

O CONCEITO DE CALOR NOS LIVROS DIDÁTICOS DE FÍSICA

THE CONCEPT OF HEAT IN PHYSICS HIGH SCHOOL TEXTBOOKS

Marcus Vinicius Pereira¹
Tereza Fachada Levy Cardozo²

¹ CEFET-RJ & SEE-RJ, marvin@marcusvinicius.com

² CEFET-RJ, tereza@levycardoso.com.br

Resumo

As pesquisas da área de ensino de Ciências não apresentam consenso quanto à importância da utilização da história da ciência no processo educacional. Considera-se necessária, no entanto, a apresentação da evolução histórica de conceitos relacionados à física térmica para que os estudantes não tenham uma visão de ciência como verdade fechada em si mesma e imutável e irrefutável. Os livros didáticos da área de Ciências ao utilizarem uma linguagem atemporal sempre no presente do indicativo mantêm, em sua maioria, a mesma estrutura programática e teórico-metodológica com os mesmos conhecimentos científicos dos anos 60/70. A análise da apresentação dos conceitos relacionados à física térmica nos livros didáticos de Física do Ensino Médio mostra que a maioria não apresenta uma considerável abordagem histórica acerca do tema, sendo trabalhada ao longo da unidade à medida que apresenta os conteúdos; como introdução da unidade ou do capítulo; ou como leitura ao final.

Palavras-chave: calor, livro didático, história da Física

Abstract

Researches in Science Education doesn't present consensus as for importance of use of history of science in educational process. However, it's necessary to present the historical evolution of concepts related to thermal physics, so that students don't have an idea of science as closed truth, invariant and irrefutable. The didactic science books, when using a language without historical sequency, in general, keep the same programmatic and theoretic-metodologic structure with the same scientific knowledge of 60/70's. The analysis of presentation of concepts related to thermal physics in didactic books of Physics of Brazilian High School shows that the majority does not present a considerable historical approach concerning the subject, worked to the long of the unit of the book when presents the contents; or as an introduction of the unit or the chapter; or as reading to the end of the unit.

Keywords: heat, high school textbook, history of Physics

INTRODUÇÃO

No Simpósio Nacional de Ensino de Física (SNEF), realizado em janeiro de 2005 no Rio de Janeiro, foram apresentados 24 trabalhos dentro da área de “História, Filosofia e Sociologia da Ciência”, sendo 7 em forma de painel e 17 em forma de comunicação oral. Este número representa cerca de 5% do total de trabalhos apresentados no evento. No SNEF de 2003 realizado em Curitiba, 27 trabalhos foram apresentados nessa mesma área, que representam a mesma proporção.

Nos periódicos e eventos tanto nacionais como internacionais, os trabalhos relacionados à História da Ciência corroboram a idéia de que a sua utilização no ensino não é consenso entre os pesquisadores da área: há tanto os que defendem a sua importância como os que não vêem diferença significativa, e até apontam fatores negativos quanto ao seu uso.

Segundo BASTOS (2001), de acordo com estudos recentes, um exame crítico dos relatos de História da Ciência que têm sido veiculados na escola:

- a) incorre em erros factuais grosseiros;
- b) ignora as relações entre o processo de produção de conhecimentos na Ciência e o contexto social, político, econômico e cultural;
- c) dá a entender que os conhecimentos científicos progrediram única e exclusivamente por meio de descobertas fabulosas realizadas por cientistas geniais;
- d) glorifica o presente e seus paradigmas, menosprezando a importância das correntes científicas divergentes das atuais, a riqueza dos debates ocorridos no passado, as discontinuidades entre passado e presente, etc.;
- e) estimula a idéia de que os conhecimentos científicos atuais são verdades imutáveis.

Os dois últimos tópicos apontados por Bastos têm caráter mais radical. Quando um professor apresenta a evolução das idéias face as diferentes correntes de pensamento sobre um assunto específico, deve ser capaz de levar os estudantes a perceberem o contrário, ou seja, o quão mutável é o conhecimento científico, e ainda, como determinadas teorias, por mais que tenham sido ‘derrubadas’, permaneceram como verdades para a humanidade durante tanto tempo. Os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM) na área de Ensino de Física indicam a importância da abordagem histórica no ensino e do reconhecimento da ciência em constante transformação (BRASIL, 2000: 22):

Espera-se que o ensino de Física, na escola média, contribua para a formação de uma cultura científica efetiva, que permita ao indivíduo a interpretação dos fatos, fenômenos e processos naturais, situando e dimensionando a interação do ser humano com a natureza como parte da própria natureza em transformação. Para tanto, é essencial que o conhecimento físico seja explicitado como um processo histórico, objeto de contínua transformação e associado às outras formas de expressão e produção humanas.

Uma das competências e habilidades a serem desenvolvidas em se tratando de contextualização sócio-cultural segundo os PCNEM se trata do reconhecimento da Física

enquanto construção humana, aspectos de sua história e relações com o contexto cultural, social, político e econômico.

GAGLIARDI & GIORDAN (1986: 254) destacam particularmente a expectativa de que o uso geral de um enfoque histórico contribua para que os alunos consigam desenvolver uma compreensão crítica da ciência.

A História da Ciência pode mostrar em detalhe alguns momentos de transformação profunda da ciência e indicar quais foram as relações sociais, econômicas e políticas que entraram em jogo, quais foram as resistências à transformação e que setores trataram de impedir a mudança. Essa análise pode dar as ferramentas conceituais para que os alunos compreendam a situação atual da ciência, sua ideologia dominante e os setores que a controlam e que se beneficiam da atividade científica.

Desta forma, considera-se que um enfoque histórico no ensino de Física pode levar o estudante à construção de conhecimentos científicos mais elaborados e a não criar uma imagem indutivista da Ciência, desconsiderando o papel das hipóteses e teorias.

Segundo BARROS & CARVALHO (1998) há um parentesco entre as concepções alternativas dos estudantes e os modelos científicos que predominaram em determinado período histórico nos mais diversos campos do conhecimento. Para GIL-PÉREZ & CARRASCOSA (1985) esse parentesco não parece ser uma coincidência meramente acidental. Essa similaridade está relacionada com a tentativa dos estudantes em explicar os fenômenos físicos baseando-se no senso-comum, em uma concepção não científica, sem duvidar se ela é a que melhor se enquadra à interpretação do fenômeno, acreditando-a como verdade, regra geral obtida de forma rápida e superficial.

Nesse sentido, este trabalho abordará a evolução da teoria do calórico para a teoria do calor como forma de energia, assim como seu tratamento em livros didáticos de Física do Ensino Médio. De acordo com os temas estruturadores do Ensino da Física contidos nos PCNEM+ (BRASIL, 2002: 70) *“acompanhando a evolução do trabalho humano ao longo da história, haverá que se saber reconhecer a utilização do calor para benefício do homem”*.

Segundo EINSTEIN & INFELD (1980: 39) *“os conceitos mais fundamentais da descrição dos fenômenos térmicos são temperatura e calor. Foi necessário um tempo inacreditavelmente longo da história da ciência para que esses conceitos fossem distinguidos, mas uma vez feita essa distinção, resultou em rápido progresso”*.

EVOLUÇÃO DAS IDÉIAS ACERCA DO CALOR

Tendo por base os textos que se encontram em PINHO (2000), GREF (1999) e HEWITT (1998), além dos próprios livros didáticos de Física do Ensino Médio analisados¹, elaborou-se um histórico das idéias acerca do conceito de calor, a fim de elucidar a evolução de tal conceito e, posteriormente, analisar como esta evolução aparece nos textos dos livros de Ensino Médio.

¹ Listados em seção posterior.

Embora haja controvérsias quanto a ser o primeiro, Galileu (1564-1642) no final do século XVI inventou um instrumento prático para a medida de temperatura, um termoscópio. Nos séculos XVII e XVIII houve grandes avanços no campo da termometria. Fahrenheit (1686-1736), Reamur (1683-1757) e Celsius (1701-1744) melhoraram os termômetros líquidos e mediram temperaturas de pontos fixos como por exemplo a ebulição da água.

Joseph Black (1728-1799) fez estudos importantes sobre o comportamento do calor através da experimentação com o uso dos termômetros até então desenvolvidos. Ele é responsável pela origem do estudo da calorimetria, elucidando a diferença entre temperatura e quantidade de calor, que eram frequentemente confundidos. Black verificou que uma massa de mercúrio aquece muito mais rapidamente que uma massa igual de água, e que o mesmo pode-se dizer para o processo de esfriamento, chegando a conclusão de uma propriedade de matéria diferente da sua densidade, descobrindo assim o conceito de calor específico, chamado por ele de *capacidade para calor*, assim como também descobriu o conceito de calor latente.

Era conhecido o fato de que dois corpos que se encontram inicialmente com temperaturas diferentes evoluem suas temperaturas para uma de mesmo valor. Esse estado que os corpos atingem, chamado equilíbrio térmico, levou a pensar que eles deveriam possuir alguma substância que o corpo de maior temperatura deveria perder e que o corpo de menor temperatura deveria ganhar, ou seja, uma teoria do calor como matéria que seria a substância trocada entre esses corpos.

Essa teoria acerca do calor considerava essa substância como um fluido invisível, elástico – podendo penetrar todas as substâncias – e imponderável que não poderia ser criado e nem destruído. A substância foi denominada no final do século XVIII pelo químico francês Antoine Lavoisier (1743-1795) como *calórico*, chegando a incluí-lo, num primeiro momento, na lista de elementos químicos conhecidos. O calórico estaria presente em quantidades finitas em todos os corpos.

Sadi Carnot (1796-1832) chegou a fazer a analogia do calor como fluido que passaria de um corpo mais quente para outro mais frio com o comportamento semelhante ao da água que escoar entre dois recipientes conectados que se encontram em níveis diferentes em termos de altura da coluna de água, até que os níveis nos dois recipientes sejam iguais.

O calórico permitia explicar algumas das observações feitas, como, por exemplo, um corpo a alta temperatura conteria muito calórico, ao passo que outro a baixa temperatura conteria pouco; assim, quando eles fossem colocados em contato, o corpo com maior quantidade de calórico transferiria uma parte para o outro corpo com menor quantidade até cessar o fluxo de calórico devido ao equilíbrio térmico. Quanto mais elevada a temperatura de um corpo, mais calórico ele teria no seu interior, e vice-versa.

No caso da dilatação térmica, o calórico entraria num corpo que estaria sendo aquecido, abrindo espaço entre seus constituintes, e desse modo provocaria o aumento de duas dimensões. Propriedades relacionadas com absorção específica de energia térmica por diversos materiais eram explicadas pela quantidade de calórico que o corpo teria em função de sua composição, ou seja, em função do tipo de substância e da quantidade da mesma. Assim, mesmo massas iguais de água e cobre a uma mesma temperatura conteriam diferentes quantidades de calórico.

No entanto, no início do século XVIII Isaac Newton (1642-1727) já argumentava a questão da produção de calor quando se atritam dois corpos. Newton afirmou que o calor consiste num minúsculo movimento de vibração das partículas. Para os defensores da teoria do calórico isso seria explicado pensando-se o calórico contido nos corpos como se fosse algo sendo espremido para fora, de forma análoga quando se espreme uma laranja.

Lavoisier (1743-1795) e Laplace (1749-1782) tentaram conciliar as duas teorias, o calórico e o movimento das partículas, afirmando que ambas as teorias poderiam explicar a natureza do calor. Mas o próprio Lavoisier fez medidas precisas de massas durante a combustão e verificou que a massa era constante, o que contestava de certa forma a materialidade do calor.

Baseado no método científico, fruto da Revolução Científica do século XVII, o engenheiro americano Benjamin Thompson (1753-1814), conhecido como Lord Rumford, observou que ao perfurar um cano de canhão este aquecia e atribuiu este fato à limalha solta durante a perfuração, que liberaria o calórico. Mas quando a broca estava cega e não conseguia perfurar o cano, portanto não produzia limalha, mesmo assim o sistema continuava aquecendo e produzindo uma quantidade enorme de calor.

Em 1798 Rumford fez um experimento em praça pública utilizando uma ferramenta cega que girava sobre uma superfície metálica lisa durante horas seguidas sem produzir partícula alguma de metal. O calor produzido era tanto que a água utilizada para resfriar o sistema atingia o ponto de ebulição e se transformava em vapor. Essa e outras experiências levaram a um abandono da teoria do calórico.

Nesse mesmo ano, ele comunicou à Royal Society inglesa que ao raciocinar sobre esse assunto, deve-se considerar a circunstância mais notável, ou seja, a de que a fonte de calor gerado por atrito, nessas experiências, era visivelmente inexaurível. Para Rumford, parecia ser extremamente difícil, se não realmente impossível, formar uma idéia definida de alguma coisa capaz de ser excitada e transmitida na maneira pela qual o calor era excitado e transmitido nessas experiências, a menos que essa coisa fosse movimento.

Os resultados de Rumford foram praticamente ignorados pouco depois da sua morte, metade do século XIX, quando Julius Mayer (1814-1878) sugeriu que calor e trabalho fossem equivalentes e poderiam se transformar um no outro. James Joule (1818-1889) fez medidas do 'calor equivalente do trabalho', o que contribuiu para derrubar a teoria do calórico, ao mesmo tempo que lançou o conceito de que o trabalho mecânico é o verdadeiro responsável pelo aparecimento do calor no ato de furar os canhões.

Os resultados experimentais da conversão de diversas formas de energia em calor obtidos por Joule de 1837 a 1847 foram melhorados e forneceram a mesma quantidade de calor a partir de uma dada quantidade de energia, não importando a maneira como era produzida, o que direcionou para a teoria da conservação da energia (a Primeira Lei da Termodinâmica). A agitação do mercúrio, o atrito de anéis de ferro em banhos de mercúrio ou a transformação de energia elétrica em calor num fio imerso em água sempre levavam à mesma proporcionalidade entre as formas de energia: valor hoje conhecido como 'equivalente mecânico do calor' (4,18 joules/caloria) determinado por Joule. O calor então passou a ser definido como uma forma de energia em movimento.

O LIVRO DIDÁTICO DE FÍSICA

O livro didático é um dos motivos de preocupação entre os pesquisadores da área de Ensino de Ciências. O quadro atual do Ensino de Física no Brasil se apresenta com uma grade composta de um pequeno número de aulas por semana e escasso tempo de planejamento, fundamental para a qualidade do trabalho do professor. Tendo em vista a política de baixos salários praticada no país, o professor tem necessidade de excessiva carga de aulas semanais. Tal quadro conduz a imprescindível reflexão sobre os livros utilizados, os critérios de escolha, sua eficaz utilização em sala de aula, entre outros fatores.

Em recente pesquisa, NETO & FRACALANZA (2003) apresentam uma análise do discurso dos professores quanto ao uso que alegam fazer do livro didático de Ciências do Ensino Fundamental em suas atividades docentes, separando em três grandes grupos de professores:

- a) uso simultâneo de várias coleções didáticas, de editoras ou autores distintos, para elaborar o planejamento anual de suas aulas e para a preparação das mesmas ao longo do período letivo;
- b) livro didático utilizado como apoio às atividades de ensino-aprendizagem, seja no magistério em sala de aula, seja em atividades extra-escolares, visando especialmente a leitura de textos, realização de exercícios e de outras atividades, ou ainda, como fonte de imagens para os estudos escolares, aproveitando fotos, desenhos, mapas e gráficos existentes;
- c) livro didático utilizado como fonte bibliográfica, tanto para complementar seus próprios conhecimentos, quanto para a aprendizagem dos alunos, em especial na realização das chamadas “pesquisas” bibliográficas escolares.

Estes grupos não diferem muito quando se pensa no ensino de Física no Ensino Médio. A realidade escolar atual faz com que muitos professores de Física, ao desejarem cumprir o programa curricular tradicional, abram mão do livro didático que traz consigo uma carga excessiva de informações que ele julga não conseguir dar conta em função da carga horária que possui durante o ano letivo. Alguns, ao não fazerem uso do livro, preparam seu próprio material, como indica o item (a) descrito acima.

Três reflexões devem ser feitas quanto ao livro didático da área de Ciências:

- 1) Usualmente os livros escolares utilizam quase exclusivamente o presente atemporal (presente do indicativo) para veicular os conteúdos, segundo AMARAL & MEGID NETO (1997), o que conduz a uma idéia de que estes conteúdos são verdades absolutas, ou seja, que uma vez estabelecidas serão sempre verdades e nunca refutáveis.
- 2) As atuais coleções disponíveis no mercado, em sua maioria, ainda mantêm uma estrutura programática e teórico-metodológica mais próxima das orientações curriculares dos anos 60 e 70 (NETO & FRACALANZA, 2003), mesmo quando estampam na capa estarem de acordo com os PCNs.
- 3) Não se nota qualquer mudança substancial nas duas ou três últimas décadas quanto ao conhecimento científico contido nos livros didáticos, que enfatizam sempre o produto final da atividade científica ao apresentá-lo como dogmático, imutável e desprovido de suas determinações históricas, político-econômicas, ideológicas e sócio-culturais.

O CONCEITO DE CALOR NOS LIVROS DIDÁTICOS

A maioria dos livros didáticos de Física realça sempre o processo de produção científica empírico-indutivista em detrimento da apresentação da diversidade de métodos e ocorrências da construção histórica do conhecimento científico. A fim de estudar tal afirmativa, analisou-se como o conceito de calor, e outros relacionados a ele, é apresentado nos livros didáticos, e se alguma construção histórica é feita ao apresentar tais conceitos.

Foram analisados livros didáticos de coleções, ou seja, livros seriados. O volume 2 de todas as coleções é o que contém a unidade de Física Térmica. Apresenta-se a seguir a lista dos livros comumente utilizados nas escolas² assim como a análise de cada um.

Curso de Física: Beatriz Alvarenga e Antônio Máximo

O livro de ALVARENGA & MÁXIMO (2000) divide a Física Térmica em duas grandes unidades de estudo: Temperatura – Dilatação – Gases (unidade 5), e Calor (unidade 6).

A unidade 5 se inicia com o capítulo 10, Temperatura e Dilatação, apresentando as escalas Celsius e Fahrenheit não como definições, mas como fruto do desenvolvimento do conhecimento humano (p.56-58). O final do capítulo contém um tópico especial com breve histórico acerca de termômetros e escalas (p. 69-72). O capítulo 11, Comportamento dos Gases, além de apresentar o conteúdo sobre gases em si, apresenta no final a evolução do modelo molecular da matéria (p.100-103), partindo das primeiras idéias na Grécia Antiga, até as idéias de Einstein.

A unidade 6 difere dos outros livros didáticos tradicionais ao nomear seu primeiro capítulo por Primeira Lei da Termodinâmica (capítulo 12), que inicia abordando a evolução da teoria do calor, da teoria do calórico, calor como fluido, à teoria do calor como forma de energia, apresentado desde as idéias de Conde Rumford até a determinação do equivalente mecânico do calor por Joule (p. 117-118). O capítulo prossegue com o estudo dos processos de transferência de calor e sua medida propriamente dita (calor sensível).

A partir daí o capítulo trata da Termodinâmica em si (p.127), tema da unidade. A experiência de Joule para determinação de que $1 \text{ cal} = 4,2\text{J}$ é descrita nas páginas 135 e 136, encerrando o capítulo. Como tema especial, aparecem: Máquinas Térmicas – a Segunda Lei da Termodinâmica (p.138-142); e alguns apêndices, a destacar princípio do aumento da entropia e a morte térmica do universo (p.163-167), que nos livros tradicionais apenas é mencionado. Todo o capítulo 13 é dedicado a Mudanças de Fase.

Tópicos de Física: Newton Villas Bôas, Ricardo Helou Doca e Gualter José Biscuola

O livro de DOCA, BISCUOLA & VILLAS BÔAS (2001) faz referência à História da Ciência quando apresenta as escalas Celsius e Fahrenheit (p.13), ao citar tais cientistas e o

² O livro de Alberto Gaspar da editora Ática não figura na lista dos livros analisados pois não foi obtido em tempo para este trabalho.

estabelecimento das escalas termométricas que então seriam denominadas com seus sobrenomes. Apresenta no final do capítulo (tópico 1) uma leitura sobre a história dos termômetros.

Em relação a teoria do calor (tópico 2), apresenta a definição de tal conceito como verdade conhecida na página 26: “*energia térmica em trânsito de um corpo para outro ou de uma parte para outra de um mesmo corpo, trânsito este provocado por uma diferença de temperaturas*”. Logo em seguida explica os processos de transferência de calor. No tópico 3 aborda calor sensível e calor latente, assim como trocas de calor.

Aprendendo Física: Marcos Chiquetto, Bárbara Valentim e Estéfano Pagliari³

O livro de CHIQUETTO, VALENTIM & PAGLIARI (1996) inicia o capítulo 1, Calor e Princípio da Conservação da Energia, com breve descrição sobre energia, e apenas menciona os nomes de Joule e Mayer como cientistas que atribuíram a diminuição da energia mecânica em virtude do atrito à transformação em calor (p.8). Define-se temperatura apenas mencionando o termômetro de Galileu e ainda apresenta um histórico da evolução da teoria acerca do conceito de calor, partindo da teoria do calórico (p.13), descrevendo a experiência de Joule (p.14). Por fim apresenta o modelo cinético do calor (p.15-18). Nesta parte os autores elucidam a idéia de que um modelo teórico pode ser refutável (p.18), mas que, mesmo não explicando tudo, um modelo pode ser considerado satisfatório quando dá conta de muitos fenômenos e por este motivo é adotado.

No capítulo 2 o livro aborda a medida de temperatura, escalas termométricas, processos de propagação do calor e a medida da quantidade de calor, e no capítulo 3 mudanças de fase, todos apresentados de forma tradicional, ou seja, a abordagem histórica foi feita toda no capítulo 1.

Esta estruturação corre o risco de acontecer a mesma coisa que acontece com o(s) primeiro(s) capítulo(s) dos livros destinados a primeira série do Ensino Médio, que, via de regra, traz a importância de se estudar Física, as suas áreas, o cotidiano e a Física, e até um tratamento de medidas, unidades e ordem de grandeza, e que são simplesmente pulados em detrimento do “extenso” conteúdo de mecânica a ser cumprido.

Física e Realidade: Aurélio Gonçalves e Carlos Toscano

GONÇALVES & TOSCANO (1997) iniciam o capítulo 1 abordando historicamente a teoria do calor como substância e a teoria do calórico (p. 19-20), apresentando em seguida os conceitos de temperatura e energia interna a partir da teoria cinético-molecular da matéria. Feito isso, definem calor como “*a transferência de energia de um objeto ou sistema para outro, decido exclusivamente à diferença de temperatura entre eles*” (p.26), relacionando trabalho e calor, e diferenciando calor e temperatura.

Discute-se ainda os processos de propagação do calor, para que no capítulo 2 estude a medida da quantidade de energia na forma de calor, seja na forma de calor sensível ou latente.

³ Atualmente a editora Scipione edita apenas os livros **Curso de Física** e **Física e Realidade**.

Define o equivalente mecânico do calor sem qualquer referência histórica à experiência de Joule. Só no capítulo 3, Máquinas Térmicas, os autores descrevem a experiência de Joule (p. 134-135).

Física para o 2º grau: Luiz Alberto Guimarães e Marcelo Fonte Boa

No primeiro capítulo do livro de GUIMARÃES E FONTE BOA (1998) intitulado Temperatura, são apresentadas as escalas termométricas Celsius e Kelvin a partir de um desenvolvimento histórico (p.5-6). Na página 14 discute-se o modelo molecular da matéria a partir de uma pequena abordagem histórica.

O capítulo 2, destinado ao estudo do calor, apresenta breve introdução (p.19) e a partir daí discute a evolução da teoria do calor como matéria à teoria do calor como forma de energia em 4 páginas (p.20-23), destacando desde a idéia do “flogístico” e do calórico até chegar a Lavoisier, Rumford, Mayer e Joule, com uma sucinta descrição da experiência de Joule para determinação do equivalente mecânico do calor. O capítulo é fechado com as formas de propagação do calor.

O capítulo 3 é dedicado ao estudo da medida da quantidade de calor em si e as trocas de calor, e o capítulo 4 às trocas de calor. Só no capítulo 5 os autores tratam da dilatação térmica.

Física: Djalma Paraná

A unidade de Termologia apresenta estrutura tradicional: termometria, dilatação e calorimetria. PARANÁ (1998) dedica os três parágrafos iniciais para uma discussão histórica sobre a necessidade de medir temperatura (p.16). Ao apresentar as escalas Celsius, Fahrenheit e Kelvin menciona, de forma singela, a época em que cada um viveu e sua contribuição para a ciência (p.17-18).

O capítulo 2 trata de dilatação térmica e só no capítulo 3 o autor discute o conceito de calor (p.46), citando os trabalhos de Black, Rumford, Joule e Kelvin de forma breve. Na página 53 apresenta a experiência de Joule para determinação do equivalente mecânico do calor em meia página e de forma completamente dogmática. O capítulo 4 trata de mudanças de fase, assim como estudo das trocas de calor.

Fundamentos da Física: Francisco Ramalho, Nicolau Ferraro e Paulo A. Toledo

O livro de RAMALHO, FERRARO & TOLEDO (2003) define calor logo no primeiro capítulo, intitulado Conceitos Iniciais, como sendo a “*energia térmica que se transfere de um corpo para outro quando entre eles houver uma diferença de temperatura*” (p.3).

No capítulo 2, apresenta breve comentário sobre o termômetro de Galileu (p.9), e ao longo do capítulo, cita Celsius, Fahrenheit e Kelvin em notas de rodapé em média de duas linhas. Ao final apresenta uma leitura extra de “História da Física” de uma página, em que fala sobre a história dos termômetros e das escalas termométricas (p.25). O capítulo 3 apresenta a dilatação térmica dos sólidos e líquidos.

O capítulo 4, dedicado ao conceito de calor, apresenta novamente o conceito de calor como no capítulo 1, e, em seguida, o equivalente mecânico do calor ($1 \text{ cal} = 4,1868 \text{ J}$), no entanto, sem qualquer referência à experiência de Joule. O capítulo aborda a medida da quantidade de calor sensível e latente e as trocas de calor entre corpos. Ao final, apresenta mais uma vez a seção de leitura “História da Física” (p.64), que desta vez trata da evolução do conceito de calor, partindo de Aristóteles, passando por outros, até chegar a Lavoisier e Laplace, Black, e finalmente a Rumford e Joule.

Os capítulos 5 e 6 são dedicados a mudanças de fase, e apenas no capítulo 7 o livro aborda a propagação do calor.

RESULTADOS DA ANÁLISE

O livro de ALVARENGA & MÁXIMO (2000) apresenta todo o desenvolvimento das idéias a cerca da teoria do calor, tanto ao longo do texto como ao final do capítulo, ou ainda, em locais diferentes como, por exemplo, a experiência de Joule para determinação do equivalente mecânico do calor, que é citada no primeiro capítulo mas só é explicada no capítulo seguinte. De qualquer forma, os autores parecem considerar importante que o estudante tenha conhecimento sobre a evolução das idéias em relação ao conceito de calor.

DOCA, BISCUOLA & VILLAS BÔAS (2001) não apresentam qualquer abordagem histórica ao longo dos capítulos relacionados com física térmica. A relação joule-caloria não leva em conta a experiência de Joule, e aparece como definição, como se $1 \text{ cal} = 4,2 \text{ J}$ fosse uma relação escolhida arbitrariamente.

O livro de CHIQUETTO, VALENTIM & PAGLIARI (1996) faz algumas abordagens históricas sobre o calor, assim como o de GUIMARÃES E FONTE BOA (1998), sendo o primeiro o único livro que discute a questão do desenvolvimento de um modelo, sua pertinência e refutabilidade.

O modelo molecular da matéria, motivo da teoria do calórico não mais dar conta dos fenômenos térmicos e necessário para compreender o calor como forma de energia, é abordado nos livros citados acima, mas só ALVARENGA & MÁXIMO (2000) discute de forma detalhada ao longo de quatro páginas.

PARANÁ (1998) ao longo da unidade apresenta breves considerações a cerca da história de conceitos relativos ao calor, enquanto que GONÇALVES & TOSCANO (1997) sequer apresentam abordagem histórica.

O livro de RAMALHO, FERRARO & TOLEDO (2003) traz a história da teoria do calor ao final do capítulo, como ‘leitura extra’, um tipo de anexo, e ao apresentar a relação joule-caloria também não faz relação com a experiência de Joule. O livro de ALVARENGA & MÁXIMO (2000) é o único a não definir 1 caloria como 4,2 joules e sim mostrar que essa constante não é aleatória, mas sim resultado do desenvolvimento científico da época.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considera-se necessária a apresentação da evolução da teoria do calor nos textos dos livros didáticos de Física do Ensino Médio ao estudar a unidade de física térmica. A apresentação de uma mera ‘definição’ de calor como, por exemplo, energia térmica em trânsito em virtude da diferença de temperatura entre dois corpos ou entre duas partes de um corpo remete a idéia de uma verdade.

Calor não deve ser tratado como definição, mas sim como um conceito, ou seja, uma idéia construída historicamente, refutável e mutável de acordo com novos modelos propostos e que satisfaçam a compreensão dos fenômenos relacionados. Trabalhado desta forma, o estudante é levado a perceber que em ciência não há verdades absolutas e que o conhecimento científico que se tem hoje é fruto de séculos e décadas de evolução das idéias.

A evolução das idéias acerca do conceito de calor nos livros didáticos de Física do Ensino Médio aparece categorizada da seguinte forma:

- 1) trabalhada ao longo da unidade de física térmica à medida que apresenta os conteúdos;
- 2) apresentada como introdução da unidade de física térmica ou do capítulo relativo a calor em si;
- 3) apresentada como leitura ao final de um dos capítulos da unidade, em geral o de calor;

Quando essa evolução figura como introdução ou ao final do capítulo, há um risco dos professores a deixarem de lado, ao considerar que este local é destinado a temas facultativos. E ainda, não se cria nenhum vínculo entre o conceito de calor abordado no capítulo com o desenvolvimento das idéias historicamente, quando apresentado nestes espaços do livro.

Esta situação é mais grave quando os textos ‘definem’ o equivalente mecânico do calor em que $1 \text{ cal} = 4,2 \text{ J}$, sem fazer qualquer referência histórica com a experiência de Joule para a determinação dessa relação, e por isso, alguns dos livros, sequer mencionam a expressão equivalente mecânico do calor.

Uma pesquisa mais detalhada nos livros didáticos deve ser feita a fim de relacionar a apresentação de conceitos e a abordagem histórica dos mesmos, quando há, com o objetivo didático de cada obra, a estrutura, a política da editora, o público-alvo, entre outros. Apenas os capítulos relacionados à física térmica foram analisados, e, portanto, não se deve tomar a análise feita a partir da apresentação do conceito de calor como característica da coleção.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARENGA, B.; MÁXIMO, A. *Curso de Física*. São Paulo: Scipione, 5 ed., v.2, 2000.

AMARAL, I. A.; MEGID NETO, J. Qualidade do Livro Didático de Ciências: o que define e quem define? *Ciência & Ensino*, Campinas, n.2, p. 13-14, 1997

BARROS, M. A.; CARVALHO, A. M. P. A História da Ciência Iluminando o Ensino de Visão. *Ciência e Educação*, Bauru, v.5, n.1, p. 83-94, 1998.

BASTOS, F. História da Ciência e Pesquisa em Ensino de Ciências: breves considerações. In: NARDI, R. (org.) *Questões Atuais no Ensino de Ciências*. São Paulo: Escrituras Editora, p. 43-52, 2001.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. *Parâmetros Curriculares Nacionais: ensino médio*. Brasília: MEC/SEMTEC, 2000. Disponível em: <<http://www.mec.gov.br/seb/pdf/ciencian.pdf>>. Acesso em: 7 jun. 2005.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. *PCN+: orientações educacionais complementares aos parâmetros curriculares nacionais*. Brasília: MEC/SEMTEC, 2002. Disponível em: <<http://www.mec.gov.br/seb/pdf/CienciasNatureza.pdf>>. Acesso em: 7 jun. 2005.

CHIQUETTO, M. J.; VALENTIM, B.; PAGLIARI, E. *Aprendendo Física*. São Paulo: Scipione, v.2, 1996.

DOCA, R. H.; BISCUOLA, G. J.; VILLAS BÔAS, N. *Tópicos de Física*. São Paulo: Saraiva, 16 ed., v.2, 2001.

GAGLIARDI, R.; GIORDAN, A. La Historia de las Ciencias: Una Herramienta para la Enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, v.4, n.3, p. 253-259, 1986.

GIL-PÉREZ, D.; CARRASCOSA, J. Science Learning as a Conceptual and Methodological Change. *European Journal of Science Education*, v.7, n.3, p. 231-236, 1985.

GONÇALVES FILHO, A.; TOSCANO, C. *Física e Realidade*. São Paulo: Scipione, v.2, 1997.

GRAF. *Física*. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, v.2, 1999.

GUIMARÃES, L. A. M.; FONTE BOA, M. C. *Física para o 2º Grau*. São Paulo: Harbra, v.2, 1998.

HEWITT, P. G. *Conceptual Physics*. Massachusetts: Addison Wesley, 1998.

NETO, J. M.; FRACALANZA, H. O Livro Didático de Ciências: problemas e soluções. *Ciência & Educação*, v.7, n.2, p. 147-157, 2003.

PARANÁ, D. N. S. *Física*. São Paulo: Ática, 6 ed., v.2, 1998.

PINHO, S. T. R. Evolução das Idéias da Termodinâmica e da Mecânica Estatística. In: ROCHA, J. R. (org.). *Origens e Evolução das Idéias da Física*. Salvador: EDUFBA, p. 144-150, 2000.

RAMALHO JUNIOR, F.; FERRARO, N. G.; TOLEDO, P. A. *Os Fundamentos da Física*. São Paulo: Moderna, 8 ed., v.2, 2003.

WIKIPÉDIA. A Enciclopédia Livre. A Wikimedia Project.. Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/James_Prescott_Joule>. Acesso em: 15 jun. 2005.