

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE FÍSICA DE SÃO CARLOS

Cassiano Rezende Pagliarini

**Uma análise da história e filosofia da ciência presente em livros
didáticos de física para o ensino médio**

São Carlos
2007

CASSIANO REZENDE PAGLIARINI

**Uma análise da história e filosofia da ciência presente em livros
didáticos de física para o ensino médio**

Dissertação apresentada ao Instituto de Física de São Carlos da Universidade de São Paulo para a obtenção do título de Mestre em Ciências – Física Básica.

Área de Concentração: Ensino de Física
Orientadora: Prof.^a Dr.^a Cibelle Celestino Silva

São Carlos
2007

Ficha catalográfica elaborada pelo Serviço de Biblioteca e Informação IFSC/USP em 12/09/2007

Pagliari, Cassiano Rezende

Uma análise da história e filosofia da ciência presente em livros didáticos de física para o ensino médio / Cassiano Rezende Pagliarini; orientadora Cibelle Celestino Silva. – São Carlos, 2007. 115 f.

Dissertação (Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Ciências – Física Básica. Área de Concentração: Ensino de Física) – Instituto de Física de São Carlos da Universidade de São Paulo.

1. História da Ciência. 2. Natureza da Ciência. 3. Livros Didáticos. 4. Pseudo-história. 5. Mitos Científicos. I. Título.



UNIVERSIDADE
DE SÃO PAULO
Instituto de Física de São Carlos

Caixa Postal 369
13560-970 São Carlos, SP
Av. Trabalhador São-carolense, 401,
13566-590 São Carlos, SP

Fone/Fax: (16) 3373-9777
www.ifsc.usp.br
expos_grad@ifsc.usp.br

MEMBROS DA COMISSÃO JULGADORA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE CASSIANO REZENDE PAGLIARINI APRESENTADA AO INSTITUTO DE FÍSICA DE SÃO CARLOS, UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, EM 21/08/2007.

COMISSÃO JULGADORA:

Prof(a). Dr(a). Cibelle Celestino Silva (Orientador e Presidente) - IFSC/USP

Prof(a). Dr(a). João Zanetic - IF/USP

Prof(a). Dr(a). Nelson Studart Filho - UFSCar

*A minha mãe, meu pai e meu irmão:
meu sangue, minha vida*

AGRADECIMENTOS

À professora Cibelle pela amizade, orientação, paciência, motivação, os ricos conhecimentos transmitidos e, especialmente, por sempre ter acreditado na realização deste trabalho.

A todos colegas do grupo pela amizade, o saudável convívio e as essenciais discussões realizadas em nossos encontros.

Aos colegas de sala e de turma da pós-graduação pelo companheirismo e a amizade em nosso ambiente de estudo e trabalho.

A todos funcionários da universidade que, das mais diversas maneiras, participaram das atividades da minha vida acadêmica e contribuíram para a realização do meu curso e pesquisa de mestrado.

À CAPES, pelo apoio financeiro concedido à minha pesquisa.

E, finalmente, a todas pessoas queridas presentes na minha vida, que me engrandecem como homem e contribuem para eu me tornar um ser humano melhor. Em especial, a toda minha família e familiares, à minha namorada e sua família, aos meus grandes e inesquecíveis amigos de repúblicas (aqueles que encontrei em São Carlos e também aqueles que deixei em Campinas) e também aos meus demais amigos que estão espalhados pelo mundo.

Queremos saber
o que vão fazer
com as novas invenções
Queremos notícia mais séria
sobre a descoberta da antimatéria
e suas implicações
na emancipação do homem
das grandes populações
Homens pobres das cidades
das estepes, dos sertões

Queremos saber
quando vamos ter
raio laser mais barato
Queremos de fato um relato
retrato mais sério
do mistério da luz
Luz do disco voador
Pra iluminação do homem
tão carente e sofredor
Tão perdido na distância
da morada do Senhor

Queremos saber
queremos viver
confiantes no futuro
Por isso se faz necessário
prever qual o itinerário da ilusão
A ilusão do poder
Pois se foi permitido ao homem
tantas coisas conhecer
é melhor que todos saibam
o que pode acontecer

Queremos saber
queremos saber
Todos queremos Saber

(Gilberto Gil)

RESUMO

PAGLIARINI, C. R. **Uma análise da história e filosofia da ciência presente em livros didáticos de física para o ensino médio.** 2007. 115 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Instituto de Física de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

Pesquisas atuais na área de ensino de ciências têm enfatizado a importância de uma formação científica humanística que seja ampla e geral, mais significativa para estudantes em todos os seus níveis de ensino. Assim, considerando o âmbito das pesquisas sobre as potencialidades do uso da história da ciência no ensino e a importância de se ensinar sobre a natureza da ciência (NdC), torna-se relevante pesquisar a presença desses conteúdos nos livros didáticos, dada sua grande influência no ensino, já que assume um papel crucial na educação, e também o fato de o livro didático não ser totalmente desprovido de conteúdos desse tipo. Sendo assim, este trabalho analisa como a história da ciência é apresentada por alguns dos mais populares livros didáticos de física para o ensino médio no Brasil, bem como as concepções sobre a natureza da ciência envolvidas nestas narrativas históricas. Geralmente, a história da ciência encontrada nos livros didáticos é distorcida e simplificada, o que se chama de pseudo-história, reforçando alguns conhecidos mitos científicos e transmitindo falsas concepções acerca da natureza da ciência a estudantes e professores. Nesta análise, dois importantes norteadores educacionais brasileiros são considerados, os PCN e o PNLEM, dada sua estreita relação com a HFC e também a influência destes programas no conteúdo dos livros didáticos.

Palavras-chave: História da Ciência, Natureza da Ciência, Livros Didáticos, Pseudo-história, Mitos Científicos.

ABSTRACT

PAGLIARINI, C. R. **An analysis of the history and philosophy of science presented in physics textbooks for secondary education.** 2007. 115 f. Dissertation (Master in Science) – Instituto de Física de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

Contemporary standards in science education have emphasized the importance of a humanistic education, more meaningful for students in all its levels of instruction. In this context, great attention has been given to the use of history and philosophy of science (HPS) in science education. Current research on the potentialities of the use of science history and the importance of teaching aspects of the nature of science (NOS), have shown that it is essential to search how those contents appear in textbooks, since they assume a crucial role in education and are not totally absent of such contents. Thus, this work analyzes how history of science is presented in some of the most popular physics textbooks for secondary education in Brazil, as well as conceptions of the nature of science involved in these historical narratives. Often the history of science found in textbooks is distorted and oversimplified, known as pseudohistory, ratifying some popular scientific myths and transmitting false conceptions concerning the nature of science to students and teachers. The analysis considered two important Brazilian educational programs, the National Curricular Parameters and the National Program for Textbooks.

Keywords: History of Science, Nature of Science, Textbooks, Pseudohistory, Scientific Myths.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	9
1 HISTÓRIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA (HFC) E O ENSINO DE CIÊNCIAS	14
1.1 Inovações curriculares e HFC	15
1.2 Algumas razões para a HFC	18
1.3 Experiências de cursos de HFC e seus resultados	23
2 NATUREZA DA CIÊNCIA (NDC) E O ENSINO DE CIÊNCIAS	27
2.1 A NdC como um elemento inerente ao ensino	29
2.2 NdC e as pesquisas no ensino	33
3 PSEUDO-HISTÓRIA E OS MITOS CIENTÍFICOS	37
3.1 Pseudo-história e algumas conseqüências	37
3.2 A “arquitetura” dos mitos científicos	39
3.2.1 <i>Grandiosidade</i>	40
3.2.2 <i>Idealização</i>	41
3.2.3 <i>Drama</i>	41
3.2.4 <i>Caráter justificativo</i>	42
4 LIVROS DIDÁTICOS E OS PROGRAMAS NACIONAIS	44
4.1 O livro didático no contexto escolar	44
4.2 O PNLEM e os PCN	46
5 ANÁLISE DOS CONTEÚDOS HISTÓRICOS E DA NDC NOS LIVROS DIDÁTICOS DE FÍSICA	54
5.1 A amostra de livros didáticos	54
5.2 Definição das categorias pertinentes ao estudo	57
5.3 Análise dos livros didáticos de física	63
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	103
REFERÊNCIAS	108

INTRODUÇÃO

Quando se tem aquele contato inicial com um novo mundo de conhecimentos e descobertas que estudos em ciências proporcionam, muitos estudantes se maravilham e seu interesse em atingir novos conhecimentos pode aumentar. Por outro lado, quando a preocupação é *ensinar* ciências, algumas inquietações extremamente necessárias com relação à sua aprendizagem acabam por vir à tona.

Por experiência própria, pode-se dizer que em minha relação com a física, novas inquietações surgiram quando a parte técnica (onde a preocupação com equações e mais equações – e seus métodos matemáticos de resolução – e a busca incansável pela compreensão e interpretação correta de complexos conceitos e novos modelos físicos, ditavam a tônica dessa relação) fora deixada um pouco de lado e novos olhares começaram a atingir *a ciência como um todo*.

Um todo que possui partes muitas vezes não destacadas na formação média e superior de “físicos” e outros profissionais que aprendem e lidam com ciência em suas profissões e, sendo assim, acabam tendo esse outro contato através de meios e motivações alternativas. Este é o meu caso com a história e a filosofia da ciência. A ânsia de compreender alguns dos limites e reais propósitos da física, visando obter um nível maior de conhecimento acerca de seu todo e também subsídios profundos para minha prática docente, acabou servindo de incentivo para este trabalho.

Nos dias de hoje, o desenvolvimento tecnológico e suas aplicações e utilidades na vida do ser humano são de grande importância. Grande responsável por esse desenvolvimento, a Ciência exerce ainda um papel fundamental nesta questão. Porém, seu entendimento está reservado a um pequeno público e cada vez mais se tem a dificuldade de adequá-la a uma linguagem e metodologia que sejam acessíveis ao ensino em todos os seus níveis, desde o

fundamental até o superior. Quais seriam então as possibilidades de fazer com que alunos realmente compreendam o significado, a importância e o contexto da ciência durante seu desenvolvimento e não restringi-la apenas a nomes, definições, fórmulas e exercícios matemáticos a serem resolvidos?

O ensino dentro da sala de aula, apoiado fortemente no uso de livros didáticos, acaba sendo o carro chefe da divulgação e disseminação da ciência entre estudantes e professores. Enquanto outros meios de divulgação científica, como museus e centros de ciência, revistas e programas televisivos educativos, etc, vêm complementar a formação estudantil. Desta maneira, a formação escolar dentro e fora da sala de aula deve ser ampla e geral, principalmente porque será esta a formação científica que muitos daqueles que não seguirão carreiras profissionais ligadas ao meio científico levarão para a vida toda.

Uma formação mais sólida que dê conta de uma real e verdadeira alfabetização científica para os cidadãos em suas diversas atividades da vida social, econômica, política e profissional, que nos tempos modernos certamente necessitam de algum saber científico, se faz estritamente necessária e várias são as pesquisas nesse sentido.

Assim, várias formas alternativas àquele ensino formal puramente técnico, onde conceitos prontos e fórmulas matemáticas são os únicos elementos presentes em aulas de ciências, particularmente de física, têm sido exploradas nas pesquisas da área de ensino (NARDI, 1998). Aulas auxiliadas pela experimentação, por exemplo, introduzem esta importante prática científica na vida estudantil dos alunos, enriquecendo seu conhecimento científico. Abordagens tomadas a partir dos conceitos presentes na vida cotidiana dos alunos também são possibilidades existentes. Dentre as inúmeras e discutidas possibilidades encontra-se a utilização da história da ciência (HC) em seu ensino, sendo as suas tentativas, justificativas, pontos favoráveis e contrários, implicações e os possíveis resultados algumas das preocupações atuais de pesquisas na área de ensino de ciências (CARVALHO &

VANNUCCHI, 2000; MARTINS, 1990; PEDUZZI, 2001; RUSSEL, 1981; SEREGLOU & KOUMARAS, 2001).

Atendo-se ao importante caso do ensino da história da ciência para os futuros professores de ciência, Martins (1990) destaca um aspecto, dentre outros, onde a contribuição da história da ciência é essencial. Considerando a transmissão (consciente ou inconsciente) por parte do professor, de uma concepção sobre o que é ciência, a forma mais segura, para este autor, de se captar um conhecimento sobre a ciência e seus métodos seria através de um estudo histórico sobre o seu desenvolvimento. Essa questão sobre a noção de natureza da ciência (NdC) transmitida aos alunos através do ensino, com ou sem história da ciência, será melhor abordada no capítulo 2 deste trabalho.

Ainda dentre os pesquisadores citados anteriormente, no âmbito das preocupações atuais na área de ensino de ciências com relação à utilização da história da ciência, Sereglou e Koumaras (2001) fazem uma revisão selecionando, classificando e apresentando comparativamente diversos aspectos nos quais a história da ciência contribui para o ensino de física. Dada as inúmeras possibilidades da utilização de história da ciência no ensino, reveladas inclusive pela aparição de subcategorias nas linhas de pesquisas, os autores apresentam um quadro, onde a evolução temporal aparece no eixo horizontal, mostrando o crescente interesse dos pesquisadores de ensino nesta área ao longo do último século.

É importante também deixar claro que sempre que falamos em conteúdos de história da ciência a serem ensinados, falamos também em filosofia da ciência, formando um único termo, a história e filosofia da ciência (HFC). Como cita Peduzzi (2001, p. 155):

Toda a opção didática à História da Ciência tem um embricamento inevitável com a Filosofia da Ciência. Não existem escolhas neutras. Como assevera Lakatos, a História da Ciência sem a Filosofia da Ciência é cega. A opção pelo uso da História da Ciência, no ensino, sem uma devida fundamentação teórica é acéfala e vulnerável à crítica.

Como veremos adiante neste trabalho e conforme dito anteriormente, atrelado ao uso de conteúdos históricos no ensino existe a noção de natureza de ciência que é transmitida, assim

quando falamos em história da ciência estamos falando em história e filosofia da ciência (HFC).

Atento à importância do uso da história da ciência em atingir os objetivos da educação em ciências, Russel (1981), em seu clássico artigo, se concentra em três questões principais, “Qual história da ciência, em que quantidade, e por quê?”

Ao discutir qual história da ciência ensinar e porquê, Russel destaca o papel dos livros didáticos colocando que este por si só é uma influência em potencial, sobre as concepções dos estudantes acerca da ciência, contendo ou não materiais históricos, por ser o meio de divulgação da ciência mais importante nos dias atuais. Aprofundando a discussão, o autor ainda cita como aspecto importante o fato de os poucos conteúdos explícitos sobre os métodos da ciência não serem embasados por conteúdos históricos adequados. Já sobre a quantidade de material histórico necessário, o autor destaca que se o objetivo é usar a história da ciência para influenciar a compreensão dos estudantes sobre a natureza da ciência, então devemos incluir quantidades significantes e tratar esse material de forma a elucidar características particulares da ciência. Sendo assim, o autor finaliza que para o benefício dos diversos estudantes que não se tornarão cientistas, a história da ciência a ser ensinada não deve ser distorcida para encaixar-se na lógica do livro didático, mas sim uma transposição adequada do conhecimento histórico aceito atualmente.

Sendo assim, este trabalho analisa os conteúdos históricos e filosóficos sobre ciência encontrados em alguns dos mais populares e mais recentes livros didáticos secundários de física utilizados no Brasil. O objetivo desta análise é considerar como estes conteúdos históricos refletem visões sobre a natureza da ciência e do conhecimento científico.

No capítulo 1 consideramos a história e filosofia da ciência (HFC) como um fator necessário e, acima de tudo, inerente ao ensino de ciências. Para isto destacamos as pesquisas atuais sobre as relações entre HFC e o ensino de ciências, relatando alguns de seus

anteriores e os principais pontos em que um ensino contextualizado contribui para a aprendizagem da física.

Seguindo a mesma linha, no capítulo 2 discutimos acerca da importância de conteúdos sobre a chamada natureza da ciência (NdC) para inserir diversos elementos em sua vasta e não-delimitada dimensão, de forma que frágeis e ingênuos estereótipos sobre seu empreendimento sejam combatidos.

Já no capítulo 3 consideramos justamente as consequências de idéias de senso comum sobre a ciência, criadas muitas vezes a partir de uma pseudo-história da ciência e também de alguns mitos científicos, e como podemos identificar alguns de seus elementos de forma a evitar que estes se reflitam no ensino.

No capítulo 4 fazemos uma breve consideração de alguns dos papéis e da importância do livro didático no ensino, bem como os atuais norteadores de seus conteúdos e abordagens metodológicas, como os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) e o Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio (PNLEM), principalmente no que diz respeito à história e natureza da ciência.

Nos capítulos 5 e 6, considerando os elementos discutidos nos capítulos anteriores, analisamos 16 coleções didáticas de física voltadas para o ensino médio. A análise foi feita considerando alguns parâmetros estabelecidos no capítulo 5. Estes parâmetros buscam indicar um maior ou menor grau de concordância com as visões epistemológicas atuais, e com as recomendações do PNLEM e dos PCN sobre a visão de ciência que o ensino brasileiro deve passar a seus estudantes. Além disso, a qualidade das informações históricas presentes nestes livros também é considerada.

1 HISTÓRIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA (HFC) E O ENSINO DE CIÊNCIAS

Durante o século XX houve um desenvolvimento relativamente dissociado entre o ensino de ciências e a história e filosofia da ciência como documentado por Duchl (1985), porém, ao final deste século, uma reaproximação entre HFC e a educação em ciências passou a ser buscada com maior ênfase por educadores e pesquisadores. Desta forma, é clara a idéia de que se necessita cada vez mais de um ensino não só *de* ciências, mas também *sobre* ciências, dando conta de sua metodologia, limitações, seus contextos ético, social, histórico, filosófico, tecnológico, etc (MATTHEWS, 1995, grifo do autor).

Nessa reaproximação deve se considerar também que, aliados a alguns “produtos finais” da ciência, tais como leis e teorias, existem os processos pelos quais o conhecimento científico é desenvolvido, sendo este o ponto onde a HFC contribui efetivamente para o ensino de ciências. Thomas Kuhn em seu famoso *A Estrutura das Revoluções Científicas* defende a tese de que a ciência progride através de revoluções, alternadas com períodos onde a ciência é dita normal, ao invés de acúmulo linear de conhecimento. Desta forma, segundo ele, o fato da ciência apresentada nos livros didáticos ser moldada e linear, faz com que o estudante sintam-se em conformidade com o trabalho científico atual, sendo assim bem treinado para a prática científica no período de ciência normal em questão. Porém, pode-se dizer que esta fala de Kuhn é aplicável somente numa suposta educação para cientistas profissionais, enquanto que numa educação geral e ampla não (RUSSEL, 1981).

Esta visão pode ser justificada se considerarmos que na formação de cientistas aprende-se sobre métodos de pesquisa não através de livros-texto mas sim *se fazendo* pesquisa no contexto de certa ciência em particular (Ibid., p. 60, grifo do autor). Assim, a educação científica nos níveis elementares deve se preocupar com a formação ampla e geral de não-

cientistas, tratando de maneira fiel a história e os métodos da ciência em seus manuais de ensino.

Conant, já na década de 50, defende que além do pacote de resultados matemáticos, conceitos abstratos e habilidades técnicas de resolução de problemas que o aluno recebe em um curso de ciências, é igualmente necessário o entendimento dos métodos e processos da ciência, que vêm com um estudo de como ela se desenvolveu em tempos anteriores (CONANT¹, 1951 *apud* RUSSEL, 1981, p. 52).

Desta forma, influenciados por essa preocupação dos educadores e pesquisadores com um ensino em ciências mais contextualizado, alguns exemplos vêm ilustrar a intenção de se alinhar o ensino aos conteúdos históricos e filosóficos. Dentre eles destacam-se, a realização de conferências sobre o assunto e também a reforma de diversos currículos nacionais onde foram incluídos componentes de HFC. Ex: Brasil, Inglaterra, País de Gales, Holanda, etc, que serão brevemente discutidos a seguir.

1.1 Inovações curriculares e HFC

Dentro de algumas importantes reformas curriculares, nas quais a HFC se faz presente, podemos citar a proposta brasileira representada pelos PCN (abordada inicialmente ainda nesta seção e mais a fundo no capítulo 4) e duas propostas internacionais de maior impacto: o novo Currículo Britânico de Ciências e o Projeto 2061 da Associação Americana para o Progresso da Ciência (AAAS). O Conselho Britânico de Ciências reserva parte do currículo (cerca de 5% do total) para a HFC e afirma que:

¹ CONANT, J. B. **Science and Common Sense**. New Haven: Yale University Press, 1951.

Os estudantes devem desenvolver seu conhecimento e entendimento sobre como o pensamento científico mudou através do tempo e como a natureza desse pensamento e sua utilização são afetados pelos contextos sociais, morais, espirituais e culturais em cujo seio se desenvolvem (NCC, 1988 *apud* MATTHEWS, 1995).

Desta forma, o Conselho Britânico de Ciências tenta favorecer no novo currículo habilidades onde os alunos possam distinguir argumentos baseados em “provas” e dados científicos daqueles que não o são, mas principalmente considerar as influências existentes por trás do modo como o pensamento científico foi desenvolvido, ou seja, o contexto moral, espiritual, cultural e histórico do período, possibilitando também um melhor entendimento das controvérsias científicas e de mudanças no pensamento científico aceito ao longo dos anos.

Já o Projeto 2061 da AAAS tem como objetivo principal promover a alfabetização dos estudantes americanos em ciências, matemática e tecnologia e também pretende detectar quais seriam as mudanças necessárias nos currículos de ciências e matemática, concordando com as idéias do Conselho Britânico no que diz respeito à necessidade de se ter cursos mais contextualizados e reflexivos.

Criado em 1985, véspera da última passagem visível do cometa Halley próximo a Terra, e intitulado Projeto 2061 por ser o ano da próxima passagem do cometa, o projeto dá forte ênfase a discussões acerca da objetividade e mutabilidade da ciência bem como as distinções entre a pseudociência e ciência, não esquecendo também de se discutir as relações das provas científicas com a justificativa da teoria, o “método científico”, explicação e predição, ética e organização social da ciência.

Em seu artigo, Matthews (1995) exemplifica a intenção da Associação Britânica para o Ensino da Ciência (BAAS) em alguns de seus relatórios das décadas de setenta e oitenta (*Alternativas para o ensino de ciências*, 1979 e *Educação via ciências*, 1981) de se incorporar materiais didáticos históricos e filosóficos, porém o grande problema residia no fato de que os professores não tinham conhecimentos necessários para este tipo de ensino contextualizado, o mesmo ocorrendo no Brasil. Como já diagnosticado anteriormente em outro de seus relatórios

(*A formação de professores no nível da graduação*, 1963) a Associação Britânica cita o fato de que o comportamento e o pensamento científico dos professores de ciências graduados é consequência de seu treinamento, onde existe uma carência de um entendimento da natureza fundamental e as metas da ciência.

Já nos Estados Unidos podemos citar exemplos de grande importância onde se fez a utilização de fundamentos históricos juntamente com as características culturais e filosóficas da ciência. Por volta de 1950, orientados por James Connant, que era convicto em relação à utilização de conteúdos históricos, apropriados a alunos comuns, casos de história da ciência foram introduzidos à educação em geral e posteriormente editados por ele próprio em 1966 em seu famoso *Harvard Case Histories in Experimental Science*. Posteriormente, na década de 60, foi desenvolvido o *Projeto de Física de Harvard*, tendo seus responsáveis o intuito de mostrar o lado humano do empreendimento científico.

Ajudar os estudantes a ver a física como a atividade humana de muitos lados que realmente é. Isto significa apresentar o assunto em perspectiva histórica e cultural, e mostrar que as idéias da física têm uma tradição assim como modos evolucionários de adaptação e mudança (RUTHERFORD² et al., 1970 *apud* RUSSEL, 1981, p. 52).

Com relação ao *Projeto de Física de Harvard* podemos citar alguns de seus sucessos alcançados, dentre eles evitou certa evasão de estudantes dos cursos de ciências, atraiu um número maior de mulheres nestes cursos e, sobretudo desenvolveu um maior raciocínio crítico. Porém, novamente um dos principais problemas apontados foi a questão de como levar apropriadamente a HFC ao conhecimento dos professores para que estes pudessem lidar de maneira adequada com os novos currículos, uma vez que se carece de uma formação mais contextualizada (MATTHEWS, 1994).

No Brasil, em conformidade com as tendências, mudanças e inovações nos planos curriculares internacionais, que direcionam sua atenção aos conteúdos e potencialidades da HFC no ensino de ciências, temos os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), que deixam

² RUTHERFORD, F. J.; HOLTON, G.; WATSON, F. G. (Directors). **The Project Physics Course: Text**. New York: Holt, Rinehart & Winston, 1970.

claro a importância que alguns objetivos sejam alcançados como, por exemplo, no que diz respeito à física:

Ao mesmo tempo, a física deve vir a ser reconhecida como um processo cuja construção ocorreu ao longo da história da humanidade, impregnado de contribuições culturais, econômicas e sociais que vem resultando no desenvolvimento de diferentes tecnologias e, por sua vez, por elas sendo impulsionado (PCN, 1999, p. 59).

Com esse tipo de orientação dos PCN para a educação no Brasil (que será discutida mais a fundo no capítulo 4), verificamos a necessidade de uma formação cada vez mais cidadã, preocupada com aspectos sociais e o meio onde o estudante está inserido. Nas palavras dos PCN (Ibid., p. 9):

Num mundo como o atual, de tão rápidas transformações e de tão difíceis contradições, estar formado para a vida significa mais do que reproduzir dados, denominar classificações ou identificar símbolos. Significa:

- saber se informar, comunicar-se, argumentar, compreender e agir;
- enfrentar problemas de diferentes naturezas;
- participar socialmente, de forma prática e solidária;
- ser capaz de elaborar críticas ou propostas;
- e, especialmente, adquirir uma atitude de permanente aprendizado.

Considerando, então, mudanças afins no ensino, acaba sendo um consenso que são necessários alguns requisitos para tornar possível a conversão de projetos de currículos em realidade de sala de aula, como novas orientações para prática e avaliação, novos materiais didáticos e principalmente a inclusão de cursos adequados de HFC na formação de professores.

1.2 Algumas razões para a HFC

Até então temos visto que, aliada à educação predominantemente técnica em ciências que se tem atualmente, é indiscutível a necessidade da inclusão de elementos no ensino onde o conhecimento científico seja visto como um processo histórico.

Reforçando o fato de que a inclusão de HFC no ensino é apenas um dos elementos necessários a uma boa educação, não pretendendo de maneira e em momento algum substituir o ensino técnico pelo contextualizado, e sim aliá-los, uma vez que ensinar um resultado sem a sua fundamentação é simplesmente *doutrinar* e não ensinar ciência (MARTINS, 1990, grifo do autor). Em seu livro, Matthews cita A. N. Whitehead (1994, p.73):

A antítese entre uma educação técnica e uma liberal (contextual) é falaciosa. Não pode haver nenhuma educação técnica adequada que não seja liberal, e nenhuma educação liberal que não seja técnica: isto é, nenhuma educação que não dê ambas visões, tanto técnica quanto liberal.

Podemos então dizer que a HFC contribui para um melhor entendimento de conteúdos específicos, introduzindo os estudantes aos métodos de investigação científica. Porém, existem duas formas de encarar a introdução de HFC no currículo de ciências em termos de conteúdo: a HFC como elemento que ajudará o entendimento de teorias científicas e seus métodos ou a HFC como elemento inerente à ciência propriamente dita. De acordo com Matthews (1994), a inclusão da HFC é um fator necessário à boa educação científica, uma vez que o entendimento bem fundamentado da ciência é necessariamente histórico. Além disso, é através desse ensino historicamente embasado que se tem uma grande possibilidade de atingir os estudantes de forma a lhe dar subsídios para que possam ter uma compreensão mais sofisticada acerca da natureza da atividade científica (ABD-EL-KHALICK & LEDERMAN, 2000).

Uma outra importante concepção moderna nos remete novamente à grande importância da utilização de uma abordagem histórica do ensino de ciências: o paralelismo muitas vezes existente entre o desenvolvimento do pensamento individual e o desenvolvimento das idéias científicas ao longo da história. Em muitos casos, algumas concepções abandonadas ao longo da história coincidem com algumas de senso comum que dificultam o aprendizado e então, conhecendo essas concepções antigas, o professor terá maior facilidade em compreender as dificuldades e resistências de seus alunos. A história

pode ainda sugerir questões e experimentos que promovam uma mudança entre os estudantes para as doutrinas atuais, tendo em vista exemplos de algumas dificuldades enfrentadas historicamente ao longo do desenvolvimento científico que são previamente conhecidas (MARTINS, 1990).

De forma simplificada podemos entender o papel que uma abordagem histórica exerce no desenvolvimento individual do conhecimento: o pensamento concreto inicial de uma criança aos poucos se desenvolve ficando mais refinado e criando algumas concepções sob influência principal da instrução que lhe é dada. Desta forma o conhecimento do desenvolvimento histórico de certa disciplina pode auxiliar os professores a entender de uma forma mais clara as possíveis dificuldades que os alunos venham a ter com o ensino de certo assunto (MATTHEWS, 1995).

Porém, devem ser feitas algumas ressalvas nesta questão, uma vez que os contextos de desenvolvimento são muito diferentes, sendo que fatores que geraram obstáculos ao longo da história podem não o fazer nos dias atuais. Na história, vemos que pensadores passaram anos estudando e pesquisando certa área do conhecimento, sendo suas concepções construídas de forma sólida enquanto que por parte dos alunos encontramos apenas leituras cheias de lacunas sobre o mundo atual que os cercam, que podem apenas apontar para conceitos abandonados ao longo da história (CASTRO, 1993).

De forma mais geral, concordamos com Silva e Martins (2003, grifo do autor), que destacam que estudar história da ciência é uma forma de adquirir *conhecimento* científico e não apenas a simples *crença* científica. Crença essa que corresponde ao conhecimento dos resultados científicos, junto com sua aceitação como verdade, baseado no respeito à autoridade do professor ou dos cientistas. Enquanto o conhecimento científico sobre algum assunto seria saber os resultados científicos, aceitar esses resultados e ter o direito de aceitá-los, pois sabe como este conhecimento é justificado e sobre o que está baseado (SILVA &

MARTINS, 2003, p.55). Desta maneira, estudar a história e filosofia da ciência seria uma forma de se adquirir o conhecimento científico. Ainda segundo os autores, é necessário estudar o contexto científico, as bases experimentais, as várias alternativas da época, o processo dinâmico de descoberta (ou invenção), justificação e difusão de teorias, para que seja possível entender como uma teoria foi justificada e por quais razões foi aceita (SILVA & MARTINS, 2003).

Assim, algumas questões epistemológicas, onde se inclui a importância de idealizações científicas, o papel da criatividade e do poder de abstração do ser humano, bem como questões sociológicas, como influências de crenças religiosas, o contexto político, social e econômico de sua época, são grandes carências do ensino técnico de ciências e talvez estes sejam trunfos que a HFC pode fornecer ao ensino de ciências (MATTHEWS, 1994).

Uma grande contribuição que a história traz ao ensino de ciências é esclarecer aspectos obscuros em certas teorias científicas e derrubar certos dogmas impostos em livros e textos didáticos presentes em salas de aula. Isso pois a HFC confronta concepções equivocadas que se tem da ciência, tais como o empiricismo e indutivismo científico. Por outro lado, a HFC presente no ensino de ciências enriquece o seu próprio conteúdo.

Alguns estudos históricos sobre a vida e o tempo de importantes e influentes cientistas tornam o aprendizado mais atrativo aos estudantes, humanizando o ensino de ciências, evidenciam, como será visto posteriormente em alguns casos, uma maior participação de mulheres e evitam uma grande evasão de seus cursos (HEERING, 2000; MATTHEWS, 1994). Uma abordagem historicamente embasada também permite ao estudante perceber as relações existentes entre diferentes tópicos e disciplinas acadêmicas, explicitando o caráter interdependente das realizações humanas. Fato que proporciona um verdadeiro aprendizado de ciências, visto a contribuição, não só da matemática, mas também da filosofia, história, geografia, e outros tópicos em seu desenvolvimento.

Assim, a história da ciência valoriza o caráter mutável da ciência mostrando aos estudantes sua dependência de contextos históricos e culturais, derrubando mitos, humanizando gênios e ainda mostrando que o conhecimento científico aceito atualmente é suscetível de transformações (SILVA & MARTINS, 2003).

Resumindo os vários aspectos da utilização de um ensino mais contextual que podem contribuir para melhorar e amenizar algumas falhas no sistema atual, podemos listar (MATTHEWS, 1994, p. 52):

- A História promove uma melhor compreensão das concepções e métodos científicos.
- A abordagem histórica conecta o desenvolvimento do raciocínio individual com o desenvolvimento das idéias científicas.
- A História da Ciência é de grande valor intrínseco.
- A História é necessária para se entender a natureza da ciência.
- A História contribui para neutralizar os dogmas que são comumente encontrados nos textos de ciências e nas aulas.
- A História, examinando a vida e o tempo individualmente dos cientistas, humaniza o assunto da ciência, tornando-o menos abstrato e mais motivador para os estudantes.
- A História da ciência permite que conexões sejam feitas entre diferentes tópicos e disciplinas da ciência, bem como outras disciplinas acadêmicas; a história expõe a natureza interdependente e integrada das realizações humanas.

Fica assim evidente a importância da HFC no ensino de ciências, seu potencial e as possibilidades em questão quanto a sua utilização, resultados de várias experiências realizadas no mundo. Porém, é importante deixar claro que a HFC é um fator inerente à ciência e intrínseco à boa educação científica, como visto anteriormente. Isto implica uma revisão total, não só do conteúdo exclusivamente técnico, mas também da forma como tópicos de HFC devem ser incluídos nos currículos de ciências, de maneira a influenciarem os livros didáticos também neste sentido.

1.3 Experiências de cursos de HFC e seus resultados

Influenciados por pesquisas na área de ensino e as tentativas de se orientar novos currículos de forma a incluir a HFC vistas anteriormente, temos verificado também uma série de pesquisadores que trabalham estes conteúdos historiográficos em cursos de ciências usando materiais especialmente elaborados para tal propósito. Encontramos na literatura uma gama de trabalhos que utilizam uma abordagem contextualizada de ensino, através de materiais de cunho histórico, cujo público alvo vai desde alunos do ensino fundamental e médio (KAFAI & GILLILAND-SWETLAND, 2001; VANNUCCHI, 1996) até alunos de nível superior e futuros professores de ciências (CUDMANI & SANDOVAL, 2000; FOWLER, 2003). Esses trabalhos diferem em seus contextos e objetivos, sendo que a abordagem histórica pode ser utilizada de várias maneiras para diferentes públicos. Pode ser usada para contrabalançar aspectos puramente técnicos, complementando-os com aspectos sociais, humanos e culturais, permitindo o conhecimento de idéias, temas, problemas, argumentos, exemplos e instrumentos hoje esquecidos, que podem ser úteis na prática do ensino (HEERING, 2000). Porém, percebemos que experiências mais promissoras são aquelas onde a HFC é usada de forma mais elaborada e completa, onde os conteúdos históricos têm um caráter de formação do conhecimento científico e não apenas mais uma alternativa para uma mesma formação técnica.

Com relação a HFC usada no ensino médio, temos alguns exemplos que podemos considerar importantes. Heering (2000) elabora um curso de eletrostática, baseado em experimentos e teorias originalmente usados na pesquisa deste assunto ao longo da história. Neste estudo, o autor faz algumas considerações importantes acerca de sua experiência sobre a utilização de HFC no ensino médio de física. Segundo ele, é muito difícil superar os resultados de cursos tradicionais, já que os alunos não estão acostumados a lidar com

situações abertas como naquelas apresentadas pelos experimentos históricos. Alguns deles têm opiniões sobre como a física deve ser, entre elas, um conjunto de verdades científicas inquestionáveis. Desta forma, é insuficiente discutir desenvolvimentos históricos em apenas uma lição, sendo necessário dedicar mais tempo ao ensino através da história a fim de se obter resultados específicos. O autor considera também ser extremamente importante realizar experimentos históricos e não apenas discuti-los através de textos, já que situações criadas durante o ensino com materiais históricos tornam algumas mudanças mais propensas a acontecerem do que no ensino ordinário.

Com alguns resultados obtidos que vêm concordar com os discutidos acima, um outro trabalho investiga qual seria a eficácia em se usar o ensino de história da ciência para estimular a habilidade dos estudantes na resolução de problemas (LIN et al., 2002). O estudo comparou resultados obtidos em duas diferentes turmas, uma ensinada da maneira usual, através livros-texto, e outra que incluía materiais suplementares, tais como descrições de experimentos de cientistas anteriores, debates e discussões de suas idéias. Ao final, foi verificado que a história da ciência traz vários benefícios que ajudam os estudantes a melhorarem sua habilidade de resolver problemas, embora seja destacado novamente que uma curta intervenção deste tipo de abordagem não produz resultados efetivos.

Um outro trabalho que traz resultados de uma intervenção no ensino de física no ensino médio, principalmente no que diz respeito ao uso de questões filosóficas além de históricas, é o de Vannucchi (1996), sendo seu ponto de partida a óptica do século XVII. Através do tema específico da invenção da luneta e seu aperfeiçoamento, foram elaboradas atividades de ensino que têm como objetivo a discussão das relações entre Ciência e Tecnologia e ainda o papel dos conceitos prévios dos cientistas na observação e interpretação de dados experimentais. Desta forma, questões controversas na história da ciência foram a base para as atividades de sala de aula, sendo as questões filosóficas apresentadas aos alunos

através das questões problemáticas, tema dos diálogos entre os pensadores dos textos. Desta maneira, a autora busca a valorização do trabalho em equipe e discussões coletivas, possibilitando a tomada de estratégias para resolver e argumentar a respeito das questões problemáticas, fazendo a seleção de informações pertinentes e analisando posições alternativas.

Indo mais adiante na discussão de exemplos de uso da HFC no ensino, podemos destacar um caso onde a experiência fora aplicada e avaliada em estudantes universitários da área de física (CUDMANI & SANDOVAL, 2000). Seu objetivo inicial era a avaliação da mudança conceitual de alunos de física sobre as suas concepções de ciência. O estudo se dá através da aplicação de um questionário qualitativo acerca dos mecanismos que a ciência utiliza para construir o conhecimento. O questionário fora aplicado antes e depois da realização de um curso de física epistemológica e historicamente embasado para alunos do terceiro ano do curso superior de licenciatura e bacharelado em física da Universidade Nacional de Tucumán, na Argentina. Os resultados obtidos demonstram mudanças epistemológicas significativas que diz respeito à visão inicialmente predominante do papel da observação atórica (sem qualquer tipo de influência de teorias prévias ou a existência pré-conceitos) como ponto de partida de investigação científica para uma outra, onde se considera agora teorias prévias e a detecção e formulação de um problema a ser estudado.

Mudanças significativas também são encontradas com relação aos motivos que levam ao abandono e aceitação de teorias. A idéia de que isso ocorre quando previsões teóricas não coincidem com fatos observados, também foi alternada para uma outra mais apropriada. Neste ponto, entram questões tais como a profundidade e poder explicativo das teorias, maior precisão, maior simplicidade, etc, como sendo fatores importantes e decisivos além da falsificação de uma teoria.

Assim, através destes exemplos percebemos algumas das vantagens de um ensino histórica e filosoficamente embasado. Por outro lado, várias são as dificuldades encontradas, sobretudo devido à falta de material para lidar com conteúdos históricos de maneira satisfatória. Como vimos, muitos materiais foram adaptados e até mesmo preparados especialmente para os cursos. Assim, torna-se pertinente pesquisar que tipo de conteúdo se encontra nos livros didáticos usados nas escolas brasileiras e tentar dimensionar se estes, de fato, enriquecem o ensino de física no país.

2 NATUREZA DA CIÊNCIA (NDC) E O ENSINO DE CIÊNCIAS

Apesar de no mundo atual haver grande influência da ciência na vida cotidiana, há uma grande lacuna quando nos referimos aos conhecimentos sobre a ciência. O conhecimento científico ainda é pensado pela população como uma crença racional de que certa proposição ou corpo de saberes são verdadeiros, sendo que as ciências naturais provêm um exemplo arquetipo, em seu sentido filosófico, de o que significaria saber (COBERN, 2000). Entretanto, essa visão de mundo foi fortemente questionada pelos desenvolvimentos na área da filosofia e história da ciência modernas de maneira que novos valores ao significado e propósitos da ciência foram introduzidos (VIDEIRA, 2006). Conforme já mencionado anteriormente, uma das grandes potencialidades que o ensino em ciências historicamente embasado traz aos estudantes é o fato deste fornecer mais subsídios no que diz respeito à compreensão da natureza da atividade científica.

Atualmente filósofos da ciência e epistemólogos chamam de “Natureza da Ciência” (NdC) um conjunto de conhecimentos sobre ciência que dão conta de seus métodos, seus objetivos, suas limitações, fatores influentes, meios utilizados para se comunicar, etc (EFLIN et al., 1999). Além do ensino de conteúdos específicos, o ensino sobre a natureza da ciência tem se tornado uma das metas para a educação científica atual, sendo que a história e filosofia da ciência tem seu papel nesta questão, conforme recomendam os PCN.

Questões filosóficas e até mesmo o conteúdo da natureza da ciência (NdC) sempre serão discutíveis, assim como a falta de um completo acordo considerando o que é ciência e como ela funciona. Podemos, porém, citar algumas visões de consenso que fazem parte da natureza do empreendimento científico: a ciência tem como um de seus propósitos principais adquirir conhecimento sobre o mundo físico que nos cerca, sendo a sua descrição o mais

simples e compreensiva possível; a ciência produzida pelos cientistas é dinâmica, mutável e tem um caráter provisório, não existindo um método único, algorítmico, o qual se deve seguir para a produção e obtenção de conhecimento científico.

Alguns pontos importantes sobre a natureza da ciência ainda são temas de grandes discussões por parte de alguns epistemólogos. Um trabalho que exemplifica essa falta de consenso entre os filósofos acerca da natureza da ciência é o artigo de Alters (1997), onde o propósito do autor foi obter a visão sobre a natureza da ciência de uma amostra de filósofos norte-americanos. Neste estudo foram selecionados apenas doutores da Philosophy of Science Association (PSA), maior organização de filósofos da ciência dos EUA, de forma que a amostra final, passado o estudo piloto e os selecionados que não responderam, contou com 176 participantes. Após a aplicação dos questionários e com a análise dos resultados obtidos, o autor conclui que a implicação de seu estudo para a comunidade de pesquisa em educação em ciências é que suas organizações formais devem reconhecer que não existe uma natureza da ciência única, visto que um mínimo de 11 posições filosóficas foram sustentadas pelos filósofos da ciência nesta pesquisa (ALTERS, 1997, p. 48).

Porém, existe um consenso significativo considerando questões fundamentais sobre a natureza da ciência relevantes à educação em ciências, uma vez que ela reúne aspectos da história, filosofia e sociologia da ciência tentando descrever de forma mais rica o que é e como funciona a ciência, o papel dos cientistas e também questões sociais envolvidas em seu fazer. Deve-se também ter em mente que uma importante consideração quando se lida com NdC é saber a quem ela está direcionada e o grau de sofisticação a considerar para o público alvo em questão, assim como quando da utilização da HFC no ensino. Neste ponto é importante que, onde o consenso de certas considerações acerca da natureza da ciência não existe, deve-se apresentar uma pluralidade de visões a seu respeito (ALTERS, 1997; McCOMAS et al., 1998).

Desta forma, espera-se que conteúdos adequados sobre a natureza da ciência estejam presentes nos livros didáticos, não restringindo a ciência a um corpo de verdades inquestionáveis e com métodos lógicos simples e certos. Pontos que discutam os seus diversos propósitos, o caráter humano de sua construção e até exemplos históricos que ajudem a derrubar alguns dogmas são indispensáveis em seus conteúdos. Assim, uma atenção especial deve ser dispensada à natureza da ciência nos livros didáticos, dada sua importância para o ensino de ciências, como destacamos a seguir.

2.1 A NdC como um elemento inerente ao ensino

A aprendizagem da natureza da ciência e da sua relação com a cultura e sociedade é tão valorizada atualmente quanto à aprendizagem dos conteúdos e procedimentos científicos (MATTHEWS, 1994), de forma que a literatura e as organizações em ensino de ciências demonstram claramente que o ensino dessa natureza é uma, senão a principal, meta para a educação científica (ALTERS, 1997, p. 48).

Como visto anteriormente, não existe uma descrição precisa e única acerca do empreendimento científico, porém podemos dizer que existe um avanço significativo no que diz respeito a certos pontos sobre a natureza da ciência que devem se fazer presentes no ensino de ciências. Numa análise mais profunda a respeito desse consenso, McComas *et al.* (1998, p. 513) enumeram os seguintes tópicos quanto às características da ciência que deverão ser abordadas em seu ensino:

- o conhecimento científico, enquanto durável, tem um caráter provisório;
- o conhecimento científico baseia-se fortemente, porém não inteiramente, na observação, evidência experimental, argumentos racionais e ceticismo;
- não existe uma maneira única para fazer ciência (portanto, não existe um método científico passo-a-passo universal);
- a ciência é uma tentativa de explicar fenômenos naturais;

- leis e teorias têm diferentes papéis na ciência, assim os alunos devem notar que teorias não se tornam leis mesmo com evidências adicionais;
- pessoas de todas as culturas contribuem para a ciência;
- o novo conhecimento deve ser relatado clara e abertamente;
- cientistas requerem a manutenção de registros precisos, revisão e replicabilidade;
- observações são influenciadas por teorias;
- cientistas são criativos;
- a história da ciência revela tanto um caráter evolutivo quanto revolucionário;
- ciência é parte de tradições culturais e sociais;
- ciência e tecnologia influenciam uma à outra;
- idéias científicas são afetadas pelo seu contexto social e histórico.

Dentre esses pontos, destaca-se que além de sua base empírica, a ciência também faz uso de argumentos não racionais, sendo todo trabalho do cientista influenciado pelas suas crenças, expectativas, e principalmente seus conhecimentos anteriores acerca da natureza. Assim, existe todo um plano de fatores externos que influenciam o trabalho dos cientistas e, aliando isto ao caráter empírico da ciência, não existe observação neutra e livre de preconceitos e pressupostos.

Considerando ainda as influências que a ciência e os cientistas sofrem de fatores externos, não podemos deixar de lado o contexto no qual ambos estão inseridos. A ciência segue uma estrita relação com a sociedade, influenciando e sendo influenciada por ela em diversos de seus segmentos, dentre eles o político, social, econômico e cultural, na qual ainda se incluem alguns valores religiosos, os quais não deixam de exercer sua influência na ciência, ao contrário do que muitos têm em mente.

Outra questão relevante é o fato de que ao longo da história, diversos exemplos mostram o caráter evolutivo e principalmente revolucionário da ciência, como teorias e conceitos que foram importantes e decisivos para o caminho da mesma. Fato importante nesses avanços, a criatividade humana desempenha papel fundamental, contrariando pensamentos racionais e o senso comum de diversas épocas, para inventar e elaborar explicações através de novas teorias científicas.

À parte de seu caráter humano e suas influências externas vindas do contexto social da época, podemos dizer que a ciência se comunica segundo uma estrutura organizada e autoconsistente. Um exemplo dessa estrutura organizada acaba sendo um ponto de muita discussão e confusão por parte dos estudantes. Teorias e leis em ciência desempenham papéis diferentes, sendo suas relações facilmente distorcidas. Teorias são vastas e envolvem um corpo de conhecimento amplo, incluindo hipóteses, idéias e argumentos, que podem prever e explicar diversos fenômenos naturais em diversos campos da ciência.

Leis científicas, por sua vez, são geralmente afirmações que descrevem as relações envolvidas num determinado fenômeno. Como exemplo podemos citar a teoria da gravitação de Newton e a lei do inverso do quadrado da distância. A teoria de Newton constitui um corpo de conhecimentos que dá conta das órbitas de planetas, órbita de satélites, sua relação com as marés, etc, enquanto que a lei do inverso do quadrado da distância, comumente chamada de “lei da gravidade”, descreve como é a relação da força gravitacional entre dois corpos com massa e a dependência de sua distância. Assim, os estudantes sustentam uma visão hierárquica na relação entre teorias e leis, sendo que para eles, as teorias podem se tornar leis dependendo da existência de evidências para tal, o que faz o termo “lei” assumir certo status e autoridade dentro da ciência.

Como dito anteriormente, a ciência é parcialmente baseada em observações do mundo natural, sendo que estas observações estarão sempre sujeitas a uma instrumentação e/ou passarão pelo filtro de nossas percepções sensoriais. De forma que é necessário ter uma noção mais adequada do verdadeiro papel que observações têm nas teorias científicas, ressaltando as mais variadas influências do ser humano na construção do conhecimento.

Ainda em relação ao papel das observações e medições na ciência, uma outra falsa concepção é sustentada pelos estudantes. Para grande parte deles existe um método científico singular, que faz uso de hipóteses e dados obtidos a partir de rigorosas observações, pelas

quais o conhecimento científico é obtido de maneira lógica e indutiva. Assim todo cientista ou pessoa que deseja fazer ciência deveria seguir esse método científico empírico-indutivista.

Contudo, sabemos que o processo de construção do conhecimento é complexo, envolvendo diversos fatores, como apontado anteriormente. Na atividade científica, cientistas observam, comparam, mensuram, testam, especulam, elaboram hipóteses, criam idéias e novas ferramentas, constroem teorias e explicações sem ordem ou métodos pré-definidos, sendo que não existe nenhum método único que leva a soluções, respostas e a um conhecimento certo ou verdadeiro (LEDERMAN et al., 2002).

O conhecimento científico é estruturado e autoconsistente, porém, ao mesmo tempo sofreu em sua história modificações e alterações importantes para o seu avanço, mostrando que o conhecimento atualmente aceito não é de forma alguma definitivo, sendo suas teorias passíveis de modificações. Assim, este caráter provisório da ciência nos dá bons exemplos de que não existe conhecimento científico verdadeiro.

Discussões preocupando-se com um papel para a natureza da ciência na educação em ciências aumentaram nas últimas décadas e alguns educadores argumentam atualmente que a escola deveria incluir uma atenção significativa para como a ciência trabalha e como o conhecimento é criado e estabelecido (CLEMINSON, 1990). Além disso, incentivar o entendimento dos estudantes sobre a natureza da ciência, seus pressupostos, valores, metas, e limitações deveria ser uma meta central no ensino de ciências.

Assim, apresentar aos alunos aspectos do empreendimento científico que mostrem sua complexidade pode tornar mais clara a ligação existente entre a comunidade de cientistas e o restante da sociedade como um todo, incentivando os alunos a enxergarem as características humanas da ciência, como sua história, suas controvérsias, princípios éticos, crenças, a criatividade do ser humano, etc (McCOMAS et al., 1998).

2.2 NdC e as pesquisas no ensino

Considerando o campo de pesquisas que buscam as maneiras de realizar um ensino que apresente e faça com que os alunos compreendam os conceitos relativos à natureza da ciência discutidos anteriormente, existe uma preocupação relativa às concepções dos professores sobre a natureza da ciência e os possíveis impactos que algumas concepções deturpadas podem vir causar em sua prática de ensino (ABD-EL-KHALICK, 2005; BRICKHOUSE, 1989; LEDERMAN, 1992).

As reformas de currículos de ciência em vários países já citadas, que têm como um de seus objetivos fazer com que os alunos tenham uma visão mais ampla sobre a natureza da ciência, buscam dar suporte a professores em sua formação, visto que um fato importante a se considerar é que possíveis concepções limitadas e deturpadas destes professores possam influenciar em sua maneira de ensinar sobre a ciência e sua natureza (ZEIDLER & LEDERMAN, 1989).

Desta forma, certo esforço tem sido dedicado no Brasil e no exterior a melhorar as concepções dos professores acerca da natureza da ciência, de forma que estes possam ensinar ciências esperando que seus alunos de alguma maneira também tenham suas concepções alteradas positivamente. Por trás disso tem-se a hipótese de que existe influência das concepções positivas dos professores sobre a mudança de concepções dos alunos e também de uma possível relação entre suas idéias sobre a natureza da ciência e seu comportamento e maneira de ensinar (LEDERMAN, 1992).

No Brasil, podemos citar dois exemplos da tentativa de se dar suporte para uma formação mais adequada com relação aos conceitos sobre natureza da ciência além dos tradicionais cursos de metodologia científica, evolução dos conceitos e história da ciência, uma em nível de graduação e outra de pós-graduação. No primeiro caso, temos a utilização do

Projeto de Física de Harvard nas disciplinas de física básica do curso de licenciatura noturno da Universidade Federal da Bahia (UFBA) e também a criação de disciplinas denominadas “fundamentos de física”, no curso de licenciatura em física da Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS), que têm como objeto de estudo os conceitos da física informados através de uma abordagem histórica e epistemológica do ensino. Estes cursos foram orientados por textos de Descartes, Galileu e Newton, além de textos de especialistas (EL-HANI, 2006; FREIRE & TENÓRIO, 2001).

Já no segundo caso, agora em nível de pós-graduação, o projeto “A Ciência como Cultura”, de cooperação luso-brasileira, orienta-se no sentido de uma ciência para o cidadão, partindo de uma reflexão crítica sobre a forma como os currículos mais tradicionais apresentam a ciência. Um de seus desenvolvimentos foi a implementação de disciplinas diferenciadas em programas de pós-graduação no Brasil e Portugal. (SANTOS et al., 2006, p.1)

No Brasil, uma dessas disciplinas, que tem caráter interdisciplinar, atinge seis programas de pós-graduação da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar): educação, ecologia e recursos naturais, filosofia, ciências sociais, engenharia de produção e engenharia urbana.

Com relação às pesquisas sobre as concepções de ciência de professores, Lederman e Zeidler (1987), através de um estudo sistemático, assumindo que o comportamento em sala de aula dos professores varia em função de suas concepções acerca da natureza da ciência, verificaram que o fato de possuir concepções válidas da natureza da ciência não necessariamente resultam em um comportamento em sala de aula que irá melhorar as concepções dos estudantes. Assim, segundo os autores, é necessário que os professores sejam capazes de comunicar tanto explicita quanto implicitamente o seu conhecimento sobre a natureza da ciência. Para tanto, entra-se em outro ponto da discussão sobre as possíveis

mudanças no ensino de ciências com relação ao conhecimento da natureza da ciência por parte dos alunos: a utilização explícita da história e filosofia da ciência no ensino com esses fins.

Estudos específicos sobre a utilização de materiais embasados historicamente e preparados com a finalidade de trabalhar conceitos da natureza da ciência através de atividades e discussões em sala de aula, mostram alguns avanços no que diz respeito à concepção dos alunos acerca da natureza da ciência (ABD-EL-KHALICK & LEDERMAN, 2000; SOLOMON et al., 1992). Como um exemplo de trabalhos nessa área, Solomon *et al.* (1992) verificam, através do ensino de história da ciência, uma significativa mudança na concepção de alunos britânicos de ensino médio, principalmente no que diz respeito à visão empiricista, para uma apreciação da natureza interativa entre experimento e a teoria em ciências. Dentre os resultados mais significativos obtidos na avaliação do estudo encontram-se: o fato de que para a maioria dos estudantes os experimentos têm como objetivo trazer evidências para suas explicações e não mais só para se realizar descobertas; mais estudantes têm consciência que os cientistas sabem o que eles esperam acontecer em um experimento antes de realizá-lo; menos estudantes pensam que uma teoria é um fato, sendo as respostas “uma idéia” e “uma explicação” mais favorecidas (SOLOMON et al., 1992, p. 417).

Um outro estudo, desenvolvido nos EUA, sobre a influência de cursos de história da ciência em concepções dos alunos mostra que é necessário uma abordagem explícita, que leve à sala de aula os conceitos sobre natureza da ciência a serem ensinados (ABD-EL-KHALICK & LEDERMAN, 2000). Isso se dá pelo fato de que algumas falsas concepções já foram impostas aos estudantes, implicitamente através do ensino puramente técnico e até mesmo explicitamente, através da maioria dos livros didáticos que são comumente utilizados no ensino.

Assim, além da importância de se ensinar sobre a natureza da ciência, é fundamental que os conteúdos já presentes nos livros didáticos sejam adequados. Concepções simplistas e limitadas sobre a ciência podem ser induzidas nos alunos devido à ausência destes conteúdos e até mesmo algumas distorções introduzidas no desenvolvimento histórico de alguns conceitos utilizados atualmente. Desta forma, é necessário considerar também que tipos de conteúdos podem causar estas visões distorcidas, e quais são elas, a fim de facilitar a sua identificação nos livros didáticos, como discutimos no capítulo a seguir.

3 PSEUDO-HISTÓRIA E OS MITOS CIENTÍFICOS

3.1 Pseudo-história e algumas conseqüências

O ensino de ciências, bem como os conteúdos de livros didáticos, não são completamente desprovidos de elementos de história e filosofia da ciência. Porém, em sua grande maioria, o tipo de história presente em sala de aula não segue os propósitos discutidos, onde se busca uma melhor concepção de ciência e seus processos (ALLCHIN, 2000, 2004).

De certa maneira o problema maior não está na ausência ou na quantidade de elementos de HFC que se utiliza no ensino de ciências, mas sim na sua qualidade (MARTINS & BRITO, 2006). A história da ciência presente nesses materiais é distorcida e simplificada, o que chamamos de pseudo-história. A pseudo-história induz tanto nos professores, quanto nos alunos, falsas impressões sobre a natureza da ciência e estereótipos sobre o que é fazer ciência e sobre os cientistas. Esses estereótipos e falsas idéias sobre a ciência têm grandes chances de serem perpetuados nas concepções sobre ciência presentes não só no ensino como até mesmo na cultura (ALLCHIN, 2004).

Normalmente a pseudo-história apóia-se em concepções de senso comum sobre ciência e como ela funciona. Talvez a primeira importante característica ou percepção sobre a ciência que vem à mente da maioria dos estudantes seja a existência de um método científico universal, o qual todas pessoas que façam ou desejam fazer ciência devem segui-lo (VIDEIRA, 2006). De uma maneira geral, esses passos comuns que são seguidos pelos cientistas se apresentam da seguinte maneira, como ilustrado na figura 1: um primeiro estágio onde é necessário definir o problema a ser estudado; em seguida talvez venha um dos momentos cruciais do método científico, onde é necessário fazer rigorosas medições e

observações acerca do problema estudado; através da interpretação dessas medidas e observações rigorosas, procuram-se padrões e formulam-se hipóteses acerca do fenômeno observado; finalmente, testam-se as hipóteses novamente e se confirmadas, tem-se as conclusões onde se comunica os resultados obtidos (McCOMAS, 1996).

“Método Científico”

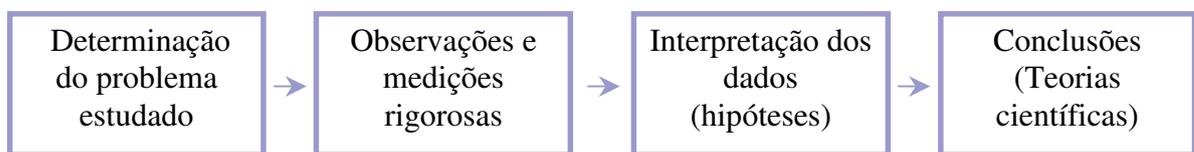


Figura 1. Quadro esquemático geral do “Método Científico”.

A partir deste senso comum sobre a ciência e seu método, outras diversas concepções falsas emergem. Dentro do próprio método talvez esteja o fato de que dados e evidências coletados rigorosamente resultaram na produção de conhecimento científico. Este procedimento empírico-indutivista traz a idéia de que a simples observação culmina na obtenção de uma nova lei ou teoria científica puramente de maneira mecânica. Fica assim claramente perdida a importante lição de que a ciência não tem nenhum método universal, sendo os fatores humanos da ciência perdidos, tal como a imaginação, criatividade e até mesmo os erros cometidos ao longo de seu desenvolvimento.

Um outro grande erro reside na idéia de que a ciência está em busca e sempre alcança a verdade absoluta. Nos dias atuais notamos que a autoridade científica tem um papel de grande destaque em nossa sociedade, que vai desde o desenvolvimento de novos tratamentos medicinais até a venda de novos produtos aos consumidores onde se estampam frases do tipo

“cientificamente testado” (CHALMERS, 1993). Neste caso, seu caráter mutável fica totalmente desfigurado pois, uma vez alcançado um resultado, este seria então a verdade final. Todas essas falsas concepções sobre a natureza da ciência acabam por tornar a pseudo-história da ciência narrada em livros didáticos um importante obstáculo para professores e estudantes entenderem melhor a natureza do conhecimento científico.

Como dito anteriormente, diversos exemplos de pseudo-história da ciência permeiam não só as aulas de ciências como também a cultura popular (MARTINS, 2006; WHITAKER, 1979). Seu uso é feito a fim de se atingir alguns propósitos pedagógicos no momento que se ensina um conteúdo científico, porém vimos que isto acaba passando uma visão distorcida da natureza da ciência. Isso acontece pois essas narrativas têm uma estrutura que utiliza diversos artifícios retóricos que podem ser identificados, sendo estes responsáveis pela existência de alguns conhecidos mitos sobre descobertas científicas e sobre os próprios cientistas.

3.2 A “arquitetura” dos mitos científicos

Utilizaremos a estrutura proposta pelo filósofo e historiador da ciência Douglas Allchin no que diz respeito a algumas das características principais de mitos científicos, particularmente histórias científicas populares que romantizam os cientistas, relatando o drama de suas descobertas e distorcendo os processos da ciência. Assim, através desses elementos podemos identificar alguns dos mitos presentes nos livros didáticos de física, bem como as possíveis distorções acerca da natureza da ciência.

Reconstruções históricas populares de descobertas científicas são propositalmente projetadas para preencher algumas narrativas e acabam se tornando a fonte de concepções de mitos nas ciências. Justamente por isso, é importante que os conteúdos dos livros didáticos

respeitem a história, transpondo para suas páginas resultados de pesquisas produzidos por historiadores da ciência profissionais e não reproduzindo anedotas e mitos inventados. Dentre as características presentes nesses mitos, constituindo sua arquitetura, podemos destacar como elementos principais: grandiosidade dos cientistas; idealização sobre algumas realizações; drama durante seu desenvolvimento; e seu caráter justificativo implicando sempre em uma “moral da história” (ALLCHIN, 2003, 2004).

3.2.1 Grandiosidade

Na grande maioria das vezes, os cientistas exercem um papel heróico dentro destes mitos. A grandiosidade com que a figura do cientista é tratada em certos episódios históricos faz alusão aos personagens literários que não exibem falhas em seu caráter e nunca cometem erros. Assim, mitos históricos transformam cientistas humanos em personagens super-humanos

Para alguns, personagens super-humanos funcionam como exemplos que inspiram os estudantes sendo que, paradoxalmente, eles parecem subverter o real objetivo de mostrar a ciência como um esforço humano. Segundo Allchin (2003), deste modo percebemos a grande ligação que existe entre o sujeito que conta a história e o ouvinte/leitor, sendo suas implicações muito importantes. O primeiro sente-se valorizado e até mesmo mais poderoso contando uma história importante, ao mesmo tempo em que o ouvinte/leitor sente-se impressionado pela sua importância e significância. Assim, esses sentimentos favoráveis mútuos parecem validar a narrativa que não se sustenta perante uma análise histórica mais aprofundada.

3.2.2 Idealização

Outro notável elemento da arquitetura dos mitos científicos é o fato de considerarem descobertas científicas que ocorreram gradualmente e contaram com a colaboração do trabalho árduo de várias pessoas serem creditadas pura e simplesmente a uma única pessoa. Normalmente, essas descobertas vêm acompanhadas de uma data precisa, dando a impressão de que ocorreram num determinado dia ou ano, após um único momento de introspecção dos cientistas, concordando com o aspecto grandioso com que eles são tratados.

Uma vez que estas histórias são moldadas de forma a apenas destacar aspectos julgados positivos, que normalmente são os que correspondem ao conhecimento científico atual, muitos detalhes históricos fundamentais tendem a ser esquecidos. O contexto das descobertas, tais como detalhes de seu tempo, lugar e cultura, encontros e colaborações, influências, erros, plágios, etc, acabam por se tornar aspectos secundários e, muitas vezes são completamente omitidos. Como consequência dessa idealização, esses tipos de narrativas históricas reforçam a idéia da existência de um método científico algorítmico, que assegura aos grandiosos cientistas o encontro da verdade científica.

3.2.3 Drama

Ao mesmo tempo em que alguns detalhes históricos são esquecidos, de forma a garantir a visão idealizada do desenvolvimento científico, outros ganham papel fundamental na arquitetura desses mitos. Esses detalhes muitas vezes envolvem certo tipo de sentimentos ou emoções pessoais como poderoso artifício de persuasão, refletindo-se até mesmo na

escolha das palavras que são usadas em sua descrição. Como sabemos, e teremos a possibilidade de evidenciar na análise dos conteúdos históricos dos livros didáticos de física, uma grande atenção é dada aos conflitos vividos pelos cientistas em sua busca pela verdade científica terminando sempre no momento “aha!” ou “eureka!”, que representam aquele típico estereótipo da luz da sabedoria que se acende em sua mente.

O drama que permeia a pseudo-história tem como objetivo persuadir o leitor/ouvinte e também torná-la memorável, pois ao final de algum conflito dramático, seja ele pessoal ou ainda entre o cientista e algum adversário, a verdade e a ciência sempre triunfam. Assim, eles sempre são lembrados e se torna agradável contá-los para outras pessoas.

3.2.4 Caráter justificativo

A última característica que Allchin identifica nesses mitos científicos está ligada ao fato de eles não serem tratados como parte da história sobre o desenvolvimento da ciência, mas sim *as* histórias da ciência. Assim, pelas características descritas anteriormente, o seu papel justificativo é alcançado e a história é finalizada com uma lição implícita onde a ciência, por meio de sua autoridade, nos leva óbvia e inevitavelmente à verdade.

Portanto, se pode dizer que mitos científicos têm a função de explicar e justificar a autoridade da ciência. Como descrito por Allchin (2003), esses elementos conspiram juntos para desmoralizar a natureza da ciência numa pseudo-história, que se torna muito familiar, de ‘Como a Ciência encontra a verdade’. Em suma, nesses mitos a ciência se baseia num método especial, onde os experimentos são bem projetados por pessoas extraordinárias, os cientistas, e a interpretação das evidências geradas não o traz problemas. Assim, ela culmina certa e inevitavelmente na verdade, sem qualquer tipo de incerteza ou erro.

Os livros didáticos, como elementos essenciais, na relação dos professores e alunos com o conhecimento científico e sua história, são geralmente permeados por narrativas históricas. Cabe então, neste momento, a pergunta: qual tipo de narrativa histórica está presente nos livros didáticos e como ela influencia a visão dos estudantes e professores sobre a natureza da ciência?

4 LIVROS DIDÁTICOS E OS PROGRAMAS NACIONAIS

4.1 O livro didático no contexto escolar

Objeto de nosso estudo neste trabalho, o livro didático é com certeza uma das ferramentas mais utilizadas no ensino atual como fonte de conhecimento, tentando dar um suporte estável para a relação de ensino/aprendizagem entre professor e aluno, dentro e fora da sala de aula. Deste modo, cabe neste momento fazer uma breve consideração acerca do papel do livro didático no contexto escolar, apropriando-se de algumas pesquisas neste contexto.

Como relatado por Cassiano (2004a), devido ao importante papel que o livro didático adquire no contexto escolar é de extrema necessidade entendê-lo em sua completude. Reflexo desse papel diferenciado, Lajolo (1996 *apud* CASSIANO, 2004a) destaca que

[...] o livro didático é instrumento importante de ensino e aprendizagem formal que, apesar de não ser o único, pode ser decisivo para a qualidade do aprendizado resultante das atividades escolares. E, finalmente, para ser considerado didático, um livro precisa ser usado de forma sistemática no ensino-aprendizagem de um determinado objeto do conhecimento humano, normalmente caracterizado como disciplina escolar.

No entanto, como retratado por Piedrahita (1998), o livro escolar não possui uma clara e fácil definição, uma vez que seus aspectos são diversos, suas funções múltiplas e seu estatuto ambíguo. Apesar disso, na visão dos órgãos administrativos, “os livros escolares são todos os livros concebidos com a intenção de servir a educação. Como tais, eles se dirigem então a todos os alunos, de todas as classes, de todos os níveis, para todos os exames, certificados e diplomas” (PIEDRAHITA, 1998).

Numa consideração mais ampla acerca do status do livro didático, Choppin³ (1992 *apud* PIEDRAHITA, 1998) o caracteriza em pelo menos quatro aspectos diferentes, a saber: um produto de consumo; um suporte de conhecimentos escolares; um veiculador ideológico e cultural; e finalmente um instrumento pedagógico.

Em primeira instância, o autor enfatiza a sua existência material (física), dotada de uma composição tipográfica, impressão, encadernação, etc, tendo desenvolvido o seu aspecto justamente pelo desenvolvimento de outros meio de comunicação. Sua comercialização e distribuição dependem da estrutura do mundo editorial, bem como dos contextos econômico e político. Essa abordagem do livro didático, que pressupõe levar em conta sua condição de mercadoria, contendo elementos de sua materialidade bem como de seu uso, foi a base para um estudo onde se considerou os aspectos políticos e econômicos da circulação do livro didático e suas implicações curriculares (CASSIANO, 2004a).

Já no segundo aspecto considerado por Choppin, descrito anteriormente, o livro didático é considerado o suporte do conteúdo educativo, cuja aquisição é considerada necessária pela sociedade para que os valores transmitidos as suas jovens gerações sejam consolidados.

O terceiro aspecto traz uma questão muito interessante e que geralmente é relegada a segundo plano. O livro didático é, “[...] mais além que as prescrições estreitas de um programa, o veículo de um sistema de valores, uma ideologia, uma cultura” (CHOPPIN, 1992 *apud* PIEDRAHITA, 1998). Como descrito por Nicoli Jr. e Mattos (2005), temos alguns exemplos de como o livro didático foi utilizado como um instrumento cultivador de valores na sociedade brasileira. Os autores destacam a época de grande conflito social vivida pelo Brasil após o golpe de 64, onde, através do livro didático, determinados valores que

³ CHOPPIN, A. **Les manuels scolaires: histoire et actualite**. Paris: Hachette Education, 1992.

indicavam uma realidade próspera e promissora e sustentavam a crença de um “milagre econômico” foram transmitidos (NICOLI JR. & MATTOS, 2005).

Por fim, o livro didático tem seu status de instrumento pedagógico, “[...] inscrito numa larga tradição, porém inseparável, tanto em sua elaboração quanto em seu emprego, das condições e métodos de ensino de seu tempo” (CHOPIN, 1992 *apud* PIEDRAHITA, 1998). Assim, algumas funções privilegiadas do livro didático ficam claras, uma vez que é através dele que o professor organiza e desenvolve seu trabalho pedagógico em sala de aula, sendo sua função pedagógica e a relação com esse professor o tema de discussão do trabalho de Carneiro *et al.* (2005).

Desta maneira, podemos ter uma noção geral da importância que o livro didático tem no contexto escolar, sobretudo no ensino dentro da sala de aula. Atualmente, podemos destacar dois novos indicadores importantes que tem influenciado de maneira significativa todos os status dos livros didáticos listados anteriormente. O PNLEM (Programa Nacional do Livro para o Ensino Médio) e os PCN (Parâmetros Curriculares Nacionais), discutidos com maior profundidade adiante.

4.2 O PNLEM e os PCN

Os programas federais de aquisição de livros didáticos para o ensino fundamental e médio presentes atualmente no ensino público do país tiveram seu início ainda na década de 80, anterior até mesmo a Constituição Federal de 1988. Seu precursor foi o PNLD (Programa Nacional do Livro Didático) criado pelo decreto número 91.542 de 1985 do governo federal brasileiro. Como descrito por Cassiano (2004b, p.3), este programa traz políticas inovadoras para os livros didáticos no país. Entre elas destacam-se o fim da compra de livros descartáveis

(aqueles que possuíam exercícios a serem feitos no próprio livro) passando a adquirir apenas livros reutilizáveis, participação das escolas e professores na sua escolha, distribuição gratuita às escolas públicas através da aquisição a partir dos recursos do governo federal e a universalização do atendimento do programa para todos os alunos de todas as séries do ensino fundamental.

Um segundo marco no PNLD ocorreu em 1996 quando novas mudanças foram realizadas. Ainda mantendo o papel de comprador e distribuidor dos livros didáticos, o governo constituiu uma comissão com o intuito de analisar a qualidade dos conteúdos programáticos e de seus aspectos pedagógico-metodológicos dos livros comprados pelo programa para as séries iniciais do ensino fundamental. O estudo, feito a partir dos dez livros mais solicitados de cada disciplina, demonstrou que os livros adquiridos e distribuídos pelo programa continham diversos erros conceituais e eram até desatualizados no que diz respeito ao conteúdo programático (CASSIANO, 2004b).

Assim, a partir de 1996, o MEC passou a realizar uma avaliação dos livros, divulgando os seus resultados nos *Guias de Livros Didáticos*, sendo distribuídos nas escolas e com o intuito de orientar os professores a respeito dos livros a serem adquiridos. Como também retratado pela autora, a maior repercussão na divulgação dos guias foi a reação por parte das grandes editoras de didáticos e autores que tiveram seus livros excluídos devido aos erros conceituais e desatualizações. Ainda em 1996, o Fundo Nacional do Desenvolvimento da Educação (FNDE), autarquia federal do MEC, passou a conduzir o PNLD, conseguindo estabelecer recursos regulares para o programa e, desta forma, cumprir a proposta inicial de 1985 de atingir todas as séries do ensino fundamental.

Podemos dizer que um terceiro marco no programa de livros didáticos aconteceu em 2005, com o lançamento de outro programa que pode ser considerado a sua extensão natural: o Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio (PNLEM). Este programa

começou com as disciplinas de língua portuguesa e matemática, e em 2006 se estendeu para as restantes. Este programa é de particular relevância para nosso trabalho, já que se acredita que, assim como as editoras e autores se mobilizaram para adequar suas publicações a partir das avaliações do PNLD de 1996, o universo dos livros didáticos de ciências, em particular o de física, usados no ensino médio sofrerá profundas mudanças em seu conteúdo ao longo dos próximos anos.

Alguns dos critérios do PNLEM na avaliação dos livros didáticos têm grande importância para a educação, principalmente do que diz respeito à valorização dos status do livro didático como um veiculador cultural e instrumento pedagógico. Podemos notar essa tendência nas próprias palavras do edital do programa (PNLEM 2007, p. 32).

[...] a avaliação das obras didáticas baseia-se, portanto, na premissa de que a obra deve auxiliar o professor na busca por caminhos possíveis para sua prática pedagógica. Esses caminhos não são únicos, posto que o universo de referências não pode se esgotar no restrito espaço da sala de aula ou da obra didática, mas atuam como uma orientação importante para que o professor busque, de forma autônoma, outras fontes e experiências para complementar seu trabalho em sala de aula. [...] Nos conteúdos e procedimentos que mobiliza, deve apresentar-se como compatível e atualizada, seja em relação aos conhecimentos correspondentes nas ciências e saberes de referência, seja no que diz respeito às orientações curriculares oficiais.

Ainda com relação ao apoio, e ao mesmo tempo liberdade, que o livro didático deve oferecer ao professor, e também em relação ao aprimoramento que os livros sofrerão com o início do programa, é destacado (PNLEM 2007, p. 34):

[...] a obra didática deve oferecer ao professor liberdade de escolha e espaço para que ele possa agregar ao seu trabalho outros instrumentos. Entende-se que a prática do professor não deve se respaldar tão somente no uso da obra didática, mas que esse material deve contribuir para que o professor organize sua prática, encontre sugestões de aprofundamento e proposições metodológicas coerentes com as concepções pedagógicas que postula. [...]

Finalmente, o PNLEM apóia-se sobre o aprimoramento de quase uma década do processo de avaliação de obras didáticas, iniciado no PNLD. Esse aprimoramento é decorrente da experiência acumulada em avaliações anteriores, da melhoria da qualidade das obras apresentadas em cada edição daquele Programa e, também, produto do debate e da pesquisa que vêm ocorrendo, principalmente no meio acadêmico, a partir de 1995. Assim como se busca um aprimoramento constante do processo, espera-se, em contrapartida, obras didáticas cada vez mais próximas das demandas sociais e coerentes com as práticas educativas autônomas dos professores.

Assim como nas avaliações anteriores, o PNLEM estabelece três critérios básicos, de forma que o seu não cumprimento resulta na exclusão do programa. De maneira geral eles dão

conta da correção e adequação conceituais, coerência e pertinência metodológicas, e preceitos éticos. O primeiro deles diz respeito ao fato de não ser permitido a presença de erros conceituais e informações desatualizadas que poderiam vir a levar o aluno a construir de maneira errônea seus conceitos e percepções. Já no segundo critério, fica claro que a obra didática deve possuir uma coerência em suas escolhas metodológicas, sendo elas explicitadas, e, no caso de uma pluralidade de escolhas adotadas, deve-se então apresentá-las de maneira articulada, evidenciando a compatibilidade entre elas. Ainda nesse critério, o programa explicita que serão excluídas as obras que não contribuem para “[...] o desenvolvimento de capacidades básicas do pensamento autônomo e crítico [...]”, e ainda para “[...] a percepção das relações entre o conhecimento e suas funções na sociedade e na vida prática” (PNLEM 2007, p. 36). O terceiro e último critério comum de caráter eliminatório das obras didáticas dá valor aos preceitos éticos, sendo que elas devem respeitar o caráter laico do ensino público e contribuir para “[...] a construção da ética necessária ao convívio social e ao exercício da cidadania”, caso contrário também serão excluídas.

Conforme destaca o PNLEM (2007, p. 41), conta-se com um outro nível de maturidade do aluno durante o ensino médio e desta forma os objetivos educacionais ganham uma maior ambição formativa, seja ela na natureza das informações tratadas e nas habilidades, competências e valores desenvolvidos. Desta maneira, alguns outros critérios considerados eliminatórios, agora colocados para as obras específicas de ciências da natureza (física, química e biologia) e suas tecnologias, têm um interesse particular para este trabalho. Ele se traduz principalmente no que diz respeito ao papel da história e filosofia das ciências no ensino e também à função do ensino de formador de cidadãos, na qual a HFC e a NdC também contribuem. Destacando os de maior relevância para nosso contexto, podemos citar (PNLEM, 2007, p. 41):

A obra NÃO deve apresentar a Ciência moderna como sendo equivalente a conhecimento, sem reconhecer a diversidade de formas de conhecimento humano, e NÃO deve apresentar o conhecimento científico como verdade absoluta ou retrato

da realidade. Deve, dessa forma, focar a evolução das idéias científicas, explicitando o caráter transitório e de não-neutralidade do conhecimento científico. A obra NÃO deve privilegiar somente a memorização de termos técnicos e definições, não se pautando, portanto, somente por questões de cópia mecânica ou memorização. O vocabulário científico deve ser usado como um recurso que auxilie a aprendizagem das teorias e explicações científicas, e não como um fim em si mesmo. As analogias, metáforas e ilustrações devem ser adequadamente utilizadas, garantindo-se a explicitação das semelhanças e diferenças em relação aos fenômenos estudados.

[...] Os experimentos propostos pela obra devem ser factíveis, com resultados plausíveis, sem transmitir idéias equivocadas de fenômenos, processos e modelos explicativos.

Como podemos notar, a partir dos critérios específicos destacados acima percebe-se a necessidade de uma natureza da ciência em conformidade com os aspectos discutidos anteriormente, dada a sua importância já discutida. Notamos também, a importância destacada em relação à utilização de analogias, metáforas, ilustrações e ainda à proposição de experimentos factíveis de resultados plausíveis. Em nossa análise futura dos livros didáticos veremos que em muitas das coleções esses elementos estarão fortemente veiculados à propagação dos mitos científicos.

De forma explícita, o PNLEM (2007, p.42) ainda menciona alguns critérios que qualificam as obras analisadas, sendo de especial relevância quando considera que “será valorizada a obra que propiciar condições para a aprendizagem da Ciência como processo de produção do conhecimento e construção cultural, valorizando a história das ciências [...]” e também aquela “[...] que apresentar o conhecimento científico de forma contextualizada, fazendo uso dos conhecimentos prévios e das experiências culturais do aluno”.

Todos esses critérios de eliminação e de qualificação das obras didáticas considerados no PNLEM têm por trás a influência de um importante orientador do ensino nacional dos últimos anos, os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN). A partir da reforma educacional iniciada com a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB) de 1996, são estabelecidos em 1997 pelo governo federal, através da consultoria de educadores e pesquisadores de cada área do conhecimento, os PCN. Eles são importantes orientações, principalmente no que diz respeito às competências de cada disciplina em seu dado nível, que

buscam estabelecer um referencial curricular sólido para ensino em todo país não mais centrado apenas no conhecimento memorístico.

No caso da física, os PCN para o ensino médio dividem as competências e habilidades, a serem desenvolvidas em três grupos: as habilidades e competências de *representação e comunicação*, que são aquelas onde basicamente o aluno deve ser capaz compreender códigos e símbolos físicos e também se expressar corretamente utilizando linguagem física adequada, bem como interpretar fontes de notícias científicas e obter informações relevantes; *investigação e compreensão*, que diz respeito ao aluno ser capaz de utilizar os conceitos físicos relacionando grandezas e identificando parâmetros relevantes, compreender a física presente no mundo vivencial e nos equipamentos tecnológicos, e articular o conhecimento físico com conhecimentos de outras áreas do saber científico; e, finalmente, as habilidades e competências de *contextualização sócio-cultural* da física, que possibilitam ao aluno reconhecê-la enquanto construção humana, evidenciando aspectos de sua história e relações com o contexto cultural, social, político e econômico, e também emitir juízos de valor em situações sociais nas quais envolvam aspectos físicos e/ou de suas tecnologias relevantes (PCN, 1997, p. 9).

Posteriormente, tem-se a publicação de orientações educacionais complementares (PCN+), que de maneira geral tentam estruturar e orientar a prática didática dando um suporte para os seus diversos elementos. Resumidamente falando, eles tentam esclarecer alguns possíveis caminhos para se concretizar as propostas dos PCN, estabelecendo não só as competências que devem ser privilegiadas mas também como elas se articulam dentro dos conhecimentos a serem trabalhados.

Assim percebemos as transformações pelas quais o ensino médio nacional tem passado nos últimos anos através dos PCN, sendo que diversos estudos têm como base de sua investigação as suas implicações no ensino, seja na prática didática (RICARDO &

ZYLBERSZTAJN, 2002), na utilização de tecnologias computacionais para o ensino através de modelagens de fenômenos físicos (VEIT & TEODORO, 2002) ou até mesmo nos livros didáticos (MATTOS et al., 2002).

Em seu estudo acerca das percepções dos professores e supervisores educacionais de uma escola pública no estado do Paraná, sobre a implantação dos PCN no ensino médio e suas dificuldades, Ricardo e Zylbersztajn (2002) verificaram por parte dos educadores uma grande carência de discussões mais sofisticadas sobre os parâmetros curriculares de forma que possam se apropriar do conteúdo da proposta de uma forma geral. Essa dificuldade dos professores acontece mesmo com um conhecimento razoável sobre os PCN por parte de seus diretores e supervisores pedagógicos, evidenciando que, como relatado pelos autores, os PCN, por si mesmos, não fazem a reforma educacional.

Neste ponto, acreditamos que uma mudança de certos conteúdos e também de sua metodologia e abordagem dos livros didáticos, em conformidade com os critérios do PNLEM e as orientações das competências e habilidades dos PCN discutidas anteriormente, podem vir a auxiliar o professor de diversas maneiras em sua prática dentro e fora da sala de aula, na direção das propostas destes documentos.

Isto porque é no livro didático que o professor baseia a organização e o desenvolvimento de seu trabalho. Ainda é de se destacar que, segundo o Banco Mundial, o livro didático está em quarto lugar em importância no processo de aprendizagem dos estudantes, considerando-o mais importante que o conhecimento, experiência e salário dos professores (MATTOS et al., 2002).

Algumas das relações dos livros didáticos com os professores são discutidas e investigadas através do estudo de Carneiro *et al.* (2005), que procuraram evidências para a tese de que livros didáticos que possuem abordagens metodológicas inovadoras podem vir a contribuir de maneira efetiva para mudanças na prática docente. Neste trabalho, as

concepções dos professores sobre o livro *Química e Sociedade*, produzido pelo PEQUIS (Projeto de Ensino de Química e Sociedade), do Instituto de Química da UnB (Universidade de Brasília), indicaram o que os autores chamaram de “tensão” entre a vontade em adotar as mudanças estratégicas nele indicadas e as dificuldades em desenvolver práticas diferenciadas das convencionais. Essa dificuldade foi evidenciada por suas atividades diferirem daquelas que possuem exercícios estilizados, mostrando que “[...] a pressão dos vestibulares sobre o ensino médio tem ainda um grande peso na resistência de professores a mudanças propostas”. No entanto, a análise evidenciou que, apesar da resistência quanto ao formato dos novos exercícios, muitos dos aspectos inovadores apresentados pelo livro foram apreciados e adotados pelos professores (CARNEIRO et al., 2005).

Por fim, a partir deste panorama de reformas do ensino, propostas pela LDB e tendo os PCN como seu carro chefe, vemos que o ensino de física no ensino médio segue na direção de promover qualificações mais amplas e formativas dos estudantes, evidenciadas pela articulação de competências e habilidades não mais dentro da disciplina, mas sim entre as áreas de conhecimento. Como ressalta Menezes (2000, p. 7), os objetivos formativos das Ciências da Natureza em comum com a área das Linguagens e Códigos, como por exemplo interpretar e produzir textos utilizando diversas formas de linguagem, e ainda com a área das Ciências Humanas, como a compreensão histórica da ciência e suas questões sociais, ambientais, políticas e econômicas, não enfraquecem seu sentido mais específico de investigação e compreensão dos processos naturais e tecnológicos, mas sim acabam por estabelecer uma forte base de contexto para seus conhecimentos científicos, incluindo as competências e habilidades a eles associadas.

5 ANÁLISE DOS CONTEÚDOS HISTÓRICOS E DA NDC NOS LIVROS DIDÁTICOS DE FÍSICA

Até então temos discutido a importância de um novo ensino em ciências que seja contextualizado e não puramente técnico, descrevendo potencialidades e necessidades da HFC para a formação científica estudantil. Em conformidade com este caminho, vimos a mudança pela qual o ensino médio tem passado na última década com as criações dos PCN e do PNLEM, e ainda alguns de seus impactos nos livros didáticos, sobretudo em seus diversos status e também em algumas de suas relações com os professores e alunos, através da exemplificação de outros estudos.

Com a intenção de buscar subsídios para uma discussão mais profunda acerca de alguns conteúdos e abordagens históricas de livros didáticos de física para o ensino médio, analisamos 16 coleções didáticas editadas desde a década de 1980 até 2006. Essa análise foi realizada preocupando-se com a quantidade e qualidade de conteúdos históricos existentes, e também com sua forma de apresentação e abordagem dentro da proposta didática de cada livro. Outro ponto importante foi a preocupação em estar atento em relação à presença ou indícios da pseudo-história, mitos científicos e relatos acerca do “método científico”.

5.1 A amostra de livros didáticos

As coleções analisadas são em sua maioria do acervo da Biblioteca do Livro Didático da Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo (BLD-FEUSP), sendo outras mais

recentes da biblioteca do Centro de Divulgação Científica e Cultural da Universidade de São Paulo campus de São Carlos (CDCC-USP-SC) e de coleção particular.

Procurou-se selecionar obras conhecidas do meio escolar secundário, que fossem anteriores aos programas já discutidos previamente e também obras mais recentes, principalmente aquelas com presença na lista dos aprovados do PNLEM 2007, por isso escolhido o período entre 1980 e 2006.

As obras analisadas e classificadas como 16 diferentes coleções são apresentadas na tabela 1 a seguir, orientadas em ordem alfabética de seus títulos e seguidas de seu(s) respectivo(s) autor(es) e ano das edições de seus volumes respectivamente.

Neste ponto é necessário fazer breves considerações a respeito de algumas coleções. Como destacado anteriormente, a busca pelos livros didáticos foi realizada na Biblioteca do Livro Didático em São Paulo e no CDCC/São Carlos, porém nem todas as coleções estavam completas, ou seja, com exemplares de todos os seus volumes. Destas coleções incompletas foram somente analisados: o volume 1 da coleção A, os volumes 1 e 3 da coleção C, os volumes 1 e 2 da coleção E, o volume 1 da coleção G e o volume 4 da coleção K, pois eram os exemplares disponíveis. Ainda com relação às coleções de livros de física para o ensino médio analisadas, destaca-se que sua maioria é composta por três volumes, exceto as coleções K e M que possuem cinco e as coleções I, J e L, constituídas em livro único.

Podemos notar também que existem coleções com o(s) mesmo(s) autor(es) porém diferentes, como no caso do trio de coleções B, L e O e dos pares H e I e ainda M e P, fato que possibilitará uma discussão acerca da mudança ou não de postura didática, tanto em conteúdo como em abordagens históricas, por parte do autor, e se esse fato tem, ou não, ligação com os PCN e o PNLEM.

Coleção	Título	Autor(es) e ano das edições de seus volumes
A	Alicerces da Física	Shigekiyo, C. T.; Yamamoto, K.; Fuke, L. P. – 1993/-/-
B	Aulas de Física 1, 2, 3	Ferraro, N. G.; Soares, P. A. T.; Santos, J. I. C. – 1996/97/95
C	Bases da Física 1, 2, 3	Ramalho Jr, F.; Herskowitz, G.; Scolfaro, V. – 1981/-/82
D	Curso de Física 1, 2, 3	Álvares, B. A.; Luz, A. M. R. – 1992/93/86 e 2005/05/05
E	Estudos de Física 1, 2, 3	Ueno, P. T.; Yamamoto, I. – 1982/82/-
F	Física 1, 2, 3	Cabral, F.; Lago, A. – 2002/02/02
G	Física 1, 2, 3	Freitas, J. A. F.; Cencic, M. D. – 2002/-/-
H	Física 1, 2, 3	Gaspar, A. – 2000/00/00
I	Física (v. único)	Gaspar, A. – 2004
J	Física (v. único)	Paraná, D. N. – 1994
K	Física	Talavera, A. C. – -/-/-/2005/-
L	Física Básica (v. único)	Ferraro, N. G.; Soares, P. A. T. – 1990
M	Física Clássica	Sampaio, J. L.; Calçada, C. S. – 1991/91/85/85/85
N	Física na Escola Atual 1, 2, 3	Arruda, M. A. T.; Anjos, I. G. – 1993/93/93
O	Fundamentos da Física 1, 2, 3	Ferraro, N. G.; Soares, P. A. T.; Santos, J. I. C.; Ramalho Jr, F. – 1991/94/93
P	Universo da Física 1, 2, 3	Sampaio, J. L.; Calçada, C. S. – 2001/01/01

Tabela 1. Coleções de livros didáticos analisados e seus respectivos autores e ano das edições de seus volumes.

Ainda em relação à seleção das obras para a análise, além da preocupação de se contar com edições no intervalo da década de 1980 até atual pelos motivos já mencionados, procurou-se também obter o máximo de obras aprovadas no PNLEM 2007, já divulgadas pelo governo federal, a título de comparação entre si e entre as coleções mais antigas. Porém, das seis coleções aprovadas foram encontradas apenas três disponíveis (coleções D, I e P), sendo que as demais eram inéditas e ainda não estavam sendo comercializadas pelas editoras na época de nossos trabalhos com os livros didáticos em 2006. As três coleções analisadas correspondem à última versão disponível no mercado antes do PNLEM de 2007.

Dentre essas três coleções aprovadas, a coleção D possui algo particular, já que foi possível comparar a atual edição com outras mais antigas, e assim poder notar também eventuais mudanças em relação aos conteúdos históricos e as abordagens por parte de seus autores.

5.2 Definição das categorias pertinentes ao estudo

Ao dar início à análise das coleções de livros didáticos, as categorias principais, que eram alvo de nossa pesquisa, acabaram ganhando algumas subdivisões importantes conforme a diversidade de abordagens históricas encontradas, e até mesmo conteúdos que têm estreita relação com a divulgação de noções acerca da natureza da ciência aos alunos.

As três categorias principais ficaram assim definidas: a primeira em relação à maneira como materiais históricos são encontrados na coleção didática; a segunda diz respeito às idéias veiculadas acerca da natureza da ciência; e, por fim, a última categoria considera a qualidade da informação histórica apresentada. Dentro delas são definidas possíveis subcategorias para os livros didáticos, às quais foram designadas uma numeração para uma

melhor referência quando solicitado. Visando facilitar recorrentes visualizações e posteriores consultas, os critérios usados para análise são resumidos na tabela 2, na qual apresentamos de forma ordenada e simplificada toda a discussão feita a seguir acerca das categorias do estudo e suas subcategorias, que nortearão a análise dos livros didáticos.

Importante se destacar também que por diversas vezes houve sobreposição de subcategorias dentro de uma mesma categoria para determinadas coleções didáticas, caracterizando o fato de que estas subcategorias não são rígidas. Desta forma, foi comum colocar uma certa coleção em subcategorias diferentes numa mesma categoria, já que o assunto tratado dentro da física se mostrou um fator determinante para o tipo de abordagem com relação à história da ciência adotada pela obra. Assim, nos preocuparemos primeiramente em apresentar as diferentes subcategorias de cada categoria do estudo e situar cada coleção e, posteriormente, mostrar importantes exemplos do material encontrado discutindo-os de acordo com as categorias.

Dentro da primeira categoria, encontramos livros didáticos onde a presença de conteúdo historiográfico pode ser subdividida em 3 subcategorias. A primeira foi aquela caracterizada por sua ausência, ou seja, aquela sem a presença de nenhum tipo de material de cunho histórico (subcategoria 1.1). Já a segunda se caracteriza pela apresentação específica e isolada, isto é, os conteúdos históricos têm seu lugar próprio durante o desenvolvimento do texto, seja em seções introdutórias e textos complementares ao final de capítulos, ou até mesmo em “boxes” separados, inseridos próximos a discussões de assuntos correlatos ao longo do livro (subcategoria 1.2). Por fim, a última maneira que a história da ciência é encontrada nos livros didáticos, é aquela onde os seus conteúdos, suas abordagens e suas discussões estão diluídas ao longo do texto, juntamente com o desenvolvimento formal de teorias, conceitos, definições e equações de um livro ordinário de física (subcategoria 1.3).

Categoria	Subcategoria	Definição
Em relação à forma de apresentação do material histórico	1.1	Não possui nenhum conteúdo histórico
	1.2	Contém “boxes” e seções específicas sobre a história da ciência ao longo dos capítulos
	1.3	O conteúdo histórico aparece diluído ao longo do texto
Em relação às idéias de natureza da ciência veiculadas	2.1	Discussões que fazem menção implícita ao “método científico”
	2.2	Discussões explícitas sobre o “método científico”
	2.3	Discussões mais sofisticadas sobre a NdC
Em relação à qualidade da informação histórica apresentada	3.1	Contém apenas menções e breves notas biográficas, a respeito de cientistas e suas realizações, ao longo dos capítulos
	3.2	Abordagem histórica que valoriza apenas os conhecimentos aceitos atualmente (história whig)
	3.3	Presença de características dos mitos científicos
	3.4	A história da ciência complementa satisfatoriamente a abordagem do conteúdo científico

Tabela 2. Categorias principais com suas subcategorias e definições.

Partindo-se para a segunda categoria, a caracterização dos livros foi feita preocupando-se com quais idéias acerca da natureza da ciência eram veiculadas e desta forma surgiram novamente três diferentes subcategorias. As duas primeiras dizem respeito à existência de discussões sobre o polêmico “método científico” e diferem entre si de maneira sutil. A primeira delas (subcategoria 2.1) é caracterizada por menções implícitas ao método, isto é, quando são apresentados os seus passos de forma quase subliminar, enquanto que a segunda (subcategoria 2.2) por menções explícitas, ou seja, quando o livro discute seus procedimentos denominando-o de “método científico” ou ainda “método experimental”, etc. Já a terceira subcategoria é aquela onde a natureza do empreendimento científico é discutida como uma construção humana, destacando suas diversas contribuições e a não existência de um método único e universal para construir e se fazer ciência (subcategoria 2.3).

Por fim, na terceira e última categoria, a atenção volta-se para a qualidade das informações históricas apresentadas pelas coleções didáticas. Neste caso emergiram quatro diferentes subcategorias. A primeira delas é relativa aos livros onde uma história demasiada simples é encontrada, caracterizada pela presença apenas de datas e notas bibliográficas curtas sobre poucos cientistas e alguns de seus estudos (subcategoria 3.1). A segunda subcategoria diz respeito àquela abordagem histórica encontrada nos livros que é conhecida como “historiografia whig”, que interpreta o passado como uma evolução crescente, linear, que leva àquilo que se quer defender atualmente (SILVA & MARTINS, 2003, p. 54) (subcategoria 3.2). A terceira é relativa também à pseudo-história, ou seja, àquela história da ciência que contém elementos distorcidos e a presença de mitos científicos (subcategoria 3.3). Por fim, a quarta e última subcategoria dessa terceira categoria é aquela onde os conteúdos históricos complementam a abordagem do conteúdo científico de maneira satisfatória, com discussões interessantes e transmitindo valores históricos pertinentes ao ensino de física (subcategoria 3.4).

Também de forma simplificada, procuramos apresentar uma visão geral, antes da discussão pormenorizada das obras didáticas e seus conteúdos referentes a HFC e a NdC, das coleções e as categorias e subcategorias, anteriormente discutidas, nas quais elas se inserem. Desta forma, na tabela 3 são mostradas as categorias e suas subcategorias, e onde se situa cada coleção, lembrando a possibilidade de sobreposições de subcategorias para uma mesma coleção didática.

Olhando para a primeira categoria podemos notar que, com exceção da coleção C (na subcategoria 1.1), todas as coleções analisadas possuem conteúdos históricos, que são apresentados em “boxes” e seções específicas, como em introduções históricas ou textos complementares ao final de capítulos (subcategoria 1.2). Em cinco coleções (D, F, H, I e P) notamos também uma sobreposição com a subcategoria 1.3, já que em determinados assuntos o conteúdo histórico apresentou-se diluído ao longo do texto, além de suas seções específicas.

Já com relação à segunda categoria percebemos uma maior distribuição das coleções didáticas entre as subcategorias possíveis. Novamente, a maioria das coleções foi classificada, sendo que apenas as coleções C, G, L e M não possuíam nenhum tipo de conteúdos relativos à natureza da ciência, e assim não foram classificadas nesta segunda categoria. Entre as demais notamos que oito dentre as doze coleções que possuíam discussões referentes à natureza da ciência a fizeram de forma a apresentar idéias sobre o método científico, sendo seis de forma explícita, onde eram mencionados como “método científico” ou ainda “método experimental”. Em apenas quatro coleções (H, I, K e P) foram encontradas discussões onde a ciência era tratada como algo mais complexo, de caráter humanístico, e que não obedecia a uma regra fixa, ressaltando as influências externas e também sua dinamicidade.

Categoria	Em relação à forma de apresentação do material histórico			Em relação às idéias de natureza da ciência veiculadas			Em relação à qualidade da informação histórica apresentada			
	1.1	1.2	1.3	2.1	2.2	2.3	3.1	3.2	3.3	3.4
Coleção		A		A			A	A	A	
		B			B			B	B	
	C									
		D	D		D			D	D	D
		E			E		E	E		
		F	F		F			F	F	F
		G							G	
		H	H			H				H
		I	I			I				I
		J			J		J	J	J	
		K				K		K	K	K
		L					L	L		
		M					M	M	M	
		N		N				N	N	
		O			O		O	O	O	
		P	P			P		P		P

Tabela 3. Categorias e as coleções que as representam.

Considerando a última categoria, onde a análise foi feita com relação à qualidade da história da ciência encontrada, percebemos uma grande sobreposição de subcategorias, e em praticamente todas as obras didáticas. Assim como na primeira categoria, onde houve sobreposição de subcategorias para certas obras, um assunto tratado pela coleção vinha acompanhado de uma história da ciência que se caracterizou por certa subcategoria, enquanto em outros assuntos a história acompanhada encaixou-se numa outra subcategoria.

Nesta terceira categoria, houve uma sobreposição que pode ser considerada maior, principalmente no que diz respeito às subcategorias 3.2 e 3.3, uma vez que, quando abordando de maneira histórica um conceito ou teoria, várias coleções a fizeram olhando para eles com olhos do presente (historiografia “Whig”), enquanto que quando contextualizando a vida e obra de certo cientista, muitas coleções lançaram mão de características dos mitos científicos já discutidos anteriormente.

Por outro lado, e ainda caracterizando essa sobreposição de subcategorias, poucas coleções apresentaram em apenas certos assuntos uma história da ciência de forma a complementar de maneira relativamente satisfatória o conteúdo a ser ensinado (subcategoria 3.4). Em menor número, porém também povoada por coleções didáticas, a subcategoria 3.1, que diz respeito àquela história simplificada e baseada em pequenas notas biográficas datadas, também foi caracterizada por exemplos em alguns casos.

5.3 Análise dos livros didáticos de física

Pautados pelo referencial teórico discutido nos capítulos iniciais, passaremos agora a uma análise pormenorizada das coleções didáticas segundo as categorias anteriormente

apresentadas. Buscamos também exemplificar algumas das discussões e os tipos de materiais encontrados (sobretudo referentes às categorias 2 e 3).

Apesar de analisarmos somente o seu primeiro volume, a **coleção A** (*Alicerces da Física: Shigekiyo, C. T.; Yamamoto, K. & Fuke, L. P.*) se mostrou bastante resumida com relação aos seus conteúdos históricos. Sua edição de 1993 traz a história da ciência em apenas três assuntos, sendo utilizada para introduzir um capítulo sobre movimentos retilíneos uniformes, onde fala sobre Galileu e a inércia como se ele fosse o primeiro e único a discutir este conceito, e também outro sobre gravitação, tratando agora sobre geocentrismo e heliocentrismo. O terceiro elemento de história da ciência que a coleção apresenta é um texto complementar ao final do capítulo sobre empuxo, referindo-se a Arquimedes e ao mito da coroa do rei “Hierão II”.

Dentre esses elementos, percebemos que a coleção A, ao introduzir um capítulo sobre os princípios da dinâmica, tenta descrever as idéias de Galileu Galilei sobre o movimento dos corpos, porém o faz de maneira simplista e com a abordagem da historiografia “whig”, utilizando os conceitos, nomenclaturas e idéias atuais sobre o assunto (MRU, velocidade vetorial), além de apresentar erros historiográficos grosseiros ao mencionar o desenvolvimento da lei da inércia.

Até a Idade Média, os homens acreditavam que um movimento só poderia ser mantido se existisse uma força. Era um raciocínio incorreto, segundo o qual o estado natural de um corpo era somente o repouso. Mas o italiano Galileu Galilei (1564-1642) introduziu a idéia de que o estado natural de uma partícula não era apenas o repouso, mas também o MRU. Segundo esse sábio, uma partícula, por si só, não altera sua velocidade vetorial, ou seja, sob força resultante nula, não modifica seu estado de repouso ou de MRU. Essa idéia, apresentada por Galileu, é a lei conhecida como princípio da inércia ou 1ª lei de Newton, pois foi reestudada pelo inglês Isaac Newton (1642-1727) (SHIGEKIYO et al., 1993, p. 165).

Já em relação à natureza da ciência, a coleção A descreve o procedimento e os passos que os cientistas devem seguir para obter um conhecimento científico, porém sem caracterizá-lo explicitamente como método científico, enquadrando-se assim na subcategoria 2.1. No

capítulo 1, denominado “introdução à física” os autores destacam (SHIGEKIYO et al., 1993, p. 10):

Os cientistas, cada qual com os métodos de pesquisa da época e do lugar, observam sistematicamente os fenômenos da natureza, tomam dados sobre as grandezas físicas envolvidas e induzem as leis ou princípios. Eles procuram estabelecer regras gerais para as explicações dos acontecimentos naturais.

Percebemos nesta discussão da coleção A algumas características de senso comum sobre a ciência, que mesmo sem citar como sendo o método científico deixa claro o caráter procedimental e indutivo que a ciência têm em sua visão. Esta descrição distorcida fica evidente na apresentação dos passos “observar sistematicamente”, “tomar dados sobre as grandezas físicas envolvidas” e “induzir leis ou princípios”.

Ao final deste capítulo introdutório o autor ainda faz uso de uma citação de Willian Thompson de modo a finalizar sua discussão acerca da natureza da ciência, designando certa autoridade à “ciência” por ele apresentada.

Tenho afirmado, muitas vezes, que, quando podemos medir aquilo do qual falamos e exprimi-lo em números, ficamos conhecendo algo referente ao assunto; porém, quando não podemos exprimi-los em números, nosso conhecimento não é satisfatório nem frutífero; ele pode ser apenas um início de conhecimento, mas nosso pensamento dificilmente terá atingido o estágio científico, qualquer que seja o assunto em questão (THOMPSON *apud* SHIGEKIYO et al., 1993, p. 15).

Já a coleção B (*Aulas de Física: Ferraro, N. G.; Soares, P. A. T. & Santos, J. I. C*) teve todos os seus três volumes analisados e, na apresentação de cada volume, os autores destacam que a obra possui várias leituras a respeito de aspectos históricos, visando despertar o interesse dos alunos pela física. Em relação à coleção anterior, a coleção B possui uma maior diversidade de conteúdos históricos, distribuídos ao longo de mais assuntos, porém também os apresenta de forma bem resumida. Outra consideração interessante é que apesar do destaque dos autores, o segundo volume da coleção (termologia, óptica geométrica e ondas) não possui as leituras sobre aspectos históricos.

Nesta coleção, o conteúdo histórico foi majoritariamente apresentado em “boxes” sobre a vida e a obra de cientistas ao final de alguns capítulos, contendo, o primeiro volume, caixas de texto sobre Galileu no assunto de cinemática, Newton no capítulo sobre dinâmica, Kepler em gravitação e por fim sobre Arquimedes em hidrostática. À parte estes textos, também foram apresentadas algumas referências históricas em pequenas e simplificadas introduções, sobretudo quando o assunto se mostrava novo no contexto didático da coleção. Assim, uma pequena contextualização histórica (através apenas de datas e alguns nomes) foi feita para apresentar os primeiros estudos sobre a dinâmica e a gravitação, tentando introduzir o assunto para os estudantes e talvez até motivá-los.

O terceiro volume da coleção B, que trata da eletricidade, também apresentou conteúdos históricos somente através de boxes, ao final de cinco assuntos. Desta vez, porém, as leituras se mostraram ligeiramente mais profundas, mas novamente limitaram-se a apresentar dados biográficos de cientistas famosos, como no primeiro volume, e pequenas reflexões acerca de seus trabalhos sem nenhuma referência ao contexto sócio-cultural, e tampouco científico, da época. Este volume apresenta alguns cientistas que trabalharam em sua investigação, começando por Thales de Mileto e terminando em Alessandro Volta. As demais leituras tratam sobre pilhas e geração de corrente elétrica na história (corrente elétrica), lâmpadas incandescentes (resistores), evolução do eletromagnetismo e, por fim, sobre o efeito fotoelétrico.

Assim, vale destacar um elemento histórico encontrado na coleção B onde o autor faz uso da chamada historiografia “whig” (subcategoria 3.2). Neste caso, na introdução do capítulo sobre dinâmica, o autor desconsidera os estudos anteriores a Galileu, como os medievais, Descartes, Huygens e outros, sobre o movimento dos corpos de maneira pretensiosa, validando como teoria científica apenas os conhecimentos atualmente aceitos, quando se refere à mecânica de Newton. Segundo Ferraro *et al.* (1996, p. 158, grifo do autor),

“baseado nos trabalhos de Galileu e de Kepler (1571-1630), Isaac Newton (1642-1727) estabeleceu três *princípios* e a partir deles desenvolveu a primeira teoria satisfatória sobre os movimentos dos corpos, que foi denominada *Mecânica clássica*”.

Já entre outros conteúdos históricos da coleção B, destacam-se os elementos de mitos que encontramos em dois boxes sobre Galileu e Newton. Neles percebemos a inserção de elementos que dramatizam e idealizam suas realizações em grandes proporções, distorcendo sua história e a até mesmo a natureza da ciência.

O grande físico e matemático italiano Galileu Galilei (1564-1642) desempenhou um papel fundamental no desenvolvimento do pensamento científico moderno, ao participar ativamente do confronto entre a liberdade de espírito e as forças retrógradas que buscavam impedir o progresso da ciência. Defendendo a idéia de que a Terra não poderia ser o centro do Universo e que na verdade deveria estar girando em torno do Sol, Galileu ao mesmo tempo estabeleceu um fato científico de grande repercussão e colocou em xeque a estrutura de poder existente na época, representada pela Igreja Católica.

[...] Galileu Galilei tem, portanto, dupla importância: por suas descobertas científicas, básicas para a evolução do conhecimento humano, e por sua coragem em abalar o poder dominante que obstava o progresso da ciência (FERRARO et al., 1996, p. 138).

Percebemos então o drama, envolvendo as idéias de Galileu e suas conseqüências para a época, tratado exageradamente por parte do autor e que é notado ao se referir sobre o “confronto entre a liberdade de espírito e as forças retrógradas que buscavam impedir o progresso da ciência” e ainda quando revela a importância de Galileu devido “sua coragem em abalar o poder dominante que obstava o progresso da ciência”.

Já no texto sobre Newton da coleção B, os elementos dos mitos científicos presentes mais marcantes dão conta de uma idealização exacerbada sobre sua teoria e também da grandiosidade como seu intelecto é tratado.

Historiadores e cientistas são unânimes em afirmar que Isaac Newton (1642-1727) representou a luz que iluminou definitivamente o pensamento científico moderno. Dotado de uma notável intuição, que lhe permitiu estabelecer a Lei da Gravitação Universal – que explica os movimentos dos astros – a partir da simples queda de uma maçã, o genial matemático inglês inventou o cálculo diferencial e integral, para que seus princípios não fossem meras suposições (Ibid., p. 166).

A coleção ainda faz referência ao popular mito da maçã como inspiração para sua teoria e através desta maneira simples e idealizada como é contada introduz diversos erros

historiográficos grosseiros. Assim como a gravidade (queda dos corpos) já era muito bem conhecida antes de sua teoria, Newton já pensava sobre o assunto e a maçã apenas exemplificou uma série de idéias que poderiam ter surgido sem sua queda. O mais importante certamente foi o trabalho desenvolvido antes do fato, pois sem ele nada de relevante poderia ter sido desencadeado pela queda da fruta. Mesmo assim, depois de ter sua idéia, muitos estudos foram feitos verificando se ela era correta ou não, fazendo muitos cálculos e previsões, o que levou tempo. Desta forma, até que muitos outros aspectos de sua teoria da gravitação fossem desenvolvidos, muitos anos se passaram até que seu trabalho adquirisse sua forma final (MARTINS, 2006, p. 186).

Considerando a segunda categoria do estudo, a coleção B não apresentou uma discussão mais direcionada sobre a natureza da ciência, observa-se apenas algumas menções e referências ao método científico e seus passos, feitas ao longo de conteúdos históricos apresentados pelas obras.

Desta maneira, a coleção B na introdução do capítulo sobre dinâmica destaca que

o estudo científico dos movimentos dos corpos deve-se a Galileu Galilei (1564-1642), que introduziu em Física o *método experimental*. Este consiste em observar os fenômenos, medir suas grandezas e estabelecer as leis físicas que os regem (FERRARO et al., 1996, p. 158, grifo do autor).

A coleção C (*Bases da Física: Ramalho Jr, F.; Herskowitz, G. & Scolfaro, V.*) foi a única posicionada na subcategoria 1.1, já que é totalmente desprovida de conteúdos históricos, desde referências sobre importantes trabalhos de alguns cientistas até seus nomes e datas da época em que viveram. Esta coleção é um típico exemplo do livro didático que trata apenas aqueles aspectos técnicos e matemáticos da física, sendo suas discussões e apresentações dos conceitos sempre preocupadas com sua matematização para a apresentação de fórmulas, voltadas para um resultado final que objetiva a obtenção de técnicas para solução analítica de exercícios.

A coleção D (*Curso de Física: Álvares, B. A. & Luz, A. M. R.*), como vemos na tabela 3, é uma das coleções que possuem sobreposição de subcategorias dentro da primeira categoria, uma vez que seus conteúdos históricos foram apresentados tanto em seções específicas e boxes (subcategoria 1.2) quanto diluídos ao longo do desenvolvimento do texto ordinário (subcategoria 1.3). Como apresentado na amostra dos livros didáticos, a coleção D possui duas particularidades, sendo uma das coleções aprovadas no PNLEM 2007 e também uma coleção que teve duas edições analisadas, a primeira da década de noventa e a segunda do ano de 2005.

Considerando então as duas edições, um fato interessante é que a coleção apresentou da mesma maneira o conteúdo histórico, existindo poucas diferenças entre elas. Quando houve, essas diferenças se mostraram, sobretudo, de cunho diagramático, sendo a divisão dos capítulos modificados. O conteúdo histórico e a forma como foi apresentado foram mantidos, não havendo diferenças efetivas para nosso estudo.

Na apresentação desta coleção, os autores destacam aos alunos que os “tópicos especiais” têm o intuito de desenvolver os aspectos históricos de forma agradável, complementando e ampliando o texto ordinário. Assim, o desenvolvimento do material histórico se deu mais efetivamente nesses textos complementares, ao final dos capítulos. A parte histórica apresentada diluída ao longo do desenvolvimento textual foi simples e pouco aprofundada e, como na coleção B, continha majoritariamente nomes dos cientistas mais famosos que trabalharam naquela área do conhecimento, alguns de seus trabalhos, as datas da época em que viveram e alguns outros dados biográficos.

No primeiro volume, encontramos textos sobre Galileu, Newton, Einstein e Arquimedes inseridos nos assuntos de cinemática, dinâmica, gravitação, hidrostática e leis de conservação. Já no segundo volume, percebemos que os textos históricos foram mais bem

explorados em alguns momentos, pois têm um propósito interdisciplinar e não apenas de apresentar a vida e a obra de cientistas, ligando os conteúdos estudados em um dado capítulo com outras áreas da física e até mesmo do conhecimento. Como exemplos dessa “função interdisciplinar” dos conteúdos históricos, temos textos sobre a evolução molecular da matéria dentro do assunto de gases, sobre a natureza e velocidade da luz dentro da óptica geométrica e sobre as máquinas térmicas e o desenvolvimento dos meios de transporte na história dentro da termodinâmica, sendo que os principais cientistas nestas áreas da física foram citados. Apesar disso, estes textos não discutem aspectos controversos, dificuldades, debates entre cientistas e outras questões envolvidas na construção do conhecimento científico.

Por fim, no terceiro volume encontramos um texto histórico de caráter mais interdisciplinar, enquanto que os demais se preocuparam em dar atenção a descobertas e estudos de importantes cientistas. Neste texto, dentro do assunto de circuitos elétricos e força eletromotriz, os autores descrevem o desenvolvimento e importância em aplicações no cotidiano das válvulas eletrônicas e os diodos e transistores ao longo da história. Os demais textos tratam basicamente das primeiras descobertas no campo da eletricidade e a descoberta do elétron, citando Gilbert, Franklin, Faraday, Thomson entre outros. Ao final deste terceiro volume temos a mais importante diferença entre as edições, pois na mais recente um capítulo sobre física moderna, que traz uma introdução à relatividade especial e à física quântica, é incluído. Neste capítulo encontramos referências históricas sobre os cientistas que contribuíram para o desenvolvimento inicial destas teorias, como Einstein, Schrodinger, de Broglie, Bohr, Heisenberg, entre outros, sobretudo de cunho biográfico, sendo o texto mais aprofundado aquele sobre Einstein, que também está incluso na edição mais antiga, porém no primeiro volume, no assunto de dinâmica. Este texto sobre Einstein, a exemplo dos outros da coleção, também retrata a história de maneira distorcida ao atribuir a ele a maioria das idéias,

sem considerar a contribuição dos outros pesquisadores da época e os motivos que levaram à aceitação das teorias atuais em detrimento das outras possibilidades existentes no período.

Assim, nota-se que esta coleção apresentou uma grande diversidade de conteúdos históricos, sobretudo mostrando elementos de mitos científicos e história “whig” (subcategorias 3.2 e 3.3) apesar de ser uma das aprovadas no PNLEM. Em um capítulo sobre a carga elétrica, ao abordar o assunto de eletrização, os autores introduzem alguns elementos históricos talvez com fins de se facilitar a compreensão do assunto por parte do aluno, porém percebemos grandes distorções.

O famoso político e cientista americano, Benjamin Franklin, após realizar um grande número de observações experimentais, constatou que, quando dois corpos são atritados um contra o outro, se um deles se eletrizar positivamente, o outro, necessariamente, irá adquirir carga elétrica negativa.

[...] Procurando uma explicação para este fato, Franklin formulou uma teoria, segundo a qual os fenômenos elétricos eram produzidos pela existência de um fluido elétrico que estaria presente em todos os corpos. Em um corpo não eletrizado (corpo neutro) este fluido existiria em “quantidade normal” (LUZ & ÁLVARES, 2006c, p.14).

Neste primeiro parágrafo notamos claramente o caráter empírico-indutivo através do qual a ciência é tratada. Os passos do método experimental, como abordado pela coleção em outro momento (discutido adiante), podem ser notados nesta passagem na seqüência dos termos “após um grande número de observações”, “constatou que” e “procurando uma explicação [...] formulou uma teoria”. Além da distorção causada do ponto de vista da natureza da ciência que é transmitida, a história da ciência tratada de maneira simples e resumida como acima introduz diversos erros, principalmente ao desconsiderar as teorias existentes e as concepções sobre a natureza dos fenômenos elétricos na época em questão. Os estudos de Franklin e seu conhecimento sobre o tema foram influenciados fortemente por trabalhos anteriores e estudiosos como Du Fay, Gilbert, entre outros, sequer foram mencionados pela coleção neste assunto.

A seguir, continuando a abordar a teoria de Franklin, a coleção faz certa confusão ao colocar o conceito de carga elétrica em meio sua interpretação, já que este conceito na forma como conhecemos atualmente foi introduzido quase 150 anos após os trabalhos de Franklin.

Quando dois corpos eram atritados entre si, haveria transferência de parte do fluido elétrico de um para o outro. O corpo que recebesse fluido ficaria eletrizado positivamente e aquele que perdesse ficaria eletrizado negativamente. Desta maneira, segundo as idéias de Franklin, não haveria criação nem destruição de carga elétrica, mas apenas transferência de eletricidade de um corpo para outro, isto é, a quantidade total de fluido elétrico permaneceria constante.

Atualmente sabemos que a teoria de Franklin era, pelo menos, parcialmente correta. De acordo com as descobertas realizadas neste século, sabe-se que realmente o processo de eletrização consiste na transferência de carga elétrica entre os corpos que se atritam. Entretanto, esta transferência não é feita através do fluido elétrico imaginado por Franklin, mas, sim, pela passagem de elétrons de um corpo para outro (LUZ & ÁLVARES, 2006c, p.15).

Outro problema aparece quando os autores afirmam que “atualmente sabemos que a teoria de Franklin era, pelo menos, parcialmente correta”. Não é discutido pela coleção neste trecho que a teoria do fluido simples não explicava diversos fenômenos já observados na época, porém é incorreto afirmar que ela era parcialmente correta. Esta sentença tem como pressuposto a crença que a teoria aceita atualmente é plenamente correta, ou seja, verdadeira, descaracterizando o caráter dinâmico da ciência e mutável do conhecimento científico.

Em outro momento, já no assunto de campo elétrico, a coleção D traz um texto complementar sobre o poder das pontas e faz outra referência sobre Franklin. Tido como o inventor do pára-raios, o popular mito sobre Franklin e sua experiência com uma pipa é explicado e novamente surge uma confusão a respeito de sua interpretação em relação ao resultado do suposto experimento.

Durante uma tempestade, Franklin empinou um papagaio de papel na tentativa de transferir a eletricidade, que ele acreditava existir nas nuvens, para alguns aparelhos de seu laboratório. Ligando a linha do papagaio a estes aparelhos, Franklin verificou que eles adquiriam carga elétrica, comprovando que as nuvens realmente estavam eletrizadas (Ibid., p. 63).

À parte do erro histórico e detalhes inventados, introduzidos por este trecho, onde se conhece que Franklin teria apenas proposto este experimento sem haver registros de que chegou a realizá-lo de fato, os autores cometem um grande erro historiográfico que vem

confirmar a abordagem de uma historiografia “whig” já adotada nas passagens exemplificadas anteriormente. Isto fica evidente quando afirmam que, ao ligar a linha da pipa aos seus aparelhos, “Franklin verificou que eles adquiriam carga elétrica”, conceito inexistente na época.

Encontramos ainda outros erros em relação aos conteúdos históricos apresentados pela coleção D, como o mito de Arquimedes e seu grito de eureka na banheira. Porém existem textos complementares com elementos históricos interessantes, que trazem informações relevantes ao assunto abordado e complementam de maneira satisfatória o conteúdo científico ordinário ensinado. Alguns deles, já citados anteriormente, são os textos sobre a evolução molecular da matéria dentro do assunto de gases, sobre a natureza e velocidade da luz dentro da óptica geométrica e sobre as máquinas térmicas e o desenvolvimento dos meios de transporte na história dentro da termodinâmica.

Em relação a seus elementos sobre a natureza da ciência, a coleção D dá forte ênfase ao “novo método empírico-indutivo” proposto por Galileu durante um texto histórico complementar ao assunto de queda livre. Nesta passagem percebe-se novamente os passos empírico-indutivos associados ao método (ÁLVARES & LUZ, 1992, p. 98, grifo do autor):

[...] Galileu fundamentava suas conclusões em experiências e observações cuidadosas, aliadas a um raciocínio lógico. Este modo de proceder constitui a base do método experimental, introduzido por ele no estudo dos fenômenos naturais, sendo por isto considerado o precursor da grande revolução verificada na Física a partir do século XVII.

A coleção E (*Estudos de Física: Ueno, P. T. & Yamamoto, I.*), juntamente com a coleção C, é a mais antiga da amostra analisada (início da década de oitenta) e mostrou-se bastante simplificada com relação à apresentação de conteúdos históricos. Nos dois volumes analisados, apenas três assuntos possuíam referências históricas, sendo estas feitas em curtas introduções. Assim como na coleção A, a introdução dos assuntos de dinâmica e gravitação foi feita através de pequenas citações sobre Aristóteles, Galileu e Newton no primeiro e sobre

os modelos do universo e o trabalho de Kepler no segundo. Já no segundo volume, uma seção inicial trata da natureza da luz, citando resumidamente as teorias corpuscular de Newton e ondulatória de Huygens.

Esses poucos conteúdos históricos são marcados por evidentes indícios de pseudo-história, assim como nas coleções A e B. Ao introduzir uma seção sobre a primeira lei de Newton e mencionar a concepção aristotélica, conceitos atuais são mencionados como se sempre fossem conhecidos com esses mesmos nomes e significados, servindo novamente de exemplo a uma história da ciência que distorce o passado considerando apenas os conhecimentos atuais.

É possível o movimento de um corpo em linha reta, com velocidade constante, sem a ação da força? A concepção aristotélica (Aristóteles, 384-322 a.C.) do Universo, onde a idéia de que um movimento retilíneo com velocidade constante só pode ser mantido pela ação de uma força constante, permaneceu durante quase 2000 anos. Foi somente no século XVII, através da introdução de métodos experimentais na Física, que Galileu provou o contrário (UENO & YAMAMOTO, 1982a, p. 126).

Em outro momento, apresentando a lei da gravitação universal de Newton, a coleção E novamente utiliza conceitos atuais para explicar a passagem histórica, enumerando como se deu a linha de pensamento de Newton sobre o problema.

Ao observar a queda de um corpo, se você é dotado de espírito crítico poderá perguntar: Por que o corpo cai? Há mais de dois séculos atrás, ao observar uma maçã cair, Isaac Newton respondeu a esta pergunta, afirmando que era devido à força de atração exercida pela Terra.

Eis a linha de pensamento de Newton:

1. A força centrípeta que mantém a Lua em órbita em torno da Terra é do mesmo tipo que faz o corpo cair.
2. De acordo com o Princípio de Ação e Reação um corpo que cai devido à força atrativa da Terra, também exerce uma força atrativa sobre a Terra; a Terra não se move porque a sua massa é muito maior que a do corpo. Analogamente, se a Terra exerce uma força atrativa sobre a Lua, esta também exerce uma força sobre a Terra; neste caso a Lua não se precipita sobre a Terra por causa de sua inércia de movimento.
3. Todos os corpos materiais atraem-se com força do mesmo tipo, chamadas **Forças Gravitacionais**.

A reunião destas conclusões permitiu ao genial Newton estabelecer a expressão matemática da força gravitacional e constitui a **Lei da Gravitação Universal**, sintetizada na frase:

Dois corpos quaisquer atraem-se com forças diretamente proporcionais ao produto de suas massas e ao inverso do quadrado da distância que os separa (Ibid., p. 232, grifo do autor).

Obviamente, a passagem anterior não explica porque um corpo cai. Além disso, está longe de resumir o raciocínio de Newton sobre o movimento dos planetas. Como já discutido anteriormente, o trabalho de Newton e suas idéias sobre a gravitação foram desenvolvidos de maneira bem mais complexa do que a apresentada. Essas associações aparentemente lógicas só foram alcançadas devido a longos estudos inovadores em sua época e esta apresentação linear de seus pensamentos acaba por reforçar o mito do grande gênio que foi Newton, citado explicitamente na passagem pelos autores.

Considerando os seus conteúdos sobre a natureza da ciência, notamos que o capítulo introdutório da coleção E, dedica especial atenção para a natureza da atividade científica, sendo seu primeiro assunto intitulado “Física e seu método”. Em uma comparação inicial com os conhecimentos dos pensadores da Grécia antiga, percebe-se um desmerecimento destes como corpo de conhecimentos científicos em relação à ciência atual quando os autores argumentam que a investigação dos sábios gregos de alguns fenômenos da natureza, como o movimento dos corpos terrestres e celestes, baseados na intuição e argumentação filosóficas, não conhecia métodos experimentais que pudessem explicar os fatos corretamente.

Posteriormente, propondo um exercício de raciocínio seguido de uma atividade experimental sobre a queda dos corpos, os autores destacam a introdução do método experimental por Galileu e Newton. Porém, a indução de pensamento proposta para o exercício através dos passos que o estudante deve seguir, deixa claro o procedimento indutivo do método científico e as idéias de senso comum sobre a ciência.

A partir do século XVII, sábios notáveis como Galileu (1564-1642) e Isaac Newton (1642-1727) deram grande impulso à Física através da introdução, por Galileu, de métodos experimentais na ciência, considerados uma das conquistas mais importantes do pensamento humano.

[...] No momento, muito mais do que a exatidão da sua resposta, é importante que se desenvolva em você o hábito de **observar**, **indagar**, **analisar**, e **interpretar** os fatos (UENO & YAMAMOTO, 1982a, p. 3, grifo do autor).

A coleção F (*Física: Cabral, F. & Lago, A.*) é o segundo exemplo onde a história da ciência foi apresentada tanto em seções específicas e boxes, quanto diluída ao longo do texto (sobreposição das subcategorias 1.2 e 1.3). No primeiro volume, um interessante texto interdisciplinar, inserido no assunto de cinemática, traz a história das teorias geológicas e terrestres e sua utilização no cotidiano. Posteriormente, uma longa e detalhada introdução, para os assuntos de dinâmica e gravitação, fala sobre o mundo grego e a visão aristotélica do mundo, a idade média e os trabalhos no campo da mecânica, Galileu e Newton, e por fim os desenvolvimentos posteriores da mecânica clássica, destacando a dinamicidade da teoria, seus propósitos e limitações. O segundo volume, porém se mostrou bem distinto dos demais nesta coleção, uma vez que possui apenas uma pequena citação sobre Snell e Fermat, que inclui datas de suas vidas e uma breve explanação sobre o princípio da distância percorrida no menor tempo pela luz, durante a apresentação da equação da refração da luz de Snell-Descartes.

Ainda em relação à coleção F, o terceiro volume apresentou uma maior distribuição de conteúdos históricos ao longo dos assuntos e, a exemplo da coleção D, o capítulo final sobre física moderna foi contextualizado historicamente em quase sua totalidade. Nos demais assuntos, predominaram a apresentação histórica nas seções introdutórias dos capítulos e alguns boxes com notas biográficas de cientistas importantes. Porém, destacaram-se alguns textos interessantes neste volume, com conteúdos diferentes das demais coleções da amostra de livros didáticos. Dentre eles temos uma introdução sobre as primeiras idéias de ação à distância no capítulo de eletricidade e um box sobre o funcionamento e a importância do desenvolvimento da bússola para o início do período das grandes navegações. Outro ponto de destaque, agora já dentro da física moderna, é a contextualização histórica que a coleção faz do assunto da descoberta das ondas eletromagnéticas, começando com as concepções sobre luz na antiguidade e na idade média, passando pelo renascimento, pela teoria corpuscular de

Newton e indo até os trabalhos de Maxwell e a integração da luz com o eletromagnetismo. Mais adiante, falando sobre Hertz e as ondas de rádio, a coleção cita um trecho do próprio Hertz falando sobre o trabalho de Maxwell e sua descoberta das ondas, além de destacar as contribuições de Morse, Marconi, Graham Bell e o padre brasileiro Landell de Moura e seu trabalho no Brasil no início do século XX. Finalizando, a coleção introduz o início da física quântica e as descobertas dos raios-X e o efeito fotoelétrico, porém agora com conteúdos históricos mais resumidos e pequenos boxes sobre Einstein, entre outros.

Esta coleção destaca-se em relação à qualidade de seus conteúdos históricos. De maneira geral, como já apresentado, os seus elementos históricos estavam distribuídos por toda a obra, e algumas vezes trouxeram discussões pertinentes que contribuem relativamente para o aprendizado, fazendo assim parte da subcategoria 3.4 do nosso estudo. De forma a exemplificar seus elementos históricos mais qualificados em relação às outras coleções discutidos até aqui, destacam-se os conteúdos apresentados no início do capítulo sobre dinâmica. Em uma introdução de aproximadamente seis páginas, a coleção trata de assuntos como o mundo grego e a visão aristotélica do universo, a idade média e os trabalhos no campo da mecânica, Galileu e Newton, e por fim os desenvolvimentos posteriores a Newton dentro da mecânica clássica.

Como mostrado pela tabela 3, a coleção também possui alguns erros historiográficos ao longo de sua obra, com afirmações comuns do tipo “Galileu realizou um experimento onde [...] e concluiu que [...]”, notando uma abordagem para sua interpretação que destaca os conhecimentos atuais sobre o assunto e também elementos de mitos científicos (subcategorias 3.2 e 3.3). Porém, dentre outras, destaca-se uma abordagem acerca do trabalho de Newton sobre os princípios da dinâmica, tratando-o como algo trabalhoso e complexo, mostrando sua mudança de concepção em torno do que inicialmente chamou de força intrínseca até a idéia de força de inércia, um conceito mais próximo do que chamamos simplesmente de inércia. Outro

ponto interessante é abordado quando se chama atenção para o fato que Newton não formulou seus princípios utilizando o conceito de aceleração mas sim o de quantidade de movimento, sendo que o produto da massa pela velocidade é que seria alterado no caso de uma força externa aplicada (CABRAL & LAGO, 2002a, p. 162). Por fim, nota-se algo interessante que foi encontrado na coleção F e diz respeito aos trabalhos sobre mecânica após Newton.

O trabalho de Newton não encerrou o estudo da mecânica. Apesar de suas leis possibilitarem a descrição de sistemas mecânicos, muito ainda havia por fazer. A utilização do cálculo diferencial e integral na mecânica como conhecemos hoje, as leis de conservação e a descrição do movimento de corpos rígidos foram desenvolvidos principalmente por Joseph Lagrange (1736-1813), Pierre de Laplace (1749-1827), Leonhard Euler (1707-1783), Jean d'Alembert (1717-1783) e Williams Hamilton (1805-1865) entre outros. A contribuição desses cientistas permitiu que as leis de Newton fossem utilizadas para sistemas mais complexos, possibilitando descrever os sistemas mecânicos em termos de leis de conservação. As equações de Euler-Lagrange, apresentadas em 1788, e as de Hamilton, publicadas em 1835, permitem uma solução de problemas que seria praticamente impossível usando-se as leis de Newton diretamente. As equações de Hamilton descrevem a mecânica sob o ponto de vista das leis de conservação, que têm validade bem mais ampla que as leis de Newton. Hoje sabemos que as leis de Newton não podem ser aplicadas em situações de velocidades próximas à velocidade da luz (devemos usar a teoria da relatividade); nem tampouco para distâncias de ordem interatômica (para o que devemos usar a teoria quântica). Os princípios de conservação da quantidade de movimento e da conservação da energia, inicialmente obtidos das leis de Newton, continuam válidos nessas situações (CABRAL & LAGO, 2002a, p. 163).

Apesar de basicamente ser composta por nomes e datas, esta discussão possibilita ao aluno entender que após os princípios da mecânica de Newton, outros trabalhos importantes foram desenvolvidos. Isto destaca a dinamicidade de uma teoria, com a possibilidade de progressos e pesquisas no tema envolvido, seus propósitos e também suas limitações, com a vinda de outras teorias para dar conta de fenômenos até então não entendidos e explicados.

Em relação aos conteúdos sobre a ciência, a coleção F apresenta a importância de um conhecimento acerca da natureza da ciência em seu prefácio quando destaca que “[...] é mais importante desenvolver um pensamento científico, sempre útil em qualquer área de atuação, do que conhecer detalhadamente todos os conceitos e aplicações da física”. Porém, a concepção apresentada sobre ciência é demasiada simples e distorcida, sendo o método científico tratado de maneira mais enfática e de maior destaque em relação às outras coleções.

Sua visão da ciência é apresentada no apêndice A, “O Método Científico”, sendo feita a seguinte discussão sobre a ciência (CABRAL & LAGO, 2002a, p. A-2):

O objetivo da ciência é compreender a natureza. Precisamos de uma metodologia para organizar as informações. O método científico é um conjunto de procedimentos aceitos e utilizados pelos cientistas; é um método de investigação que permite organizar os conhecimentos em forma de leis, fazer previsões e descrever o que ocorre na natureza. Essas leis são escritas de uma forma precisa e coerente, de modo a não deixar nenhuma dúvida sobre o que se está descrevendo, para que todos possam entendê-las. As leis estabelecem relações entre grandezas que possam ser medidas, permitindo fazer previsões e estabelecer relações de causa e efeito. As observações de um fenômeno podem ser feitas de forma qualitativa, pela qual se descreve o fenômeno apenas com palavras, e de forma quantitativa, em que se descreve o fenômeno através de uma série de medidas de suas características. As medidas permitem descrever os fenômenos em forma de leis, que são escritas em linguagem matemática.

Assim percebemos que diversas características da ciência são deixadas de lado em abordagens simplistas e limitadas como a descrita acima. Além de sua base empírica, a ciência também faz uso de argumentos não racionais, sendo todo trabalho do cientista influenciado pelas suas crenças, expectativas, e principalmente seus conhecimentos anteriores acerca da natureza. Neste ponto, a história da ciência nos mostra vários exemplos onde diversas vezes a dúvida persistiu sobre vários conhecimentos que hoje são considerados válidos. Existe então todo um plano de fatores externos que influenciam o trabalho dos cientistas e, aliando isto ao caráter empírico da ciência, não existe observação neutra e livre de preconceitos ou pressupostos.

Ainda neste apêndice, a coleção F encaixa uma fala de Carl Sagan, muito provavelmente fora deste contexto, em concordância com sua descrição de modo a validar a sua visão de ciência pelas palavras de um cientista: “o que não pode ser medido ou verificado não tem valor científico” (SAGAN *apud* CABRAL & LAGO, 2002a, p. A-2). Novamente pode-se encontrar uma gama de idéias científicas ao longo da história da ciência que não podiam ter uma verificação experimental em sua época, porém persistiram e foram fundamentais para o próprio desenvolvimento tecnológico e até da sociedade de forma geral.

Por fim, um quadro com os passos do método científico, semelhante ao apresentado neste trabalho no capítulo 3, destaca o “conjunto de procedimentos aceitos e utilizados pelos cientistas”, citado anteriormente pelos autores. “Determinar o problema > Observar e coletar dados > Elaborar Hipóteses > Desenvolver experimentos controlados (testar hipóteses) > Avaliar os experimentos > Testar novamente > Elaborar conclusões” (CABRAL & LAGO, 2002a, p. A-2).

A coleção G (*Física: Freitas, J. A. F. & Cencic, M. D.*) foi outro exemplo onde os conteúdos sobre história da ciência apresentados foram resumidos e simples, baseados apenas em datas e alguns nomes. O volume analisado é referente à primeira série do ensino médio e dois elementos históricos foram encontrados, em dinâmica e gravitação. Uma pequena introdução traz informações sobre Newton e sua teoria e ao final do capítulo um pequeno texto biográfico é apresentado. Já no assunto de gravitação, uma introdução apresenta resumidamente os pensamentos de Aristóteles e Ptolomeu, citando ainda Brahe, Kepler, Copérnico e Galileu. Posteriormente, uma simplificada seção histórica sobre Newton e os *Principia* inicia a discussão teórica sobre o assunto. Novamente, como é comum a todas as coleções, as importantes contribuições dos medievais, como por exemplo, Oresme e Buridan, para o entendimento do movimento são completamente ignorados. Isso reforça a idéia errada, porém recorrente, de que entre a Antiguidade e o final do século XVI nada de interessante aconteceu na ciência européia.

Dentre esses poucos conteúdos históricos (simples e resumidos), nota-se que o de maior destaque é um texto biográfico complementar sobre Newton extraído de uma edição da popular coleção *Os Pensadores*. Os demais se resumem a pequenas introduções sobre Newton e sua teoria da gravitação, e Kepler e as concepções sobre o universo. Vale destacar a maneira

particular como a coleção G apresenta o mito da maçã de Newton, reproduzindo o instante em que a luz da lâmpada se acende e o problema é resolvido.

Conta a lenda que num belo dia de sol, ‘detonado’ de tanto pensar, Isaac Newton se refugiou debaixo de uma enorme macieira, quando, de repente, uma maçã alvejou sua valiosa cabeça. Então, num momento de ira:

- ‘Filha da ...! Ei, espere aí!!! É isso!!! É a lei da gravidade!!!’

Bem, não se sabe ao certo se foi isto que realmente aconteceu; porém, a importância das leis de Newton hoje em dia é indiscutível (FREITAS & CENCIC, 2002, p. 68).

Em relação à natureza da ciência, a coleção G não possui nenhum tipo de discussão, assim como as coleções C, L e M, conforme apresentado na tabela 3.

As duas **coleções** seguintes, **H e I** (*Física: Gaspar, A.*), são variações de uma obra de mesmo autor, sendo que a segunda é uma das coleções aprovadas no PNLEM. A coleção H, mais extensa, é composta por três volumes, enquanto que a coleção I é uma versão em volume único. Como se pode observar na tabela 3, ambas foram classificadas igualmente pelas categorias e suas diferenças se resumem na supressão de alguns conteúdos históricos por parte da coleção I, que por ser em volume único é obviamente mais resumida em sua forma geral. Com relação à primeira categoria, as coleções H e I apresentaram uma sobreposição de subcategorias, já que, como as coleções D e F, seus conteúdos históricos são abordados tanto de maneira específica, em introduções, boxes e seções específicas, quanto ao longo da apresentação dos conteúdos ordinários.

Uma característica marcante da coleção H é a presença de conteúdos históricos em praticamente todos os capítulos e pode-se dizer que a forma principal de apresentação foi através de boxes destacados do desenvolvimento textual. Estes boxes sobre a história da física trazem informações sobre cientistas e seus trabalhos, bem como a importância para sua época e a relação com o conhecimento atualmente aceito. Porém, a forma como estes conteúdos são tratados privilegiam as idéias aceitas atualmente e, no geral, ignoram a contribuição de outros pesquisadores sobre o assunto explorado, centralizando em “personagens principais”.

Alguns desses boxes ainda trazem textos discutindo temas interdisciplinares, sobretudo a influência de outros conhecimentos sobre o desenvolvimento científico, como por exemplo um texto a respeito das primeiras idéias sobre conservação em física até sua evolução para as idéias atuais. Porém, como dito anteriormente, esta não foi a única maneira de apresentação de seus conteúdos históricos. Em alguns casos, o próprio assunto se inicia com discussões sobre suas primeiras idéias ao longo da história, como por exemplo os capítulos sobre gravitação e física moderna.

Assim como suas idéias mais sofisticadas a respeito da natureza da ciência, que serão discutidas adiante, alguns elementos históricos apresentados complementaram de maneira relativamente satisfatória os conhecimentos científicos ordinários. Utilizados de maneira diversificada, os textos sobre a história da ciência que foram encontrados traziam informações sobre cientistas e seus trabalhos, bem como seu contexto e a importância para sua época, fazendo também relações com o conhecimento atual.

Um exemplo disso ocorre dentro do assunto óptica em seu segundo volume, onde a coleção H traz alguns textos com as diversas explicações para o fenômeno da refração da luz, apresentando sua relação com as diferentes concepções sobre a natureza da luz. Este tema foi tratado por diversos pesquisadores do século XVII, dos quais destacam-se Robert Hooke (1635-1703), Christiaan Huygens (1629-1695) e Isaac Newton (1643-1727).

Newton assumiu uma teoria corpuscular da luz para explicar fenômenos conhecidos atualmente como decomposição da luz branca, refração, reflexão e interferência. Apesar de adotar esta hipótese sobre a natureza da luz, Newton o faz implicitamente. Em seus trabalhos publicados sobre o assunto, Newton evitou discutir explicitamente a natureza da luz, tentando apenas ater-se aos fatos observáveis experimentalmente (SABRA, 1981; SILVA, 1996).

Por outro lado, Huygens seguiu na tentativa de explicar as propriedades da luz através da ação de uma matéria sutil que preencheria todo espaço e permearia toda matéria. Dentro

deste contexto, a luz era considerada como sendo pulsos que se propagavam através de um meio. Estes pulsos não eram periódicos e por isso não podemos dizer que o modelo de Huygens era base para uma “teoria ondulatória” da luz, no sentido moderno. Em seu *Tratado sobre a luz* publicado em 1690, Huygens considerou apenas o que acontece com as chamadas frentes de onda, uma superfície imaginária representando o distúrbio ou pulso, perpendicular à direção de propagação da luz, explicando assim a refração na interface entre dois meios e também a dupla refração (polarização da luz) descoberta por Erasmus Bartholinus.

Este debate entre a teoria ondulatória de Huygens, também defendida por Hooke, e a corpuscular de Newton ocorreu durante o final do século XVII e tomou grandes proporções, chegando inclusive a desencorajar Newton a publicar seu famoso livro *Óptica* (HOLTON & BRUSH, 2001).

A hipótese de Newton de que a luz branca seria uma “mistura heterogênea de raios”, rejeitada por Hooke e Huygens, a hipótese newtoniana de que um modelo corpuscular para a luz explicaria os fenômenos ópticos conhecidos na época, a crença de Hooke e Huygens de que todos os experimentos propostos e realizados por Newton poderiam ser explicados por uma teoria de ondas são alguns dos pontos envolvidos neste debate.

A coleção H, após apresentar as teorias acerca da natureza da luz consideradas na época, as idéias de Huygens sobre frentes de ondas e outras de Newton sobre os corpúsculos de luz, discute o debate em torno da questão. Um de seus boxes traz a experimentação e argumentação de Newton em torno da decomposição da luz branca utilizando prismas e cita que suas idéias

sofreram violenta oposição na época de cientistas britânicos, como Robert Hooke. A oposição foi tão forte que Newton só publicou sua obra *Opticks* em 1704, depois da morte de Hooke. Mais tarde, no início do século XIX, opuseram-se a ela também os alemães Schelling, filósofo, para quem a obra de Newton era uma falácia baseada na experimentação, e Göthe, poeta e filósofo, que consumiu anos de sua vida propondo uma teoria alternativa para as cores (GASPAR, 2000b, p. 178).

Outro conteúdo interessante nestas coleções, agora em relação à natureza da ciência está presente no seu capítulo inicial, “O que é física?”. Partindo de uma comparação entre profecias e as previsões da ciência, o autor inicia a discussão de seu caráter humano refutando a idéia de senso comum sobre as verdades científicas.

[...] à medida que o ser humano aprofunda o seu conhecimento da natureza, torna-se necessário aprimorar o saber científico, o que exige contínua atualização e reformulação dessa forma de conhecimento. Por essa razão, a ciência não tem verdades definitivas ou dogmas. Todas as teorias e leis e todos os princípios científicos são provisórios, valem durante algum tempo e em determinadas condições (GASPAR, 2004, p. 12).

Posteriormente, o autor das coleções destaca a linguagem específica e autoconsistente que a ciência utiliza, ao contrário das metáforas e múltiplos sentidos das profecias, de forma que

[...] talvez fôssemos tentados a concluir que só as previsões científicas merecem crédito, o que seria um equívoco. A ciência tem métodos para a busca do conhecimento que exigem contínuo aprimoramento, mas esse processo não garante que ela chega a algo que se possa chamar de verdade. [...] Hoje, a única certeza é que em ciência não há certezas. Por isso o ser humano utiliza também outras formas de conhecimento, segue suas intuições, seus profetas, seus mitos, suas religiões. No entanto, desconhecer a ciência é desconhecer grande parcela de todas as conquistas do ser humano desde o seu surgimento neste planeta (Ibid., p. 12).

Em uma discussão mais elaborada sobre os meios de organização e de comunicação do conhecimento científico, são apresentados exemplos que vão desde as formas primitivas de conhecimento, onde o homem definiu a duração do dia, as estações do ano, a melhor época para plantar e colher, etc, visando à melhoria da vida cotidiana, até a estrutura da ciência como conhecemos hoje, organizadas em sociedades e academias. Neste ponto o autor faz outra discussão destacando o papel dos modelos físicos atualmente aceitos pela sociedade científica e sua relação com a realidade da natureza, refutando mais uma concepção equivocada de senso comum que é freqüentemente estabelecida por alunos e professores acerca da ciência.

Dizer que uma afirmação está errada do ponto de vista da física não significa que ela contraria a natureza, como algumas pessoas ingenuamente pensam. Significa apenas que essa afirmação não está de acordo com as idéias da física, homologadas por essas associações. Se alguém disser que ‘a luz é formada por jatos de microestrelas’, essa afirmação não será aceita por essas associações; será considerada não-científica e contrária às leis da física. O que não quer dizer que a luz não possa ser formada

por ‘jatos de microestrelas’, mas que essa não é a concepção atual dos físicos para a natureza da luz (GASPAR, 2004, p. 13).

Assim, o autor esclarece que “[...] as concepções dos físicos a respeito dos fenômenos naturais sofrem reformulações ao longo do tempo” e que ocorrem “[...] mudanças revolucionárias na forma de a física entender a natureza” (Ibid., p. 13). A partir daí, a discussão é focada em como a ciência funciona e novamente vários elementos, inclusive históricos, são apresentados de forma a concordar com as características humanas descritas anteriormente, e também refutar o senso comum e a maioria das caracterizações da NdC das outras coleções didáticas acerca do método científico.

Embora seja comum falar em um **método científico**, composto de uma série de procedimentos que possibilitariam novas descobertas, é pouco provável que alguma descoberta científica o tenha seguido com rigor.

A idéia de que hipóteses e teorias surjam da observação dos fatos ou da experimentação não é verdadeira. Que fatos? Que experiências? A seleção de determinados fatos ou a realização de determinadas experiências indicam que, na verdade, as hipóteses e as teorias a investigar já existem. Em outras palavras, as experiências são feitas ou os fatos são observados em razão de alguma hipótese teórica previamente formulada.

Dessa forma, uma nova teoria pode dar a um fato cientificamente corriqueiro, como um eclipse solar, uma importância excepcional. É o caso do eclipse solar que, em 1919, trouxe dezenas de cientistas de todo o mundo a Sobral, cidade do Ceará, local privilegiado para a observação daquele eclipse. O objetivo era verificar se a luz sofre atração gravitacional, fenômeno chamado na época de **desvio de Einstein**, previsto na sua então recém-formulada Teoria da Relatividade Geral.

[...] Esse desvio de luz ao passar junto ao Sol já havia ocorrido centenas de vezes, em todos os eclipses solares anteriores, mas nunca havia sido observado, até uma previsão teórica dirigir a atenção para ele. Não é a observação que origina a teoria, mas, como o próprio Einstein dizia, ‘é a teoria que decide o que deve ser observado’ (Ibid., p. 13).

De forma bem simplificada e resumida, a **coleção J (Física: Paraná, D. N.)** apresenta três boxes com informações sobre a história da ciência. O primeiro desses boxes fala sobre a máquina a vapor e faz referência a James Watt e seu invento. O segundo, que tem como título “eterna energia”, fala sobre as idéias de conservação e é basicamente biográfico, citando apenas alguns nomes e datas, como por exemplo Joule e Helmholtz. O último trata da “teoria da relatividade de Einstein” e novamente a história da ciência presente se resume a nomes e datas e ignora o contexto da época. Finalizando os conteúdos históricos da coleção J,

destacam-se ainda dois textos complementares sobre Einstein e Newton. Estes textos, que apontam muitas características da pseudo-história e diversos elementos dos mitos científicos, são discutidos e exemplificados adiante.

A exemplo das primeiras coleções analisadas, que tiveram poucos conteúdos históricos espalhados ao longo de suas obras, a coleção J não possui como característica o uso da história da ciência em sua abordagem. Os elementos históricos presentes em seu volume, possuem diversos erros e muitos são os exemplos de mitos científicos e abordagem whig da história. Dentre eles destacam-se textos que exaltam a genialidade de Newton e Einstein, fazem referências equivocadas em relação a interpretações de experimentos que foram supostamente a inspiração para suas teorias, como o interferômetro de Michelson-Morley e a relatividade restrita de Einstein, ou ainda que distorcem teorias precursoras em certos assuntos introduzindo conceitos com significados atuais, como Franklin e sua detecção de cargas elétricas.

Neste último exemplo, o autor faz uma introdução totalmente equivocada do ponto de vista histórico no assunto de eletrostática. Ao abordar o conceito de carga elétrica, a coleção J faz uso de explicações muito parecidas com o exemplo discutido anteriormente da coleção D. Porém, desta vez as idéias de Franklin seriam exatamente iguais a concepção atual sobre a natureza das propriedades elétricas da matéria, como vemos na citação a seguir.

Para entender melhor os dois tipos de eletricidade e seus respectivos sinais, vamos retomar a experiência que Franklin realizou neste sentido. Ele esfregou um bastão de vidro com um pedaço de seda e pendurou o bastão com um fio, de tal forma que pudesse oscilar. Convencionou que a carga elétrica adquirida pelo bastão seria **positiva** (+) e pela seda, **negativa** (-).

[...] Além de confirmar os estudos de Du Fay, o resultado dessa experiência se tornou um dos princípios da eletrostática: **Cargas elétricas de mesmo sinal se repelem; cargas elétricas de sinais opostos de atraem** (PARANÁ, 1994, p. 324, grifo do autor).

Ao ler esta passagem, um aluno que faça uma simples ligação com os conteúdos que são aprendidos sobre modelos atômicos pode vir a indagar que se o átomo e os elétrons (os portadores de carga elétrica que são livres para se movimentar) como conhecemos hoje foram

concebidos apenas no século XX, o que seriam essas cargas que Franklin se referia? Textos que trazem abordagens como esta acabam por deturpar todo o trabalho de cientistas ao longo da história e de historiadores da ciência, além de também prestar um desserviço ao ensino de ciências.

Ainda em relação aos conteúdos da coleção J, não há um destaque para discussões a respeito da natureza da ciência como feita na coleção F. Porém em dois momentos o autor deixa clara sua posição a respeito do método científico. O primeiro deles é no capítulo 1 de sua coleção, “Introdução à Física”, quando tratando sobre a matemática como uma das linguagens da física, explica que filósofos medievais propunham algumas teorias baseadas no criacionismo mas que

Galileu (e certamente outros pensadores da época) não se contentava com essas explicações nem com a simples observação dos fenômenos. Procurava sempre fundamentar suas teorias através de experiências: observava e quantificava, para obter uma relação que descrevesse o fenômeno.

A partir daí, buscando compreender os fenômenos da natureza, o homem acabou aprendendo que **o Universo pode ser regido por leis físicas, expressas em linguagem matemática** (PARANÁ, 1994, p. 19, grifo do autor).

À parte da discussão que apresenta a matemática como uma das linguagens da física, a relação com a experimentação proposta pelo autor de observar e quantificar para obter uma relação que descreva o fenômeno estudado também remete à concepção empírico-indutivista de senso comum sobre a ciência. Outro ponto controverso em relação a esta afirmação do autor está no fato de que exclui o lado humano dos cientistas ao afirmar que Galileu e outros pensadores não se contentavam com outras explicações ou simples observações, já que o próprio Newton, por exemplo, dedicava-se a estudos de alquimia e de cunho religioso.

Em um segundo momento, no desenvolvimento de uma introdução histórica sobre os princípios da dinâmica, o autor faz uma menção explícita ao método por ele apresentado na introdução da obra, além de discutir uma pseudo-história baseada em elementos dessa sua concepção limitada acerca da ciência. Ele afirma que

com Galileu Galilei chegamos, no século XVII, à descoberta do método científico, que rompeu definitivamente com o pensamento aristotélico. A revolução científica

daí decorrente fez surgir uma nova realidade, levando o homem a mudar a imagem que ele tinha de si próprio e do mundo (PARANÁ, 1994, p. 104).

A coleção **K** (*Física: Talavera, A. C.*), que teve somente seu quarto volume sobre mecânica analisado, apresentou diversas menções à história da ciência ao longo de seus capítulos. A opção didática do autor pela utilização de informações históricas é evidenciada principalmente pelos diversos boxes presentes, sobre cientistas e seus trabalhos, conforme o assunto abordado na coleção. Também marcaram presença textos complementares intitulados “falemos um pouco de história”, “assim escreviam os físicos” e “pesquisando a gente entende”, que fazem discussões de alguns importantes trabalhos e realizações na história da ciência. Entre esses textos complementares destacam-se três dentro do assunto de gravitação: o primeiro que refuta o mito de Newton e maçã, outro que discute as missões espaciais Apolo e sua relação com a política e a guerra fria, e por fim outro que fala da idéia de Newton sobre satélites artificiais, reproduzindo passagens e gravuras de seu livro *Principia*, além do impacto dessas idéias para sua época. Ainda nesta coleção, nota-se que alguns temas foram introduzidos por meio de referências históricas, muitas delas, no entanto, apresentando diversos erros.

Esta coleção mostrou alguns contrastes interessantes, de maneira semelhante à coleção D, uma vez que teve elementos históricos pertinentes ao assunto abordado sem evidenciar muitos erros. Porém, alguns problemas foram detectados em relação à apresentação de mitos e elementos de história whig. O que chama atenção nestes contrastes diz respeito ao fato da coleção de certa forma refutar o mito de Newton e a maçã, conforme veremos adiante, mas apresentar um texto que ratifica as idéias sobre o mito de Arquimedes e a banheira.

O físico e matemático Arquimedes (287 a.C – 212 a.C) sabia que a massa específica de uma substância permite identificá-la. E usou esse conhecimento para desvendar uma farsa na cidade de Siracusa.

Conta-se que o rei da cidade, Hierão II, encomendou a um ourives uma coroa de ouro puro e, suspeitando do produto que recebera, pediu a Arquimedes que descobrisse se haviam misturado prata à coroa.

Arquimedes pensou em determinar a massa específica da coroa e compará-la com a do ouro, mas encontrou uma grande dificuldade: como calcular o volume de uma coroa com formato tão irregular?

Dizem que a solução foi encontrada quando Arquimedes tomava banho. Enquanto mergulhava na água de sua banheira, o matemático notou que o nível da água na banheira subia gradativamente. Foi então que achou a solução: mergulhando a coroa na água, o aumento de nível permitia calcular seu volume.

[...] Contam os historiadores que, ao intuir a solução do problema, Arquimedes pulou da banheira e saiu, nu, gritando: 'Eureka! Eureka!', que significa 'Achei! Achei!' (TALAVERA, 2005, p. 105).

Em algumas passagens percebemos a inserção do termo massa específica, inclusive denotando que Arquimedes “pensou” em determiná-la. Considerando a época de Arquimedes, podemos afirmar com absoluta certeza que ele não pensou em determinar a massa específica da coroa, uma vez que a idéia de massa e massa específica, como conhecemos hoje, apareceu muitos séculos depois de sua existência. Além disso, segundo os registros históricos disponíveis, não sabemos sequer se realmente existiu o problema da coroa do rei (MARTINS, 2000), ao contrário do que afirma o texto, já que segundo ele “contam os historiadores que [...] Arquimedes pulou da banheira e saiu, nu, gritando: ‘Eureka! Eureka!’”.

Em relação ao que realmente contam os historiadores, essa versão de como Arquimedes descobriu a falsificação da coroa do rei não é plausível nem tampouco provável. Seu primeiro registro está presente em um texto do arquiteto grego Marcus Vitruvius Pollio, que viveu dois séculos depois de Arquimedes e desta forma, do ponto de vista historiográfico, não há documentos da época de Arquimedes que favoreçam a versão de Vitruvius. Já do ponto de vista físico este método descrito na lenda também traz problemas, e assim o ensino da própria física fica comprometido, uma vez que descreve um método incompatível para comparação de densidades (MARTINS, 2000).

Outras discussões históricas na coleção K, sobre cientistas e novas teorias, apontam alguns indícios que levaram esta coleção a se enquadrar na subcategoria 2.3 com relação aos seus conteúdos sobre a natureza da ciência, ao passo que algumas coleções que apresentaram conteúdos históricos que indicavam apenas os passos do método científico ficaram na subcategoria 2.2.

Em sua apresentação, apesar de não mencionar a respeito da presença dos conteúdos históricos que estão freqüentemente presentes em seus assuntos, nota-se uma preocupação para que a física não seja encarada apenas como um corpo de conhecimentos prontos.

Nunca se preocupe em memorizar fórmulas: estudar Física não se resume a isso. [...] aprenda com entusiasmo e use o que você aprendeu desde o começo para explicar e transformar tudo aquilo que está ao seu redor. Tenha idéias novas, contribua para a construção de uma sociedade melhor (TALAVERA, 2005, p. 2).

Com relação aos conteúdos históricos, um texto complementar sobre Newton e a maçã, que refuta o mito popular sobre a suposta inspiração para sua teoria, traz alguns elementos sobre o papel do ser humano na obtenção de novas idéias. Entre eles destacam-se a influência de pesquisas anteriores e também a imaginação e criatividade do ser humano.

A demonstração do Teorema de Newton sobre as forças centrais e as áreas percorridas, nada tem a ver com infantis ‘inspirações poéticas’ em torno da queda das maçãs. Baseia-se, isto sim, em análise algébrica avançada! Contra o mito do mero observador sagaz e intuitivo, a realidade nos mostra Newton como um matemático de grandes qualidades. Ele não só se apoiou em pesquisas anteriores, mas foi capaz de renová-las e ampliá-las, usando para isso grande dose de imaginação e criatividade (Ibid., p. 67, grifo do autor).

Em outro texto, “Assim escreviam os Físicos” (Ibid., p. 90), a coleção K apresenta a idéia de Newton sobre satélites artificiais através das suas próprias palavras, extraindo uma passagem de seu *Principia*. Novamente, discussões explícitas sobre a natureza da ciência não são feitas, porém a partir do texto notamos o papel da imaginação da mente humana na obtenção de novas idéias. O exercício mental de extrapolação de Newton através da idéia inicial de lançamento de projéteis, que aparentemente nada tem a ver com órbitas de satélites, mostra o papel da criatividade em contraponto com a idéia de senso comum da suposta necessidade de inúmeras observações rigorosas para depois se obter alguma idéia.

Apesar de alguns erros encontrados, sobretudo em relação à historiografia whig e mitos, alguns dos conteúdos históricos presentes na coleção K apontam para as características acima mostradas, discutindo o papel de idéias criativas dos cientistas, as suas influências e também seu contexto.

A coleção L (*Física Básica: Ferraro, N. G. & Soares, P. A. T.*) é outro exemplo em volume único, cuja edição analisada de 1990 apresenta apenas uma citação histórica. Assim como as coleções A, E e G, caracterizadas pela ausência de conteúdos históricos, ela apresentou apenas um elemento sobre a história da ciência, quando da introdução no capítulo sobre dinâmica, fazendo uma breve menção a Newton. Já em relação à natureza da ciência, ela acompanha as coleções C, G e M, que não possuem elemento algum neste tipo de discussão.

Assim, a coleção L faz parte do grupo de coleções caracterizadas pela ausência de uma abordagem histórica e elementos sobre a natureza da ciência. Seu único elemento histórico aparece na introdução do capítulo sobre dinâmica, semelhante ao tratamento dado a este assunto pela coleção B, já que as coleções possuem alguns autores em comum. Segundo Ferraro e Soares (1990, p. 58, grifo do autor), “foi Isaac Newton (1642-1727) quem estabeleceu a primeira teoria satisfatória sobre os movimentos dos corpos, baseado em três princípios denominados *Princípios da Dinâmica* ou *Leis de Newton*”. Nesta introdução nota-se que somente o conhecimento sobre mecânica desenvolvido por Newton é considerado pelos autores, enquanto outras possíveis contribuições e correntes de pensamentos anteriores são ignorados, servindo de exemplo para aquela história whig que considera o passado com o contexto científico atual.

A coleção M (*Física Clássica: Sampaio, J. L. & Calçada, C. S.*) também traz apenas algumas breves informações históricas nas introduções de certos assuntos. Ela é dividida em cinco volumes e somente nos três primeiros alguns elementos sobre a história da ciência estão presentes. O primeiro volume é todo dedicado ao estudo da cinemática e apenas quando o assunto da queda livre dos corpos é abordado elementos da história da ciência são utilizados. Neste capítulo, há uma breve menção a Galileu e a experimentação. Já no segundo volume,

que trata da dinâmica, há breves referências a Newton e a Arquimedes. Ao tratar da gravitação, apresenta as visões de universo geocêntrico e heliocêntrico citando apenas os “personagens principais” Aristóteles, Copérnico, Brahe, Kepler e Galileu sem deixar claro os avanços propostos por eles, as dificuldades e os erros cometidos. O terceiro volume, sobre eletricidade, apenas cita o nome de Maxwell ao abordar o assunto de ondas eletromagnéticas. O quarto e quinto volume desta coleção, sobre termologia e óptica/ondas, respectivamente, não apresentaram nenhum conteúdo histórico.

Desta forma, pode-se dizer que a coleção M, que teve seus cinco volumes analisados, não mostrou preocupação alguma com elementos de história da física. Da mesma maneira que não apresentou discussões sobre a natureza da ciência, os poucos textos históricos são baseados apenas em citações de datas e nomes dos cientistas ou apresentaram erros comuns já discutidos, como os mitos da maçã de Newton e da banheira de Arquimedes. Afirmações que valorizam somente os conhecimentos aceitos e utilizados atualmente também foram encontradas, como os exemplos já mostrados sobre a primeira teoria sobre mecânica *satisfatória*, de autoria de Newton. Neste caso, a coleção M afirma que desde a Antiguidade o homem se preocupava em estudar os movimentos dos corpos, tanto terrestres e celestes, porém foi Isaac Newton “[...] o primeiro a apresentar uma teoria que *realmente* explicava os movimentos [...]” (SAMPAIO & CALÇADA, 1991b, p. 1, grifo nosso).

A coleção N (*Física na Escola Atual: Arruda, M. A. T. & Anjos, I. G.*) procurou fazer uso de conteúdos históricos ao longo de seus três volumes e, segundo os autores, a obra “resgata o ensino dinâmico da física, procurando abordagens históricas que revelam o seu processo evolutivo e relacionando-a com outras áreas do conhecimento, muitas vezes através de artigos de jornais e revistas recentes” (ARRUDA & ANJOS, 1993a). Porém nota-se que essas abordagens históricas estão condicionadas a certos assuntos, uma vez que em seu

segundo volume a coleção apresentou elementos históricos somente na introdução de um capítulo sobre óptica enquanto que para os temas de mecânica e eletricidade, primeiro e terceiro volumes respectivamente, este tipo de abordagem foi mais utilizada.

Assim, ao longo da coleção os conteúdos históricos foram apresentados em seções introdutórias e textos complementares ao final dos capítulos. Como destacado anteriormente na fala dos autores, as fontes dos textos utilizados são artigos de revistas e jornais, sendo que grande parte deles introduziu alguns erros que caracterizam pseudo-história e reforçam mitos. No primeiro volume, a principal fonte de informação histórica foi justamente o texto complementar ao final dos capítulos, falando sobre Einstein, Galileu, Arquimedes. Nos assuntos sobre a queda dos corpos e gravitação uma introdução histórica é adotada discutindo-se sobre Aristóteles e Galileu no primeiro deles, e sobre os sistemas geocêntrico e heliocêntrico no segundo, destacando as visões de Aristóteles, Ptolomeu até os trabalhos de Copérnico, Kepler e Galileu. O segundo volume, sobre ondas, óptica e termologia, apresenta elementos históricos apenas na introdução de um capítulo sobre os conceitos fundamentais da óptica, mencionando somente Newton e seu livro *Opticks*. No terceiro volume, a abordagem histórica nas introduções dos capítulos é explorada com mais frequência e um texto complementar sobre Volta e a pilha elétrica é apresentado. Porém os conteúdos históricos são simples e resumidos, e novamente encontram-se erros com relação ao seu conteúdo, principalmente aqueles relacionados à pseudo-história e mitos científicos.

Grande parte destes conteúdos apresenta afirmações marcadas pela visão do passado com os olhos de hoje e também características dos mitos. Em grande parte pode-se dizer que isso ocorre por seus textos serem retirados de jornais e revistas comuns (fato citado pelos autores em sua apresentação), que são fontes não muito criteriosas principalmente em relação à história da ciência.

Dentre os conteúdos presentes na coleção N, encontram-se a maioria dos já discutidos e exemplificados que estavam presentes nas outras coleções e também um mito bastante popular ainda não exemplificado. Trata-se da suposta observação de um pêndulo por Galileu e sua constatação da independência de seus períodos de oscilação em relação à sua massa. Segundo os autores da coleção, o estudo acerca das oscilações

[...] de fato começou quando, num dia do ano de 1583, na catedral de Pisa, o sábio italiano Galileu Galilei teve sua atenção voltada para as oscilações de um lustre preso ao teto por uma corrente. Procurou medir o intervalo de tempo decorrido a cada oscilação do lustre e, para tanto, como não possuía relógio, utilizou-se de suas próprias pulsações (ARRUDA & ANJOS, 1993c, p. 292).

Assim como nos outros mitos exemplificados, a sentença que vem explicar a observação crucial realizada ou o momento da descoberta pelo cientista vem sempre acompanhada de uma grande dose de idealização, sendo o trabalho destes cientistas simples, já que devido às suas sábias mentes, basta a estes gênios esperar momentos de estalos brilhantes para obter a resposta para alguma inquietação científica. Trabalhos anteriores, colaborações, influências, pesquisas e trabalhos mais elaborados nunca seriam necessários a esses gênios.

Em relação à natureza da ciência, está presente um único elemento, que inclusive faz referência a fala utilizada pela coleção A, porém de forma breve. Neste ponto, a coleção N destaca a importância de quantificar grandezas físicas para se obter leis físicas, passando uma visão simples e ingênua sobre a natureza da ciência de que o simples fato de poder extrair alguma medida resulta em conhecimento científico.

Você teria uma idéia inicial de como descobrir tais leis da natureza? Segundo Lord Kelvin, famoso físico inglês do século XIX, ‘quando você puder *medir* aquilo do que estiver falando e conseguir expressa-lo em números, você conhecerá alguma coisa sobre o assunto...’ (ARRUDA & ANJOS, 1993a, p. 2, grifo do autor).

Já em relação à **coleção O (*Fundamentos da Física: Ferraro, N. G.; Soares, P. A. T.; Santos, J. I. C. & Ramalho Jr, F.*)**, nenhuma menção a abordagens históricas é feita pelos autores, porém nota-se uma semelhança com a coleção M, sendo que alguns assuntos

possuem introduções históricas. Entretanto, esta coleção possui algumas particularidades, dando muita importância em sua abordagem a fatores biográficos dos cientistas. Na contracapa de seu primeiro volume os autores apresentam uma linha temporal, entre 1550 e 1990, que localiza alguns nomes importantes dentro da área da física, história, filosofia, literatura, artes, música e também marcos históricos diversos. Outra particularidade está no fato da coleção conter textos complementares intitulados “história da física”, apresentando em poucas páginas alguns nomes e datas de forma linear no tempo, resumindo as pesquisas nas áreas da mecânica, gravitação, termologia e óptica até os dias atuais. Nota-se nestes textos diversos elementos relativos à pseudo-história e fica clara a opção por discutir uma história deformada, vista sob os olhos do conhecimento atual. Outros elementos históricos são encontrados na introdução de certos assuntos, porém demasiadamente simples e baseados em datas e nomes, como por exemplo citando Arquimedes quando discutido o assunto de empuxo e Maxwell na introdução de um capítulo sobre radiação eletromagnética.

Assim, a coleção O também foi marcada por conteúdos históricos simples e com diversos erros, contendo exemplos dos populares mitos exemplificados anteriormente. Vimos que a coleção apresenta esses elementos em pequenas introduções de alguns capítulos e também em textos biográficos que contém nomes e datas dos cientistas mais conhecidos em dado assunto da física. Em um de seus três textos intitulados “história da física”, a coleção traz informações incompletas sobre o debate envolvendo as teorias corpuscular e ondulatória, de Newton e Huygens respectivamente, e outras completamente equivocadas sobre a conhecida idéia de éter, que já era considerado desde a Antiguidade, inclusive com esse nome.

Para contornar o problema da propagação da luz no vácuo, que não acontece com o som, Huygens imaginou a existência de um meio elástico e imponderável a que deu o nome de éter.

[...] Durante praticamente todo o século XVIII a teoria corpuscular prevaleceu, principalmente em razão do maior prestígio de Newton no meio científico. [...] A partir daí, passou a predominar a teoria ondulatória que foi sendo gradativamente aperfeiçoada, até culminar com a teoria ondulatória eletromagnética do físico escocês James Clerk Maxwell (1831-1879) que propõe ser a luz constituída pelas denominadas **ondas eletromagnéticas**. Com essa teoria ficou resolvido inclusive o problema da propagação da luz no vácuo, pois essas ondas podem fazê-lo por serem

geradas por variações de campo elétrico e de campo magnético (FERRARO et al., 1994, p. 474, grifo do autor).

Em seguida vemos que a coleção aborda a teoria proposta por Maxwell como a solução imediata para se abandonar o conceito de éter, num claro exemplo de pseudo-história que deforma o contexto das teorias passadas encaixando-as na interpretação dos conhecimentos atuais. Maxwell faleceu antes mesmo do determinante experimento de Michelson-Morley, não mencionado pela coleção, realizado no fim do século XIX, que buscava detectar as variações, que acabaram não sendo encontradas, na propagação da luz através do éter. Os resultados contrários aos pretendidos com este experimento, levaram alguns cientistas a então começar a abandonar a idéia de um éter e buscar novas interpretações para a natureza da propagação da luz. No entanto, devemos lembrar que o éter foi abandonado por motivos filosóficos, já que é impossível determinar experimentalmente que uma coisa não existe.

Finalizando as coleções que apresentaram discussões específicas sobre o método científico, a coleção O destaca também em seu capítulo inicial, “Introdução à Física”, qual é o método utilizado para se obter conhecimento sobre fenômenos físicos. Segundo sua descrição

a física estuda determinados fenômenos que ocorrem no Universo. O método que utiliza para conhecer esses fenômenos é simplificadaamente o seguinte: observa repetidas vezes o fenômeno destacando fatos notáveis. Utilizando aparelhos de medida, desde o relógio para medir o tempo e a fita métrica para medir comprimentos, até instrumentos mais sofisticados, determina a medida das principais grandezas presentes no fenômeno. Com essas medidas procura alguma relação existente no fenômeno, tentando descobrir alguma lei ou princípio que o rege. Eventualmente essas leis ou princípios são expressos por fórmulas [...].

Em resumo, o método da apreensão do conhecimento da Física é o seguinte: a) observação dos fenômenos, b) medida de suas grandezas, c) indução ou conclusão de leis ou princípios que regem os fenômenos. Esse método de conhecimento é denominado **método experimental**.

Muitas vezes repetimos o fenômeno em laboratórios em condições consideradas ideais em relação às condições reais de sua ocorrência. Por exemplo, podemos estudar idealmente a lei da queda de um corpo, deixando-o cair em laboratório, num aparelho vertical onde se faz vácuo (tubo de Newton); com isso estudamos a queda sem interferência do ar (FERRARO et al., 1991, p. 3, grifo do autor).

Neste caso fica também evidente o caráter procedimental que a física assume segundo suas concepções e, conforme já discutido sobre as visões de senso comum e o método

científico, chamado pela coleção O de método experimental, bem como os seus passos rígidos que se deve seguir. Ao final, percebemos ainda uma discussão incompleta em relação às condições ideais e reais de estudo dos fenômenos, perdendo-se a oportunidade de introduzir elementos sobre qual a razão de se estudar fenômenos físicos idealizados e seus posteriores objetivos, uma vez que no dia-a-dia dos fenômenos da natureza encontram-se condições diferentes.

Por fim, a coleção P (*Universo da Física: Sampaio, J. L. & Calçada, C. S.*), a última dentre as três coleções aprovadas no PNLEM que foram analisadas, mostrou também uma sobreposição de subcategorias (1.2 e 1.3), sendo que majoritariamente apresentou conteúdos históricos em introduções, boxes e textos complementares, mas em certos momentos também fez discussões históricas ao longo do texto ordinário. Os elementos históricos estão presentes em praticamente todos os assuntos da obra e, como destacado pelos autores, “uma característica importante desta coleção é que se trata de uma obra não só *de* Física, mas também *sobre* Física”. Ressaltando a importância de um conhecimento geral para o exercício da cidadania, “o desenvolvimento histórico dos conceitos e fatos sobre os cientistas que produziram as idéias são, assim, enfocados com frequência, possibilitando ao aluno perceber como as idéias são produzidas e como a ciência evolui” (SAMPAIO & CALÇADA, 2001a, p. iv, grifo do autor).

A despeito de alguns erros cometidos, sobretudo em relação à historiografia whig, nota-se uma certa coerência na proposta apresentada pelos autores e o que de fato se encontra sobre a história da ciência na coleção P. Os assuntos de forma geral têm seu início numa abordagem histórica e textos complementares sobre a história da ciência e questões interdisciplinares também marcam presença ao longo de seus três volumes.

Porém, alguns elementos referentes à historiografia whig foram detectados e afirmações do tipo “um dos primeiros físicos a observar que a carga elétrica de um condutor recém-eletrizado escoava para a sua superfície externa foi Benjamin Franklin [...]” (SAMPAIO & CALÇADA, 2001c, p.285) ou ainda “hoje sabemos que Ampère estava parcialmente certo [...]” (Ibid., p. 426) são alguns de seus deslizes historiográficos.

Como já discutimos, a concepção atual sobre carga elétrica veio muito depois de Franklin, sendo que em sua época as teorias sobre os fenômenos elétricos eram dominadas por idéias de fluidos e as suas referências a respeito dessa propriedade elétrica a nomeavam de “fogo elétrico”. O mesmo acontece com a segunda afirmação, já que descobertas, conceitos e até formulações matemáticas relevantes ao estudo desses fenômenos como conhecemos atualmente são posteriores à época de Ampère, não havendo sentido nenhum na afirmação de que hoje sabemos que ele estava *parcialmente* certo. Neste momento tem-se a impressão de que seu trabalho foi incompleto de alguma maneira, pois não estava totalmente correto, e assim perde-se a oportunidade de ressaltar e destacar a sua parcela de contribuição para o corpo de conhecimentos atual sobre a eletricidade, que foi e está sendo construído até os dias de hoje.

Também com uma atenção especial voltada para apresentação dos métodos de conhecimento utilizados na física, coleção P tem em seu capítulo inicial discussões mais sofisticadas sobre a natureza da ciência. Porém, desta vez nota-se um enfoque mais histórico, apresentando o surgimento da filosofia na Grécia como forma de contrapor o conhecimento mítico. A partir daí, a coleção apresenta a filosofia antiga e as primeiras teorias da *physis*, como a teoria dos quatro elementos e também do átomo, dando importante destaque a Aristóteles e suas contribuições. Posteriormente, têm-se discussões históricas desde a alquimia, a ciência em sua forma moderna e as contribuições de Galileu, Kepler e Newton até átomo moderno e a física em sua estrutura atual.

O final deste capítulo introdutório é especificamente direcionado para a NdC, onde se discute o método da física. Neste ponto o polêmico método científico é discutido e algumas ressalvas são feitas em relação a sua concepção como método para obtenção de conhecimento científico, principalmente no que diz respeito à falta de concordância entre os próprios cientistas sobre a natureza do saber científico.

Frequentemente ouvimos falar, de um modo bastante questionável, num **método científico**, como se houvesse um método único e seguro que se aplicasse a todas as ciências. Infelizmente, porém, as coisas não são tão simples. Há um ramo da Filosofia, denominado Filosofia da Ciência, que se preocupa em estudar, entre outros temas, a questão do método científico, e até agora não há unanimidade entre os filósofos sobre essa questão. [...] Tudo indica que há, na realidade, vários métodos; cada ciência tem os seus próprios caminhos na busca do conhecimento. Em segundo lugar, não há acordo nem mesmo dentro de uma mesma ciência, como é o caso da Física. Fazendo-se um estudo dos caminhos seguidos pelos físicos em um grande número de casos, verifica-se que não há uma receita dentro da qual se encaixem todos esses caminhos (SAMPAIO & CALÇADA, 2001a, p. 19-20, grifo do autor).

Em seguida é discutida a forma como o método é frequentemente apresentado, sendo dados alguns exemplos de fatores externos que também influenciam na obtenção de conhecimento, reiterando que o método científico como é conhecido não resulta certamente em leis e teorias físicas.

Frequentemente estão envolvidos outros fatores, como o **acaso**. Há inúmeros exemplos de idéias que surgiram **por acaso**, e não por meio de uma **busca intencional**. [...] Outro aspecto importante a ressaltar refere-se à terceira fase, na qual o cientista deve fazer a interpretação dos fatos e **imaginar** uma explicação, isto é, imaginar uma hipótese que depois será testada. [...] Quando se trata de grandes teorias, que explicam um grande número de fatos, **não há receita** para imaginar a explicação. Como disse Albert Einstein, ‘as explicações são livres criações da mente humana’ (Ibid., p. 21, grifo do autor).

Mesmo sem fazer uma caracterização humana da ciência de forma explícita, como nos exemplos das coleções H e I, notamos o destaque para o papel da criatividade individual que o cientista deve ter ao elaborar explicações para os fenômenos sem que haja receita certa para tal finalidade.

Finalizando esta discussão, a coleção P atrai a atenção para aquilo que chamou de *atitudes e procedimentos científicos*, os quais *não são suficientes* mas sim *necessários* para se produzir “ciência” (Ibid., p. 21, grifo do autor). A primeira atitude destacada diz respeito ao

papel da experiência na verificação de idéias científicas e, apesar de não haver uma discussão mais profunda, é interessante notar que a idéia científica é tratada como algo anterior a experiência, que viria a ratificá-la ou refutá-la. Em suas palavras, “uma primeira atitude importante é submeter as idéias ao **teste experimental**. Por mais interessante que seja a idéia, se ela não concordar com a experiência, deve ser abandonada ou reformulada” (SAMPAIO & CALÇADA, 2001a, p. 21, grifo do autor). Em seguida, as demais atitudes tratadas pela coleção questionam fortemente a popular concepção que trata o conhecimento científico como verdade absoluta, sendo citada a importância de novas idéias e de não existir alguma delas que seja definitiva.

Uma segunda atitude científica importante é estar com o espírito aberto a qualquer nova idéia. Isso não quer dizer que nós vamos aceitar como verdadeira qualquer idéia. Isso não! Nós vamos testá-la. Mas o que não se pode fazer é jogar fora a idéia sem testá-la, por puro preconceito.

Uma terceira atitude é estar consciente de que uma idéia nunca pode ser considerada como definitiva. Mesmo que ela passe por repetidos testes, pode ser que um dia seja feito algum tipo de teste pelo qual ela não passe (Ibid., p. 22).

Assim como a caracterização da ciência das coleções H e I, a coleção P faz uso de alguns exemplos históricos onde essas atitudes foram tomadas. Em relação às novas idéias e o teste experimental, cita as órbitas elípticas de Kepler e sua difícil aceitação em sobreposição à idéia das órbitas circulares, e quanto ao fato de não poder ser considerada definitiva, menciona as bem sucedidas leis do movimento de Newton do século XVII ao XIX e as posteriores idéias sobre relatividade e mecânica quântica que vieram explicar outros novos fatos.

Desta forma, ao final da análise das coleções didáticas, notamos que praticamente todas elas apresentam elementos de mitos históricos e de historiografia whig. Conforme os exemplos discutidos, vimos que a história da ciência que se faz mais presente nas coleções de física de modo geral, são mitos como o de Newton e a maçã, Arquimedes e a banheira, Franklin e sua pipa, etc. Também é freqüente a presença da pseudo-história da ciência, onde

elementos históricos são distorcidos das mais variadas maneiras, sobretudo quando conhecimentos atuais são usados para explicar a elaboração de teorias e interpretações de experimentos anteriores historicamente aos conceitos utilizados nesta explicação.

Houve porém, algumas poucas coleções que apresentaram elementos históricos de forma mais pertinente ao assunto em que era abordado, sendo que algumas delas refutam alguns dos mitos citados por outras. Percebemos que estas coleções, presentes na subcategoria 3.4, são mais recentes e uma influência dos PCN nesse ponto pode ser notada. Porém, nem todas estas coleções recentes (coleções D, F, H, I, K e P), inclusive as aprovadas no PLNEM (coleções D, I e P), ficaram a salvo de alguns deslizes nos conteúdos históricos apresentados e como vimos, elementos sobre mitos e pseudo-história também estão presentes nestas obras.

Em relação aos seus conceitos e discussões sobre a natureza da ciência, vemos que, à parte daquelas que não apresentaram elemento qualquer neste contexto (coleções C, G, L e M), algumas não possuem discussões explícitas voltadas especificamente para este tipo de conteúdo. Neste caso, os elementos sobre a NdC aparecem incorporados a alguns conteúdos históricos, como foi exemplificado para as coleções B e D na subcategoria 2.2 e a coleção K, já na subcategoria 2.3. Dentre elas, a coleção D merece um pouco mais de atenção pois se trata de umas das coleções aprovadas no PNLEM, e nesta categoria referente a NdC ela deixou a desejar em relação aos conteúdos e discussões das outras coleções aprovadas, I e P, como visto anteriormente.

Obviamente, como aprovada no programa, a coleção D atende aos critérios eliminatórios, porém a grande diferença fica por conta dos critérios que qualificam a obra didática neste contexto da apresentação do conhecimento como algo dinâmico. Diferença notada uma vez que não faz discussões específicas sobre a NdC ao longo de seus volumes, ao contrário da grande atenção neste assunto por parte das coleções I e P.

Dentre as coleções classificadas que realizaram discussões explícitas sobre algumas idéias de senso comum (coleções E, F, J e O), sobretudo ao sustentar argumentos a favor do método científico, destaca-se a coleção F. A coleção é recente e tem sua edição posterior à publicação dos PCN, porém a concepção de ciência por ela apresentada diverge das orientações dos parâmetros nacionais, mostrando uma falta de influência deste importante norteador educacional em sua obra. Dentre as demais, nota-se que as coleções C e L, não classificadas nesta segunda categoria, têm como seus principais autores os mesmos que a coleção O, uma das mais populares e vendidas coleções didáticas de física no Brasil, que discutiu a respeito do método científico (subcategoria 2.2). De uma maneira geral, mesmo entre as coleções anteriores aos PCN e que contém discussões simples e de senso comum sobre a ciência, nota-se uma tendência à incorporação de conteúdos específicos sobre o conhecimento científico.

Considerando então as coleções editadas após a publicação dos PCN (coleções B, D, F, G, H, I, K e P), vemos que apenas a coleção G não apresenta conteúdo algum em relação a tópicos sobre a NdC. Já as quatro últimas foram as que apresentaram elementos e discussões mais satisfatórios, concordando com os parâmetros nacionais neste sentido. Em especial temos as coleções I e P (a coleção H é uma versão em três volumes da coleção I), aprovadas no PNLEM e que tiveram não só os critérios eliminatórios obedecidos, como também grande parte daqueles que qualificam a obra didática, conforme exemplificados e citados anteriormente de seu edital.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diversas alternativas frente aos desafios que um ensino humanístico e cidadão exige (do ponto de vista que é útil e necessário em todos os campos da vida na sociedade moderna), têm sido consideradas. Alvo de nossa discussão nos capítulos iniciais, este trabalho está inserido num contexto amplo e que tem sido extensamente pesquisado dentro da área de ensino de ciências. Considerações a respeito da inserção de elementos de história e filosofia da ciência na educação científica em seus diversos níveis são hoje uma realidade, sendo que pesquisas com os mais variados públicos-alvo têm sido realizadas nos últimos anos. Estes trabalhos apontam vários pontos positivos que um ensino contextualizado, que considera a história e a filosofia da ciência como parte integrante do ensino científico, proporciona. Assim, um ensino contextualizado fornece subsídios que ajudam o aluno a compreender o real significado de conceitos científicos, sua origem e seus propósitos, e também desenvolver uma melhor compreensão da natureza da ciência e os processos envolvidos na construção do conhecimento científico (ABD-EL-KHALICK & LEDERMAN, 2000).

Dentro do cenário nacional, vimos que nos PCN relativos à área de ciências naturais vários pontos consideram o ensino do caráter histórico do conhecimento científico como um dos conteúdos essenciais e necessários a uma formação estudantil adequada. Assim, o PNLEM também considera estes conteúdos na sua avaliação das obras didáticas, tornando pertinente nossa análise a respeito da história e filosofia da ciência nos livros didáticos de física.

Porém, ao lado das potencialidades que a história e a filosofia da ciência traz e que podem promover o ensino de ciências, caminham alguns elementos que podem prejudicar o seu ensino. Entre eles, a presença de uma história distorcida e demasiada simples, apresentada de forma a valorizar nos conhecimentos e teorias passadas apenas as idéias aceitas atualmente

como corretas. Este tipo de narrativa histórica seleciona e molda alguns episódios e personagens para uma apresentação linear e simples, e reforçam concepções de senso comum sobre a natureza da ciência. Assim, diversas pesquisas sobre as conseqüências de um ensino que leva em conta a chamada pseudo-história da ciência também têm sido realizadas.

A análise de livros didáticos de física do ensino médio encontrou narrativas históricas distorcidas (caracterizando a pseudo-história), a presença de mitos científicos, além de diversos erros na maioria das coleções didáticas analisadas. Além disso, muitas delas ainda apresentaram idéias erradas, do ponto de vista epistemológico, sobre a natureza da ciência. Vimos que é comum apresentar a ciência como construída a partir de um único método de estudo, denominado “método científico”, ou ainda “método experimental”. Um método rigoroso baseado em concepções empírico-indutivas sobre a natureza da ciência e que deixa de lado a influência de fatores essencialmente humanos, tais como os contextos sociais e também crenças e formações pessoais dos cientistas (McCOMAS, 1996).

Somadas a concepções errôneas sobre a NdC está uma história da ciência baseada na apresentação de mitos científicos sobre descobertas, construção de teorias e também sobre o papel desempenhado pelo cientista em seu trabalho de pesquisa. Entre os exemplos das coleções que foram discutidos vimos que perduram histórias sobre Arquimedes e a banheira, Galileu e o pêndulo, Newton e a maçã, Franklin e a pipa, Volta e a pilha, Einstein e a teoria da relatividade, dentre outros, como sendo os principais elementos históricos presentes nos livros didáticos.

Entretanto, nota-se que a análise dos livros feita pelo PNLEM pode exercer alguma influência sobre a qualidade dos conteúdos de história e filosofia da ciência dos livros didáticos. Isso porque algumas das coleções aprovadas sofreram reestruturações a fim de se enquadrarem ao seu edital e aparecem com conteúdos mais elaborados e abordagens mais criteriosas a respeito da história e filosofia da ciência.

Esta influência pode ser notada através das discussões exemplificadas de duas coleções aprovadas no programa que estavam na amostra (coleções I e P) e também que, apesar de alguns conteúdos apresentarem erros, sobretudo na terceira aprovada no programa (coleção D), a abordagem histórica aparece em vários capítulos das obras.

As coleções H, I e P dedicaram uma atenção especial à apresentação de idéias sobre a natureza da ciência, refutando aquela concepção simplista sobre o método científico através de comparações com outras formas de conhecimento e até exemplos históricos que não obedeciam a essa regra fixa. Na mesma direção, alguns dos conteúdos históricos mais elaborados destas coleções não reforçam as idéias de mitos científicos populares, extensamente difundidos pelas outras. Por exemplo, no caso de Arquimedes, a coleção P faz um alerta, concordando com a discussão apresentada acerca do mito da banheira (MARTINS, 2000), destacando que

as narrativas envolvendo Arquimedes não são confiáveis e frequentemente apresentam informações conflitantes: narradores diferentes oferecem versões diferentes dos fatos. Sobre sua vida, entretanto, não sabemos praticamente nada, apenas **lendas**.

[...] Assim, restaram sobre ele relatos esparsos e incertos, em obras cujo objetivo principal não era narrar a vida de Arquimedes. Algumas histórias que hoje conhecemos foram narradas pelo escritor grego Plutarco (século I d.C.) em sua biografia de Marcelo, o general romano que cercou e tomou a cidade de Siracusa. Outras, como a **lenda da coroa**, aparecem numa obra do arquiteto romano Marcus Vitruvius (século I a.C.), *Sobre a Arquitetura*, em que faz uma descrição e análise da arquitetura grega.

[...] Assim, de concreto temos apenas a obra de Arquimedes, na qual ele expõe suas idéias – sem nada falar sobre banhos ou coroas (SAMPAIO & CALÇADA, 2001a, p.110 e 129, grifo do autor).

Ensinar e aprender física certamente exige, no mínimo, um esforço intelectual similar àquele que se realiza ao *fazer* física. Sendo assim, privar este ensino de sua história e seus diversos métodos e influências, internas e externas à ciência, que são determinantes no caminho por ela percorrido até o conhecimento científico aceito atualmente, é doutrinar os estudantes para aceitarem crenças científicas. Crenças que se preocupam apenas com o conhecimento dos resultados científicos, sem preocupação com os motivos que levam a esta

aceitação, enquanto o real conhecimento científico sobre algum assunto, aquele que tem uma base histórica para justificar sua aceitação, fica renegado.

Esta postura pode ser observada nos livros didáticos presentes nesta análise. Como vimos, muitos deles se preocupam apenas com o ensino dos resultados da física, sendo que os conteúdos históricos, quando presentes, apareciam distorcidos e com diversos erros, tendo o propósito de moldar a ciência de forma linear e simples, para o fim de se apresentar um certo resultado ou conceito a ser ensinado. Da mesma forma elas se comportaram ao discutir sobre ciência, apresentando concepções de senso comum, pautadas na autoridade sobre as verdades científicas, e que por diversas vezes definiu física através da simples e limitada consideração da etimologia dessa palavra.

Contrastando com esse tipo de livro didático, encontramos alguns livros mais recentes (sobretudo as coleções H, I e P) que abandonam um ensino focado apenas na apresentação de fórmulas matemáticas e adotam uma abordagem mais adequada do ponto de vista metodológico. Além dos elementos e discussões que essas coleções trazem e que já foram exemplificados e discutidos anteriormente neste trabalho, cabe destacar uma última consideração acerca de o que é física. Feita pela coleção I, ela mostra os sinais desta mudança de tratamento que é dado à ciência, onde notamos a preocupação do autor em destacar que não há definição clara e precisa a respeito do que é exatamente a física.

Como para a maioria de seus conceitos, é muito difícil dizer o que é essa ciência. A palavra *física* vem do grego, *physiké*, que significa 'ciência das coisas naturais'. Mas essa é uma denominação relativamente recente.

[...] A rigor, não há definição do que é física. O dicionário *Aurélio*, por exemplo, afirma: 'física é uma ciência de conteúdo vasto e fronteiras não muito definidas'. Na verdade, não se trata de uma definição, mas da justificativa da impossibilidade de uma definição (GASPAR, 2004, p. 15, grifo do autor).

Percebe-se que a sinalização para a inclusão de novos conteúdos no ensino de física é cautelosa, o que não é diferente em relação àqueles sobre história e filosofia da ciência. Esta inclusão implica inúmeros desafios didáticos, pois encontra professores despreparados e textos escolares desguarnecidos, porém vimos que com o início do PNLEM esta inclusão foi

de certa forma direcionada, verificando uma mudança de atitude de certos autores que melhoraram o nível de discussão e profundidade dos conteúdos históricos presentes em livros didáticos de física para o ensino médio.

De qualquer forma, é evidente a necessidade de um maior e mais efetivo contato entre os autores de livros didáticos de ciências e pesquisadores da área de história e filosofia da ciência e ensino de ciências. Com isso, é possível que haja uma influência positiva no sentido de melhorar o conteúdo dos livros, diminuir a quantidade de erros presentes nos mesmos e favorecer a transmissão de uma visão adequada sobre a natureza da ciência.

Frente à preparação de professores para lidar com este tipo de conteúdos em sala de aula, o livro didático certamente tem grande parcela de responsabilidade. Em seu cotidiano, o professor se depara com uma série de exigências burocráticas e pedagógicas e, já que dispõe de pouco tempo para preparação e planejamento pedagógico adequados, ele se sente seguro em seguir roteiros já estabelecidos em livros convencionais. Assim, é de extrema importância a coerência e boa qualidade destes livros em relação à história e natureza da ciência.

Apesar dos pequenos avanços apontados aqui, a história da ciência presente nos livros aprovados ainda é bastante superficial. No geral, ela ainda se resume a nomes e datas precisas, ignorando a contribuição de vários outros pesquisadores, o contexto da época, as dificuldades e erros enfrentados pelos pesquisadores do passado.

Esta complexa ciência chamada Física possui uma rica história e está imersa em um contexto dinâmico e amplo, sendo assim, um ensino que visa a apreensão de conhecimento *sobre* ela vai além da apresentação de simples conceitos, fórmulas, nomes e datas.

REFERÊNCIAS

ABD-EL-KHALICK, F.; LEDERMAN, N. G. The Influence of History of Science Courses on Students' Views of NOS. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 37, n. 10, p. 1057-1095, 2000.

ABD-EL-KHALICK, F. Developing Deeper Understandings of Nature of Science: The Impact of Philosophy of Science Course on Preservice Science Teachers' Views and Instructional Planning. **International Journal of Science Education**, v. 27, n. 1, p. 15-42, 2005.

ALLCHIN, D. How *Not* to Teach Historical Cases in Science. **Journal of College Science Teaching**, v. 30, n. 1, p. 33-37, 2000.

_____. Scientific myth-conceptions. **Science Education**, v. 87, n. 3, p. 329-351, 2003.

_____. Pseudohistory and pseudoscience. **Science & Education**, v. 13, n. 3, p. 179-195, 2004.

ALTERS, B. J. Whose Nature of Science? **Journal of Research in Science Teaching**, v. 34 n. 1, 39-55, 1997.

ÁLVARES, B. A.; LUZ, A. M. R. **Curso de Física – volume 3**. São Paulo: Harbra, 1986.

_____. **Curso de Física – volume 1**. São Paulo: Harbra, 1992.

_____. **Curso de Física – volume 2**. São Paulo: Harbra, 1993.

ARRUDA, M. A. T.; ANJOS, I. G. **Física na Escola Atual – volume 1**. São Paulo: Atual, 1993a.

_____. **Física na Escola Atual – volume 2**. São Paulo: Atual, 1993b.

_____. **Física na Escola Atual – volume 3**. São Paulo: Atual, 1993c.

BRASIL. Ministério da Educação. Parâmetros Curriculares Nacionais – Ensino Médio – Ciências da Natureza. Brasília: Ministério da Educação, 1997.

_____. Ministério da Educação. Parâmetros Curriculares Nacionais – Ensino Médio. Brasília: Ministério da Educação, 1999.

_____. Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação. Programa Nacional do Livro do Ensino Médio. Brasília: Ministério da Educação, 2007.

BRICKHOUSE, N. W. The Teaching of the Philosophy of Science in Secondary Classrooms: Case Studies of Teachers' Personal Theories. **International Journal of Science Education**, v. 11, p. 437–449, 1989.

CABRAL, F.; LAGO, A. **Física – volume 1**. São Paulo: Harbra, 2002a.

_____. **Física – volume 2**. São Paulo: Harbra, 2002b.

_____. **Física – volume 3**. São Paulo: Harbra, 2002c.

CARNEIRO, M. H. S.; SANTOS, W. P. L.; MÓL, G. S. Livro Didático Inovador e professores: uma tensão a ser vencida. **Ensaio - Pesquisas em Educação em Ciências**, v. 7, n. 2, 2005.

CARVALHO, A. M. P.; VANNUCCHI, A. I. History, Philosophy and Science Teaching: Some Answers to “How?”. **Science & Education**, v. 9, n. 5, p. 427-448, 2000.

CASSIANO, C. C. F. Aspectos políticos e econômicos da circulação do livro didático de História e suas implicações curriculares. **História**, São Paulo, v. 23, n. 1-2, p. 33-48, 2004a.

CASSIANO, C. C. F. Mercado de Livro Didático no Brasil, 2004b. Disponível em: <<http://www.livroehistoriaeditorial.pro.br/pdf/ceciacristinacassiano.pdf>>. Acesso em: 22 fev. 2007.

CASTRO, R. S. **História e Epistemologia da Ciência: Investigando suas Contribuições num Curso de Física do Segundo Grau**. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Instituto de Física e Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993.

CHALMERS, A. F. **O que é ciência afinal?** São Paulo: Editora Brasiliense, 1993.

CLEMINSON, A. Establishing an Epistemological Base for Science Teaching in the Light of Contemporary Notions of the Nature of Science and of How Children Learn Science. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 27, n. 5, p. 429-445, 1990.

COBERN, W. W. The Nature of Science and the Role of Knowledge and Belief. **Science & Education**, v. 9, p. 219-246, 2000.

CUDMANI, L. C.; SANDOVAL, J. S. Cambios en las Concepciones de los Estudiantes sobre la Ciencia: Resultados de una Experiencia de Aula. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 22, n.1, p. 106-113, 2000.

DUCHL, R. A. Science Education & Philosophy of Science: Twenty Five Years of Mutually Exclusive Development. **School Science and Mathematics**, v. 87, n. 7, p. 541-555, 1985.

EFLIN, J. T.; GLENNAN, S.; REISCH G. The Nature of Science: A Perspective from the Philosophy of Science. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 36, n. 1, p. 107-116, 1999.

EL-HANI, C. N. Notas sobre o ensino História e Filosofia da Ciência na educação científica de nível superior. In: SILVA, C. C. **Estudos de História e Filosofia das Ciências: subsídios para aplicação no ensino**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2006.

FERRARO, N. G.; SOARES, P. A. T. **Física Básica**. São Paulo: Atual, 1990.

FERRARO, N. G.; SOARES, P. A. T.; SANTOS, J. I. C; RAMALHO Jr., F. **Fundamentos da Física – volume 1**. São Paulo: Moderna, 1991.

_____. **Fundamentos da Física – volume 3**. São Paulo: Moderna, 1993.

_____. **Fundamentos da Física – volume 2**. São Paulo: Moderna, 1994.

FERRARO, N. G.; SOARES, P. A. T.; SANTOS, J. I. C. **Aulas de Física – volume 3**. São Paulo: Atual, 1995.

_____. **Aulas de Física – volume 1**. São Paulo: Atual, 1996.

_____. **Aulas de Física – volume 2**. São Paulo: Atual, 1997.

FOWLER, M. Galileo and Einstein: Using History to Teach Physics to Nonscientists. **Science & Education**, v. 12, n. 2, p. 229-231, 2003.

FREIRE, O.; TENÓRIO, R. M. A Graduate Programme in History, Philosophy and Science Teaching in Brazil. **Science & Education**, v. 10, p. 601-608, 2001.

FREITAS, J. A. F.; CENCIC, M. D. **Física – volume 1**. São Paulo: Scortecci Gráfica, 2002.

GASPAR, A. **Física – volume 1**. São Paulo: Ática, 2000a.

_____. **Física – volume 2**. São Paulo: Ática, 2000b.

_____. **Física – volume 3**. São Paulo: Ática, 2000c.

_____. **Física – Série Brasil**. São Paulo: Ática, 2004.

HEERING, P. Getting Shocks: Teaching Secondary School Physics Through History. **Science & Education**, v. 9, n. 4, p. 363-373, 2000.

HOLTON, G.; BRUSH, S. G. **Physics, the Human Adventure**. New Brunswick: Rutgers University Press, 2001.

KAFAI, Y. B.; GILLILAND-SWETLAND, A. J. The Use of Historical Materials in Elementary Science Education. **Science Education**, v. 85, n. 4, p. 349-367, 2001.

KUHN, T. S. **A Estrutura das Revoluções Científicas**. São Paulo: Perspectiva, 1994.

LEDERMAN, N. G.; ZEIDLER, D. L. Science Teachers' conceptions of the nature of science: Do they really influence teaching behavior? **Science Education**, v. 71, n. 5, p. 721-734, 1987.

LEDERMAN, N. G. Students' and Teachers' Conceptions of the Nature of Science: A Review of The Research. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 29, n. 4, p. 331-359, 1992.

LEDERMAN, N. G.; ABD-EL-KHALICK, F.; BELL, R. L.; SCHWARTZ, R. S. Views of nature of science questionnaire: Toward valid and meaningful assessment of learners' conceptions of nature of science. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 39, n. 6, p. 497-521, 2002.

LIN, H.; HUNG, J.; HUNG, S. Using the History of Science to Promote Student's problem-solving ability. **International Journal of Science Education**, v. 24, n. 5, p. 453-464, 2002.

LUZ, A. M. R.; ÁLVARES, B. A. **Curso de Física – volume 1**. São Paulo: Scipione, 2006a.

_____. **Curso de Física – volume 2**. São Paulo: Scipione, 2006b.

_____. **Curso de Física – volume 3**. São Paulo: Scipione, 2006c.

MARTINS, L. A. P.; BRITO, A. P. O. P. M. A História da Ciência e o Ensino da Genética e Evolução no nível médio: um Estudo de Caso. In: SILVA, C. C. **Estudos de História e Filosofia das Ciências: subsídios para aplicação no ensino**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2006.

MARTINS, R. A. Sobre o papel da história da ciência no ensino. **Boletim da Sociedade Brasileira de História da Ciência**, v. 9, p. 3-5, 1990.

_____. Arquimedes e a coroa do rei: problemas históricos. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 17, n. 2, p. 115-121, 2000.

_____. A maçã de Newton: História, Lendas e Tolices. In: SILVA, C. C. **Estudos de história e filosofia das ciências: subsídios para aplicação no ensino**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2006.

MATTHEWS, M. R. **Science Teaching - The Role of History and Philosophy of Science**. New York: Routledge, 1994.

_____. História, Filosofia e Ensino de Ciências: A Tendência Atual de Reaproximação. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 12, p. 164-214, 1995.

MATTOS, C. R.; GARCIA, M^a M. T.; FERRARA, N. F. Um estúdio sobre la evaluacion de libros didáticos. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 2, n. 2, p. 36-50, 2002.

McCOMAS, W. F. Ten Myths of Science: Reexamining What We think About the Nature of Science. **School Science and Mathematics**, v. 96, n. 1, p. 10-16, 1996.

McCOMAS, W. F.; ALMAZROA, H.; CLOUGH, M. The Nature of Science in Science Education: An Introduction. **Science & Education**, v. 7, p. 511-532, 1998.

MENEZES, L. C. Uma nova física para o ensino médio. **Física na Escola**, v. 1, n. 1, p. 6-8, 2000.

NARDI, R. **Questões atuais no Ensino de Ciências** (Coleção Educação para a Ciência). São Paulo: Escrituras Editora, 1998.

NICOLI Jr., R. B.; MATTOS, C. R. Uma análise de livros didáticos de Física do início do século. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 5., 2005, Bauru: Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, v. 2, p. 13-34, 2005.

PARANÁ, D. N. **Física – volume único**. São Paulo: Ática, 1994.

PEDUZZI, L. O. Q. Sobre a utilização didática da História da Ciência. In: PIETROCOLA, M. **Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora**. Florianópolis: Editora da UFSC, 2001.

PIEDRAHITA, M. V. A. Los manuales escolares y los libros de iniciación a la lectura: campo de investigación, 1998. Disponível em: <<http://www.utp.edu.co/~chumanas/revistas/revistas/rev17/alzate.html>>. Acesso em: 22 fev. 2007.

RAMALHO Jr., F.; HERSKOWICZ, G.; SCOLFARO, V. **Bases da Física – volume 1**. São Paulo: Moderna, 1981.

_____. **Bases da Física – volume 3**. São Paulo: Moderna, 1982.

RICARDO, E. C.; ZYLBERSZTAJN, A. Ensino das ciências no nível médio: um estudo sobre as dificuldades na implementação dos parâmetros curriculares nacionais. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 19, n. 3, p. 351-370, 2002.

RUSSELL, T. L. What history of science, how much, and why?, **Science Education**, v. 65, p. 51-64, 1981.

SABRA, A. I. **Theories of light from Descartes to Newton**. London: Cambridge University Press, 1981.

SAMPAIO, J. L.; CALÇADA, C. S. **Física Clássica – volume 3**. São Paulo: Atual, 1985a.

_____. **Física Clássica – volume 4.** São Paulo: Atual, 1985b.

_____. **Física Clássica – volume 5.** São Paulo: Atual, 1985c.

_____. **Física Clássica – volume 1.** São Paulo: Atual, 1991a.

_____. **Física Clássica – volume 2.** São Paulo: Atual, 1991b.

_____. **Universo da Física – volume 1.** São Paulo: Atual, 2001a.

_____. **Universo da Física – volume 2.** São Paulo: Atual, 2001b.

_____. **Universo da Física – volume 3.** São Paulo: Atual, 2001c.

SANTOS, M. E. M.; FREITAS, D.; GALVÃO, C.; OLIVEIRA, H. T. A ciência como cultura: implicações na comunicação científica - um projecto de cooperação luso-brasileiro. In: COLÓQUIO LUSO-BRASILEIRO SOBRE QUESTÕES CURRICULARES, 3., 2006, Braga - Portugal. Anais em CD-Rom: Colóquio Luso-Brasileiro sobre Questões Curriculares, 3., 2006.

SEROGLOU, F.; KOUMARAS, P. The Contribution of History of Physics in Physics Education: A Review. **Science & Education**, v. 10, p. 153-172, 2001.

SHIGEKIYO, C. T.; YAMAMOTO, K.; FUKU, L. P. **Alicerces da Física – volume 1.** São Paulo: Saraiva, 1993.

SILVA, C. C. **A teoria das cores de Newton: um estudo crítico do Livro I do Opticks.** Dissertação (Mestrado em Física) – Instituto de Física “Gleb Wataghin”, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1996.

SILVA, C. C.; MARTINS, R. A. A teoria das cores de Newton: um exemplo do uso da história da ciência em sala de aula. **Ciência & Educação**, v. 9, n. 1, p. 53-65, 2003.

SILVA, C. C. **Estudos de História e Filosofia das Ciências: subsídios para aplicação no ensino.** São Paulo: Editora Livraria da Física, 2006.

SOLOMON, J.; DUVEEN, J.; SCOT, L.; McCARTHY, S. Teaching about the nature of science through history: action research in the classroom. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 29, p. 409-421, 1992.

TALAVERA, A. C. **Física – volume 4**. São Paulo: Nova Geração, 2005.

UENO, P. T.; YAMAMOTO, I. **Estudos de Física – volume 1**. São Paulo: Moderna, 1982a.

_____. **Estudos de Física – volume 2**. São Paulo: Moderna, 1982b.

VANNUCCHI, A. I. **História e Filosofia da Ciência: da teoria para a sala de aula**. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências) – Instituto de Física e Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.

VEIT, E. A.; TEODORO, V. D. Modelagem no Ensino/Aprendizagem de Física e os Novos Parâmetros Curriculares para o Ensino Médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 24 n. 2, p. 87-96, 2002.

VIDEIRA, A. A. P. Breves considerações sobre a natureza do método científico. In: SILVA, C. C. **Estudos de história e filosofia das ciências: subsídios para aplicação no ensino**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2006.

WHITAKER, M. A. B. History and Quasi-history in Physics Education. **Physics Education**, v. 14, p.108-112 e p. 239-242, 1979.

ZEIDLER, D. L.; LEDERMAN, N. G. The effects of teachers' language on students' conceptions of the nature of science. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 26, n. 9, p. 771-783, 1989.