aluno do Ensino Médio, procurando atingir duas metas:

- Abordar os principais tópicos da Física, contextualizando o conteúdo formal com elementos do cotidiano;
- Fornecer subsídios para que o aluno possa realizar um exame vestibular, caso seja o seu desejo.

A linguagem é simples, sem deixar de atender o rigor do Ensino de Ciências.

Apresentação dos autores

Os autores são bacharéis em Física e Matemática pela Universidade de São Paulo, sendo que o autor Caio Sérgio Calçada também é engenheiro eletricista pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São professores da rede particular de ensino desde 1968.

Estrutura do livro

A obra é de volume único com um total de 472, a impressão é colorida, sendo o papel de boa qualidade e o formato 20,5 cm x 27,5 cm.

Distribuição dos assuntos

A teoria é desenvolvida em pequenos blocos, seguidos de exercícios de aplicação, o mínimo necessário para a fixação da teoria. Para um reforço, há no final

do livro uma série de 249 questões de vestibulares e 45 questões das últimas provas do ENEM (Exame Nacional do Ensino Médio), organizados por temas dos capítulos da obra. Em vários capítulos são encontradas leituras envolvendo a História da Física e sugestões de obras úteis na complementação do estudo. Em alguns capítulos também estão presentes algumas leituras relacionando à teoria estudada aplicada à tecnologia. São disponibilizados experimentos e leituras de aplicação direcionadas para o cotidiano do aluno.

Livro 3: Física Volume Único

Autor: Alberto Gaspar

Editora: Ática

Apresentação do livro

A obra se apresenta de forma contextualizada, organizada com a finalidade de compreender os fenômenos do cotidiano e da tecnologia, procurando valorizar a realidade do aluno e respeitar seu ritmo de aprendizagem. Por ser volume Único, o conteúdo é menos detalhado. Embora ocorra limitação dos conteúdos, eles mantêm um bom padrão na questão do rigor científico e historiográfico. Tem como metas:

- Formação geral do aluno;
- Preparação para o ingresso no Ensino Superior.

Em todos os capítulos da obra, há atividades práticas ou atividades em grupo, para estimular o trabalho em grupo, voltado para o desenvolvimento de habilidades de pesquisa e comunicação oral.

Há recomendações no suplemento do professor sobre a necessidade de valorização da História e da Filosofia da Ciência no ensino de Física.

Apresentação do autor

O autor tem formação voltada para a educação, desde o início de sua trajetória. Sendo licenciado em Física pela Universidade de São Paulo, posteriormente realizou o curso de Mestrado em Ensino de Física e o Doutorado em Educação na mesma instituição.

Estrutura do livro

A obra é de volume único com um total de 552 páginas. A impressão é colorida, sendo o papel de boa qualidade e o formato 20,5 cm x 27,5 cm.

Distribuição dos assuntos

Antes da apresentação da teoria, há uma rápida contextualização do tópico do capítulo. O desenvolvimento teórico está presente em pequenos blocos, seguidos de exercícios resolvidos, sendo a resolução descrita de forma bem detalhada, como parte integrante da fixação da teoria. Ao longo do livro são apresentadas leituras complementares em caixas de texto, destacando questões conceituais abertas para estimular o pensamento crítico do aluno, que o autor denomina de “Para você pensar”, e leituras que tem elementos para auxiliar o docente a estabelecer ligação de interdisciplinaridade da Física como outras áreas de conhecimento, identificadas pelos nomes “Cotidiano”; “Gramática da Física”; “Tecnologia, História e Aprofundamento”.

No fim de cada capítulo é apresentada uma série de testes que têm por objetivo a preparação para concorrer ao Ensino Superior e questões aplicadas nos exames do ENEM. Chama a atenção a forma como são apresentados os tópicos, que estabelecem uma boa relação com o cotidiano, principalmente se for levado em conta que é uma obra de volume Único em que alguns aspectos inevitavelmente tiveram que ser reduzidos.

Livro 4: Física - Ciência e Tecnologia Volume 2

Autor(es): Paulo César M. Penteado e Carlos Magno A. Torres

Editora: Moderna

Apresentação do livro

A obra é uma coleção composta de 3 volumes. Tem por finalidade mostrar a Física de um modo mais crítico, a maneira como ela se relaciona com outras áreas científicas e o seu papel na sociedade ao longo da História. Procura relacionar a Ciência com a Tecnologia, atende a realidade dos alunos, mas ao mesmo tempo

tendo o cuidado referente à preparação para exames de vestibular. Fica claro que a primeira finalidade é o principal objetivo, relacionar as implicações e relações da Ciência, Tecnologia e a Sociedade. Ao longo da obra, o aluno é incentivado por temas e pesquisas que permitem a discussão, com ênfase nos impactos sociais e ambientais provocados pelo desenvolvimento tecnológico. Essa ênfase tende a possibilitar ao educando conhecer os benefícios e os prejuízos que a tecnologia pode trazer à sociedade de maneira geral.

É importante notar que essa obra é praticamente idêntica a outra obra didática, o livro volume único Física Ciência e Tecnologia dos autores Nicolau Gilberto Ferraro, Paulo César Penteado, Paulo Toledo Soares e Carlos Magno Torres, publicado no ano de 2001. Além da presença em comum de dois autores Paulo César Penteado M. e Carlos Magno A. Torres, as duas obras apresentam a mesma qualidade gráfica, organização de conteúdos semelhantes, a mesma proposta pedagógicas, as mesmas leituras complementares e diversas gravuras idênticas.

Apresentação dos autor(es)

Os autores têm larga experiência em cursinhos pré-vestibulares e no Ensino Médio regular. O autor Paulo Cesar M. Penteado tem formação em Engenharia Naval pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, informação obtida em outra obra do autor. O outro autor, Carlos Magno A. Torres, é Bacharel e Mestre em Física pela Universidade de São Paulo é Especialista em Engenharia Elétrica, pela Escola Politécnica da USP. É Interessante notar que nenhum dos autores é licenciado em Física, ou tem outra formação na área de Educação, pelo que consta na obra.

Estrutura do livro

A obra é uma coleção de 3 volumes, sendo que o volume 1 tem um total de 230 páginas, o volume 2 apresenta 214 páginas e o volume 3 tem um total de 262 páginas. A impressão na sua grande parte é colorida, o papel é de boa qualidade e o formato 20,5 cm x 27,5 cm.

Distribuição dos assuntos

O desenvolvimento da teoria ao longo de cada capítulo é, de tempos em tempos, interrompida por uma série de exercícios propostos que visam sedimentar os conhecimentos adquiridos até aquele ponto. Com o objetivo de demonstrar uma aplicação mais imediata da teoria estudada, algumas séries de exercícios são precedidas por exemplos, destacados em quadro de fundo bege. Ao longo deste livro, são encontradas diferentes seções, que poderão ser trabalhadas de forma independente ou integradas ao desenvolvimento teórico. Algumas dessas seções podem ser exploradas durante as aulas como estímulo ao debate, possibilitando o despertar da curiosidade dos alunos através da Física que se apresenta no dia-a-dia.

No que diz respeito ao uso da História da Ciência, a obra busca reconhecer a Física como construção humana, dentro de um contexto histórico e social. Essa tarefa é realizada em diversos pontos da obra, em que informações corretas são apresentadas em relação a épocas, fatos e personagens históricos.

Entretanto, observa-se que em alguns pontos a obra não mostra a existência de rupturas no desenvolvimento histórico da ciência e apresenta, em geral, a visão de uma ciência que progride linear e cumulativamente. Por outro lado, os modelos científicos são construídos de forma adequada e correta, ainda que em certas passagens não se dê suficiente ênfase às distinções entre o modelo e realidade.

Livro 5: Física Volume 2

Autor(es): Antônio Máximo Ribeiro da Luz e Beatriz Álvares Alvarenga

Editora: Scipione

Apresentação do livro

A obra apresenta o texto de maneira contextualizada. Ao longo do texto, os autores deixam claro que existe uma preocupação em tornar o curso de Física mais interessante, tentando evitar o que se considera como uma obrigação escolar, motivando assim, tanto os jovens que pretendam continuar seus estudos em uma profissão ligada às ciências exatas, quanto aqueles que, provavelmente não mais

terão contato com o estudo da Física. A obra tem por finalidade constituir um complemento indispensável à formação cultural do homem moderno, não só em virtude do grande desenvolvimento científico e tecnológico do mundo atual, como também pela Física do dia-a-dia. Ao mesmo tempo em que a obra contempla o cotidiano e a tecnologia, notam-se também aspectos que permitem a preparação para o vestibular.

Apresentação dos autores

Os autores Antônio Máximo Ribeiro da Luz e Beatriz Alvarenga Álvares são professores do Departamento de Física da UFMG. Além desta obra, são também autores da coleção Física, em dois volumes, editada pela Oxford University Press em língua espanhola, e dos volumes únicos Física e Física - de olho no mundo do trabalho, editados também pela Editora Scipione.

Estrutura do livro

A obra é de coleção completa em 3 volumes, o volume 1 com um total de 376 páginas, o volume 2 com 400 páginas e o volume 3 com 416 páginas. A impressão é colorida, o papel é de boa qualidade e o formato 20,5 cm x 27,5 cm.

Distribuição dos assuntos

Os textos principais, as leituras complementares e as variadas atividades que compõem o livro constituem um projeto que consiste na produção de um trabalho que se presta ao auxílio real ao estudo e aprendizado da Física. O capítulo inicia o estudo de um determinado assunto com a leitura da seção que aborda aplicações do tema com o cotidiano do aluno. A tarefa é facilitada com a linguagem simples e a divisão do texto em pequenos blocos, com títulos indicativos de seu conteúdo. Existem leituras complementares ao longo do texto que mostram aplicações das leis e conceitos físicos em problemas do dia-a-dia. Após a leitura de cada seção, são apresentados os exercícios de fixação, que podem ser resolvidos com certa facilidade para assimilar o conhecimento em estudo. Existe um tópico que foi desenvolvido como uma extensão aos conhecimentos abordados. Usando uma

linguagem simples e o tratamento qualitativo da matéria, com pouco enfoque matemático, o texto apresenta ainda aspectos históricos do assunto, com uma visão mais moderna dos conceitos e leis a ele relacionados ou, ainda, suas aplicações tecnológicas interessantes e atuais. A revisão, que aparece no final de cada capítulo, tem o objetivo de dirigir o estudo, proposto para se ter uma visão global do assunto, após o estudo de cada seção separada. No final de cada capítulo estão propostas experiências simples que, em geral, requerem materiais disponíveis na própria residência do aluno. Os problemas são disponibilizados para que os estudantes testem os seus conhecimentos, e são apresentados em três níveis: problemas e testes, questões de exames vestibulares e do ENEM e problemas suplementares.

Livro 6: Física Volume Único

Autor(es): Aurélio Gonçalves Filho e Carlos Toscano

Editora: Scipione

Apresentação do livro

A obra se apresenta de forma contextualizada, organizada com o objetivo de compreender e apresentar o conteúdo específico da Física em situações do cotidiano. O conteúdo é visto de forma detalhada, dando uma maior ênfase aos aspectos qualitativos e menos destaque para os aspectos quantitativos. Nota-se também destaque para questões que têm vínculo com o texto, ficando clara a preocupação em passar uma boa formação em termos de cidadania para o aluno. A linguagem é simples e objetiva, sem perder o rigor científico no momento de apresentar os conceitos. Ao longo do texto, observam-se leituras complementares em caixas de texto, dando uma ênfase aos aspectos históricos envolvendo os principais temas abordados pela Física Clássica e Moderna.

Apresentação dos autor(es)

Ambos são licenciados em Física pela Universidade de São Paulo. O autor Carlos Toscano também é Mestre em Educação pela Faculdade de Educação da Universidade Federal de São Carlos, sendo que na apresentação existe um

destaque à sua área de atuação no mestrado, que é Metodologia de Ensino. Atuaram em escolas públicas e particulares lecionando ciências e Física, trabalharam em diversos projetos de Ensino de Física e cursos de formação de professores, sendo também co-autores dos livros de Física do Grupo de Re-elaboração do Ensino de Física (GREF).

Estrutura do livro

A obra é de volume único, com um total de 472 páginas, a impressão na sua maior totalidade é colorida, sendo o papel de boa qualidade e o formato 20,5cm x 27,5 cm.

Distribuição dos assuntos

Antes de a teoria ser desenvolvida, há uma contextualização. O desenvolvimento da teoria é apresentado em pequenos blocos, seguidos de aplicações do cotidiano e exercícios propostos em relação aos assuntos desenvolvidos. No fim de cada capítulo, há uma página destinada a aplicações tecnológicas, que tem como objetivo relacionar os principais conceitos do capítulo com aparelhos e instrumentos que encontramos no dia-a-dia. No fim da obra, há alguns capítulos complementares com conteúdos não estão disponíveis no texto principal, como, por exemplo, a Cinemática, que está disponibilizado no início do texto dos outros livros mais tradicionais. As questões do ENEM e dos principais vestibulares estão nas últimas páginas das obras, ficando nítido que a proposta inicial está mais voltada para a compreensão dos fenômenos cotidianos, dando ênfase ao caráter interdisciplinar da Física, do que especificamente à preparação para o vestibular. Mesmo a obra sendo estruturada na forma de um volume único, possibilita uma compreensão clara dos conceitos básicos da Física. A obra apresentando diversas atividades que geram oportunidades de aprendizagem às diferentes realidades dos alunos. O texto da obra valoriza a discussão e a compreensão dos conceitos físicos.

No aspecto do uso da História da Ciência e da problematização dos modelos científicos, os autores fazem uso de uma abordagem na forma integrada ao processo de construção cultural destacando a Física como uma construção humana.

O conteúdo é trabalhado a partir de situações-problema do cotidiano, tomadas como ponto de partida para a discussão do conteúdo.

6.2 A presença da História da Ciência nas obras analisadas

Os resultados da análise da presença de elementos históricos associados ao modelo ondulatório de Huygens nos livros didáticos foram organizados de acordo com os pontos já apresentados. Optou-se por organizar os resultados obtidos em cada livro didático analisado.

Livro 1 Universo da Física Volumes 2 e 3

Autor(es): José Luiz Sampaio e Caio Sérgio Vasquez Calçada

No prefácio os autores apresentam o livro como uma obra elaborada para aprimorar o aspecto de interdisciplinar da física. Os autores argumentam sobre a importância da cultura para o desenvolvimento do cidadão.

O volume 2 apresenta um total de 520 páginas, sendo 218 (41,9%) destinadas ao estudo da ótica. O capítulo sobre ondas é abordado no volume 3. A natureza da luz é abordada em 5 páginas (2,3%)

Apresenta um total de 471 exercícios, dos quais nenhum é voltado para os modelos da luz. O texto é praticamente todo voltado para a ótica geométrica (98%).

Nas explanações sobre a natureza da luz, cita apenas Newton e muito pouco da teoria corpuscular, explica modelo ondulatória (p.328) dizem que a luz é uma onda, não indicando o tipo da onda, se é de natureza mecânica e nem mesmo cita o nome de Huygens.

Ao explicar a dualidade onda-partícula da luz (p.331), não explicita que o conceito de fóton não é o mesmo usado por Newton em seus corpúsculos, o que poderia levar o leitor a associar a teoria quântica a uma confirmação das idéias de Newton.

Apresenta a Luz como o resultado da movimentação de cargas elétricas no espaço, sendo assim classificada como uma onda eletromagnética (p.330).

Na obra o modelo ondulatório da luz não é abordado pelo aspecto histórico, os autores optaram por uma abordagem prática.

Ao término do volume 2, no livro do aluno, os autores apresentam as obras de referência, em um total de 33, e dessas 15 (45,4%) são relacionadas à História e Filosofia da Ciência. Os autores, porém optaram pela omissão de fatos históricos referentes à natureza da luz, provavelmente para tornar o texto mais dinâmico.

Livro 2 Física Volume Único

Autor(es): José Luiz Sampaio e Caio Sérgio Vasquez Calçada

No prefácio da obra, os autores argumentam a importância da formação científica para o exercício da cidadania e para o ingresso no mercado de trabalho. Informam ainda da existência de textos ao longo do capítulo sobre História da Física e sugestões de leitura para o estudante.

Os capítulos de ótica e ondas, unidade 3 (p.204) e unidade 4 (p.244), não trazem leituras complementares sobre História da Ciência.

O livro apresenta um total de 472 páginas, sendo 58 (12,2%), destinadas ao estudo de ótica e ondas. Foram identificadas apenas 2 páginas (3,4%) dedicadas a estudos sobre a natureza da luz. A obra apresenta um total de 70 exercícios sobre os temas, não foram identificados exercícios ou questões destinados a avaliar o conhecimento sobre a natureza da luz.

O texto da obra não apresenta dados históricos sobre os modelos acerca da natureza da luz. Foi identificada apenas uma informação (p. 249) a respeito da natureza eletromagnética da luz, sem nenhum dado histórico.

Livro 3 Física Volume Único

Autor: Alberto Gaspar

No prefácio da obra o autor apresenta um guia de estudos que irá mostrar aos alunos que a Física é uma ciência fascinante, construída ao longo dos tempos por indivíduos, cada um no seu contexto histórico cultural. Apresenta a física como sendo fundamental para entender o mundo. Informa que o texto apresenta muitas informações históricas, mas também apresentam todo o rigor necessário para que o aluno aprenda ciências.

O livro apresenta um total de 552 páginas sendo 115 páginas referentes ao estudo de ótica e ondas (20,8%). Dessas páginas, 3 são para o comportamento da luz (2,6%). Sobre a temática de ótica e onda, a obra apresenta um total de 137 exercícios, dos quais 3 (2,2%) são destinados a avaliar o conhecimento sobre a natureza da luz.

No início da unidade II (p.212), separa-se a ótica geométrica da ótica física, definindo a luz como uma propagação ondulatória de natureza eletromagnética. Cita as discussões a respeito da sua natureza nos séc. XVII e XVIII (p.212). Não cita o modelo de Huygens e apresenta poucas informações históricas sobre a natureza da luz. O livro cita 118 referências, sendo que dessas 26 (22%) são relacionadas à História e Filosofia da Ciência.

Livro 4 Física: Ciência e Tecnologia Volume 2

Autor(es) : Paulo César M. Penteado e Carlos Magno A. Torres

O prefácio do livro começa com três perguntas:

“ Como surgiu a física?

De que maneira ela se apresenta em nosso cotidiano?

Em que ela pode nos ajudar?”

Em seguida os autores afirmam que ao longo do texto, o aluno será capaz de perceber as respostas a essas perguntas. O conteúdo apresentado no livro é o básico de ensino médio e capítulos sobre a física do séc. XX. Os autores dizem que tem preocupação com a formação intelectual e social do aluno.

O livro apresenta um total de 214 páginas, deste número tem-se um total de 109 (50,9%) destinadas para o ensino de ótica e ondas. Dentro dos capítulos de ótica e ondas, foram observadas um total de 4 (3,7%) páginas destinadas ao comportamento da luz. O livro apresenta um total de 249 exercícios de ótica e ondas e 3 páginas (1,2%) para o comportamento da luz .

No início do capítulo 4, com o título A luz (p.147), o texto apresenta a luz como uma onda eletromagnética, responsável pela sensação da visão. O nome de Huygens é citado fora dos capítulos relacionados à ótica, no capítulo relacionado a ondas eletromagnéticas no volume 3, como sendo uma atividade oscilatória de um meio não identificável (p.127).

No texto, tanto do volume 2 quanto no volume 3, não são citados dados sobre o tipo de onda proposto por Huygens.

No decorrer do texto do volume 3, são citados também o modelo de Newton, a experiência de Young e a sua importância para a determinação do caráter ondulatório da luz (p.127) dos estudos de Maxwell e Einstein (p.212), citados na obra ao tratar da dualidade onda-partícula da luz, no capítulo sobre Física Quântica. Ao fim do livro, há uma lista de obras de referência, num total de 47, sendo 11 (23,4%) ligadas à História e Filosofia da Ciência.

O texto do livro tem um caráter basicamente informativo, abordando principalmente aplicação tecnológica e situações do cotidiano.

Livro 5 Física Volume 2

Autor(es): Antônio Máximo Ribeiro da Luz e Beatriz Álvares Alvarenga

No prefácio, os autores abordam a importância do estudo da física para a formação cultural do indivíduo, que está intimamente ligada ao nosso dia-a-dia. Mostra que a física é uma tradução da natureza por meios de modelos e que durante os estudos os alunos conhecerão alguns nomes que contribuíram para aperfeiçoar esses modelos.

O livro apresenta um total de 400 páginas, sendo que 159 (39,7%) estão reservadas para estudos de ótica e ondas. Das 159 páginas desses capítulos, temos 13 destinadas para discussões sobre a natureza da luz (8,2%).

A estrutura de exercícios apresenta um total de 347 páginas sendo 9 (2,6%) destinados a estudos relacionados ao comportamento da luz, que é discutido em dois tópicos, um sobre a medida da velocidade da luz (p.218) e outro sobre os modelos corpuscular e ondulatório (p.269) . Ao apresentar o modelo ondulatório de Huygens não descreve com detalhes o seu modelo, apenas afirma que Huygens considerava a luz como uma onda, não citando se longitudinal ou mecânica. O texto apresenta a contribuição de diversos nomes como Leonardo da Vinci, Galileu, Roemer, Newton, Hooke, Young, Foucault, Fizeu, Maxwell e cita um pouco a idéia grega de luz (p.218) e (p.269). A luz é definida como onda após a descrição do fenômeno de difração (p.310), concluindo que luz é uma onda, pois somente ondas sofrem difração.

O texto apresenta uma grande riqueza de datas, fatos e personagens da história da ciência, porém o modelo da luz de Huygens não foi abordado corretamente, com a simplificação de dizer que Huygens pensou na luz como uma onda semelhante ao som (p.270).

O livro do aluno cita 43 referências, sendo que dessas 21(48,8%) são relacionadas a História e Filosofia da Ciência.

Livro 6 Física Volume Único

Autor(es): Aurélio Gonçalves Filho e Carlos Toscano

No prefácio da obra, os autores apresentam diversas situações do cotidiano, mostrando que existe uma estreita relação entre o conhecimento formal da Física e o dia-a-dia do estudante. O livro tem como objetivo estabelecer uma ligação entre o conjunto de informações a que o estudante tem acesso e o conhecimento sistematizado pela Física. Dessa forma os autores consideram o caráter interdisciplinar da Física, contextualizando-a no cotidiano do aluno. Não foram identificados no prefácio da obra intenções explícitas do uso da História da Ciência.

O livro apresenta um total de 472 páginas, sendo 79 páginas referentes ao estudo de ótica e ondas (16,7%). Sendo que dessas, 14 páginas são para o comportamento da luz (17,7%), praticamente todas (13 páginas) localizadas em apenas um único capítulo (p.250), identificado na obra como “Luz: Partícula ou onda?”, com um destaque especial para a descrição históricas dos modelos acerca da natureza da luz. Ao longo dos capítulos relacionados a ótica e ondas, foram identificadas 12 páginas (16,4%) como informações relacionadas à História da Ciência.

O modelo de Huygens é apresentado ao longo do texto como uma alternativa ao modelo corpuscular de Newton (p. 253). Também mostra que Huygens considerava a onda de luz como semelhante às ondas sonoras propagando-se no ar (p.253). Em seguida, descreve o meio de propagação da luz como sendo o Éter (p.265).

Nesses capítulos relacionados a ótica e ondas, a obra apresenta um total de 34 exercícios, sendo 11 (32,3%) destinados a avaliar o conhecimento sobre a natureza da luz.

O livro do aluno cita 50 referências, sendo que dessas 10(20%) são relacionadas à História e Filosofia da Ciência.

7 DISCUSSÃO

De forma a tornar a apresentação dos resultados mais clara, optou-se por mostrar os dados obtidos quanto às categorias analisadas nas tabelas 3 e 4.

Na Tabela 3, são mostrados os dados obtidos considerando as seguintes categorias:

- A) Identificar se o(s) autor(es) de cada obra tem a intenção de utilizar a História da Ciência ao longo do texto;
- B) Identificar se o(s) autor(es) de cada obra apresenta(m) a natureza da luz em uma abordagem histórica;
- C) Identificar se o(s) autor(es) de cada obra cita(m) o trabalho de Huygens nos textos relacionados à natureza da luz.

Tabela 3: Resultado da presença das categorias pesquisadas nos livros didáticos.

Categorias Livros	A	B	C
1	X	X	
2	X		
3	X	X	
4	X	X	X
5	X	X	X
6		X	X

A categoria que trata da presença dos elementos básicos do modelo de Huygens foi colocada em separado na tabela 4, para melhor detalhamento dos dados.

Tabela 4: Resultado da busca de elementos do Modelo de Huygens nos livros didáticos.

Livros	Elementos chave do modelo ondulatório de Huygens				
	Mecanicista	Éter	Ondas De Choque	Ondas Aperiódicas	Ondas Longitudinais
1					
2					
3					
4					
5					X
6	X	X	X		X

A partir da caracterização dos livros analisados, podemos concluir que boa parte deles tem mais de um autor responsável pela obra, sendo que um dos livros apresenta um grupo de autores com uma considerável experiência no ramo editorial. Metade das obras pesquisadas é de volume único.

Observa-se também que os autores têm considerável experiência de magistério em colégios particulares e cursinhos pré-vestibulares, o que permite inferir que a maior parte deles pode ter ainda uma visão tradicional do ensino de Física.

Todas as obras citam em seus prefácios uma preocupação em apresentar a Física como uma ciência capaz de contribuir para a formação de um cidadão crítico-reflexivo, porém o objetivo de preparar para os exames de vestibulares continua a mostrar-se importante no projeto pedagógico das obras analisadas.

Em relação à formação acadêmica, foi observado que alguns autores atuam como pesquisadores no campo do Ensino da Física, mas, a maioria das obras foi escrita por engenheiros ou bacharéis em Física. De fato, verifica-se que apenas dois autores têm uma formação específica na área de pesquisa em Ensino de Física, sendo um deles Mestre em Educação na área de Metodologia de Ensino e o outro Mestre em Ensino de Física e Doutor em Educação.

Os dados obtidos pela caracterização dos livros didáticos mostram uma preocupação quase unânime das obras analisadas quanto à importância da Física

para formação cultural do estudante. Também é observado que a maioria das obras didáticas argumenta que é fundamental para o ensino de Física situar historicamente os conteúdos abordados. No entanto, a ausência de informações ou a fragilidade com que esse tema foi abordado por diversos autores, revela que a expectativa criada pelas declarações nem sempre é realizada.

A proposta pedagógica apresentada pelos autores no prefácio da obra nem sempre corresponde às estratégias usadas ao longo do texto. Tal fato sugere que, antes de escolher um livro didático, o professor deve fazer uma leitura cuidadosa de toda a obra.

Como se percebe nos resultados pela busca de elementos da História da Ciência, a parte dedicada a *Ótica e Ondas* varia consideravelmente de obra para obra, principalmente se essa é uma coleção ou volume único.

Os livros tipo volume único (que representam 50% da amostra), dedicam em média 16,6% (de 12,2% até 20,8%) de suas páginas para estudos relacionados com ótica e ondas, enquanto as coleções completas mostram uma média de 44,2% (de 39,7% até 50,9%).

Além disso, os textos relacionados à natureza da luz ocupam um espaço reduzido ao longo dos capítulos de ótica e ondas. Para os livros didáticos tipo volume único, há uma grande variação na quantidade de páginas destinada a estudos sobre a natureza da luz, de 2,3% até 17,7%. Para o caso das obras em coleção completa, a variação é menor, de 3,4% até 8,2%, tendo em média 5,1% das páginas de ótica e ondas dedicadas ao estudo da natureza da luz. Esses resultados mostram que os livros didáticos privilegiam a chamada “Ótica geométrica”, em detrimento da discussão sobre a natureza da luz.

Como consequência, os autores desses livros tendem a privilegiar um tratamento matemático dos fenômenos óticos. Assim, o professor tem que escolher entre não fazer uma discussão sobre a natureza da luz, fazê-la de forma precária ou providenciar um material didático extra sobre a natureza da luz.

A obra didática que mais dedicou páginas para uma discussão da natureza da luz foi o livro 6, com 17,7% das páginas dos capítulos de ótica e ondas. Para tal, os autores da obra optaram por fazer um capítulo dedicado à natureza da luz, atitude essa que tornou o texto dos capítulos mais organizado.

Em todas as obras foram observadas listas de referências básicas variando de 33 a 118 livros consultados pelos autores, desses 31,9% são fontes relacionadas a

Filosofia e História da Ciência, o que mostra a priori uma preocupação em elaborar textos com elementos históricos da Física. Em nenhum dos livros analisados o texto original de Huygens ou a sua tradução foram encontrados, nas referências. Portanto, como foram observadas distorções dos elementos básicos da teoria de Huygens esse resultados sugere que as fontes consultadas pelos autores dos livros didáticos, não apresentaram uma discussão acerca da teoria de Huygens. Em pesquisas realizadas [15],[17],[54],[55] são observados que livros didáticos para cursos superiores, que são usados para consulta e referências pelos autores das obras didáticas destinadas ao Ensino Médio, a teoria ondulatória de Huygens aparece distorcida e tem diversos aspectos omitidos, nesses textos.

Ainda em relação às referências dos livros, pode-se observar que todas apresentam uma lista de referências, fatos esse que não foi observado em outras pesquisas realizadas com uma temática semelhante [5]. O que representa um considerável ganho na qualidade dos livros didáticos de Física para o Ensino médio.

Ao tratar a natureza ondulatória da luz, apenas os livros 5 e 6 (33,3% dos livros indicados pelo PNLEM 2009) acenaram para uma discussão histórica acerca da teoria ondulatória de Huygens. Apenas o livro 6 indicou que o modelo ondulatório de Huygens supunha uma onda mecânica longitudinal, que propagava no éter. Nenhum dos livros analisados enfatizou que a onda proposta por Huygens era basicamente uma propagação de choques nas partículas de éter, não apresentado propriedades periódicas. Também não foi observada nos textos analisados a preocupação dos autores em fazer distinções entre ondas mecânicas e eletromagnéticas, durante as explanações dos sobre a natureza da luz.

8 CONCLUSÃO

O objetivo da pesquisa foi comparar a teoria da luz de Christiaan Huygens, na forma como foi apresentada por seu autor no *Tratado da Luz*, no século XVII, com a versão que lhe é atribuída em livros didáticos de Física para o ensino médio. Os resultados indicam que o modelo ondulatório de Huygens não é apresentado conforme o texto original, em nenhum dos seis livros didáticos de Física recomendados pelo PNLEM 2009, para o Ensino Médio, analisados pela pesquisa.

Mesmo que alguns livros apresentem alguns textos relacionados à História da Ciência e tentativas de discutir a evolução das teorias acerca da natureza da Luz, o modelo ondulatório de Huygens é omitido na maioria das obras (66,7%). Em 50% da amostra pesquisada, o nome de Huygens nem é citado, sugerindo que a preocupação com relação ao uso da História da Ciência para a formação científica do aluno, mostrada no prefácio da maioria das obras (83,3%), não foi confirmada no recorte pesquisado.

Todas as obras analisadas apresentam uma considerável lista de referências básicas e referências relacionadas com História e Filosofia da Ciência. Em média, 32% das referências apresentadas nas obras estão relacionadas com História e Filosofia da Ciência, mesmo assim os trechos analisados em cada livro continham pouca informação histórica sobre a natureza da luz e o modelo Ondulatório de Huygens. Esse fato indica que os elementos básicos do modelo de Huygens, conforme a obra original, não foram discutidos nas fontes de referências, que os autores dos livros didáticos consultaram.

Outro ponto relevante. é que nenhum dos livros analisados faz referência direta à obra original de Huygens, apresentada pelo autor em 1678 e publicada em 1690, indicando que, pelo menos neste caso, há uma omissão importante nos livros didáticos do Ensino Médio. O *Tratado da Luz* conta, inclusive, com uma excelente tradução em português. A inexistência de qualquer citação nas listas de referências das obras pode indicar um dos fatores responsáveis pelas distorções encontradas.

Esse fato sugere que os autores não tiveram acesso a um texto clássico de sua área de estudos. Esse é um fato grave, pois atualmente há um grande acervo de obras originais e trabalhos de qualidade sobre a História da Ciência disponíveis

na Internet, que pode ser de grande ajuda para autores e professores, e contribuir para minimizar as distorções históricas presentes nos livros didáticos.

Esse resultado permite ainda fazer uma reflexão a respeito da qualidade das informações das fontes usadas pelos autores de livros didáticos. Se a teoria ondulatória de C. Huygens aparece distorcida nos textos didáticos para o ensino médio e a fonte primária não foi consultada, então pode-se admitir a existência de pelo menos uma fonte de referência que esteja propagando erros históricos e/ou conceituais nos textos didáticos. Essa hipótese merece ser investigada por outras pesquisas relacionadas aos livros didáticos a fim de evitar outras distorções do mesmo gênero.

Deve-se também, refletir sobre o uso de fontes primárias na elaboração de textos didáticos. Anteriormente, essas fontes eram de acesso muito restrito. Entretanto, após o início comercial da Internet, a partir de 1995, com a disponibilização crescente de obras originais e artigos de qualidade sobre História da Ciência, tal solução se tornou viável e certamente contribuirá para evitar ou mesmo eliminar distorções históricas nos livros didáticos.

Dentre os diversos critérios exigidos pelo MEC, o que foi investigado na pesquisa diz respeito à incorporação de aspectos da História da Ciência nos livros didáticos de Física. Apesar dos livros analisados na maioria dos casos apresentarem distorções, ausências e principalmente simplificarem os fatos, apresentado uma visão errônea da evolução histórica de conceitos da Física, de certa forma foi observado uma tentativa, mesmo que modesta de inserir a História da Ciência no Ensino de Física para a Educação Básica. O que se espera é essa tentativa nos próximos anos deixe gradativamente de ser modesta e tome uma forma mais robusta nos próximos livros didáticos a serem aprovados nos futuros PNLEM.

Ao contemplarem alguns aspectos históricos em suas páginas, os autores estão reproduzindo aspectos da História da Ciência a que tiveram acesso através de fontes de outros autores, certamente com concepções diferentes sobre o mesmo fato ou período. Portanto, os livros didáticos de Física do Ensino Médio apresentaram, logicamente, diferentes concepções de aspectos ligados à História da Ciência, principalmente pelo fato de que o processo de produção de um livro didático envolve a decisão de autores, editoras, ilustradores e a maneira como vai estar dispostos os conteúdos nos livros.

Apesar dessas dificuldades, alguns dos livros analisados apresentaram uma tentativa de mostrar a trajetória de algumas teorias sobre a Natureza da Luz de maneira mais consistente, contribuindo assim para que o educasse perceba que a superação e persistência foram fundamentais para a evolução da ciência, contribuindo assim para desmistificar a imagem veiculada em outros meios de divulgação de que a Ciência é uma forma de saber pura e absoluta. Ainda assim, o que ficou mais registrado nos textos foram os acertos, sendo poucos os autores que explicitaram os erros no processo de desenvolvimento da ciência.

Ao abordarem os aspectos matemáticos do desenvolvimento de uma teoria, os autores o reduzem à apresentação das equações que, apoiando-se na prática docente tradicional, acabam por reduzir-se a meras expressões matemáticas que servem apenas à resolução de problemas, constituindo-se num mar de equações sem sentido, por não ser descrito o seu processo de elaboração.

Em relação à evolução histórica da teoria ondulatória, em especial o modelo de Huygens, ficou nítido que a maioria dos autores dos livros analisados optaram por simplificar ou ignorar esse tópico em favorecimento do estudo da Ótica geométrica. Essa escolha pode ser explicada pela ainda presente pressão [5] que sociedade escolar exerce sobre as editoras e, por conseguinte, nos autores, para a produção de materiais voltados a preparação dos exames de vestibular.

Por fim, de acordo com os dados obtidos nesta pesquisa, a maioria dos livros didáticos ainda não apresenta textos de qualidade sobre História da Ciência. Apesar de que bons exemplos do uso da História da Ciência em livros textos, especificamente nos livros 5 e 6, isso não constituiu uma regra, mas uma exceção. Dessa forma, a discussão acerca da presença de textos de qualidade relacionados à História da Ciência nos livros didáticos, principalmente os destinados à educação básica, ainda deve ser tratada como um tópico ativo na pesquisa do Ensino de Ciências. O autor espera que a presente pesquisa, mesmo sendo limitada em espectro, possa contribuir para enriquecer a discussão sobre a importância da História da Ciência no material didático destinado à educação básica.

REFERÊNCIAS

- 1 ALMEIDA, J.B. **A evolução do Ensino de Física no Brasil 1º parte.** Revista Brasileira de Física, vol.1. n. 1, pp.45-58, 1979
- 2 NICIOLI, R.B, MATTOS, C.R. **Uma análise dos livro didáticos de Física no início do sec. XX**, Atlas do V ENPEC, Brasil, N.5, 2005
- 3 CARVALHO, C. **A história da indução eletromagnética contada em livros didáticos de Física.** 2007.143 f. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Paraná, Curitiba (PR), Brasil, 2007.
- 4 WUO, Wagner. **A Física e os livros uma análise do saber físico nos livros didáticos adotados para o ensino médio.** 2000.180f. Dissertação de mestrado, Instituto de Física e Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, Brasil, 2000.
- 5 PIMENTEL. J.R. **Livros Didáticos de Ciências: A física e Alguns problemas**, Caderno Catarinense de Ensino de Física , V. 15, n.3, pp. 308-318, 1998
- 6 BRASIL, Ministério da Educação e Cultura, INEP, **Estatísticas da distribuição de livros didáticos para o ensino médio, pelo PNLEM**, disponível em <ftp://ftp.fnde.gov.br/web/livro_didatico/rff_pnlem_2008.pdf> Acesso em 25 de março de 2008.
- 7 GAYÁN, E. e GARCÍA, P. E **Como escoger un libro de texto? Desarrollo de un instrumento para evaluar los libros de texto de ciencias experimentales**, Enseñanza de las ciencias, Número Extra, V Congresso, pp. 249- 250, 1997.
- 8 VANNUCCHI. A.I. **História e Filosofia da Ciência: Da teoria para a sala de aula.** 1996. 131 f. Dissertação de mestrado, Instituto de Física e Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, SP, Brasil 1996.
- 9 SANTOS, C.H.V. **História e Filosofia da Ciência nos Livros Didáticos de Biologia do Ensino Médio: Análise do conteúdo sobre a Origem da Vida.** 2006. 85 f. Dissertação de Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática, Universidade Estadual de Londrina, PR, Brasil 2006.
- 10 BRASIL. Ministério de Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Orientações Curriculares para o Ensino Médio: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias.** Brasília: MEC/Semtec, 2008.
- 11 CHOPPIN, A. **História dos livros didáticos e das edições didáticas: sobre o estado da arte.** Educação e Pesquisa, v. 30, n. 3, pp. 549-566, 2004.

- 12 BRASIL. Ministério da Educação Secretaria de Educação Básica, **Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação, Física**: catálogo do Programa Nacional do Livro para o Ensino Médio : PNLEM/2009, Brasília 2008.
- 13 SHAPIRO, A. E.. **Kinematic Optics**: A Study of the Wave Theory of Light in the Seventeenth Century. *Archive For History of Exact Sciences*, v. 11, n. 2-3, pg. 134-266, 1973
- 14 MARTINS, R.A. **Tratado sobre a luz**, Cadernos de História e Filosofia da Ciência, São Paulo, v.4, pp.5-99, 1986. Suplemento
- 15 SILVA.F.W.O. **A evolução da teoria ondulatória da luz e os livros didáticos**. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 29, n. 1, pp. 149-15, 2007
- 16 FRANCO, M.C. **Quando nós somos o outro**: Questões teórico- Metodológicas sobre os estudos comparados. *Educação & Sociedade*, ano XXI , n. 72, pp. 197-230, 2000
- 17 ARAUJO, S.M, SILVA,F. W. O da. **O Principio de Huygens em livros de Física para cursos superiores**, I Encontro de Pesquisadores em Educação de programas de Pós-Graduação em Belo Horizonte, Belo Horizonte, MG, Brasil, 2009.
- 18 MATTHEWS, M.R. **Science Teaching**: The role of History and Philosophy of Science. London: Routledge, pp. 190 -287, 1994.
- 19 BRASIL, Ministério da Educação e Cultura, **Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio**. Disponível em <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencian.pdf>>. Acesso em 21/04/2008.
- 20 DELIZOICOV, N.C. **O Professor de Ciências e o livro didático no ensino de programas de saúde**.1995. 102 f. Dissertação de Mestrado. Centro de Ciências da Educação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis SC, Brasil, 1995.
- 21 MORTIMER, E.F . **O Ensino de teoria atômica e de ligação química no segundo grau; drama, tragédia ou comédia?**.1988. 200 f. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Minas Gerais, MG, Brasil,1988.
- 22 LORENTZ, K. **Os livros didáticos e o ensino de ciências na escola secundária brasileira no século XIX**. *Ciência e Cultura*, São Paulo, v.30, n ° 3, mar,1986.
- 23 BRASIL. Ministério de Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Orientações Curriculares para o Ensino Médio**: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: MEC/Semtec, 2008.

- 24 ROSA, C.W. da; ROSA, A.B. da. Ensino de Física: objetivos e imposições no ensino médio. **Revista Eletrônica de Enseñanza de las ciencias**. Vol.4, N ° 1, 2005.
- 25 SCAFF, E.A.S. O guia de livros didáticos e sua utilização no Brasil e no Estado do Mato Grosso do Sul. **Revista de Educação Pública**, V 9, n ° 15, pp. 1-15, dez, 2004.
- 26 PIETROCOLA, M. **Construção e Realidade: o papel do conhecimento físico no entendimento do mundo**. Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora, Pietrocola, M. (org). Florianópolis: Editora da UFSC/INEP, , 2001.
- 27 SILVA,V.B, Correia,A.C.L. **Saberes em viagens nos manuais pedagógicos (Brasil – Portugal)**. 25° International Standing Conference for the History of Education, ISCHE, São Paulo, 2003.
- 28 DAMASIO, M.L. L. **Os livros didáticos de ciências e a abordagem do tema resíduos sólidos urbanos**. 2003. 105 f. Dissertação de Mestrado - Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, Bauru, SP, Brasil, 2003.
- 29 RABELLO, L. **Produção e vendas do setor editorial brasileiro**. Pesquisa realizada pela Fundação Getulio Vargas, Rio de Janeiro, 2007. Disponível em <<http://www.cbl.org.br/pages.php?recid=58>>. Acesso em 25 de março de 2008.
- 30 FRANCALANZA, H, Neto, J.M. **O livro Didático de Ciências: Problemas e Soluções**. Revista Ciência & Educação, v. 9, n. 2, p. 147-157, 2003.
- 31 BRASIL, Presidência da República, Casa Civil, Subchefia para assuntos Jurídicos. **Lei de Diretrizes e bases da Educação, LDB (1996)**. disponível: <http://legislação.planalto.gov.br/legisla/legislação.nsf/viwi-identificação/lei_9394-1996> acesso em 15 de junho de 2009 .
- 32 CHOPPIN, Alain.. **Las políticas de libros escolares en el mundo: perspectiva comparativa e histórica**. PÉREZ SILLER, J.Y RADKU, GARCÍA, V.(coords):Identidad en el imaginario nacional. Reescritura y enseñanza de la historia. México, Instituto de Ciencias Sociales y humanidades de la Universidad Autónoma de Puebla / El colegio de San Luis y Georg Eckert Institut p169-180, 1998
- 33 MARTINS, R.A.. **Sobre o papel da História da Ciência no Ensino**. Boletim da Sociedade Brasileira da História da Ciência, nº 9 , pg.3-5,1990.

- 34 MATTHEWS, M.R. **História, Filosofia e Ensino de Ciências:** a tendência atual de reaproximação. Caderno Catarinense de Ensino de Física, Florianópolis, v.12, n.3, p.164-214, 1995.
- 35 NEVES, M. **O Resgate de uma História para o Ensino de Física.** Caderno Catarinense de Ensino de Física, Florianópolis, v.9, n.3, p.215-224, Dez.1992.
- 36 MACH, E. **The Science of Mechanics:** A Critical and Historical Exposition of Its Principles. Chicago, IL: Open Court, 1893.
- 37 LEWIS, J.L. **O Ensino da Física Escolar.** I.Trad. Eduardo Salomão. Lisboa: Editora Estampa, 1976.
- 38 LEWIS, J.L. **O Ensino da Física Escolar III.** Trad. Eduardo Salomão. Lisboa: Editora Estampa, 1976.
- 39 WANG, H.A; SCHMIDT, W.H. **History, Philosophy and sociology of Science of Science Education:** Results from the third Internacional Mathematics and Science study. Science e Education, Netherlands, p51-70, 2001.
- 40 BASTOS, F. **História da Ciência e Ensino de Biologia.** 1988. 212 f. Tese de doutorado em educação, Universidade de São Paulo, SP, Brasil , 1988.
- 41 KUHN, T. S. **A Estrutura das revoluções científicas.** 8º ed. São Paulo: Perspectiva, 2003.
- 42 CRUZ, F.F.S; KAWAMURA, M.R.D, ABRANTES, P.C.C, MARTINS, R. **Mesa – Redonda:** Influência da História da Ciência no ensino de Física. Caderno Catarinense de Ensino de Física, Santa Catarina, v.5, n. especial, jun.1988. (resumida e adaptada pelo Conselho Editorial C.C.E.F).
- 43 BIZZO, N.M.V. **História da Ciência e ensino:** onde terminam os paralelos possíveis ? Ciência Hoje. v.11, n.55, p.28-35, 1992.
- 44 MARTINS, R.A. Como não escrever sobre História da Física- um Manifesto Historiográfico. **Revista Brasileira de Ensino de Física.** v.23, n.1, pp.131-129, 2001
- 45 LANGEVIN, P. **O valor educativo da História das Ciências.** In Gama, R. (org).Ciência e Técnica: antologia de textos históricos. São Paulo: T.A.Queiroz, 1992.
- 46 CHALMERS, A.F. **O que é Ciência Afinal?** 1º ed. São Paulo: Braziliense, 1993.

- 47 PRETTO, N.L. **A ciência nos livros didáticos**. 1º ed. Campinas: Unicamp, 1985
- 48 YOUNG, T . **"A syllabus of a course of lectures on natural and experimental philosophy"** .The Royal Institution, Londres, 1802. Disponível em: <<http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k215297c> > Acessado em 04/04/08.
- 49 EISBERG, R.M. **Fundamentos da Física Moderna**. 1º ed. Rio de Janeiro: Guanabara Dois S.A, 1979.
- 50 **Trabalhos completos de Christiaan Huygens**, Disponível em <<http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k77849n>> acesso em 25 de março de 2008.
- 51 PINSKY, C.B. **Fontes Históricas**. 1º ed. São Paulo: Contexto, 2006.
- 52 SILVA, C. C, MARTINS R.A. **"A Nova teoria sobre a luz e cores" de Isaac Newton**: Uma tradução comentada. Revista Brasileira de Ensino de Física, v.18, n.4, pp. 313-327.1996
- 53 COSTA, R. A, SILVA, F. W. O. **Critérios Adotados Por Professores de Matemática na Seleção do Livro Didático**. I Encontro de Pesquisadores em Educação de programas de Pós-Graduação em educação de Belo Horizonte, Belo Horizonte, MG, Brasil, 2009.
- 54 ARAUJO, S. M, SILVA, F. W. O. **A teoria ondulatória de Huygens nos livros didáticos de Física para o Ensino Médio**. IX EPEF, Encontro de pesquisa em Ensino de Física, Curitiba, PR, 2008
- 55 ARAUJO, S. M, SILVA, F. W. O. **A teoria ondulatória de Huygens nos livros didáticos de Física para cursos Superiores**. Ciência e Educação, V.15 n.2, p. 32-41, 2009

Abu-Ali Al-Hasan	60
Albert Einstein,	67, 68, 92
Aristóteles,	60
Augustin Fresnel,	65, 66
Bartholinus,	61,62
Blasing de Parma,	60
Christiaan Huygens,	17,18,20, 62, 63, 66, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 76, 77, 83, 92, 93, 94, 95, 96, 98, 99, 100, 101
Comênio,	24, 25
Cristal da Islândia,	62
Didática Magna,	24, 25
Difração,	60, 65, 66
Dupla Refração,	60, 62
Efeito Fotoétrico,	67
Ensino de Física,	13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 81, 82, 83, 99, 100,101
Empédocles,	60
Estudos Comparados,	75, 76
Éter,	61, 62, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 92
Étienne Malus,	64
Física Quântica,	67, 76, 92
FNDE,	29, 36, 37, 38
Fótons,	67, 92

Francesco Grimaldi,	60, 61, 62
François Jean Arago,	65
Guia do Livro Didático,	35, 36, 37, 38
Gustavo Capanema,	27
Christian Oersted,	66
Heinrich Rudolf Hertz,	67
Historia da Ciência,	14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 24, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 52, 53, 57, 58, 59, 68, 69, 76, 77, 83, 90, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101
Isaac Newton,	61, 62, 63, 83, 92, 93, 94
James Maxwell,	66, 67, 92
LDB,	32, 40
Leon Foucault,	62, 92
Leonhard Euler,	63, 64
Livro didático,	15, 16, 17, 18, 19, 21, 22, 23, 23, 24, 25, 26, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 57, 58, 59, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 99, 100, 101
Louis Fizeau,	62, 92
Max Planck,	67
Michael Faraday,	66
Paolo Toscanelli,	60
PCN,	21, 22, 24, 40, 43, 44, 45, 50, 51, 52
Phillip Lenard,	67
Simon de Laplace,	64
Pitágoras,	60
Platão,	60

PNLD,	22, 28, 29, 35, 36, 37, 38, 39
PNLEM,	18,19, 20, 28, 29, 33, 34, 40, 41, 42, 98, 99, 100
Poisson,	65
Polarização da Luz,	64
Princípio de Huygens-Fresnel,	66
René Descartes,	61
Robert Boyle,	60, 61
Robert Grosseteste,	60
Robert Hooke,	60, 61, 62, 63, 92
Röemer,	71, 92
Roger Bacon,	60
Royal Society,	49, 62, 63, 64
Teoria Corpuscular da Luz,	62, 63, 68, 64, 65, 66, 91, 92, 94, 93, 99
Teoria Ondulatória da Luz,	17,18, 62, 63, 64, 65, 66, 89, 91, 92, 93, 94, 98, 99, 100
Thomas Kuhn,	53, 54, 55, 56, 58
Thomas Young,	63, 64, 65, 66, 92
TIMSS,	49, 50
Transposição Didática,	25
Tratado da Luz,	17, 18, 20, 60, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 98, 99, 100
Witelo,	60