



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
Faculdade de Ciências Câmpus de Bauru

Airton Acácio Castilho Christófalo

A Relação entre o Lógico e o Histórico no Livro
Didático e no Ensino da Termodinâmica

Bauru

2007

Airton Acácio Castilho Christófalo

A relação entre o lógico e o histórico no livro didático e no ensino da termodinâmica

Dissertação apresentada como requisito para obtenção do Título de Mestre em Educação para Ciência do Programa de Pós-Graduação em Educação para Ciência, da Faculdade de Educação da Universidade Estadual de São Paulo “Julio de Mesquita Filho” – Campus de Bauru, sob orientação do Prof. Dr. José Roberto Boettger Giardinetto.

Bauru
2007

DIVISÃO TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO
UNESP - BAURU

Christófalo, Airton Acácio Castilho.

A relação entre o lógico e o histórico no livro didático e no ensino de termodinâmica / Airton Acácio Castilho Christófalo, 2007. 164 f. il.

Orientador: José Roberto Boettger Giardinetto.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências, Bauru, 2007.

1. Física - Estudo e ensino. 2. Termodinâmica - Ensino. 3. Livros didáticos. 4. Física (Ensino médio). I - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências. II - Título.

Airton Acácio Castilho Christófalo

A relação entre o lógico e o histórico no livro didático e no ensino da termodinâmica

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência, Área de Concentração em Ensino de Ciências, da Faculdade de Ciências da UNESP/Campus de Bauru, como requisito à obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências.

Banca Examinadora:

Presidente: Prof. Dr. José Roberto Boettger Giardinetto
Instituição: UNESP – Bauru Dept. Educação.

Titular: Prof.(a). Dr(a). Irinéia de Lourdes Batista
Instituição: UEL - Londrina Dept. Física

Titular: Prof. Dr. José Misael Ferreira do Vale
Instituição: UNESP – Bauru Dept. Educação

Bauru, 28 de novembro de 2007

“O homem é a medida”

(Alvar Aalto)

e...

“A história é a medida do homem”

Agradecimentos:

Este espaço é habitualmente dedicado aos familiares, amigos, colegas, colaboradores e professores, ou simplesmente aqueles que fazem parte dos momentos da vida do pesquisador e por ele lembrado. Por isso, gostaria de ampliar esta dedicatória com extensão infinita, dando voz ao poeta:

“Todos os meus escritos ficaram inacabados; sempre novos pensamentos se interpunham em associações de ideias extraordinárias e inexcluíveis, de término infinito”...

“O caráter da minha mente é tal que odeio o começo e o fim das coisas, porque são pontos definidos.”

(Fernando Pessoa)

Resumo:

A presente dissertação trata de alguns dos problemas no ensino de conteúdos sobre o calor, na calorimetria e introdução à termodinâmica, que se inserem em uma perspectiva de aprendizagem, restrita às fórmulas em manuais didáticos. Tal abordagem tende ao estabelecimento de uma relação arbitrária e desconexa com os atributos conceituais sobre o calor enquanto modalidade de energia; a partir do princípio de transferência ou troca de calor, transformação de energia, e interação cinética molecular, atributos que se encontram de forma arbitrária nos itens de formalismo da calorimetria e dos enunciados da primeira e segunda lei da termodinâmica, arbitrariedade que torna a apresentação do conteúdo problemática. Estes atributos se encontram estanques e desconexos, quando, na verdade os referidos atributos se relacionam com os modelos conceituais historicamente elaborados, na calorimetria se desenvolve com a teoria do calórico a ideia de transferência ou troca de calor, ao passo que na termodinâmica, se desenvolve a ideia de transformação de energia e interação cinética molecular. Como proposta a esta problemática, apresenta-se um esboço da sequência didática apropriada, com o intento de relacionar os atributos do calor com seus modelos conceituais presentes na história. O que não se estabelece por visão imediata das fórmulas, como da calorimetria e leis da termodinâmica, ao contrário, esta apresentação requer depurações e rupturas de conceitos, até chegar à denominação atual. Esta sequência também não é apenas histórica, tem como medida, a categoria do lógico e do histórico, dado que os modelos conceituais estão devidamente respaldados nos argumentos científicos, contemplam situações para modificação e transformação dos conceitos (argumentos estes que se encontram omitidos e distorcidos nos textos de livros didáticos, quando os autores arriscam inferências sobre a história da ciência). Esta tarefa depende de uma etapa anterior de análise, e se realiza por uma contraposição das referências de historiadores e de documentos históricos, em relação às referências citadas em textos de obras didáticas conhecidas, portanto, repensa a consistência dos argumentos utilizados na fundamentação de conteúdos sobre o calor para livros didáticos do ensino médio.

Palavras Chave:

1. Ensino de Física. 2. Ensino de Termodinâmica. 3. Livros Didáticos 4. Ensino Médio

Abstract:

The present dissertation discusses some problems in teaching content theory of heat, measurement of heat, introduction to thermodynamics; inside the perspective of learning restricted the mathematical formulas content in textbooks. Such approach tends to establish a relationship arbitrary and disconnected with the conceptual attributes of heat theory such as energy modality; in the principle of transference or exchange of heat, the transformation of energy, and interaction kinetic molecular in the thermodynamics systems, such attributes are separately and arbitrary relationship whit the formalism to measure of heat, the first and second laws of thermodynamics, becomes problematic the presentation of contents. These attributes find separately disconnected, when in the truth consist in conceptual models of historical elaboration, in the measurement of heat methods belong to caloric theory which transference and exchange oh heat, and thermodynamics formulation belong to transformation of energy and kinetic or statistical conception of heat. As proposal to this problematic, the author of dissertation presents indicate a sketch for didactic sequence appropriate, that relates such attributes of heat instead with the conceptual and historical models. However, is not established for a direct relation with formalism mathematical for measurement of heat and the first and the second laws of thermodynamic, on the contrary, requires purifications and conceptual ruptures, until arriving at the current denomination. This sequence also is not only historical, has as unit measure mediate through category of the logical and historical method, because theory contents carries conceptual models, so that is endorsed by arguments and the exposition of the historical situations inside the context of conceptual change (data eventually omitted and distorted in the traditional textbooks, when the authors own risk inferences on the history of science). This work have a previous stage of an sketch of the sequence of the logical and the historical descriptions, before to realize a previous analysis, to pass by review historiography of the references the historians and documents manuscripts essentials, in opposition the references cited in texts of known textbooks, rethink, therefore the consistency of the arguments used in the recital of contents on heat made for high school.

Key words:

1 Teaching in physics, 2 Teaching thermodynamic, 3 Textbooks, 4 High school

SUMÁRIO

Introdução

Origem e definição do problema	9
A hipótese de trabalho	13
Plano de trabalho	19

Primeira parte:

As referências históricas do ponto de vista de historiadores e cientistas, e as referências históricas de livros didáticos recentes sobre aspectos conceituais de calor

Capítulo 1 Bases Teóricas e Metodológicas de Análise das referências históricas nos Livros didáticos de Física no ensino Médio

I.1 - Uso da história da ciência no ensino	23
1.2 A Relevância atribuída ao uso da história da ciência no livro didático e sobre o conceito de calor.	28
1.3-Considerações sobre a Metodologia de Análise das referências históricas na amostra dos livros didáticos	37

42

Capítulo 2 A Construção Histórica do Conceito de Calor

2.1- O conceito de calor na Antiguidade Grega	43
2.2- O conceito de calor no Período Medieval e Renascentista	48
2.3- O conceito de calor nos séculos XVII e XVIII ou o conceito de calor como substância	55
2.4- A gênese do modelo cinético do Calor	65

Capítulo 3 A análise das referências históricas nos livros didáticos

3.1 Descrições prévias sobre a amostra dos livros didáticos	79
3.2 Caracterização analítica das referências históricas	83
3.3 A exposição do problema na apresentação da análise das referências históricas nas obras didáticas	96

Segunda Parte:

Capítulo 4 Elementos subsidiadores para uma abordagem da Categoria dialética do lógico-histórico enquanto método de investigação e de organização dos conteúdos no ensino: o estudo do calor

4.1- A Categoria dialética do lógico-histórico enquanto método de investigação e de organização dos conteúdos no ensino	122
4.2- A delimitação dos aspectos essenciais da relação entre o lógico e o histórico do conceito de calor nos livros didáticos	132
4.3-As implicações da categoria do lógico e do histórico na sequência didática do ensino de calor: a 3ª etapa, ou sequência lógico-histórica	140

Considerações finais

Referencias bibliográficas

Anexos:

INTRODUÇÃO

Origem e definição do Problema:

O ensino de física nos países subdesenvolvidos tem se constituído pelo ensino de “Pacotes de Fórmulas” (VILLANI, 1984) e as estratégias institucionais acabam quase que exclusivamente em aulas expositivas e sobre os formalismos utilizados na resolução de problemas, tal como se identificam nos textos de livros didáticos (CARVALHO&GIL-PEREZ,1995). Isto conduz ao primado das fórmulas, em que os alunos são levados a um processo de ensino por memorização dos procedimentos algébricos e geométricos a serem aplicados a cada tipo de problemas, e em diferentes conteúdos da física.

Segundo Cachapuz et. al. (2005) a visão de ciência predominante no ensino (quase que restrita ao uso de fórmulas) não tem considerado duas dimensões básicas que se fundamenta o conhecimento da física, neste caso, trata das dimensões de produto e processo, o que não se identifica meramente pelo uso de fórmulas, mas se encontra no contexto de elaboração do conhecimento, social e histórico. [...]”*Na condição de produto a ciência é neutra, objetiva e impessoal; na condição de processo, ela é parcial, subjetiva, condicionada sociocultural e psicologicamente*”[...] Leite (1994, p.13). Atualmente predomina uma visão cumulativa e linear da construção da ciência, como resultado do esforço individual dos cientistas. Em Carvalho & Gil Perez (1995) se encontra algumas implicações desta visão de ciência para a formação de professores, cabe destacar que embora o ensino apresente uma sistematização do formalismo dos temas, seguem por uma ausência de reflexão sobre o estabelecimento dos conteúdos, que seguem desprovidos de contextualização. Muitas vezes os alunos se deparam com fórmulas sem sentido e que ninguém sabe exatamente de onde e como surgiram, implicitamente, se supõem que a ciência parte de ideias geniais estabelecidas individualmente, neste caso, os cientistas são pessoas especiais (MARTINS, 2001), e deste modo, não é qualquer pessoa que nasceu para estas realizações. Em tais moldes, pode-se dizer que a natureza da ciência é praticamente ignorada, o que tem impacto na formação da visão de mundo dos sujeitos, mais propriamente sobre o conhecimento científico.

Algumas dessas limitações no ensino de física, especialmente do ensino pautado na exposição de fórmulas, foi objeto de constatação do autor da dissertação durante atuação no projeto de formação dos funcionários da Unesp (Properf) em parceria com a escola “Padre Antônio Jorge Lima” no município de Bauru. O ensino se pautava em excesso de formalismos apresentados aos alunos, e com o desafio de realização das avaliações, neste caso, os professores encontram somente um semestre para versar todo o conteúdo programático da disciplina, dado pelos critérios oficiais. Neste sentido, o ensino de física é quase estritamente pautado nas avaliações, com a ênfase na repetição de procedimentos algébricos e geométricos, o que implica em poucas reflexões conceituais para tais atividades, seguindo as determinações institucionais do formato da proposta.

Considerando a situação do ensino de física nas últimas décadas, estritamente vinculado à transmissão de fórmulas para resolução de exercícios, se identifica com algumas dificuldades de aprendizagem dos conceitos. Segundo Mintzes et. al (1998) no âmbito mais amplo das tendências de ensino de ciências, este tipo de ensino passa a ser objeto de críticas quanto à fragilidade para compreensão e domínio conceitual, e se destacam as pesquisas norte americanas dos anos 60 e 70, em que os estudantes recém ingressados nas universidades apresentavam precário desempenho em situações que exigem domínio de conceitos, para então recorrer aos procedimentos analíticos das ciências naturais.

Quanto à origem destas pesquisas sobre aprendizagem de conceitos no ensino de ciências, cabe destacar que foram amplamente incentivadas no período intitulado “*Pós Sputnik*”, principalmente nos EUA, considerado um episódio de grande fracasso escolar naquele país, e teve resposta no surgimento das frentes de pesquisas de ensino de ciências nas principais universidades. Decorre daí, algumas vertentes que procuravam estabelecer uma integração do conhecimento das ciências tradicionais com elementos da história e filosofia da ciência no ensino em diversos níveis, o que segue sem oferecer alterações ao ensino dos países latinos, como caracteriza Gonzáles (1976) até os anos 70, seguia quase exclusivamente pelos moldes tradicionais, especificamente

nos países subdesenvolvidos que, isso reflete em pouca visibilidade social da formação em física¹.

É de reconhecimento do autor da dissertação que a aprendizagem de conceitos foi amplamente abordada na pesquisa de ensino de ciências, e se confirma na revisão de Carvalho & Vannucchi (2002), sobre as tendências em inovações curriculares de física nos anos 90. E talvez, com menor intensidade, mas sem menor qualidade, os aspectos culturais da Física, alguns identificados por Zanetic (2005) na relação dos conteúdos com a cultura humana. Longe, porém de qualquer pretensão de se aprofundar esta questão no terreno da sociologia e historiografia do conhecimento, cabe destacar neste caso, que ambos se encontram relacionados com a história, isto é, tanto a história dos conceitos quanto a história cultural da ciência e da sociedade, constituem objetos abordados pelo viés da história. *Mas que tipo de abordagem histórica? E destacar o que da história? A princípio, tudo pode ser abordado na história!*

O conhecimento teórico e conceitual da física enquanto ciência está vinculado a um desenvolvimento histórico, repleto de situações em que se evidenciam as diferenças conceituais. Autores como Einstein & Infeld (1980) e Duhem (1989) identificam os diferentes modelos criados ao longo da história da ciência, trata-se da gênese dos conceitos em suas etapas da história de alguns importantes assuntos da física clássica em seus domínios, mecânica dos sólidos, calor e eletricidade, diferentes abordagens conceituais sobre a relação de matéria e movimento.

A identificação dos modelos conceituais em sua relação com o conteúdo operacional da física, requer esmiuçar as controvérsias e os argumentos científicos. O trabalho didático com as situações de divergência se exemplifica em Michinel (2001) que analisa situações de ensino e aprendizagem em que os alunos se deparam com aspectos mais realistas da formação de conceitos. Neste caso, *a explicação sobre os significados das fórmulas da física deve partir de discussões e de controvérsias no âmbito do contexto científico de época, que se inserem por uma razoável proximidade com a história daquela ciência, desse modo, se identifica algumas das limitações de*

¹ A Física no Brasil se estabelece em momentos estratégicos, como no período da campanha da energia nuclear, neste caso, se estabelece por iniciativas singulares da história, sequer adquire reconhecimento profissional.

uma teoria e as condições para sua reformulação, com pano de fundo em outro modelo conceitual.

Na contramão das pesquisas sobre o uso história no ensino e sua função metodológica, segue o formato dos livros didáticos enquanto manuais de ensino, que tendem a focalizar o conteúdo meramente nos procedimentos algébricos e geométricos de forma desconexa e por meio de justaposição estanque e aleatória da sequência dos itens de formalismo na relação com a história (GIARDINETTO, 1993). No caso da física, a arbitrariedade na apresentação dos conteúdos se caracteriza pelos cursos à moda dos autores, como Alvarenga, Paraná, Bonjorno entre outros.

Do ponto de vista das obras didáticas de física, não fica evidente a função metodológica do uso da história para melhoria do ensino. E mais propriamente, caracteriza uma inconsistência na apresentação dos conteúdos na relação com o desenvolvimento histórico (objeto previamente reconhecido na literatura). Sobre este ponto, a literatura mostra que os autores das obras didáticas utilizam de modo ingênuo e distorcido as referências históricas. O conteúdo segue desconexo dos argumentos de cientistas em relação ao conjunto de formalismos abordados, omitem as controvérsias e as divergências no pensamento científico, e mais propriamente das mudanças conceituais necessárias à lógica do processo de desenvolvimento das teorias.

Esta questão também se confirma nos aspectos conceituais de calor, dado que nas obras didáticas se menciona superficialmente, entre outros aspectos, uma importante ruptura conceitual, a saber, entre a calorimetria, que se desenvolve a partir da teoria do calórico, e a termodinâmica desenvolvida pelo modelo cinético o conceito de energia (VAQUERO&SANTOS, 2001). Neste caso, pode ser verificado o problema da inconsistência do conteúdo na relação com o desenvolvimento histórico, ao não se considerar quais os modelos conceituais historicamente se vinculam à transição da calorimetria para a termodinâmica.

A verificação desta inconsistência metodológica na apresentação de conteúdo nas obras didáticas e sobre o conceito de calor, é objeto amplamente abordado no ensino de física, que já vem apontando seus comprometimentos. A exemplo, do trabalho de Axt&Brökmman (1989) que analisa as dificuldades para distinção das propriedades de calor e temperatura, os autores dos livros didáticos confundem

atributos de cores quentes e frias, ao mesmo tempo que atribuem a esta relação, a variação cinética nas moléculas para definição de que entre dois objetos iguais, um está mais quente que outro. Neste caso, o que difere calor de temperatura? Em Cotgnola et. al. (2002) identifica algumas dificuldades para uma distinção entre transferência de calor e transformação de energia, com isso, se torna confusa a relação entre quantidade de calor e de energia interna nos sistemas termodinâmicos. O ensino de conteúdos de calor em termodinâmica para Sichau (2000) tem se caracterizado por um massivo trabalho analítico com pouca abordagem conceitual e experimental.

Estes constituem alguns dos exemplos específicos para o conceito de calor nos livros didáticos, ao que se reflete no problema da qualidade das referências históricas sobre os modelos conceituais que fundam as propriedades do formalismo do calor, transferência de calor na calorimetria e transformação de energia para introdução à termodinâmica.

Dado o exposto até o momento, o problema ou questão de investigação a ser tratado nesta dissertação, pode ser assim formulado:

Que aspectos da história da física podem contribuir para a melhoria dos procedimentos de ensino, especificamente nas estratégias de elaboração dos textos de livros didáticos à fundamentação do formalismo do conceito de calor na termodinâmica? Decorre desta questão, indagar sobre as referências históricas presentes nos livros didáticos, especialmente sobre a maneira como tais referências aparecem nos textos dessas obras didáticas, compromete quais aspectos do entendimento de um conceito, especificamente tratando do conceito de calor? Em outras palavras, para que seja possível analisar as possibilidades de abordagem histórica para melhoria da apresentação dos temas do calor, se torna necessário de início, compreender o modo qualitativo e participativo com que a história faz a conexão com as especificidades da termodinâmica e destinada aos textos de livros didáticos de física no Ensino Médio. Dada a definição deste problema de ensino de conteúdos do calor nos LD(s), ao que se reflete em um problema mais amplo do não uso da história como instrumento de ensino, articulado aos aspectos da elaboração dos formalismos em seu desenvolvimento teórico e conceitual.

A Hipótese de Trabalho:

A fragmentação dos conteúdos de termodinâmica no currículo do ensino médio é evidenciada pela sua redução ao formalismo matemático da física para resolução de problemas. E é necessário sublinhar que estas formulações constituem um resultado da elaboração da física, por representarem uma síntese do corpo de conhecimentos historicamente produzidos.

No decorrer da história da produção científica ocorreu pela elaboração de diferentes modelos conceituais e em diferentes momentos, como se identifica na revisão de Castro (1993) a história, com os períodos da antiguidade e Idade Média, período do Renascimento, antecedentes da modernidade e sociedade moderna, os principais modelos conceituais do calor até chegar à formulação cinética presente na termodinâmica. Tais modelos podem ser indicados nas seguintes referências:

1. *A filosofia dos quatro elementos*: o calor é associado ao elemento fogo e participa da composição da matéria nas substâncias em diferentes proporções dos quatro elementos. (de MEIS, 2004; CASTRO, 1993; MONDOLFO, 1971).

2. *Os modelos substancialistas*: dados os conhecimentos da mecânica dos gases (BERNAL 1975; BRUSH 1963; 1965; 1976) a construção dos termômetros (CONANT, 1957; CASTRO, 1993; AMARAL&MORTIMER, 2001) e também a constatação do princípio de conservação das massas e das reações químicas ao invés da idéia de flogístico (de MEIS 2004), o calor passa a ser entendido como um fluido desprovido de massa que pode se transferir de um objeto a outro.

3. *O modelo cinético*: desenvolve-se juntamente com a ideia de transformação de energia, ao invés de meramente troca ou transferência de calor, em Brush (1976; 1965) se encontra uma tentativa de salvar a teoria do calórico para a interpretação dos experimentos de Rumford (já precursores da ideia de transformação de fricção em calor) como experimento para a produção do calórico, entretanto, seus desdobramentos prosseguem pela formulação cinética e estatística. Sobre tal formulação, havia um fator de grande dificuldade dos cientistas em acreditar que somente as moléculas realizariam movimentos, desprovidas de um suporte, isto é, sem a existência de um meio (o éter físico) para sustentação das partículas (MARTINS, 1998). Durante muito tempo, prevaleceu o modelo de expansão dos gases, considerado um fluido perfeitamente elástico e cujas partículas não participavam dos efeitos

termodinâmicos (seguiam movimentos de expansão e contração). Neste caso, Bernal (1975) acrescenta que o experimento de Boyle sobre a elasticidade do ar seria uma medida da variação dos espaços vazios entre as partículas de matéria.

As propriedades do calor e suas especificidades foram sendo compreendidas com pano de fundo dos diferentes modelos conceituais que decorreram na história, como esclarecem os historiadores. Para o ensino, *em meio à transição de cada modelo conceitual do calor, se identificam argumentos e procedimentos específicos para a fundamentação e estabelecimento das propriedades do calor. Diferente desta linha de raciocínio segue a identificação meramente lógica do seu formalismo, conforme se encontra no texto do PCN+ do ensino médio (propagação do calor, calorimetria e ciclo de Carnot, primeira e segunda lei da termodinâmica)* seguido pelas aplicações do conceito de calor como a energia térmica para o rendimento ou eficiência dos motores.

Os itens que se encontram delimitados no PCN+ são dificilmente entendidos pelos alunos, quando o tratamento didático se restringe ao ensino das expressões algébricas e geométricas desses conhecimentos. Segundo Carvalho (1989), o ensino de física térmica acaba sendo confundido com o uso das fórmulas para resolução de problemas. Como proposta a esta perspectiva de ensino, sugere-se que a apropriação do conhecimento científico depende de uma visão sobre a elaboração da ciência enquanto atividade humana, seus procedimentos, aspectos institucionais, políticos, históricos e sociais (CARVALHO & GIL-PEREZ, 1995). *Pensar a ação didática nesta perspectiva impõe a necessidade de superar a concepção dominante de currículo, a ênfase nas “fórmulas”, afinal, sem conhecer o percurso o aluno dificilmente poderá fazer inferências sobre os fundamentos das teorias, sobre os procedimentos e os significados do trabalho dos cientistas num contexto historicamente determinado.*

O uso dos livros didáticos para o ensino da termodinâmica no ensino médio, segundo Axt & Brückmann (1989), apresenta uma abordagem inadequada para a fundamentação do formalismo em seus aspectos conceituais. *O formalismo da física no livro didático favorece a tendência de ensino reduzida à apresentação de fórmulas, sendo estes instrumentais matemáticos entendidos como o conhecimento das teorias da física,* quando, na verdade constituem somente o resultado. Esta redução do ensino caracteriza uma fragmentação didática (GIARDINETTO, 1993; 1991; DUARTE, 1987), pois a análise dos conteúdos de livros didáticos, especificamente com relação aos conteúdos de estudo do calor, revela uma ausência de contextualização e uma

justaposição arbitrária da sequência de abordagem das fórmulas da *calorimetria*, no *ciclo do calor* e *das leis da termodinâmica*. Estes formalismos se encontram organizados à moda dos autores e podem ser evidenciados em textos aprovados no Plano Nacional de Avaliação do Livro Didático (PNLD). Isto pode ser observado comparando livros de autores bastante conhecidos, como: Maximo & Alvarenga (2005), Paraná (2004) e Ueno (2006).

Cabe destacar que, embora tenham autores bastante conhecidos entre os professores, isso ainda não significa que sejam autores de preferência na rede de ensino público. Ainda que estes textos sejam conhecidos e por vezes incluídos em editais do PNLD, não se traduz nos textos utilizados em salas de aula (NEVES&RESQUETTI, 2006). Em linhas gerais, mesmo que tais obras didáticas sejam aceitas nos editais, ainda deve se considerar que nem todos os estados brasileiros têm estabelecido e distribuído estas obras para uso em sala de aula. Existem particularidades que devem ser consideradas antes de se estabelecer qualquer relação entre a qualidade dos livros didáticos e o ensino de Física - que está comprometido por problemas institucionais das condições de trabalho, carga horária, as salas muito lotadas, alunos em condições e instalações precárias, e a formação dos professores.

Também devem ser reconhecidas as tendências e argumentos contrários ao uso da história, filosofia e sociologia da ciência no ensino, pois efetivamente existem pesquisas que identificam os aspectos negativos da história, sobretudo no que tangencia a impossibilidade de apresentação e identificação de elementos decisivos e relevantes da história (MATHEWS, 1995). O que se esbarra na questão da dificuldade de reconstrução da história, pela parcialidade de fatos acessíveis e documentados, sobretudo quanto à interpretação destes fatos (LOMBARDI, 1997). O exposto dos referidos autores, sugere uma flexibilidade quanto ao uso da história, na defesa de uma quase-história, dado à possibilidade de uma pseudo-história (caracterizada pelos erros e distorções). Outras dificuldades quanto aos procedimentos de ensino, segundo Bastos (1998) referem-se aos *critérios de seleção de textos* e de referências apropriadas para uso didático, o que deve considerar aspectos *como tempo disponível* e tipos de atividades.

Como solucionar esta questão, parece um desafio. Segue, entretanto, saber como as referências históricas se identificam com erros e distorções, especificamente

nas obras didáticas, *esta parece uma necessidade*. A incursão de referências pautada na sequência cronológica de fatos e datas da ciência, segundo Duarte (1987) não permite evidenciar os traços essenciais, neste caso, dos aspectos qualitativos das contradições e limitações superadas historicamente na formação do conhecimento. A identificação das contradições e argumentos ao longo da história adquire relevância didática, para a explicação e fundamentação das especificidades daquele conteúdo que se pretende ensinar. Ao se seguir por uma abordagem da história desvinculada das etapas de elaboração do conteúdo, o ensino tende a uma memorização de procedimentos e técnicas (GIARDINETTO, 1991).

Quanto à contribuição deste referencial histórico e crítico na instrumentalização do ensino, em contraposição das referências utilizadas pelos autores dos livros didáticos, se faz por meio do acesso aos textos históricos de cientistas e de importantes historiadores, na definição dos textos para instrumentalização das análises de livros didáticos. Não consiste aqui, em critérios para escolha de um modelo da ciência, como se encontra em Chalmers (1994) e inspirado em tal modelo, para gerar sequência de conteúdos (MATHEWS, 1995). *Mas de evidenciar nos conteúdos da termodinâmica, quais argumentos não estão diretamente evidenciados no formalismo matemático da física e se tornam necessários recorrer pelo uso da história, para desvelar os conceitos e os procedimentos do formalismo resultante no conceito de calor. O autor da dissertação explicita aqui o cerne do presente trabalho!*

Segue que a importância das referências históricas nos livros didáticos se depara com um divisor de águas quanto às possibilidades que a história pode oferecer na fundamentação dos procedimentos de ensino. Decorrem das especificações na pesquisa no ensino de ciências sobre erros e distorções, juntamente com avaliações institucionais do PNLD: (1) estratégias e procedimentos de ensino minimamente necessários para a fundamentação do conteúdo e principalmente uma diferenciação dos conceitos que pertencem aquele formalismo. (2) a utilização da história para efetuar correções quanto a referências e interpretações ingênuas da história da ciência. Contudo, em ambos os casos, os aspectos conceituais se tornam essenciais na fundamentação do processo de ensino e aprendizagem.

As referências históricas nos textos didáticos, segundo Martins (1993;2001) se colocam como mera curiosidade e a parte do processo de ensino e do desenvolvimento

dos conteúdos em que se predominam as referências de paternidade sobre uma lei ou teoria, e para delinear um traçado considerado correto pelo autor da obra didática, quanto à origem daquele conteúdo. Neste caso, algumas dificuldades de aprendizagem derivam destas referências históricas, acompanhadas de um senso comum sobre o conhecimento científico e sua relação com a sociedade (CACHAPUZ et al, 2005).

A necessidade de uma visão histórico-social do conhecimento tem como propósito resgatar a historicidade da formação de conceitos (ALFONSO, 1996). O contexto histórico e social da produção da ciência identifica quais domínios da atividade humana representam as formas de abstração da realidade em diferentes épocas, *para que os alunos reconheçam a ciência como resultado de trabalho humano num contexto histórico determinado, para isso deve superar a lógica exclusivamente disciplinar.*

Dentro da problemática da função metodológica do uso da história para as seqüência de conteúdo, elaboradas a partir da relação entre o lógico e o histórico, se inserem como pano de fundo nos pressupostos da Pedagogia Histórico-Crítica, especificamente, da didática de Gasparin (2002) e de Saviani (1985; 1999) para a problematização do conhecimento lógico em função dos aspectos da realidade histórica e social em se inserem, não para repetir uma evolução história da termodinâmica em sala de aula, mas para identificar as atividades da prática científica em suas determinações essenciais, que configuram as atividades relacionadas com a elaboração do conhecimento numa realidade humana.

Conforme identifica Teixeira (2003) o contexto da ciência não é altruísta e desinteressado, não se identifica por uma essência imutável que se desenvolve espontaneamente. O conhecimento no período clássico como de Arquimedes, Aristóteles e Ptolomeu não se desenvolve com os mesmos moldes que no período do Renascimento, que por sua vez também não é o mesmo para a ciência do século XIX com as escolas politécnicas, o que ainda não pode ser colocado no mesmo plano da ciência da atualidade. Por conseguinte, não se pode tomar uma visão unilateral da ciência que por si seja responsável pelo seu desenvolvimento e pelas transformações sociais. Acrescenta-se que a formulação desta crítica não sugere a negação das especificidades do conhecimento da ciência em suas práticas, mas de evidenciar suas

transformações. *O uso matemático para descrever a realidade física é um dado histórico, o que reflete uma lógica inerente ao contexto histórico!*

Portanto, a hipótese que orienta esta investigação é que a categoria do lógico e do histórico se torna instrumental didático para estabelecer de uma unidade entre o formalismo lógico, expresso pelo instrumental matemático da Física e seu contexto histórico, pois se trata de uma categoria fecunda para desvelar o caráter histórico do conhecimento. Cabe frisar que, além de evidenciar aspectos do formalismo, como os significados conceituais, a referida categoria possibilita identificar as modificações qualitativas na relação entre ciência e a história, como algo visceralmente ligado à práxis humana.

Plano de Trabalho:

Esta dissertação é composta de duas partes, a saber:

A primeira parte da pesquisa consiste na instrumentalização e análise das referências históricas sobre aspectos conceituais de calor nos livros didáticos, e se direciona aos problemas de erros e distorções conceituais para fundamentação de conteúdo, o autor da dissertação analisa especificamente os comprometimentos das referências históricas para a explicação das propriedades de calor. Esta etapa se fundamenta pelos critérios de análise bibliográfica que se respaldam em mecanismos da historiografia da ciência, especificamente ao que se designa às pesquisas de análise de livros didáticos em suas referências históricas. Os procedimentos historiográficos também possibilitam a elaboração do estudo histórico para o conceito do calor, que segue pelo estudo bibliográfico de historiadores e das fontes primárias, para que se realize a contraposição às referências presentes nos livros didáticos. A instrumentalização histórica também orienta a segunda parte, que decorre da verificação da inconsistência dos autores de livros didáticos para fundamentação do conteúdo, o que é constatado por meio do estudo de caso histórico, dada centralidade do tema abordado.

Para realização da segunda parte, segue pela análise da relação do lógico e o histórico nos procedimentos de ensino, e se fundamentada nos pressupostos desta relação para elaboração de um esboço de seqüência de ensino consistente para a superação da problemática identificada na primeira parte da dissertação, a da ausência

de contextualização e a fragmentação do conteúdo nas sequências de ensino. Desta análise o autor pretende indicar algumas diretrizes para superação das dicotomias entre o lógico e o histórico na apresentação do conteúdo de calor e para elaboração de uma sequência de ensino direcionada a inovações curriculares ou simplesmente para algumas sugestões de modificação na presente relação que se encontra na amostra de livros didáticos.

Nas considerações finais, o autor apresenta as implicações da postura dos autores de livros didáticos para a fundamentação dos argumentos históricos na distinção das especificidades de ensino do conceito de calor na termodinâmica.

Primeira Parte:

As referências históricas do ponto de vista de historiadores e cientistas, e as referências históricas de livros didáticos recentes sobre aspectos conceituais de calor

Esta primeira parte da dissertação segue pelos procedimentos da pesquisa em livros didáticos, especificamente para análise de referências históricas, quanto à identificação dos erros e distorções conceituais. O desenvolvimento desta análise para o estudo do calor, tem o propósito de estabelecer alguns dos apontamentos sobre as finalidades que os autores apresentam na utilização das referências históricas. Com base em tais referências, seguem em identificar quais os comprometimentos no ensino, propriamente dos erros e distorções ao entendimento do tema, uma vez que o ensino meramente das fórmulas e definições não suscitam as explicações científicas. Uma simples exposição do conceito, seguida de suas expressões analíticas, por si, não definem as suas limitações, as interpretações e modificações. O que, neste caso, as abordagens históricas no ensino de física mostram é que os conceitos e seus argumentos considerados verdadeiros se modificam juntamente dos procedimentos considerados pertinentes àquela ciência, ao se refletir em um momento histórico. Tendo por foco modelos conceituais de calor, a primeira parte apresenta os seguintes passos:

O primeiro capítulo apresenta os subsídios teóricos e metodológicos dos procedimentos de análise das referências históricas nos livros didáticos do ensino médio.

O segundo capítulo apresenta uma reconstrução dos aspectos da história que identificam as diferenças nos argumentos científicos em períodos diferentes e seus respectivos desdobramentos para elaboração do formalismo das propriedades conceituais do calor, na calorimetria e na introdução à termodinâmica, tendo como foco as mudanças conceituais de calor no decorrer destes formalismos.

O terceiro capítulo apresenta uma descrição e análise das referências históricas contidas em uma amostra de livros didáticos atuais aceitos e também livros

rejeitados na classificação do PNLD para 2007. A contribuição desta análise está na identificação de possíveis comprometimentos dos erros e distorções ao entendimento do formalismo da calorimetria e introdução à termodinâmica, em relação às propriedades conceituais correspondentes à distinção entre calor e temperatura na calorimetria e posteriormente, o abandono dos modelos substancialistas, para formulação cinética do calor com o conceito de transformação de energia incorporado na termodinâmica.

Capítulo 1 Bases Teóricas e Metodológicas de Análise das referências históricas nos Livros didáticos de Física no ensino Médio

Este capítulo tem por finalidade identificar os subsídios teóricos e metodológicos para análise das referências históricas nas obras didáticas sobre o conceito de calor. Tem como ponto de partida, uma revisão sobre as tendências do uso da história para melhoria do ensino de física, dado pela arbitrariedade das referências históricas em relação ao formalismo do conceito de calor na calorimetria e introdução à termodinâmica, objeto devidamente caracterizado nas pesquisas com manuais de ensino. O autor da dissertação identifica, em algumas das pesquisas, inconsistências na fundamentação conceitual para tais conteúdos em obras didáticas.

A verificação das inconsistências das propriedades conceituais de calor, tendo em vista o desenvolvimento histórico para fundamentação do formalismo da calorimetria e da termodinâmica, segue os parâmetros da pesquisa sobre o uso da história nos livros didáticos e encontra respaldo no estudo de caso histórico, que pode ser caracterizado nas etapas:

- 1- sobre o uso da história no ensino, o autor da dissertação identifica a relevância da fundamentação dos conteúdos nas situações de aprendizagem, e pela superação dos erros e distorções cometidos pelos autores de livros didáticos tanto no que abordam como na forma de abordagem da história desconexa e arbitrária em relação ao desenvolvimento do conteúdo apresentado.

2-o item seguinte apresenta aspectos da pesquisa sobre os procedimentos necessários para a modificação das referências históricas nas obras didáticas, para melhoria do ensino de física em relação aos aspectos problemáticos apresentados nas pesquisas que avaliam dificuldades na fundamentação conceitual apropriada para apresentação do estudo da calorimetria e da introdução à termodinâmica.

3- no terceiro item, apresenta um esboço metodológico para estruturação e elaboração da análise das referências históricas na amostra de livros didáticos e de como tais referências se encontram em relação ao estudo histórico delimitado pelos procedimentos indicados nas fontes primárias e pelos historiadores.

1.1 – O Uso da História da Ciência no Ensino

O uso da história da ciência segundo Matthews (1995) e Solbes & Traver (1996) tem se inserido no âmbito do debate da reformulação do ensino de ciências nos anos 50 e 60, a exemplo da Associação Britânica para o Progresso da Ciência e de James Conant, Presidente da Universidade de Harvard, Estados Unidos após a segunda guerra e se intensificaram nos anos 70 e 80, os estudos de caso histórico, tem se constituído uma ferramenta aliada a propósitos de ensino, entre eles para elaboração de textos de ensino de Física e demais disciplinas ciências em diversos níveis.

Leo Klopfer adotou os Estudos de Casos de Harvard [...] [...]. Subsequentemente, Gerald Holton, em colaboração com Stephen Brush, Fletcher Watson, James Rutherford e outros, desenvolveram o Projeto de Física de Harvard para ser usado em escolas secundárias. Essa associação Conant-Harvard prolongou-se por toda a década de 80, com a nomeação de James Rutherford como diretor do programa do Projeto 2061 da Associação Americana para o Progresso da Ciência. (Matthews 1995, p.168)

Ambas as propostas tinham por intento inserir procedimentos como demonstrações experimentais e analíticas fornecidas pela história da ciência, para modificação dos procedimentos de ensino. Seguem com objetivo de promover uma melhor fundamentação do formalismo das ciências, com respaldo nos procedimentos da investigação científica, ao que se aproxima das *especificidades do conhecimento* das ciências no âmbito de *sua elaboração*, sem, com isso, substituir os conteúdos pela história. Estes trabalhos se direcionam ao desenvolvimento de inovações nas estratégias

de ensino, para que se substitua a retórica das conclusões, por abordagens de ensino elaboradas a partir de referências da história em seus aspectos conceituais.

Nem a proposta de currículo britânica, nem a americana, prevê que se substitua a retórica das conclusões sobre ciência pela retórica das conclusões sobre história e filosofia da ciência (HFS). Não se deseja que as crianças sejam capazes de resolver a controvérsia entre realismo e instrumentalismo; também não se tenciona que elas sejam submetidas a urna "catequese" sobre as quinze razões pelas quais as conclusões de Galileu eram corretas e as dos cardeais não. "Ao contrário, espera-se que elas considerem algumas das questões intelectuais que estão em jogo; espera-se que considerem o fato de que há perguntas a serem feitas e que comecem a refletir não somente sobre as respostas para essas perguntas, mas, sobretudo, sobre quais as respostas válidas e que tipos de evidências poderiam sustentar essas respostas. (Mathews, 1995 p.170)

A ênfase internalista dos conteúdos se consolida como um modelo de ensino predominante, isto é fato constatado pelos pesquisadores no ensino de ciências e matemática, os procedimentos didáticos se concentram no operacional das fórmulas enquanto instrumentos destinados à resolução de problemas, sendo que os conceitos se apresentam minimamente na introdução dos temas. No ensino de física, este perfil de ensino tem acarretado dificuldades para o domínio do conhecimento teórico (CARVALHO, 1989; CARVALHO&GIL-PEREZ, 1995) em um ensino quase restrito à memorização das fórmulas.

Em contrapartida, ao ensino de física pautado na repetição de fórmulas, se encontra um ensino conceitual, que ganha destaque pela utilização da história e da filosofia da ciência como estratégia de organização e de apresentação dos conteúdos, não mais por um ensino repetitivo de leis e axiomas, e mais propriamente pautado nos argumentos dos cientistas em suas bases institucionais. Remete a uma nova concepção de currículo (DELIZOICOV et. al, 2002; CACHAPUZ et. al, 2005) e inclui as possibilidades de se inserir tais abordagens a partir de livros didáticos de física, e não somente para cursos universitários (HEERING, 2000; LEITE ²,2002).

O status da história da ciência não se restringe a uma visão meramente sociológica e isolada do domínio epistemológico, especificamente no que tange o processo da gênese e da elaboração das teorias científicas. Como pressuposto de se inserir aspectos históricos, segundo Vannuchi (1996) está em evidenciar as modificações históricas nos critérios da racionalidade das leis científicas, e também

para identificar os aspectos humanos na elaboração e estabelecimento das teorias, neste caso, se inserem elementos psicológicos, sociais e institucionais.

O olhar crítico sobre o estabelecimento de uma teoria científica, encontra por foco, as condições epistemológicas necessárias ao surgimento de uma teoria em seu cenário histórico, é sobre este ponto que os educadores atribuem uma relevância do uso da história da ciência no ensino, especialmente sobre obstáculos epistemológicos que podem ser verificados pelo desenvolvimento histórico do pensamento científico.

O debate do uso da história da ciência no ensino, segundo Zanetic (1990) encontra respaldo na valorização da cultura científica, ao invés da mera reprodução de formalismos, isento de controvérsias. A este exemplo, Hodson (1992) entende que o ensino de ciências deve superar a mera visão do conteúdo, para uma visão dos bastidores da ciência, pois os próprios objetivos de se ensinar o conteúdo das teorias científicas, depende de um olhar mais atento aos aspectos da produção da ciência e da cultura científica. Neste caso, o ensino de conteúdos está atrelado às condições históricas, como argumentos dos cientistas, questões de época, como os significados que tais conteúdos adquiriram.

Convém destacar que o uso didático da história da ciência enquanto estratégia de aprendizagem das teorias científicas é visto como fonte de alternativas para ser possível ultrapassar o nível de denúncia da precariedade na abordagem de conceitos, e tem pelo menos dois importantes enfoques:

(1) Busca de situações didáticas com inspiração nos episódios da ciência, com o intento de propiciar aos alunos, algumas condições de obstáculos epistemológicos, e com inspiração nos episódios da história. Neste caso, podem ser identificados alguns traços de semelhanças entre as dificuldades e questionamentos no processo de aprendizado do aluno e as situações com que se deparam os cientistas nos episódios históricos, tidos como paradigmáticos. Sobre este ponto, as teses construtivistas e seus desdobramentos na psicologia cognitivista tem sido objeto amplamente abordado nas três últimas décadas de debates em educação científica, a exemplo de Driver (1981;1979), Posner (1982), Viennot (1979), Santos (1991; 2001), Cachapuz et al (2000; 2005) Mintzes et. al (1998) ressalta a importância do modo em que se desenvolvem os conceitos científicos nos estudantes, menos dependente de uma

apresentação expositiva dos conteúdos e na maneira como são vistos tradicionalmente nas aulas. Neste campo de investigação, se destaca o vigor das pesquisas em conceitos espontâneos ou alternativos, e pode ser identificado em Pfundit & Duit (1994) que realizam um levantamento de cerca de 3400 trabalhos abordando os mais variados temas de ciências. Sendo a maioria em Física, cerca de 60%, e em Cachapuz et. al. (2005) as investigações em concepções espontâneas têm sido um frutífero campo de elaboração das propostas inovadoras no ensino de ciências. Segundo Carvalho & Vannucchi (2001) as concepções alternativas apresentam uma proximidade e integração com elementos de outros campos de estudos que envolvem as pesquisas em ensino de ciências, tais com Linguagem e a Epistemologia Genética, Aprendizagem Significativa, entre outros, o que favorece a fundamentação construtivista e cognitivista, com núcleo comum, na valorização do processo de aprendizado do aluno.

(2) Uma segunda caracterização da história da ciência se encontra nas estratégias de superação dos erros e distorções no ensino em textos didáticos e na divulgação científica, este campo de investigação se concentra mais propriamente nos livros didáticos, e configura uma linha de pesquisa direcionada que aos procedimentos dos autores para apresentação dos conceitos e definições. Exemplos: os trabalhos de Martins (1998) que caracterizam distorções conceituais e contextuais da física clássica e Martins (1992) as inconsistências presentes na divulgação da física moderna. (CACHAPUZ et al, 2005) analisa as possíveis visões deformadas do entendimento sobre a produção do trabalho dos cientistas, (MONTEIRO & MEDEIROS, 1998) e (MEGID & FRAKALANZA, 2003), analisam erros e distorções em diversos campos da Física, (SELLES & FERREIRA, 2004; MOHR, 2005) analisam temas de ciências para ensino fundamental em biologia e estações do ano. Conteúdos de Física Moderna (OSTERMANN, 1999). Acrescentam-se as ideias sobre a produção da história e a concepção de ciência que se vinculam de modo implícito ou explícito nas obras didáticas (CACHAPUZ et. al, 2005; MARTINS, 1993;2001) em que se sobressaem diferentes interpretações da cultura científica, e acrescentam os autores que as concepções sobre a produção da ciência interferem substancialmente no ensino (ZANETIC, 1990).

A identificação destes dois itens nos últimos parágrafos, consecutivamente, consiste numa releitura ao nível mais elaborado e em continuidade daqueles itens já

apresentados na introdução² e, trata-se da relação entre a aprendizagem de conceitos às contribuições da investigação histórica nos procedimentos de ensino, considerados para uma superação dos erros e distorções em livros didáticos. Cabe destacar, no entanto, que o uso da história como estratégia para evidenciar elementos de uma teoria nova e a rejeição de teorias antigas sobre um determinado fenômeno encontram dificuldade pela complexidade das regras na seleção de fatos e materiais de trabalho. Estes materiais passam por interpretações de diferentes vertentes historiográficas (MARTINS, 2005;1993; KRAGH, 2001).

A utilização da história no ensino necessariamente se estabelece por meio de interpretações fornecidas pelas vertentes da historiografia. Embora não seja possível aprofundar esta análise, cabe destacar que existem diferentes interpretações para o destaque de fatos e dos argumentos considerados essenciais. A fundamentação histórica passa *necessariamente* por uma vertente historiográfica, dado que os fatos e suas comprovações por si não constituem uma explicação objetiva da história (KRAGH, 2001).

O processo de formulação de uma leitura racional da história da ciência, pela consequente valorização de determinados fatos e argumentos dos cientistas a respeito do movimento da ascensão de uma teoria nova, consiste em uma reconstituição parcial e falível, mediado por uma retratação possível e acessível, e que não se pode dizer neutra e isenta de ideologias. Em outras palavras, existe uma dificuldade estabelecida já na historiografia da ciência, para delimitação dos aspectos considerados corretos sobre o traçado da história do desenvolvimento da ciência em seus domínios. Acrescenta-se que a dificuldade do uso da história no ensino pela contextualização de conteúdo, se esbarra em problemas de redução a este ou aquele fato considerado relevante por um autor, no entanto, existe uma multiplicidade e diversidade de dados, significados, valores, ideologias, interesses capitais e políticos em questão, o dificulta tal seleção e atribuição de relevância ao contexto (LOMBARDI, 1997; BASTOS, 1998) e se reflete especialmente na parcialidade obtida na recapitulação e reconstituição desta história na sala de aula. Neste caso, nem sempre a história se torna uma estratégia apropriada, se somadas às dificuldades já impostas no formato curricular dos cursos de ciências em seus diversos níveis.

² página 19

Segue, entretanto, algumas das contribuições evidenciadas pela abordagem da história e filosofia da ciência na formulação curricular de física a exemplo (WANG&MARSH, 2002; GALILI&HAZAN, 2001) para a formação do professor e maior identificação dos alunos com os conceitos no ensino, sobretudo se expressam nos itens:

[...] ao se compreender certos episódios fundamentais na história da ciência – Revolução científica [...] mostra que a ciência é mutável e instável e que, por isso, o pensamento científico atual está sujeito à transformações que 6- se opõem a ideologia cientificista e, finalmente 7- a história permite uma compreensão mais profunda sobre o método científico e apresenta os padrões de mudança na metodologia vigente. (Mathews, 1995 p.172)

Diante das dificuldades e possibilidades do uso da história no ensino, o autor da dissertação passa a explicitar algumas considerações sobre o uso da história em livros didáticos, pois conforme pode ser identificado em (GIARDINETTO, 1991; 1993) os livros didáticos apresentam conteúdos quase que exclusivamente com repetição de procedimentos algébricos e geométricos, e pouca fundamentação da estrutura conceitual. E a história aparece na forma de sequências de fatos e datas desconexas da argumentação daqueles aspectos essenciais da formação dos conceitos.

1.2 A relevância atribuída ao uso da história da ciência no Livro Didático e sobre o Conceito de Calor.

As referências históricas nos textos de ensino podem estar associadas implícita ou explicitamente com diversas concepções de história e de ciência, entre elas de que a ciência ocorre por ideias geniais, que parte de grandes personalidades, se constitui por episódios marcantes, ocorrem somente em hora e data determinadas, e ainda que cada fato possa ser visto isoladamente (MARTINS, 1990; 1999) em contrapartida, deve-se ressaltar que as transformações históricas são lentas e é impossível atribuir com exatidão o que possibilitou tais modificações. Sobre tal aspecto, as referências históricas nos livros didáticos tendem para colocações ingênuas e equivocadas, diferente de uma visão mais ponderada e coerente com as possibilidades efetivas de

realização de uma visão realista na distinção de que esta e aquela lei científica se deve a este e aquele fato. No entanto, estas colocações refletem na compreensão do conteúdo:

O professor de uma dada ciência não transmite aos seus alunos apenas os conteúdos (resultados) dessa ciência, mas também (consciente ou inconsciente) uma concepção sobre o que é ciência. Ora, o conhecimento sobre a natureza da pesquisa científica só pode ser adquirido de duas formas: ou pela prática da pesquisa e em contato com os cientistas (isto é pela vivência direta) ou pelo estudo da história da ciência. Mesmo no caso da pessoa que tem vivência científica, o estudo da história da ciência contribui para ampliar sua visão e, levando-o a estudar o procedimento de outros pesquisadores, permite uma percepção distanciada e crítica desses procedimentos. Pois muitas vezes se percebe que um cientista “praticamente” pode ter uma visão ingênua e distorcida da própria natureza daquilo que ele mesmo faz. (Martins,1990 p.2)

Decorrente das considerações apresentadas até o momento, e sobre a relevância da qualidade das referências históricas nos manuais de ensino, para Santos (2001) a caracterização da cultura científica nestes textos, representa um esforço intelectual ao aprimoramento das obras didáticas relevantes na melhoria do ensino, se torna ao mesmo tempo, um elemento chave na modificação do perfil curricular dominante.

[...] questionamos o manual escolar, no sentido de uma superação da atual situação de desatenção às relações da escola com o mundo em mudança. Recorremos a este instrumento de trabalho não apenas como um reflexo do currículo que temos, mas também como um mediador dos currículos que queremos. Através do manual, propomo-nos apontar as lacunas e proporcionar pistas que dêem a ver o real valor e a viabilidade da dimensão formativa do ensino de ciências.[...] (Santos, 2001 p.13)

Uma ferramenta aliada à realização desta tarefa, se encontra no PNLD, e cabe destacar que este tem se estabelecido por um processo gradual na definição de critérios às editoras, ao controle e classificação das publicações destinadas para o ensino básico. Inicialmente somente um critério era considerado relevante se tomarmos os critérios eliminatórios e classificatórios dos Guias do MEC intitulado: *definição de critérios para avaliação dos livros didáticos*, divulgados a partir de 1994 e destinado aos livros infantis do primeiro ciclo do ensino fundamental (AMARAL & FRACALANZA, 1997; MOHR 2003) elaboradas especialmente pelas equipes formadas por pesquisadores das universidades públicas e professores da rede de ensino básico, tratavam da questão da

integridade física e riscos oferecidos à saúde, em relação a ideias sugeridas nas seções dos livros didáticos, atualmente também considera aspectos de relevância da história e da filosofia da ciência para fundamentação dos conteúdos:

Criações de condições para aprendizagem de ciências, particularmente da Física, como processo de produção cultural do conhecimento, valorizando a história e a filosofia das ciências.

33 Tratamentos da história da ciência integrados à construção dos conceitos desenvolvidos, evitando resumi-la a biografias de cientistas ou a descobertas isoladas.

34. Abordagem adequada de modelos científicos, sem confundir-los com a realidade.

35. Abordagem adequada da metodologia científica, sem reduzi-la a um único Método Científico.

36 Estímulos ao uso do conhecimento científico como elemento para a compreensão dos problemas contemporâneos, para a tomada de decisões e a inserção dos alunos em sua realidade social.

37Proposição de discussões sobre as relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade. dando elementos para a formação de um cidadão capaz de apreciar criticamente e posicionar-se diante das contribuições e dos impactos da Ciência e da Tecnologia sobre a vida social e individual. (Fichas de Avaliação do PNL, 2007 p. 7) *(grifoss do autor)*

Segue como desafio de se estabelecer uma efetiva modificação nas práticas de ensino, em meio aos novos pressupostos já considerados necessários. Neste caso, tanto as pesquisas de ensino quanto os textos oficiais dos PCN(s) e PNC+, indicam a necessidade de um redirecionamento da abordagem dos conteúdos, menos limitada nos procedimentos do formalismo da ciência (DELIZOICOV et al, 2002), para uma visão mais integrada com as questões sociais e históricas. Implica romper com interesses de mercado editorial, com pouca preocupação com aspectos educacionais (KRASILCHIK, 1986), ou mesmo repensar o uso do livro didático como instrumento pedagógico (ALVES, 2005).

Sobretudo, deve-se indagar como as referências históricas podem estar associadas às formas de interpretação da ciência, segundo Cachapuz et. al. (2005, p.54) este dado caracteriza as diferentes interpretações acerca de como se estabelece o conhecimento e, a partir dos textos de ensino, vemos em sua ilustração :



No objeto de análise da dissertação, esta postura caracterizada na ilustração acima, se encontra com frequência nos autores ao versar aspectos conceituais de calor, em tal modo: *Joule estabeleceu em 1842 a unidade Joule caloria!* Isto não seria propriamente verdadeiro para um historiador, pois, a exemplo das revisões de Tindall (1875), e Pellat et al (1895) estes cálculos foram constantemente reformulados, e possivelmente a relação Joule caloria atual teve estabelecimento no início do século XX. Estes experimentos inauguram nova fase de debate sobre o conceito de calor, o que é pouco mencionado nos livros.

Cabe indagar que tipo de referências históricas nos livros didáticos pode sugerir algumas impressões distorcidas caracterizadas pelas “*visões deformadas que se detectam por acção ou omissão*” Cachapuz et al. (2005, p.54). Para se chegar a esta verificação, pode-se indicar Martins (2000, p.115) quanto aos seguintes questionamentos para a reconstrução de um caso histórico, em específico, é analisado pela referência histórica da conhecida lei de Arquimedes em amostras de enciclopédias e manuais de ensino:

- 1- Quem descreveu os procedimentos, quando e a partir de que fontes de informação?
- 2- Esses procedimentos são possíveis e plausíveis (do ponto de vista científico)?
- 3- Que documentos, testemunhos e objetos do passado podem ser utilizados para tentar esclarecer este ponto?
- 4- Até que ponto pode-se chegar a uma conclusão sobre esta questão?

A partir da aproximação das referências que sugerem a descoberta de Arquimedes em suas observações da quantidade de água saindo da banheira e em seguida, pulando e gritando para estabelecer a lei de empuxo (MARTINS, 2000) se identifica com o exemplo de Cachapuz et al (2005), por omitir e distorcer a realidade científica. *Neste caso, se torna mais interessante reconhecer as dificuldades para delimitação dos fatores que possibilitaram o estabelecimento da referida lei e incluir questionamentos e sugestões.* Algumas possibilidades de modificação da referência sobre Arquimedes para superação de tais distorções e omissões podem então ser sinalizadas com algumas modificações na postura dos autores diante do conteúdo a ser apresentado:

É possível, no entanto, enfrentar estas deformações com relativa facilidade. Por exemplo, pode-se agregar um outro investigador, incluindo mulheres e jovens investigadores em formação, questionando assim as visões individualistas e elitistas. Pode-se questionar a visão rígida com algum comentário sobre as numerosas revisões, desenhando, urna papelreira da que desbordem papéis amachucados. E a visão acumulativa com uma exclamação do tipo "Se se confirmarem estes resultados será necessário rever a teoria vigente!" (Cachapuz et. al, 2005 p.55)

Acrescenta-se que esta seria uma forma genérica para uma contextualização conceitual de conteúdos em textos de ensino. Também a elaboração de referências históricas mais aproximadas às condições sociais e institucionais da ciência requisita um pouco mais. Existem aspectos para serem considerados, e que não se configuram por métodos infalíveis de confirmação de veracidade nas descrições e argumentos considerados corretos na formação daquele conhecimento abordado, no entanto, estes argumentos e procedimentos dos cientistas essencialmente se encontram atrelados a uma cultura científica, dados a serem incorporados nos textos de ensino.

Neste caso, cabe ressaltar os pré-requisitos, sistematizados em Cachapuz et al (2005) (1) rejeição da *ideia de método científico específico, invariável e ahistórico*, (2) rejeição de um empirismo meramente atrelado a inferências indutivas, *observação pura* (3) a importância *de se considerar o pensamento divergente* para efetuar uma distinção entre modelo e os dados experimentais *interpretação da realidade* (4) coerência e consenso entre os cientistas e os resultados experimentais para a sua definição, (como toda boa regra tem suas exceções) (5) o caráter social e institucional da ciência.

Segundo Santos (2001) uma modificação na postura dos autores se faz estritamente necessária para desfazer alguns enganos vinculados aos textos de livros didáticos de ciências. Incluem aqui dados que vêm sendo abordados em pesquisas sobre o estudo do calor em livros didáticos. O que implica na necessidade de adequação da linguagem e das estratégias utilizadas para uma delimitação das especificidades do conceito de calor, tal como a sua diferenciação da temperatura e calor na calorimetria, e de quantidade de calor e de energia dos sistemas térmicos, na introdução à termodinâmica. Neste caso, conforme identifica Axt Brückmann (1989) em amostras de autores de livros didáticos analisados por volta de 1985/86 quanto às especificidades do calor, as explicações se aproximavam das concepções espontâneas identificadas nas pesquisas de campo por Viennot (1979) em que se vincula espontaneamente o calor no lugar de temperatura, (trocam uma pela outra!!), assim também ocorre com os livros, na representação de quente e frio, seguem modificando as cores, como blocos vermelhos, ou bolinhas vermelhas para dizer que algo está quente, e bolinhas azuis para dizer que aquele objeto tem pouco calor, neste caso, os autores utilizam cores quentes e frias para representação de que “algo” está “quente” e outro está “frio” da mesma forma, as roupas e cobertores “quentinhos” nas concepções dos estudantes. (...*afinal o que querem dizer? As bolinhas têm calor, ou o calor é resultado do movimento das bolinhas?*)

Cotignola et al (2002) analisam amostras de livros de graduação bastante conhecidos, como Resnick, R et. al. “*Fundamentos de Física*” v.1 (1993); Tipler, P. “*Física*” v1 (1993); Serwai, R. “*Física*” v1 (1993); entre outros, quanto a linguagem e estratégias de apresentação de conteúdos, estritamente relacionada com a identificação dos modelos conceituais e a diferenciação do significado das variáveis na termodinâmica, como *energia interna, calor e trabalho*. Os pesquisadores identificaram que tanto a definição quanto as demonstrações algébricas para a primeira lei da termodinâmica se mostravam confusas quanto ao significado e diferenciação entre *calor* e *energia interna*, ao utilizarem ao mesmo tempo, o termo *energia térmica* e *energia interna* para caracterizar um sistema.

Em uma contraposição da história com os livros didáticos, verifica-se uma representação incompleta da expressão que relaciona a transformação da energia, omitindo a relação entre energia macro (potencial e cinética) e energia interna. Os

livros didáticos analisados por Cotignola et. al. (2002) apresentam o enunciado de variação de energia interna, e omitem o conceito de calor decorrente da transformação de energia (o que estabelece o primeiro princípio da termodinâmica). A omissão deste dado coloca de forma confusa a relação entre *quantidade de calor e energia interna* de um sistema, o que do ponto de vista histórico se explica pela passagem da interpretação da teoria do calórico, com a ideia de transferência de calor para a ideia de transformação de energia, uma generalização do teorema de energia mecânica.

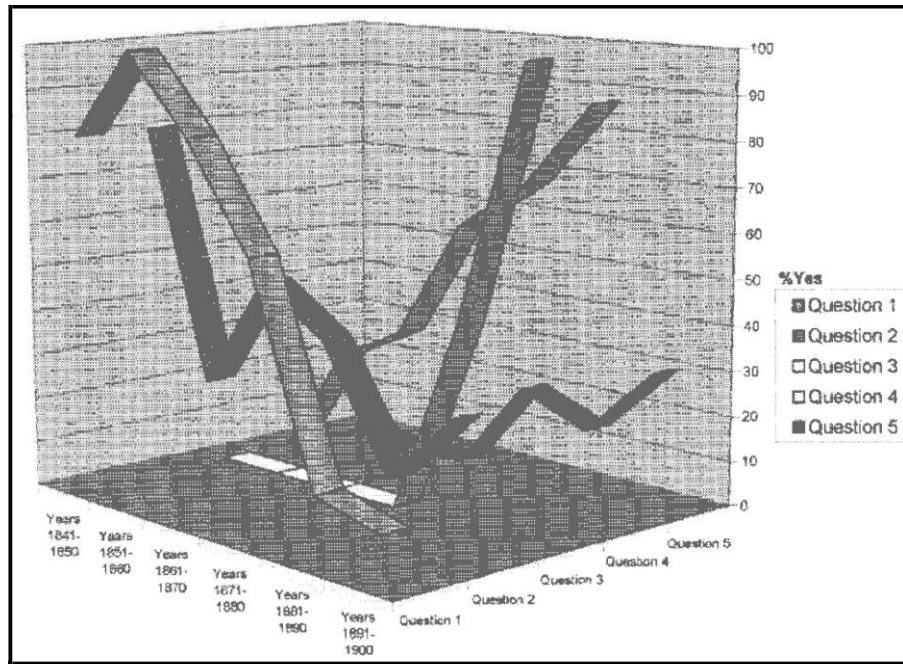
Alguns dos pesquisadores consideram que a história da ciência pode servir de bases para uma estruturação das demonstrações pertinentes a um melhor esclarecimento da relação entre conceitos (RODRIGUES&CARVALHO, 2002; RUPÉREZ, 1995). A lógica inerente às formalidades algébricas e geométricas, se estabelece a partir de conceitos, e sobre este ponto em especial que se constitui objeto de controvérsia e de constantes modificações na história da ciência, tendo impacto na interpretação e na utilização daqueles instrumentos desenvolvidos em períodos distintos.

Encarar a Ciência como um produto acabado confere ao conhecimento científico uma falsa simplicidade que se revela cada vez mais como uma barreira a qualquer construção, uma vez que contribui para a formação de uma atitude ingênua diante da ciência. Ao encararmos os conteúdos da ciência como óbvios, as diversas redes de construção edificadas para dar suporte a teorias sofisticadas apresentam-se como algo natural, portanto, de compreensão imediata. (Robilotta, 1988 apud Covalan&Silva 2005 p98)

Existe uma relação imediata com as demonstrações do operacional da ciência nos manuais de ensino, o que escamoteia e mistifica a relação do aluno com aqueles conteúdos, [...]”*sobretudo no que tange os seus aspectos mais humanos, seus dilemas e obstáculos*”[...] Covalan&Silva (2005, p.98) neste caso o reconhecimento de aspectos da história e filosofia da ciência adquirem um papel muito importante para a modificação da postura pedagógica tomada diante dos conteúdos, direcionado aos problemas de aprendizado conceitual (KÖHNLEIN &PEDUZZI, 2002) que predomínio sobre ciências experimentais (CUSTÓDIO&PIETROCOLA, 2004) dado que esta problemática também abrange a postura pedagógica dos autores de textos de ensino.

Acrescenta-se que a fundamentação e caracterização das propriedades conceituais no estudo do calor têm se colocado de forma arbitrária nos textos de ensino,

desde o final do século XIX, conforme identificam Vaquero&Santos (2001) quando investigam a fundamentação do formalismo do estudo do calor, dos modelos conceituais desenvolvidos até o final do século XIX com (1) fluidos imponderáveis, (2) termo calórico referindo ao conceito de calor, (3) conceito de energia (4) mecânica dos gases (5) teoria cinética do calor. Os pesquisadores analisaram por volta de 34 livros de ensino encontrados na Espanha, que foram publicados entre 1844 e 1900, e obtiveram um crescimento nas referências 3, 4 e 5 e declínio das teorias perdedoras 1 e 2 Vaquero&Santos (2001,p.135):



Este constitui um exemplo clássico quanto à valorização do estado atual da ciência e da omissão e desvalorização das teorias perdedoras na história da ciência, reforçando a tendência das referências históricas meramente para atribuição de paternidade das descobertas daqueles itens considerados válidos. *(tendência das referências históricas meramente para atribuição das descobertas daqueles itens considerados corretos, e sem recorrer à confrontação de ideias e conceitos para analisar caminhos da superação das inconsistências no processo histórico, como na resolução de controvérsias e divergências no pensamento científico nas atitudes de mudança conceitual).*

Recuperando, portanto, a questão da presente investigação, dentro das especificidades dos aspectos conceituais de calor, se torna necessário uma investigação sobre a função metodológica das referências históricas na fundamentação do conteúdo. Neste caso, direcionado aos problemas evidenciados na apresentação do formalismo de estudo do calor nas obras didáticas. Sobretudo a transição entre a calorimetria e a introdução à termodinâmica, se faz necessário considerar o calor não somente como algo que se transfere em certa quantidade, mas como algo transformado em calor. A transformação da energia e a interação de sistemas termodinâmicos, o que poderiam ser esclarecidos por meio de referências históricas apropriadas à transição conceitual.

A abordagem das referências históricas se torna uma estratégia apropriada para a distinção entre calor presente na calorimetria e no ciclo de Carnot (com a ideia de transferência ou troca de calor), e do conceito de calor como energia (a ideia de transformação de energia e interação de moléculas), decorre entre outros do equivalente mecânico, em que se procurava uma generalização do teorema da energia cinética. Deste modo, os experimentos do equivalente mecânico, se situam na transição da teoria do calórico para a teoria da energia, por assim dizer, decorre de uma mudança conceitual, entre o fluído calórico para ideia de calor originado do movimento de colisões das partículas da matéria. Para desvelar os aspectos da história, que caracterizam as limitações do conceito de calórico e indicam aspectos qualitativos para modificação deste conceito para ideia de energia, se faz necessário uma revisão bibliográfica em estudo específico da história da construção do conceito de calor, para que seja possível destacar possíveis traços essenciais desta construção.

Portanto, o passo seguinte, consiste organização de um estudo histórico direcionado às análises da qualidade das referências históricas em autores de livros didáticos, e com isso realizar inferências quanto aos comprometimentos daquele conteúdo vinculado e assim estabelecer critérios para delimitação dos erros e distorções nos livros didáticos.

1.3-Considerações sobre a Metodologia de Análise das referências históricas na amostra dos livros didáticos

As pesquisas direcionadas ao uso da história da ciência nos livros didáticos avaliam, entre outros aspectos, a questão da racionalidade e da objetividade atribuída aos aspectos assinalados na história da ciência, para sua relação com os conteúdos. Segundo item anterior, o conhecimento da ciência não se justifica somente pelos elementos lógicos (leis e axiomas), pois também decorrem aspectos históricos e institucionais. Convém ressaltar, neste ponto que uma análise histórica dos aspectos da epistemologia da ciência não se revela por uma relação direta e imediata sobre o conteúdo das teorias (KRAGH, 2001).

A arbitrariedade das referências históricas e seus comprometimentos na apresentação dos conteúdos, têm como parâmetros a caracterização da postura dos autores de livros didáticos, ao abordarem aspectos da história de uma teoria científica, diretamente nos fatos, datas e reprodução dos fenômenos observados nos experimentos históricos. Tais abordagens se tornam ingênuas e pouco úteis, neste caso, aparecem desconexas dos aspectos epistemológicos, visto os fatos e as observações científicas já estarem *impregnados por concepções* dos sujeitos observadores (CACHAPUZ et. al, 2000) e a formação de um conhecimento novo, ocasionalmente indicado por momentos específicos da história, não se justifica por si (não ocorrem fatos imparciais e isentos de interpretações distintas).

A caracterização da história não deve menosprezar que existem intencionalidades nas ações dos cientistas. Os fatos sozinhos não apresentam objetividade, a história de um conhecimento é inerente à realidade humana, social política econômica e institucional no âmbito das ações humanas [...]”*Compreender uma ação humana implica descortinar a intenção que lhe é subjacente ou referir os motivos ou razões que levaram o agente histórico a atuar como se fez. Em tais casos podemos referir –nos a explicações por intenção ou razão.*”[...] Kragh (2001, p.73).

Uma visão crítica e fundamentada na história da ciência, implica na verificação da qualidade das fontes utilizadas para tal tarefa. Neste caso, também se destacam aspectos capitais e institucionais atrelados aos aspectos lógicos e cognitivos e

que estão presentes na interpretação de fatos científicos no decorrer da história. (BOURDIEU, 1997; MILLS, 1974; KOPNIN, 1972). Neste caso, a história de uma teoria não se limita ao conteúdo daquela disciplina em sua perspectiva atual, esta, adquire significado em seu contexto efetivo (KRAGH 2001). Segue como necessário, a caracterização do(s) significado(s) da teoria analisada do ponto de vista histórico, requer um mapeamento da matriz do pensamento científico multidisciplinar (abordagem vertical), para então realizar a caracterização ou (re)construção histórica do conteúdo abordado, sem com isso, inserir pensamentos e ideias atuais àquele momento histórico.

O traçado da história, mediado por uma visão crítica, conforme apontado pelos historiadores no parágrafo anterior, também deve se direcionar aos aspectos atuais da ciência como originada de grandes descobertas científicas, o que tem prevalecido nas obras didáticas. O modo como a história da ciência tem sido retratada, por uma sequência de grandes descobertas e que por si já entram no acervo do conhecimento científico, escamoteia dados necessários para o aluno perceber as rupturas de conceitos e limitações nas explicações desta e daquela teoria estudada.

A idealização da ciência, descrita por uma mera justaposição de descobertas, transformou a história da ciência em uma retratação de personalidades paradigmáticas (ALFONSO-GOUDFARB, 1993; MARTINS, 2005) como Galileu, Newton, Darwin entre outros. Apesar de nomes inevitáveis em seus respectivos campos, o conhecimento científico não ocorre por uma leitura direta e restrita aos feitos de tais personalidades, desprovida de uma visão mais atenta e contextualizada com os significados daquela época (KRAGH, 2001; MARTINS, 2001) tal como dos fatores institucionais e capitais (BOURDIEU, 1983) “capital científico”. Pela análise dos autores, a história da ciência não é uma trivialidade e exige respaldo de seu campo de investigação.

[...]o modo como as idéias científicas são transmitidas é parte natural da história geográfica e social da ciência [...] [] também no que se refere ao conteúdo cognitivo da ciência, quando a ciência é transmitida de um meio para outro, tal sucede através de um processo seletivo que decide quais partes da ciência vão sobreviver ou não. O cientista que sabe como colocar no mercado uma nova descoberta não é menos importante que aquele que não o fez[] (Kragh, 2001 p.90)

Este campo de conhecimento se justifica pela analogia das interpretações realizadas nas ciências experimentais, requer uma perspectiva teórica a ser considerada na interpretação de um fenômeno natural, assim também às interpretações da história, requisitam uma abordagem historiográfica enquanto perspectiva teórica e filosófica da história. A investigação histórica sobre determinado assunto requer, neste caso, interpretações sobre dados e fatos empíricos, como publicações, cartas e outros materiais (MARTINS, 2005). O que requer uma contextualização mediada pelos procedimentos historiográficos.

A dificuldade na representação da história para Kragh (2001) se inicia na abordagem cronológica, uma sequência de fatos e datas considerados de suma relevância àquela ciência (caracteriza a primeira fase, ou um primeiro contato com a história). Entretanto, tais fatos por si não são suficientes e não contêm a objetividade necessária, o que requer uma segunda fase de análise, *mais complexa e essencial!* O estabelecimento de relações causais dos acontecimentos, para uma visão concreta, *leva em conta às etapas do movimento de ascensão de uma teoria, salvos acidentes de percurso idas e vindas, sobra apenas aqueles aspectos essenciais de tal movimento objetivo* (GIARDINETTO, 1991;1993). As etapas referidas pelo autor, devem ser evidenciadas no objeto de pesquisa, os itens de formalismo identificados nos modelos conceituais de calor, que segue pelo método de análise da categoria do lógico e do histórico.

Cabe destacar neste caso, também a *convergência para o estudo de caso histórico*, dado que o perfil de ciência e conhecimento *que se identifica com pressupostos de um ensino mais humano*, atrelado ao modo qualitativo e participativo com que a história exerce conexão com as especificidades da termodinâmica nos textos de livros didáticos para o Ensino Médio. Na sequência, se apresentam as considerações metodológicas para realização das etapas necessárias à formulação da crítica da relação entre a estruturação lógica do formalismo que acompanha o conceito de calor na sua forma mais elaborada da história, em relação aos traços essenciais dos procedimentos históricos para a obtenção de tal síntese.

Quanto à utilização do estudo de caso histórico, o autor da dissertação percebeu a definição do perfil de pesquisa mais centrada em uma abordagem bibliográfica e não propriamente delineada um perfil metodológico da pesquisa de

análise de conteúdo, como propõe Bardin (1977) mais centrada em elementos lógicos da linguagem propriamente. Também, não seria propriamente um perfil de análise documental como caracterizado em Lüdke & André (1986), uma vez que o autor da dissertação recorreu a outras bibliografias auxiliares para um esboço das condições concretas sobre os aspectos históricos e sociais (GILLISPIE, 1968 ; MANNHEIM, 1974) ou dos fatores materiais e intelectuais que caracterizam o momento histórico (MERTON, 1971; 1974) e do desenvolvimento da termodinâmica, mas sem com isso, descaracterizar ou desvalorizar as especificidades dos procedimentos científicos VALE, (1998; SAVIANI, 1985) significa, sim, compreender a ciência como prática social.

Destas considerações para o estudo histórico, o autor da dissertação identifica como elemento estruturador o perfil de *Estudo Bibliográfico* que tem por foco de objetivação a interpretação do contexto histórico para reconstrução do conceito de calor e suas implicações para a fundamentação do formalismo que o acompanha, correspondem aos itens elencados nos referenciais de ensino, para então realizar a fundamentação historiográfica:

- (1) material primário e bibliografias de cientistas;
- (2) textos de técnicos como fontes secundárias;
- (3) revisão bibliográfica de historiadores e de pesquisas em história para inserção no ensino de ciências;
- (4) textos de contextualização historiográfica na perspectiva do materialismo histórico;
- (5) outros textos complementares de história da ciência e tecnologia.

A história da ciência revela quatro momentos interessantes no estudo do conceito do calor. A saber, existem quatro modelos conceituais distintos entre si, mas que se fazem presentes no entendimento do processo de elaboração do formalismo matemático que envolve o estudo do comportamento térmico, e que se fazem presentes na mecânica dos gases, na calorimetria e nas leis da termodinâmica. *Portanto constituem etapas do lógico da formalização do conceito de calor na termodinâmica:*

A Construção Histórica do Conceito de Calor:

1. - O Conceito de Calor na Antiguidade Grega;
2. – O Conceito de Calor no Período Medieval e Renascentista;
3. - O Conceito de Calor nos Séculos XVII e XVIII ou O Conceito de Calor Como Substância;
4. – A Gênese do Modelo Cinético do Calor.

Este esboço se estrutura pela articulação de fontes primárias e auxiliares, com propósito de instrumentalização para a realização da análise dos livros didáticos, ao seja possível para identificar quais erros e distorções cometidas pelos autores das obras didáticas selecionadas.

A segunda etapa da pesquisa consiste na categorização das referências históricas na amostra de livros didáticos analisados, para esta realização, foram utilizados como parâmetro de análise dois tipos de livros didáticos, as obras extensas, constituídas por três volumes e as obras compactadas em único volume. Outros dois critérios consistem respectivamente na atualidade das obras, e em verificar a qualidade das referências em três etapas:

A - Apresentação da estrutura das obras (como se distribuem os itens do formalismo do calor).

B - Identificação das referências históricas (neste caso, o autor da dissertação identificou as citações de nomes de cientistas e relatos históricos que se encontram distribuídas nos itens do formalismo do calor).

C - O autor identifica as formas genéricas das finalidades dos autores para realização das referências históricas. (a) atribuição de paternidade do enunciado, (b) menção da transição de um conceito para outro, (c) ideia de progresso ou aprimoramento de um item.

D - Desenvolvimento da análise extensa das referências em que se faz a contraposição com o capítulo histórico.

Dados estes aspectos, deve-se indagar sobre a relação entre o processo de aprendizado e o processo histórico da elaboração do conhecimento, este tem sido objeto de intenso debate e controvérsia entre educadores.

Cabe destacar que o estudo histórico se desenvolve em uma etapa anterior à análise de livros didáticos, o que instrumentaliza a realização da análise. Posteriormente, destacam-se os eventuais prejuízos na estrutura de apresentação do conteúdo de tais obras didáticas e ainda, destacar como as referências históricas podem ser qualitativamente modificadas para aprimoramento e, redução de tais erros e distorções identificadas.

Capítulo 2 Construção Histórica do Conceito de Calor

Este capítulo apresenta uma abordagem histórica para a formação dos modelos conceituais do calor, destacado por quatro períodos em que se decorrem os elementos do formalismo presente nos conteúdos de livros didáticos. Os itens se referem aos momentos da história na formação dos conteúdos de calorimetria, mecânica dos gases e a termodinâmica, que se fundamentam em diferentes modelos conceituais do calor, para a calorimetria, que decorre pela distinção entre calor e temperatura na formulação da teoria do calórico, e a transição da calorimetria para a termodinâmica, o que ocorre pela substituição da ideia de calórico para a transformação de energia, tal verificação segue nos itens:

O item inicial, intitulado *Conceito de calor na antiguidade grega*, constitui uma síntese do pensamento clássico sobre a constituição da matéria e deste modo o conhecimento correspondente ao calor na filosofia dos quatro elementos, abordados em Mondolfo (1971), que complementa a análise da revisão de textos de fontes primárias, como Lavoisier (1792) e Black (1802), também direcionando para aspecto do ensino, por meio de bibliografias específicas da área, como de Meis (2004), e Castro (1993) Carvalho (1999).

O segundo item intitulado *Conceito de calor no período medieval e renascentista*, segue pelos textos de historiadores como Conant (1957), Bernal (1975), Brush(1965;1976) e na revisão de Pellat et. al. (1895), e textos auxiliares de Castro (1993), Carvalho et. al (1999), Amaral&Mortimer (2001) e de Meis (2004). Estes

autores apresentam alguns argumentos históricos para a distinção conceitual entre calor e temperatura, e conseqüentemente a superação da ideia de calor como sendo o elemento fogo.

Ao terceiro item intitulado *Conceito de calor nos séculos XVIII e início do século XIX ou dos modelos substancialistas*. para o formalismo da calorimetria, com a ideia de transferência de calor, decorrem das obras de Lavoisier (1792) Black (1802), Rumford (1803), Carnot (1824,1987) e Fourier (1922). E das fontes secundárias de Bernal (1975;1973), Brush (1965;1976) Bruwn (1949), Pierre (1961), Castro (1993), e de Meis (2004) Lloid (1970) .

E finalmente, *a gênese do conceito cinético do calor* apresenta argumentos de Rumford (1814; 1799, 1798) Joule (1851;1847), Helmholtz (1847), Mayer (1842), Maxweel (1858), Tindall (1859) e fontes auxiliares Bernal (1973), Brush (1965;1976) Conant (1957) Bruwn (1949), Martins (1984, 2006), Sichau (2000) para a ideia de transformação de energia no lugar dos modelos substancialistas.

2.1-Conceito de Calor na Antiguidade Grega:

Neste período, se destaca a filosofia atomista³, os quatro elementos e a quinta essência ou “alma de matéria” (MONDOLFO, 1971; de MEIS, 2004). As técnicas clássicas da utilização do vapor e das engrenagens mecânicas eram desenvolvidas sem o conhecimento teórico e científico sobre a transformação da energia, a filosofia natural se encontrava desvinculada da prática produtiva, neste caso, o pensamento científico somente se volta para as técnicas a partir da revolução industrial⁴.

Importante também uma visualização do conhecimento sobre a natureza no período clássico, que não via no atomismo a combinação de diferentes substâncias na formação molecular. O atomismo era pensado em termos do *indivisível*, o inseparável da matéria elementar, já o conhecimento da composição da matéria, tanto dos seres vivos quanto de toda a matéria presente na natureza, seria formado por uma

³ Pensamento atomista se refere a concepção de indivisibilidade da matéria e em nada se assemelha aos conceitos e as ideias presente nas formulações da teoria atômica e molecular da matéria.

⁴ O texto de Boris Hessen “*As raízes sócio econômicas dos principia de Newton*”, considerado precursor da abordagem externalista, segue cometendo enganos sobre a relação entre ciência e técnica, que se estabelece em período posterior à Newton, mais propriamente pela Revolução Industrial.

combinação dos *quatro elementos*. Durante a antiguidade e em toda a Idade Média a atividade da alquimia era responsável pela identificação de diferentes substâncias, como diferentes metais, minérios, compostos orgânicos e inorgânicos, entretanto manipulavam soluções sem uma abordagem típica das ciências naturais, sendo incorporados na constituição das práticas experimentais posteriormente na modernidade. Cabe ressaltar que era de domínio de técnicas artesanais de produção desde a antiguidade a fermentação e a destilação, sem, entretanto, o respaldo metodológico e teórico fornecido pela ciência moderna, como ilustra Meis (2004, p.31):



Um exemplo de conhecimento fornecido pelos alquimistas, está na extração do mercúrio pelo aquecimento do minério cinabre ou óxido de enxofre que libera gás oxigênio e sobra o residual de mercúrio, entretanto ainda não compreendido como processo químico, mas que decorre daí a técnica de obtenção do mercúrio pelo aquecimento do minério (cinabre). Este constitui um exemplo entre outras diferentes substâncias identificadas pelos alquimistas, juntamente com técnicas desenvolvidas, como na obtenção de ácidos inorgânicos e álcoois. Dados e procedimentos que seguem em uma condição histórica inconsistente ainda para formulação de uma teoria atômica e molecular que caracteriza as reações químicas, neste sentido, a filosofia dos quatro elementos perdurou sobre toda a antiguidade, e transcorreu pela Idade Média e período do Renascimento.

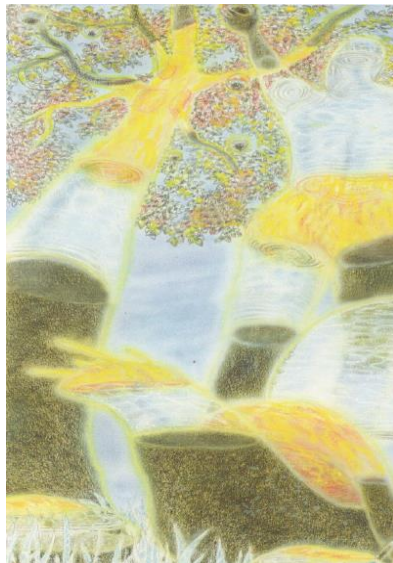
Em uma leitura sobre o conhecimento as práticas na antiguidade em Mondolfo (1971), e sobre compreensão e domínio dos fenômenos térmicos, não se caracterizavam a mudança de estado da matéria na filosofia dos quatro elementos, que concebia qualquer alteração das propriedades de sólido e líquido, como etapas de decomposição

dos quatro elementos e a fuga da alma da matéria. Toda a matéria da natureza e entre elas, a dos seres vivos se constitui em proporções destes elementos, e por sua vez se mantém agrupadas pelo elemento imaterial aristotélico, a quinta essência.

A ideia de calor no pensamento antigo, estava vinculado ao elemento fogo que também faz parte da constituição física da matéria em suas diferentes formas, todos os compostos sejam orgânicos ou inorgânicos eram formados por diferentes proporções dos quatro elementos, no entanto, o fogo, também era visto como uma força vital:

O princípio ativo é o fogo vivificante, tudo que vive na terra animal ou planta vive do calor nele contido. Do que se depreende que a natureza do calor tem uma força vital que se difunde por todo mundo. Todas as partes do mundo pois, mantêm-se sustentadas pelo calor e o próprio mundo é conservado em tão longa duração por uma semelhante e igual natureza, e deve entender-se que esse calor e esse fogo se acham difundidos em toda a natureza e neles residem a força de toda a procriação e a causa de todo nascimento. (Mondolfo, 1971,p.106)

Entre os gregos esta filosofia ganha consistência e segundo Meis (2004) o acréscimo do fogo, é atribuída à lenda de Prometeu, Deus que havia esculpido uma imagem humana e acrescentado o fogo para a vida humana, tinha para isso utilizado o fogo sagrado do paraíso olímpico, sendo este fogo, o elemento da vida, analogamente a uma vela acesa, tal combinação se ilustra em Meis (2004, p.19) :



Em escritos atribuídos a Aristóteles, se encontra a fundamentação da alma da matéria, ou (quinta essência), surge a primeira ideia de éter como um elemento que integra e preenche o universo. Neste caso, a quinta essência permite a combinação dos quatro elementos e caracteriza as etapas da vida e a decomposição dos corpos. As etapas da vida simbolizadas nos processos de fermentação do vinho de Meis (2004, p.20):



A filosofia dos quatro elementos se tornou um conhecimento da natureza e da vida e tem respaldo na mitologia greco-romana, logo se integra às crenças da antiguidade, assim também se ajustava ao cristianismo medieval. As fases da transformação da uva na fermentação para obtenção do vinho, e a posterior transformação em vinagre (longe de serem entendidas por transformações químicas), consistiam em uma metáfora das etapas da vida. Neste modelo, o calor associado à fermentação era comparado ao calor dos animais, já o processo de transformação do vinho em ácido acético, tem por característica a liberação de gás carbônico fazendo pequenas borbulhas, era associado ao desprendimento da quinta essência do vinho o que significava a morte. A busca da alma da matéria se ilustra nos trabalhos alquímicos, de Meis (2004, p.34):



O conhecimento prático de que a mistura de certas substâncias, como o ácido sulfúrico, em contato com algumas outras substâncias, produz reações que liberam gases, o que também ocorre no aquecimento de plantas e de substâncias líquidas, estavam associadas à liberação do espírito da matéria. Estas observações levavam às tentativas de se capturar a alma da matéria, o que resultou na descoberta do álcool, substância a ser reconhecida como tal somente na formulação da química moderna, possibilitada posteriormente pelos trabalhos de Lavoisier e J. Black somente no século XVIII. No entanto, a tentativa de se isolar a alma da matéria por meio da destilação de substâncias como o vinho, permitiu a identificação dos álcoois derivados da destilação de substâncias fermentadas, surgindo algumas bebidas destiladas, como o uísque, considera formas ainda impuras da quinta essência.

O trabalho artesanal para obtenção dos destilados foi amplamente reconhecido na Idade Média e, segundo de Meis (2004) foram nos monastérios que se desenvolveram célebres e finos licores, reconhecidos por especialistas até os dias atuais.

Diversas questões deveriam ser formuladas no período do Renascimento, entre elas, se encontram na revisão de Joseph. Black, em “*Lectures of Chemistry*” de 1802 sobre os diversos tipos de substâncias mencionadas na filosofia dos quatro elementos e os fundamentos que sustentam o processo de combustão e necessidade da alimentação dos seres vivos, tinha em comum um elemento, a quinta essência que devia ainda ser denominado de flogístico.

A substância liberada na respiração e na combustão, segundo consta no texto de Black, designada por *Terra secunda*, *Terra inflamabilis*, ou *Phogiston*, já não

atenderiam às perspectivas de sua época, abordagem dogmática para a química de seu século. Os trabalhos de J. Black, e Lavoisier foram relevantes para as bases da química, e superação da abordagem clássica, como no estabelecimento do princípio de conservação das massas reagentes, nas reações reversíveis e irreversíveis (o que a teoria do flogístico não explicava! Logo, ocorreu uma inconsistência empírica com as reações reversíveis, em contraposição à ideia de liberação da quinta essência, ou alma da matéria). Seguem também os trabalhos de titulação e determinação de fórmula mínima das substâncias, contribuindo para um conhecimento das estruturas moleculares das substâncias e a constituição da estrutura atômica em futuros desdobramentos.

O conhecimento dos processos físico-químicos, como da agregação e a desagregação das substâncias são essenciais para as propriedades do calor, e para concebê-lo não por um elemento ou substância que faz parte da formação da matéria, mas por um fenômeno oriundo da interação das moléculas, tal como na passagem de corrente elétrica em uma estrutura metálica. Estes, entre outros aspectos, dependem de uma compreensão da química e da eletricidade que se desenvolveram no século XIX, e sendo reconhecidas, por exemplo, nos trabalhos de Faraday sobre a eletrólise química. Desenvolvimentos associados a procedimentos e instrumentos fundamentais para a caracterização da ciência tal como a conhecemos.

2.2-O Conceito de Calor no Período Medieval e Renascentista:

O desenvolvimento dos termoscópios de Galileu e a introdução da empiria à filosofia natural modificam a abordagem do conhecimento do calor e torna a máquina a vapor um objeto de pesquisa, assim como as causas do calor de vapor e a mecânica dos gases.

A origem dos termoscópios se desenvolve, sobretudo, sem se realizar uma distinção entre calor e temperatura (CASTRO, 1993; CONANT, 1957; AMARAL&MORTIMER, 2001; CARVALHO et.al, 1999) o que propriamente se daria pelo isolamento da interferência da pressão atmosférica diretamente no instrumento. Uma questão essencial passa a ser de como uma teoria específica sobre o calor vem a se estabelecer, o que ocorre no século XVIII com a teoria do calórico, ao ser abandonada a noção clássica dos quatro elementos.

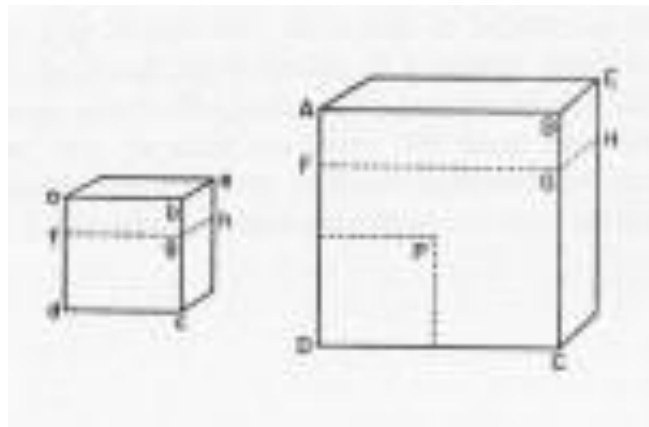
O estabelecimento de uma teoria sobre o calor nos processos físico-químicos e nos fenômenos de mudança de estado da matéria somente viria se concretizar com as bases experimentais desenvolvidas na superação do flogístico, e então conhecimento das reações químicas, estabelecidas no século XVIII. Importantes contribuições para estabelecer uma teoria sobre o calor e para as bases da ciência também se iniciam no período do Renascimento, a destacar, no estudo do calor, o desenvolvimento da mecânica dos gases no período do Renascimento.

Nas primeiras formulações da mecânica dos gases, segundo Bernal (1975) se fazia uma abordagem semelhante mecânica dos fluidos, o que se confirma na coletânea de artigos de Brush (1965) em que Boyle e Newton abordam uma generalização do fluido perfeitamente elástico, sem viscosidade e particularidades como diferenças comportamento de um gás perfeito ou misturas como na composição do ar. As peculiaridades de algumas substâncias no estado gasoso, como a determinação do ponto de ebulição e de liquefação, se devem ao desenvolvimento da termologia, aliado aos procedimentos experimentais adequados às condições de pressão e precipitação dos gases, determinados empiricamente. Um instrumento desenvolvido com estes conhecimentos é o termômetro a gás, sendo os dados essenciais inclusive para a formação da cinética dos gases no século XIX.

A mecânica dos gases, se desenvolve inicialmente com a tentativa de obtenção do vácuo, e segundo Bernal (1975) contribuiu muito mais para algumas propriedades de expansão e contração do ar e a pressão atmosférica do que ao desenvolvimento das técnicas de obtenção de vácuo. Conforme ressalta Brush (1948) nos séculos XVII e XVIII se caracteriza pelo desenvolvimento da mecânica dos gases, com os trabalhos de Boyle, Torricelli, Bernoulli, Pascal, que identificaram propriedades macroscópicas dos gases, tal como em Boyle "*The Spring of the Air*" em 1660. Segue que a natureza da propagação do calor era entendida da mesma forma que a do som, como algo que se expande no espaço. Em breve consulta aos "*Principia*" de Newton, em edição de 1687, segundo Brush (1965) pode ser indicado o papel da força centrífuga, como a força de repulsão das partículas, cuja intensidade é inversamente proporcional à distância do centro de gravidade do gás em seu recipiente. Newton explica, por meio de forças de repulsão, o processo de expansão livre de um gás e dilatação da matéria, e se considera por desconhecidas as suas causas. A mecânica dos

gases até o final do século XVIII eram descritos por modelos de *expansão e contração elástica*, em uma mecânica de fluidos para os gases.

O processo de expansão livre de um gás em espaço cúbico, ocorre de forma homogênea e, portanto, regular em todas as dimensões (uniformemente), a força de repulsão das partículas é proporcional à força despendida na expansão ou na contração de um gás, por esta razão, os gases eram considerados um fluido perfeitamente elástico. Na figura extraída do texto de Newton, presente na coletânea de Bruschi (1965) aparece um esquema no qual se acreditava representar o espaço amostral do comportamento de um fluido em compressão, em que a força de repulsão das partículas aumenta proporcionalmente à distância do centro do cubo. Ilustrado por Brush(1965, p.54):



Um fluido qualquer supostamente colocado no cubo [ACE] passa a ser reduzido por compressão ao espaço [ace], reduzindo proporcionalmente as distâncias ,as densidades aumentam inversamente ao tamanho dos cubos, sendo crescente de [AB], para [ab]. Embora não seja possível reproduzir toda a demonstração do teorema de repulsão ou da força centrífuga das partículas, a razão da força centrífuga das partículas é inversamente proporcional ao quadrado da distância do centro dos cubos, as forças de compressão faz aumentar a densidade enquanto a de repulsão faz diminuir o valor da densidade.

Em decorrência do desenvolvimento da mecânica dos fluidos seguiam-se as bases para o estudo do comportamento dos gases, devido a importantes experimentos que ilustram as condições empíricas dos gases em diferentes condições de pressão e

temperatura. Acrescentam-se ainda que os apontamentos de Bernal (1975) indicam que a busca de mecanismo de obtenção do espaço vazio (vácuo), permitiu o conhecimento da pressão atmosférica, neste caso, tais instrumentos e situações experimentais contribuíram mais para a construção dos barômetros e dos termoscópios, seguido dos primeiros instrumentos para medida de variação de temperatura.

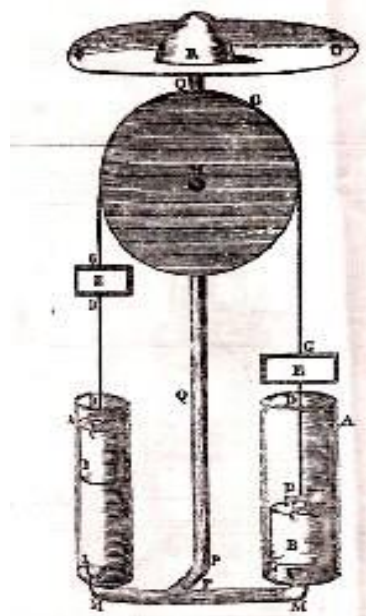
As dificuldades na construção de mecanismos para o bombeamento do ar nos experimentos, tornaram-nos cada vez mais sofisticados, como se verifica na ilustração sobre a Bomba de vácuo em Bernal (1975, p.237):



Os experimentos acima indicam a tentativa de obtenção de vácuo por meio do esvaziamento de um barril contendo líquidos. Na primeira imagem, uma tentativa de esvaziamento de um barril. A segunda e a terceira ilustração, respectivamente no sentido da esquerda para a direita, se destacam pela tentativa de determinação da força de

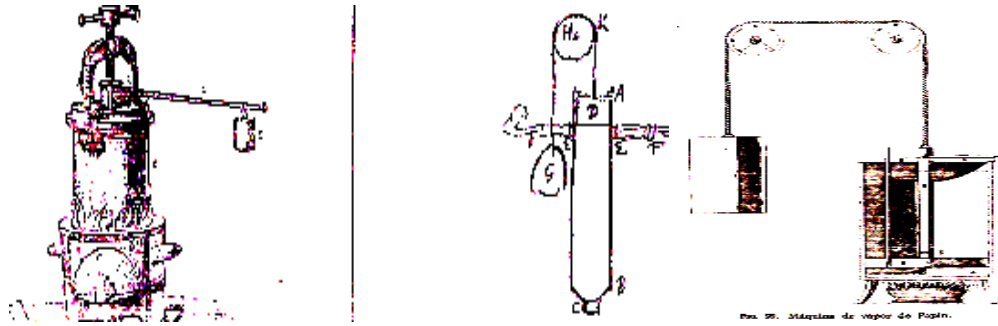
tensão do vácuo, em meio ao esvaziamento de uma esfera metálica e pela tentativa de estabelecer um equilíbrio com a diferença de pressão no interior da esfera, aumentando a tensão da parte inferior por meio de pesos. Experimentos desse tipo foram repetidos entre os séculos XVII e XVIII; se destacam Galileu, Torricelli e Von Guericke, mas tais experimentos contribuíram para o estudo da pressão atmosférica, na construção dos barômetros, e muito poucos serviram para o entendimento da física do vácuo.

Boyle realiza algumas modificações importantes nos experimentos de vácuo, e tem por objetivo anular os efeitos da pressão atmosférica. Estas dificuldades se concentram também na superação dos termoscópios e elaboração dos termômetros. Com as modificações destacadas por Bernal (1975) Boyle identifica a elasticidade do ar, o que é evidenciado neste tipo de experimento cujo aparato se encontra na ilustração de Bernal (1965, p.248):



A demonstração da elasticidade do ar, segundo Bernal (1975) não se coloca de maneira óbvia, ao contrário, requer um grau de elaboração e sofisticação. Entretanto, como ainda não se tratava de uma formulação da teoria cinética dos gases, o que iria se desenvolver no século XIX, achava-se que as oscilações mecânicas medidas neste experimento determinavam a somatória dos espaços vazios entre as partículas do ar. Em seu experimento, Boyle utiliza o mecanismo de Atwood e acrescenta em cada lado cilindros, em que o sistema movimenta ambos os pistões em sentidos opostos.

Outros experimentos essenciais para a mecânica dos gases devem ser destacados, utilizam pressão de vapor, e também tinham por propósito a obtenção do vácuo por meio da vaporização da água. O que acabaram por evidenciar antes disso, a pressão de vaporização como na marmita de Papin, o princípio rudimentar da panela de pressão ilustrada em Bernal (1965, p.350): .



Sobre as medidas de temperatura, estas se iniciam, segundo Conant (1957) com Galileu, na construção dos termoscópios, isso por volta do ano de 1600 em Pádua. Consistia em um balão de vidro com ar e ao longo de uma base extensa e inclinada para baixo contendo água armazenada. Ao aquecer ou resfriar balão, o ar contido no interior expandia ou contraía e o nível de água se elevava ou declinava. Os termoscópios eram sensíveis à variação de pressão atmosférica o que perdia precisão, desta forma, foram se transformando nos termômetros, a medida que a interferência da pressão foi eliminada pela utilização de tubos completamente isolados, com sistemas mais complexos de balões e tubos de vidro.

Em Castro (2003) se encontra uma síntese da cronologia histórica dos procedimentos da elaboração e aprimoramento dos termômetros, dos primeiros termoscópios, até a elaboração das escalas termométricas e procedimentos de conversão das escalas. Na presente dissertação, se faz somente menção aos aspectos qualitativos deste desenvolvimento, pois não cabe aqui repetir a sequência da autora, e sim apresentar os traços da sequênciade elaboração das técnicas necessárias ao surgimento do termômetro e determinação das escalas:

(a) A fase dos termoscópios, se inicia com Galileu por volta de 1593 e 1600, e se desenvolvem as primeiras tentativas de construção de escalas com os termoscópios, até o final do século XVII, passando por Santório em 1612, Ferdinando II, 1644, a

Florestine Academia del Cimento, entre 1657-1667, produziu muitos aparelhos, principalmente de expansão de álcool.

(b) Boyle, Hooke, Huygens propuseram métodos de calibração utilizando por parâmetros somente um ponto fixo. Dalancé é reconhecido no final do século XVII como um construtor de muitos termômetros, em que aparece a calibração do ponto de fusão do gelo e ponto de fusão da manteiga, dividindo o intervalo em 20 partes iguais. Renaldini em 1694, apresenta técnica de calibração dos pontos fixos, para fusão do gelo e ebulição da água; Amontons entre 1699 e 1703, desenvolve termômetros a ar e que não sofria influências da pressão atmosférica. Com as tentativas de aperfeiçoar o instrumento, Amontons propõem uma escala que inclui o *zero absoluto*, o que indicaria condições de pressão nula.

(c) Finalmente, no início do século XVIII Fahrenheit em 1717 sugere um esquema bem parecido com o que hoje é chamado Sistema Fahrenheit, no qual o valor de 32 ° F e 212 °F são escolhidos respectivamente para os pontos de gelo e de vapor. Tais termômetros já continham um bulbo cilíndrico ao invés do esférico e, também, o primeiro a usar mercúrio como substância termométrica. Em 1741, Celsius utiliza os pontos de fusão e de ebulição da água identificados por Reamur, mas atribuiu os valores arbitrários de 0 e 100 graus aos pontos de fusão e ebulição.

A definição das escalas termométricas e a elaboração de diferentes tipos de termômetros, entre eles os termômetros de gás, mostram que o conhecimento das propriedades termométricas envolvia a mecânica dos gases. No século XIX o termômetro de hidrogênio utilizava a escala Celsius, segundo Pellat, et. al (1895) a temperatura é proporcional à variação de pressão do hidrogênio gasoso. A relação dos pontos de fusão e de ebulição da água forma os parâmetros de variação de pressão e temperatura segue a relação $P = P_0 (1 + \alpha t)$, a variação da pressão correspondente a temperatura de equilíbrio P, que depende da pressão inicial a zero graus P_0 , e segue o binômio de densidade do hidrogênio $(1 + \alpha t)$, em que a variável (t) corresponde à medida da temperatura indicada pelo termômetro de pressão.

O aumento de um grau centígrado é a elevação de temperatura correspondente a um aumento de pressão de uma massa de hidrogênio mantida a volume constante igual a centésima parte do aumento de pressão produzido. (Cours de Physique Générale 1895-96 Pellat, H.)

Os termômetros a gás se tornaram menos confiáveis dadas condições necessárias para o confinamento do gás, sendo necessárias correções da variação volumétrica dos tubos e também sobre o gás a ser dilatado ou comprimido, conforme a temperatura ambiente que se deseja medir, pois o gás se encontra confinado. Por estes motivos, o meio científico prefere a utilização dos termômetros a volume invariável.

A substituição da ideia de quinta essência, e o desenvolvimento dos termômetros, possibilitou as teorias explicativas e concorrentes sobre o calor. As constatações no século XVIII, entretanto com os primeiros modelos do calor, e se destacam segundo Castro (1993) os modelos substancialistas, pela ideia de fluido de calórico e os movimentos produzidos por partículas corpusculares de calórico, em ambos consistem em modelos de substância imponderável para representação física do calor.

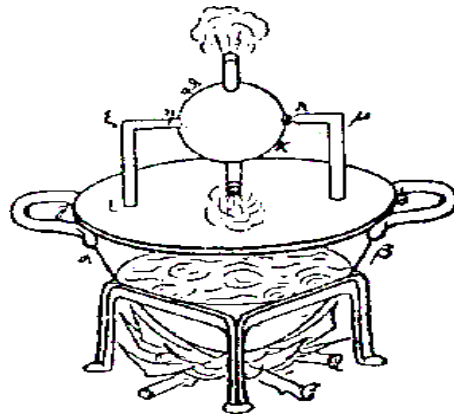
2.3 O Conceito de Calor nos Século XVIII e início do século XIX ou o Conceito de Calor Como Substância:

Destaca-se no final do século XVIII e início do século XIX o aprimoramento da máquina a vapor como necessidade da sociedade em processo de industrialização e formação da teoria do calórico, com a calorimetria, o ciclo de Carnot.

O aprimoramento das máquinas térmicas consiste historicamente numa articulação do conhecimento e domínio do homem sobre a transformação dos recursos da natureza. Alguns desenvolvimentos da termodinâmica se iniciam com as tentativas de se obter vácuo, existindo ainda um caminho longo entre o desenvolvimento da máquina a vapor e o domínio da ciência termodinâmica sobre o ciclo real das máquinas contemporâneas. Segundo Bernal (1975; 1973) todo o perfil de época caracteriza as bases da física termodinâmica, assim como o eletromagnetismo e a óptica enquanto áreas da física integradas com questões tecnológicas e sociais, tais como dos primeiros automóveis, as locomotivas a vapor pelo motor de dois tempos, entre outros aspectos estavam indicando aspectos de integração com os outros campos da física.

Deve-se ressaltar que apesar da termodinâmica consistir numa instrumentalização do aprimoramento das máquinas térmicas, o uso social da máquina térmica vem desde a antiguidade clássica em que a pressão de vapor já era utilizada como na máquina de Héron para o trabalho no qual a força humana não dava conta:

Turbina a vapor de Héron em Pierre (1961, p.37) :



A máquina térmica, enquanto elemento presente desde a antiguidade clássica, não era vista da mesma forma que no período de elaboração da mecânica dos gases e da formulação da teoria do calórico. Antes um conhecimento artesanal, é concebida como experimento filosófico de Boyle, segundo Bernal (1975) se torna objeto de trabalho e também de pesquisa científica direcionada ao aprimoramento das técnicas de mineração (objeto de pesquisa na universidade) que se destacam pelos nomes de Saveri, Newcomen e Watt. A diferenciação qualitativa entre os períodos da história humana em questão se dá devido à junção entre a ciência e a técnica no advento do capitalismo industrial.

Sobre a diferenciação qualitativa das máquinas a vapor utilizadas na antiguidade greco-romana, das máquinas desenvolvidas no período do Renascimento, tem desdobramentos nos experimentos como de Torricelli, Boyle e Papin, juntamente aos interesses da prática industrial, levaram a uma substancial reformulação das pesquisas científicas acompanhadas de uma reformulação dos conceitos da física. Neste sentido, a história do desenvolvimento da termodinâmica, enquanto teoria sobre o calor, tem por consolidação uma teoria que abarca o aprimoramento das máquinas térmicas.

Do empirismo a ciência.- Até o Renascimento, o progresso das técnicas foi sobretudo guiado pelas necessidades da prática, pela experiência do dia-a-dia, numa palavra, pelo *empirismo* a partir do Renascimento, e de maneira cada vez mais nítida nos tempos modernos, o espírito científico torna-se o animador do progresso técnico. [...]

[...] que havia de transformar o mundo. Esta transformação realiza-se sobre os nossos olhos por ação da ciência[...]

A partir do século XIX, as ciências e as técnicas já não são separáveis, agem e reagem umas sobre as outras constantemente. O seu acordo já não é orientado por um ideal prático que se exprime nas filosofias, este ideal é realizado numa ação comum, em trocas recíprocas, donde resulta uma aceleração extraordinária das descobertas científicas e dos progressos industriais.(Pierre, 1961 p.117)

Uma aproximação entre ciência e técnica se evidencia pela ciência a serviço do capital, na primeira fase da revolução industrial. Consistia numa necessidade para a eficiência e economia de produção e mineração. A máquina de Savery passa por aprimoramentos sucessivos e constitui um marco na história da engenharia, poderia escavar em uma velocidade nunca alcançada pelo trabalho humano. [...] *“minas profundas, devoravam por seu turno grande parte do produto da exploração. Este efeito, não escapava aos engenheiros, nem aos industriais. Mas nem uns nem outros conseguiam dar remédio ao caso”*[...] Pierre (1961, p. 106) Os aprimoramentos fundamentais para a eficiência desta máquina, criada por Savery e Newcomen, seriam indicados por James Watt na universidade de Glasgow e cerca de 50 anos mais tarde, e ganharia novo formato. Na figura 5: Máquinas a Vapor para Mineração, como ilustra Bernal (1965, p.257)

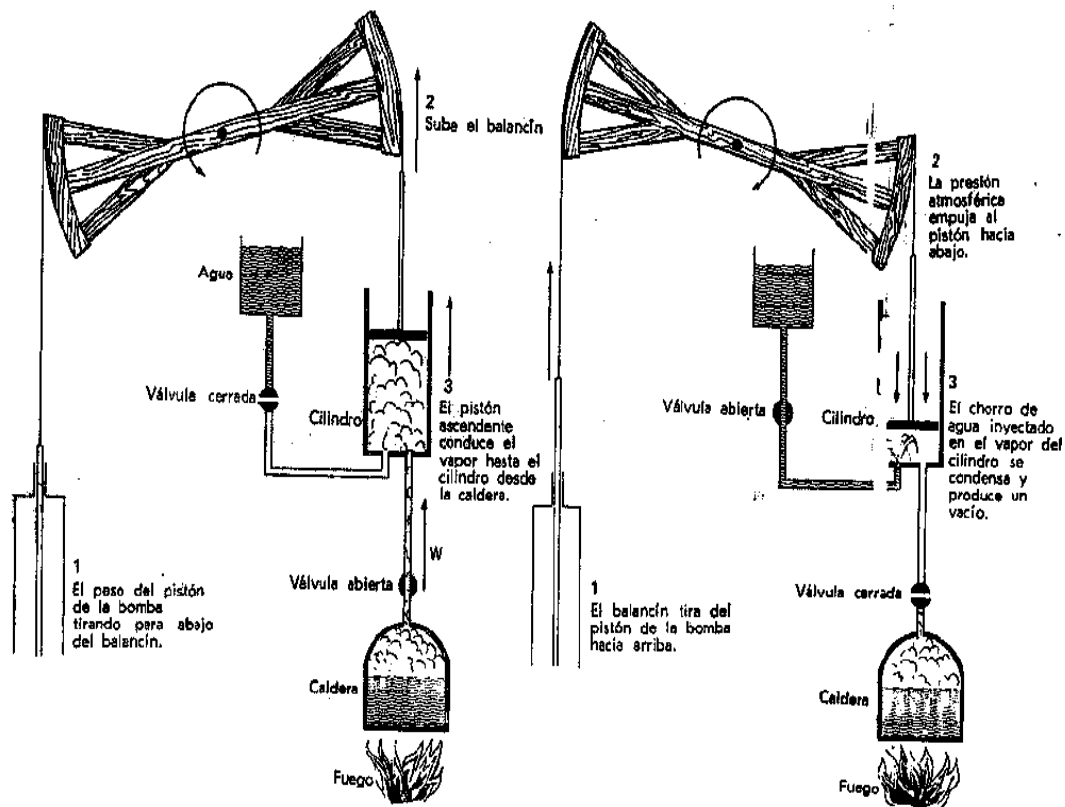


Fig. 101. Máquina de Newcomen.

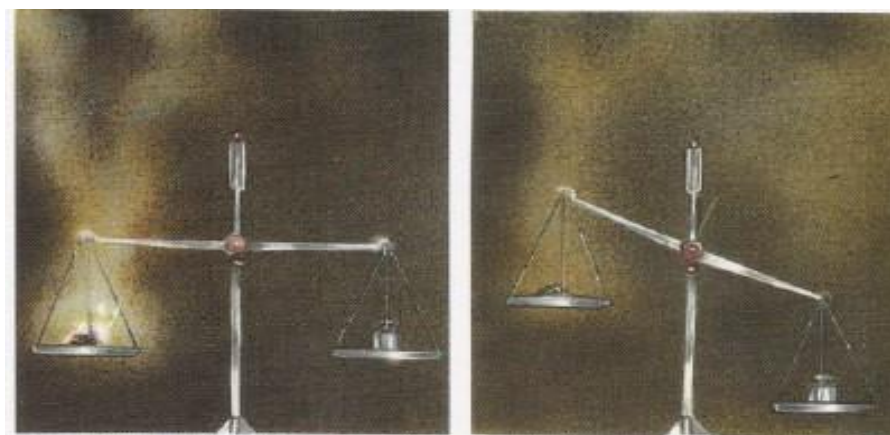
O desenvolvimento e refinamento conceitual para a distinção entre calor e temperatura, na primeira formulação do ciclo de calor, têm como referência Joseph Black na inauguração de uma fase de refinamento conceitual. Contemporâneo a James Watt, conforme se identifica em *"Lectures of Chemistry"* publicada em 1802. Black basicamente experimentos na química, onde se insere a calorimetria desta época. A referida obra se encontra algumas peculiaridades como a descrição de procedimentos para as calibrações de escalas para uso da escala Fahrenheit, e a determinação de medidas de calor específico e calor latentes de algumas substâncias, dados juntamente com argumentos sobre a necessidade da superação da filosofia dos quatro elementos e da ideia de flogístico.

Segundo Castro (1993), a teoria do calórico não era a única teoria substancialista desenvolvida entre o século XVIII e XIX. Devem se destacar também os modelos de Euler, fluido que ainda mantinha semelhanças com o flogístico de Stahl, por ser considerado um princípio inflamável. A teoria do calórico é, entretanto, a única citada na coletânea de textos póstumos de Carnot, publicados em reedição traduzida

para o espanhol em 1987. A teoria do calórico permaneceu em debate científico durante a primeira metade do século XIX, dado que o formalismo da calorimetria e termometria se funda na teoria do calórico, que ganhava respaldo experimental com o aprimoramento dos termômetros respectivamente na precisão das escalas, decorrendo os cálculos de calor específico e de calor latente das mais diversas substâncias.

Deve-se considerar que a ideia de flogístico em Euler se trata da observação do calor em sua relação com a mudança de estado da matéria, enquanto em Stahl se trata da reação de combustão. Neste caso, o flogístico enfrentaria rejeição principalmente pelos trabalhos de Lavoisier, que identificou algumas importantes propriedades da combustão e sua correspondência com o processo de respiração.

Segundo de Meis (2004, p.56) a utilização da balança de precisão nas experiências de combustão, possibilitou que Lavoisier observasse alguns valores precisos na alteração de massa entre os resíduos sólidos e os vapores liberados na queima. Em um segundo caso, nenhuma alteração ocorre na balança, se a queima fosse mantida em um recipiente fechado, neste caso, todo o resíduo sólido e gases da queima deveriam estar confinados na cúpula de vidro. A situação esperada com a queima livre, ilustra de Meis (2004,p.56):



Situação esperada com a queima em recipiente fechado, de Meis (2004,p.56):

:



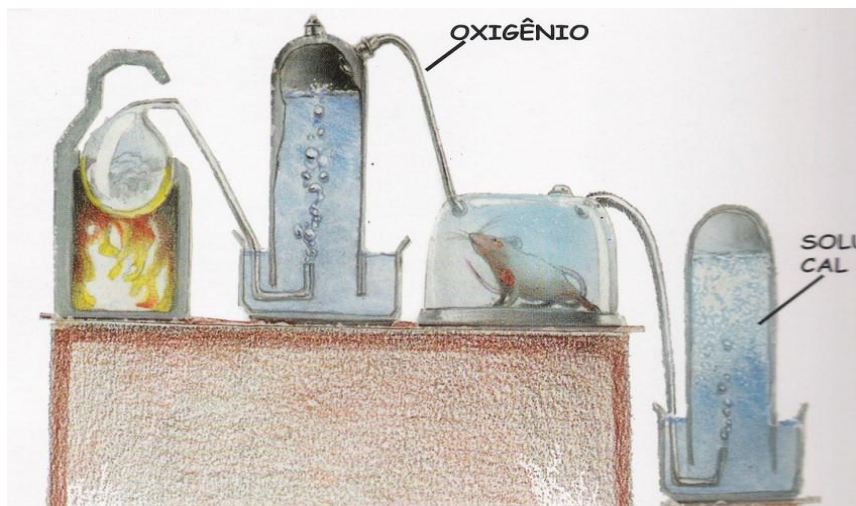
Ocorrem, entretanto, resultados diferentes com a queima do enxofre, fósforo e mercúrio; nestes aumentava a massa final das substâncias e alteravam algumas características, diferente dos resíduos esperados na combustão, e com isso, a ideia do processo de queima como liberação de flogístico passa a ser colocada em xeque, segue pela ilustração em Meis (2004,p.56):



Embora se soubesse que o processo de queima estava associado à liberação de vapores, o que não se sabia até então é que existem outras substâncias na constituição do ar, e que reagem efetivamente com a matéria sólida, dado que se verifica pelos trabalhos de Lavoisier sobre conservação das massas.

Estes experimentos constituem um marco para a ideia de reação química, visto que não eram conhecidos os reagentes em estado gasoso, e ainda o flogístico era pensado como uma substância inflamável e liberada no processo de combustão. Outro experimento que contraria a ideia de flogístico, segundo de Meis (2004) era mostrado pela reversibilidade do processo de transformação do minério de mercúrio, conhecido pelos antigos como cinabre, em mercúrio. Pela utilização do oxido de mercúrio, o

cinabre aquecido, produzia o oxigênio gasoso e o residual de mercúrio. O oxigênio é liberado na reação e borbulha sobre uma solução de óxido de cálcio antes de entrar na campânula do rato. Na primeira etapa, o oxigênio passa pela solução de óxido de cálcio, não ocorre nenhuma reação. Ao passar pelo rato, que respirava normalmente com o oxigênio fornecido, o oxigênio reage e se transforma no ar fixo, o mesmo gás presente na combustão, e com isso ao passar pela próxima etapa, em uma segunda solução de óxido de cálcio, passa então a se formar um pó branco, o carbonato de cálcio.



Decorrente das propriedades identificadas nas reações químicas, também é atribuída a Lavoisier a verificação experimental da reação química da combustão e da respiração, neste caso, acrescenta que os vapores da combustão também se encontram no processo de respiração.

Era de conhecimento geral que o flogístico, ou ar fixo (correspondente ao dióxido de carbono), era inadequado para a respiração que as plantas podem purificar o ar impregnado desta substância. Com a descrição deste tipo de experimento, tanto com uma vela quanto um rato, o resultado nos dois é que o fogo se apaga e o rato morre.

Estes experimentos identificam qualitativamente que o processo de queima e os processos de respiração constituem formas de reação de substâncias. Em ambas, se associa, como resultante, a liberação de vapor de água e gás carbônico. No entanto, em outras reações que podem ocorrer no aquecimento de misturas, envolve demais substâncias que se encontram dispersas na atmosfera no estado gasoso, o que não era concebido pela teoria do flogístico, em que todo o aquecimento induz a decomposição

da matéria, o que, na verdade é o resultado da reação de combustão, gás carbônico e água na forma de vapor.

Consequentemente, a partir dos experimentos e dos trabalhos de Lavoisier e Black, não há correspondência de calor concebido por um princípio inflamável (*terra inflamabilis*), com isso, o calor não se delimita pelo elemento fogo da filosofia dos quatro elementos. Neste novo contexto, o calor passa a ser visto como algo imponderável, desencadeia reações químicas, ou somente produz a mudança de estado da matéria. Em decorrência das constatações sobre a reação de combustão, respiração e as reações químicas, seguem por uma reformulação no conhecimento das propriedades de calor e se resumem da seguinte forma:

(1) O processo de respiração não é refrigeração dos organismos, mas processo químico necessário a atividade do organismo.

(2) O calor passa a ser uma condição para ocorrerem certas reações químicas e a mudança de estado da matéria ou mesmo pode ser liberado em outras reações endotérmicas (absorve calor) e exotérmicas (libera calor).

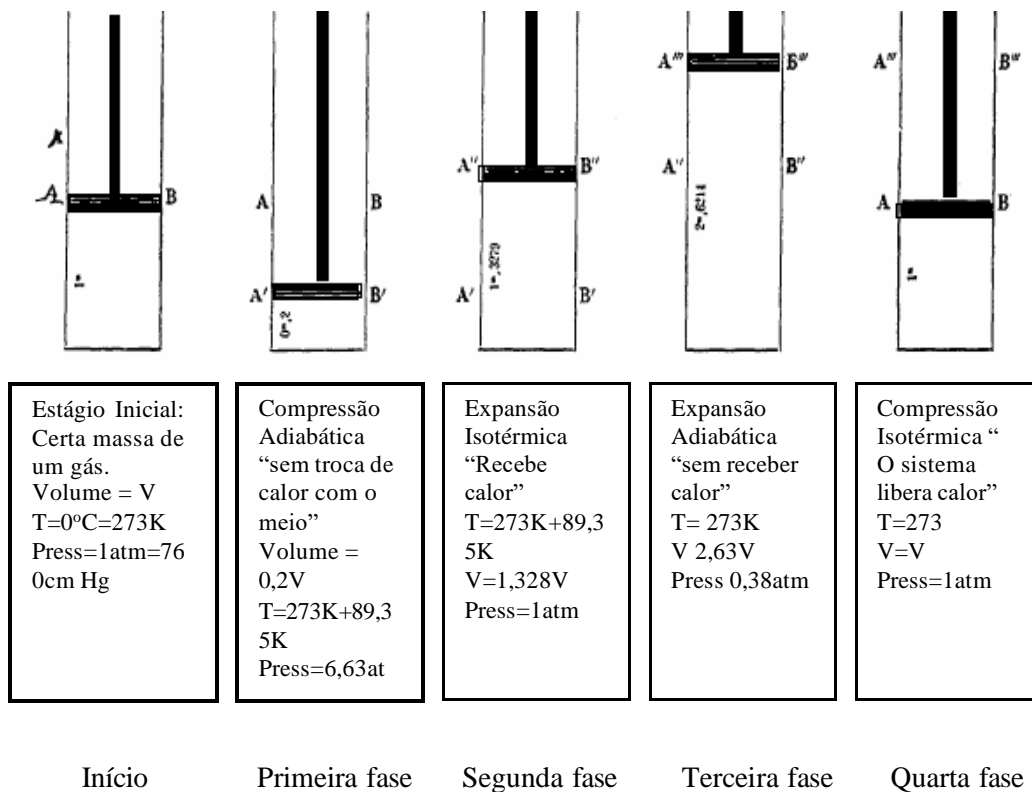
(3) A constatação das condições de pressão e temperatura associada a mudança de estado da matéria, foi identificada em experimentos realizados entre o final do século XVIII e início do século XIX, e identificam o calor, nas observações termométricas, entretanto, não se chegava a notar alterações nos pesos das substâncias aquecidas, por esta razão, era concebido pela hipótese do calórico de Joseph Black, como uma substância imponderável que pode preencher os sólidos produzindo os efeitos de dilatação e de mudança de estado da matéria.

(4) Podem ser acrescentadas as observações de Lavoisier e Black sobre os processos físico-químicos, e aos fundamentos da formulação molecular das substâncias, que ganha fôlego inicial com o princípio de conservação das massas, evidenciado juntamente com as propriedades das reações químicas. O início do século XIX caracteriza o desenvolvimento da formulação atômica e molecular da matéria com as estimativas necessárias na obtenção das fórmulas mínimas, pela titulação empírica das substâncias, o que levaria a formulação dos primeiros métodos de conhecimento das propriedades moleculares, e se acrescenta aos conhecimentos da mecânica dos gases.

Estes dados consubstanciam os procedimentos encontrados na obra de Sadi Carnot, nos “*Puissance du force motriz du feu*” em 1824 e consta, entre outros aspectos,

uma coletânea de dados empíricos do calor latente do calor específico possibilitados pela calorimetria, por conseguinte, a generalização do ciclo do calor. Esta obra de Carnot se destaca historicamente como referência da máquina teórica de Carnot, em relação às máquinas reais como de Newcomen e Watt.

A partir de dados experimentais de variação de temperatura em diferentes condições de pressão, o texto de Carnot apresenta, entre outros aspectos, a caracterização das transformações do estado gasoso e como hipótese: “*O calor específico dos gases pode ser obtido em progressão aritmética, à medida que se aumenta o volume em progressão geométrica*” Carnot (1824, p.58), o calor específico a volume constante é o mesmo que a pressão constante, caso a densidade do gás seja a mesma. A relação cíclica do calor pela variação de pressão e volume se identifica com a teoria do calórico, que aborda a capacidade de um gás absorver ou liberar o calórico. Na figura 7: Etapas do Ciclo de Carnot:



O modelo de máquina teórica de Carnot, interpretado atualmente como um modelo de máquina térmica ideal, se originou na primeira metade do século XIX, com

a teoria do calórico, que passa a ser reinterpretado em desdobramentos posteriores, pela segunda lei da termodinâmica, o que teria de ser implementado não somente para uma teoria analítica do calor, mas também para a engenharia mecânica. A pela teoria do calórico mostra que a máquina teórica de Carnot (máquina perfeita) não representa uma impossibilidade natural, a capacidade de se realizar um sistema que não ocorra perdas por liberação do calórico no meio externo, visto que a teoria do calórico considera o calor uma espécie de fluido, e poderia ser perfeitamente isolado do meio externo.

Pela teoria do calórico, se estabelecem importantes medidas de *Calor específico*, enquanto medidas possibilitadas pela precisão dos termômetros e da qualidade das escalas como a Fahrenheit. Estas observações também possibilitaram a identificação de outra importante variável, o *Calor Latente* de mudança de estado, dado empiricamente obtido, sendo dado inerente a cada substância. Tinha-se como principal atividade científica, a catalogação do calor específico das substâncias em cada estado físico, e do calor latente de transição para cada estado. Estes dados se encontram, por exemplo, nos trabalhos de J. Black, Carnot e Rumford até a primeira metade do século XIX.

Em Fourier (1822), se apresentam métodos matemáticos para a propagação do calor em diferentes meios. O comportamento do estado gasoso se insere nos moldes das “*forças vivas*” ou “*motrix*” presentes na história da mecânica clássica, pela representação de movimentos mecânicos perfeitos. Neste sentido, assim como o movimento de objetos sólidos, o calor obedece às mesmas leis dos movimentos mecânicos. As moléculas eram consideradas “esferas duras e perfeitamente elásticas”. E como de Lavoisier a Carnot, representam o pensamento da comunidade científica da primeira metade do século XIX, admitiam a hipótese do calórico enquanto elemento intermediário entre a matéria propriamente e os efeitos térmicos, neste sentido, suscita a explicação de que todos os fenômenos de variação de temperatura e de mudança de estado correspondem a alteração da quantidade de calórico, que poderia preencher os espaços entre as moléculas das substâncias.

Outro modelo que vinha se desenvolvendo no início do século XIX e se colocava como modelo intermediário entre o calórico e a formulação cinético estatística, segundo Castro (1993) admitia o movimento das moléculas a partir da vibração do meio que as suportam em suspensão. De acordo com a teoria ondulatória

do calor, tal como comentada em Brush (1963; 1965), o calor é expresso pela vibração de um fluido etéreo que preenche o espaço e que, por sua vez, transmite o movimento vibracional de um átomo a outro. Somente em meados de 1850 que a interpretação cinética do calor ganha vigor, dado que a maioria dos cientistas, até o final do século XIX, não acreditava que por si o movimento vibratório dos átomos poderia produzir calor. Com a ideia de fluido, não era natural admitir que as moléculas de uma substância no estado gasoso se propagassem livremente, sem a existência de um meio físico para isso. Deste modo, torna-se indispensável considerar os fenômenos termométricos e calorimétricos do século XIX, considerando o éter físico, como já se encontrava proposto em Descartes (MARTINS, 1998). A sustentabilidade da matéria se faz pela presença do éter, entretanto, como se pode considerar o calórico enquanto substância imponderável neste meio físico, esta é uma questão que conduz a representação de calor a partir de modelos ondulatórios e vibratórios de fluidos que já se encontravam presentes na matéria. Segue em Fourier (1822), que o calor é um elemento que penetra em todas as substâncias do universo e se propaga em todas as partes do espaço, como nas vibrações harmônicas nos mares, no movimento dos capilares e nas vibrações harmônicas do ar.

O modelo ondulatório ou vibracional do calor se coloca como alternativa aos modelos substancialistas do calor, que se dava em função da dificuldade na aceitação do calórico como um fluido ou tipo de partícula imponderável. Conforme destaca Brush (1965), a teoria do calórico, já no início do século XIX, iniciou um fervoroso debate entre Herapath e os defensores da teoria do calórico, como se refere às observações de Poisson e Laplace. Este debate se concentra sobre divergentes interpretações dos experimentos de predomínio do que supostamente favorecia a teoria do calórico. Herapath questionava algumas das publicações sobre a teoria do calórico, denunciando eventuais fraudes ocorridas na Royal Society com referências a Davies Gilbert, que na segunda década havia assumido a presidência da instituição.

Desde a segunda década do século XIX Herapath desenvolveu modelos que seriam incorporados à formulação da cinética dos gases e contribuições para a cinética química, marca aspectos da transição para o conceito estatístico do calor. Segundo Martins (2006), para a comunidade científica aceitar a generalização do teorema *das forças vivas*, ou teorema da energia cinética enquanto propagação das moléculas, esta

se devia a algumas situações intermediárias, tais como a generalização dos experimentos do equivalente mecânico aos diversos campos da física. Até então, havia pouca credibilidade entre os cientistas, de que por si o movimento das moléculas ocorria sem um suporte material (éter físico). Por esta razão, se imaginava o movimento das moléculas de forma harmoniosa como dos sistemas planetários.

Nas leituras de Rumford “*Memoires sur la Chaleur*” se encontra uma revisão de importantes medidas de calor específico e calor latente para diferentes substâncias, também aparecem descrições de experimentos para medir a propagação de calor entre objetos a certa distância. Um tipo de experimento elaborado a partir de peças de canhões se torna bastante reconhecido, sendo citado por Joule como precursor do equivalente mecânico no início do século XIX. Ao perceber a formação de resíduos de chumbo acumulado nos canos das armas após sucessivos disparos, Rumford elaborou alguns experimentos que supostamente o levaria a determinação do calor latente de pulverização do metal, acreditando ser este o processo de formação de resíduos no interior das armas, após sucessivos disparos.

A realização dos experimentos de fricção de metais em um calorímetro imerso com água iniciou os experimentos para determinação do equivalente mecânico, ao identificar que a temperatura aumenta gradativamente em todos os instrumentos envolvidos. Sendo por esta constatação, o argumento de que o calórico não poderia se transferir de algum dos instrumentos⁵. A quantidade de calórico aumentava em todas as partes, por esta razão se encontram referências sobre este tipo de experimento nos documentos póstumos de Sadi Carnot, como hipótese da produção ou geração do calórico, o que na teoria cinética do calor tem como princípio a lei de conservação e transformação de energia.

2.4-A Gênese do Modelo Cinético do Calor

O modelo cinético tem por bases o princípio do equivalente mecânico do calor e o estabelecimento das leis da termodinâmica, que encontra seu apogeu no estabelecimento da formulação estatístico-molecular da matéria, dados a serem destacados em desdobramentos precursores da termodinâmica.

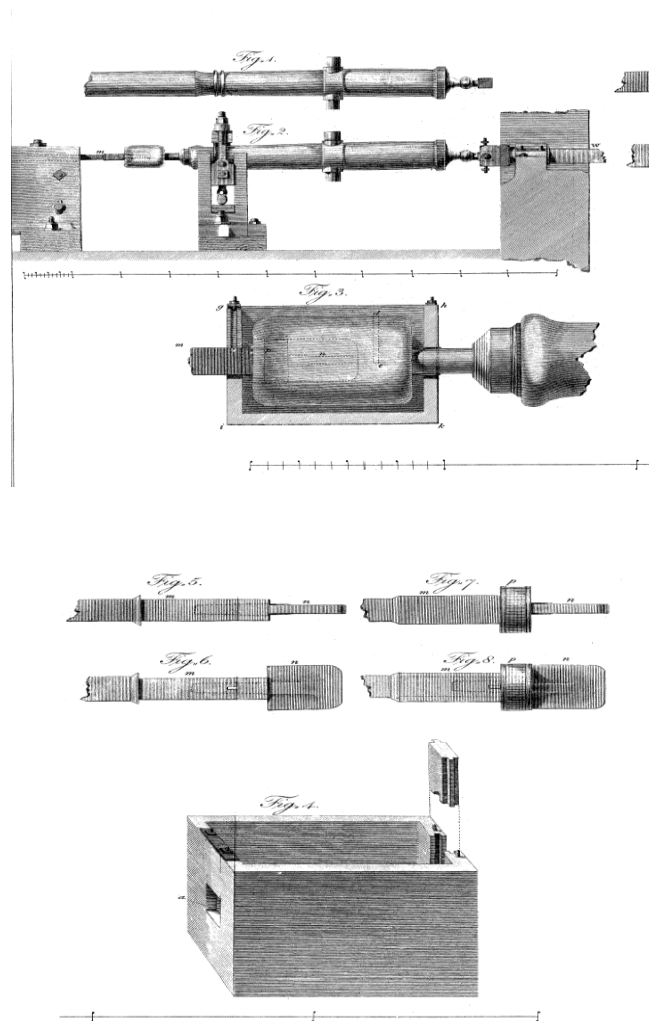
⁵ Citado por Joule 1851

A Calorimetria e a Mecânica dos Gases não explicavam todos os fenômenos associados a Calor e Temperatura. Esta percepção se evidencia com os trabalhos de Conde Rumford, sem o título, o Benjamim Thompson, (BRUWN, 1949; SICHAU, 2000) apesar de não ter uma formação acadêmica, sempre teve grandes cargos oficiais em ministérios ingleses e da Baviera em Munique, pelo seu destaque no aprimoramento das explosões de pólvora para armas de fogo, onde teve oportunidades e preocupação com as medidas do calor. A observação de pulverização dos metais, quando utilizados na fabricação das armas e munições, rendeu importantes experimentos, imaginados para medida de calor na formação de resíduos de metal, que se acumulavam enquanto decorriam os sucessivos disparos dos canhões. Rumford publicou alguns artigos importantes desde o final do século XVIII aos artigos publicados na primeira metade do século XIX, contribuíram para a interpretação da *Equivalência Mecânica do Calor*. Apresentam dados de experimentos montados a partir das peças de artefatos metálicos obtidos das armas, experimentos que contribuem veementemente para uma reformulação da teoria do calor, por esta razão os artigos são bastante citados na transição conceitual.

Os fundamentos para o estabelecimento do modelo cinético do calor e da cinética dos gases, se caracterizada pelo movimento das partículas e tem por origem os problemas evidenciados em experimentos para a determinação do calor específico e calor latente de mudança de fase, que já estavam presentes na teoria do calórico, e se identificam nos itens correspondentes á calorimetria. Os experimentos de Rumford se tornaram bases para ruptura com a teoria do calórico e conseqüente estabelecimento do modelo cinético do calor, pois os defensores da teoria cinética se apropriaram dos dados fornecidos em seus experimentos da fricção de metal, e fundamentação do princípio de conservação e equivalência mecânica do calor. Com estes dados, se iniciam as séries de experimentos para determinação de medidas e unidades do Equivalente Mecânico.

Figura 8. Experimentos de Fricção de Metais em meio aquoso⁶:

⁶ as descrições e imagens destes experimentos de Rumford se encontram nos artigos *Na Inquiry concerning the Nature of Heat* v1Jstor (1800-1814) e ainda na *Inquiry concerning the Source of the Heat is Exited by friction* na *Philosophical Transaction* 1798, este último pode ser extraído livremente em www.gallica.bnf.fr



O aspecto mais inovador nos experimentos de Rumford, reconhecido entre os historiadores da ciência e pelos cientistas contemporâneos, como Joule e Mayer, é que o calor resulta da transformação do movimento no processo de fricção pela rotação mecânica de uma broca metálica num cano. Este experimento também gerou o corpo residual nas sucessivas explosões, entretanto, imerso em um tanque com água, estes e todas as peças envolvidas aqueceram.

Conseqüentemente, o calor gerado está associado à intensidade e duração da fricção, e não tem comportamento de um fluido expelido dos objetos para a água (BRUWN 1949). A fonte de geração de calor no processo de atrito deve estar associada diretamente ao movimento de fricção, levando a uma relação de proporção entre intensidade da energia mecânica da rotação e transformação de calor na fricção.

A síntese das séries de experimentos para verificação da conservação de energia pode ser comparada pela determinação do equivalente mecânico, que deve assumir valor constante, mesmo para experimentos que envolvem diferentes materiais em diferentes estados. Nas séries de experimentos discutidas no artigo de 1851, Joule identifica o equivalente mecânico e sua conservação do aparelho, ao conteúdo do calorímetro para o mercúrio. Unidade térmica utilizada corresponde ao BTU (unidade térmica inglesa), nos cálculos que seguem, entretanto, Joule utiliza libras (lb), para designar o cálculo do calor envolvido na variação térmica da água como próprio Joule cita, **1° FAHR. in 7·842299 lbs. of water.** é a força total de fricção que realiza trabalho de aquecimento da água em um grau na escala Fahrenheit corresponde à força de queda dos dois pesos mais a força utilizada vinte vezes na repetição dos lançamentos a força de fricção corresponde a soma da força de movimento que Joule estimou em 6050,186 lb e adiciona a força elástica do aparelho durante os vinte lançamentos $0,8464 \times 20 = 16,928$ pés - libras que resulta em 6067,114 pés-lb.

$$\text{Hence } \frac{6067 \cdot 114}{7 \cdot 842299} = 773 \cdot 64 \text{ foot-pounds}$$

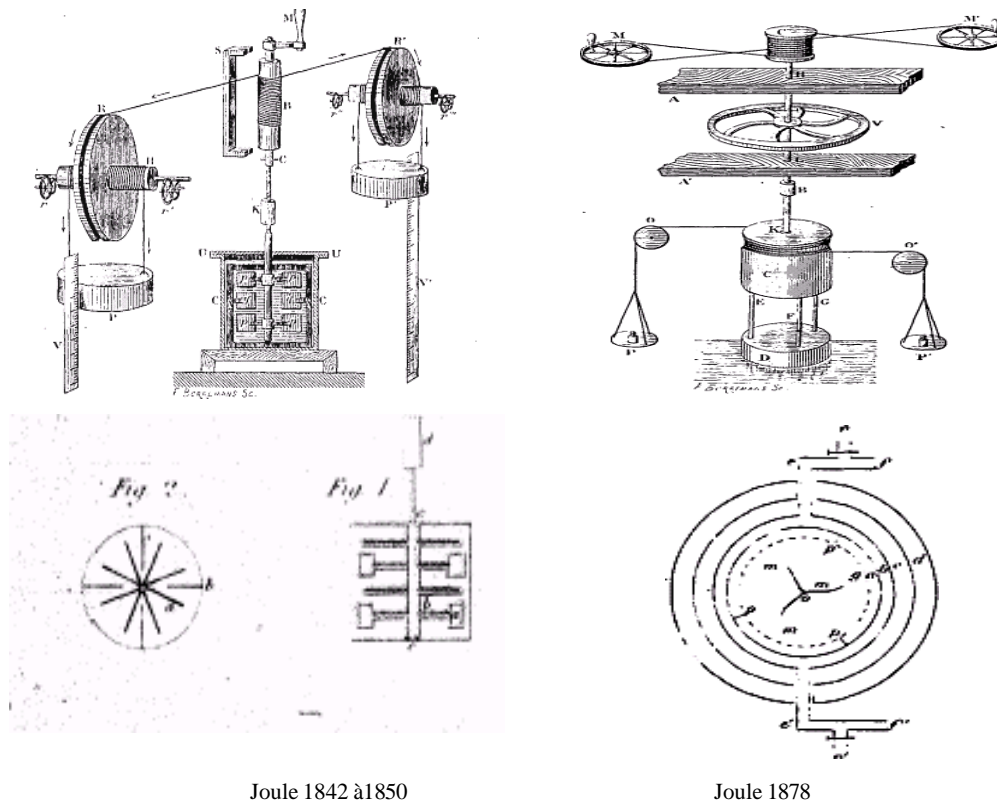
Considerando que 1N corresponde a 0,138 Pound (unidade inglesa de força mecânica) e que o fator de conversão de BTU (Unidade Térmica Inglesa) para Kilocalorias de 1BTU= 0,252 Kcal ou 252 calorias obtém – s o equivalente mecânico do calor, sendo que a precisão desta medida passou por diversos ajustes, contendo uma convergência dos resultados, indicando a demonstração qualitativa da relação de equivalência e conservação do calor para o valor atual neste sistema de média, ou seja,

$$778 \text{ foot-pounds. } 1 \text{ unidade de calor, "caloria" equivale a } 778 \cdot \frac{0,138}{0,252} = 426 \text{ Kg-força e}$$

correspondente a unidade de Joule $426 \times 0,102 = 4,18$ joules, ou $4,18 \text{ N.m/cal}$. Tem como relação fundamental: $J = \frac{W}{Q}$. Entretanto os desdobramentos do cálculo do

Equivalente é apresentado nas linhas que seguem. Os valores de conversão foram aprimorados durante toda a segunda metade do século XIX, comparada no parágrafo anterior o próprio Joule repetiu esta experiências várias vezes entre 1842 a 1878 nas referências.

Figura 9 Aprimoramentos de Joule aos experimentos de Fricção⁷:



Experimentos de Rowland, Moynan Faraday e M. Griffiths segundo Pellat (1896), entre outros, possibilitaram a medida do equivalente mecânico na condutividade elétrica. As experiências de medição do calor produzido pela passagem de corrente elétrica em diferentes meios condutores com diferentes coeficientes de condutividade e resistência elétrica sugerem uma generalização do conceito de equivalência mecânica do calor, cabe destacar que a partir do material coletado, não é possível considerar a paternidade dos experimentos do equivalente mecânico (LLOYD, 1970; MARTINS, 1984), entretanto, segundo Tindall (1859) situam-se neste cenário, os experimentos de Mayer em Heilbronn, Alemanha, reportando aos artigos de 1842 e de Joule em Manchester, 1843 e 1849 caracteriza o início dos experimentos sobre o equivalente mecânico. Segundo de Meis(2004), é atribuído a Mayer algumas considerações sobre geração de calor em sistemas biológicos e corpo humano, por exemplo, nas observações de oxidação no sangue, e relação com o calor, não estaria somente associada a reações

⁷ as imagens dos Experimentos de Joule de 1842 e 1878 se encontram no texto de Pellat et al 1895 e joule 1850 em artigo de sua autoria "On the Mechanical Equivalent of Heat" *Philosophical Transaction* 61-82 1851, ambos disponíveis em www.gallica.bnf.fr

digestivas, mas deve considerar também os movimentos e atividades do corpo. Mayer acompanhou viagens de navio ambientes muito frios e impróprios para a conservação da temperatura dos homeotérmicos, como em mesmas condições de alimentação e sem isolamento térmico, poderia-se manter o corpo aquecido era uma questão na qual a ideia de que o organismo homeotérmico tivesse como fonte única de calor nos alimentos.

Figura 10: Conversão de Calor nos seres vivos:



Estavam tecidos os pontos de convergência para uma generalização não somente da conservação, mas também da transformação de energia em diferentes modalidades e processos. A geração de um desequilíbrio é condição básica para aproveitamento de energia da natureza. No entanto, uma preocupação proeminente, a das eventuais dissipações de energia durante a conversão de movimento em calor, transcorre nos aprimoramentos das séries de experimentos de equivalente mecânico, o que impulsiona este tipo de experimento, e com fundamento essencial o estabelecimento da ideia de conservação e transformação como algo que relaciona todos os fenômenos naturais, o que tornou comum entre os cientistas a atualmente denominada *Primeira lei da Termodinâmica*.

Segundo Brush (1965) este período passou a ser conhecido pela “*revival teory kinetic*” e tem por propósito a tentativa de estabelecer um modelo cinético dos gases, foram retomadas as iniciativas de Herapath no início do século XIX por Waterston por volta de 1841, Helmholtz em 1847 caracterizam algumas tentativas de se estabelecer uma generalização do teorema da energia cinética para a formalização de uma cinética dos gases.

Outra questão fundamental, entretanto, está em delinear como o calor se identifica com as transformações de energia, uma vez que calor não se resume a sensação, nem a um tipo de fluido de matéria, mas uma manifestação natural de uma relação complexa que envolve a natureza dos fenômenos do planeta, como a vida e a

própria origem do Universo. As relações entre calor e atividade biológica foram destacadas nos trabalhos de Mayer por volta de 1840, que pareciam indicar a necessidade de novas variáveis aos fenômenos da termodinâmica, e conduziram os desdobramentos da termodinâmica até início do século XX. Entre outros aspectos, se fazia necessário entender sistemas como organismos biológicos e máquinas térmicas, como estes sistemas funcionam e se relacionam com o ambiente, relação esta, que mostra limitações da primeira lei da termodinâmica, para sistemas fechados, não a torna suficiente para entender os sistemas naturais como organismos vivos, sobretudo para diferenciação física dos fenômenos *reversíveis e irreversíveis*.

Nos sistemas abertos e *Máquinas Térmicas Reais*, a interpretação dos fenômenos físico-químicos, e mais especificamente dos sistemas biológicos com suas interações mecânicas em seus processos físico-químicos, se deparava com o problema do modelo organizador biológico, que era seguido pela *irreversibilidade* das relações de equilíbrio térmico, o que caracteriza a morte de um sistema biológico. Este fato não poderia ser explicado somente pela ativação de reações físico-químicas, e em outra, uma total eficiência no aproveitamento mecânico do calor, por uma máquina perfeita, conhecida como *Motor Contínuo* não seria meramente *uma questão de tecnologia*, mas decorreria de *uma impossibilidade da natureza*, dada à relação entre um sistema termodinâmico com o meio.

Os desdobramentos iniciais para estas duas questões seriam considerados nos teoremas como de Clausius, Maxwell, Kelvin e Boltzmann, que se desenvolvem sobre as bases da *segunda lei da termodinâmica*. Entretanto, esta relação não seria imediata, o que depende do desenvolvimento de outras novas variáveis. A variável essencial para diferenciação de processos reversíveis e irreversíveis é sem dúvidas a *entropia*, e perpassa pelos teoremas de Clausius em 1857 e 1859.

O estabelecimento da entropia para análise de sistemas termodinâmicos constituídos por partículas se estabelece pelo modelo cinético, que deve superar argumentos da velha mecânica dos gases formulada desde o período do Renascimento até os modelos como formulados por Newton, que também se faz

presente na mecânica dos gases de Boyle sobre os espaços médios entre as moléculas do estado gasoso. Nesta nova formulação, se considera necessário abandonar a ideia de impenetrabilidade dos espaços entre as moléculas e o conseqüente formalismo da expansão dos gases a partir do centro de gravidade, modelo este que não considera a dimensão das moléculas nem a absorção de energia interna. Embora não seja possível abordar em detalhes, cabe destacar que a formulação de uma teoria estatística para a distribuição de calor a partir de colisões entre moléculas, considerar as interações mecânicas entre as partículas livres, cuja expansão de um gás é resultante destas colisões, tal abordagem encontra grande contribuição nos trabalhos de Maxwell.

Em Maxwell (1858) se desenvolve uma formulação algébrica para (N) esferas interagindo em "*Illustrations of the Dynamical Theory of Gases*" apresentando algumas das propriedades do modelo cinético e molecular para representação do estado gasoso, a partir das distribuições estatísticas de velocidade de propagação do conjunto de moléculas em expansão livre. O cálculo da distribuição da velocidade com que se propagam as moléculas de um gás tem por hipótese a generalização do teorema da energia cinética média. Neste caso, se torna possível estimar analiticamente a média da velocidade das partículas do gás em expansão, sabendo somente a temperatura e as dimensões das moléculas, indica analiticamente a direção e a velocidade de propagação das moléculas de gás.

Estas distribuições de velocidades para um gás em expansão, obedece à lei da *Equipartição de Energia*, as velocidades são aleatórias e por isso o caminho médio da expansão do gás pode ser expresso pelas leis de probabilidade. A consistência desta nova formulação matemática decorre da colaboração de outras personalidades, como Boltzmann Clausius Kelvin, Gidds, ente outros, e constituirá a formulação da Termodinâmica Estatística. Maxwell tentou, entretanto, escapar da irreversibilidade, com a proposição de um ser fictício ter a possibilidade de reverter uma expansão livre de um conjunto de (n) partículas, conhecendo os valores iniciais de cada uma, prevendo as distribuições de velocidade e intervindo individualmente em cada molécula (MATTOS&HAMBURGUER, 2004).

A dificuldade do estabelecimento de uma formulação determinista para a cinética dos gases se verifica em problemas como do movimento por trajetórias

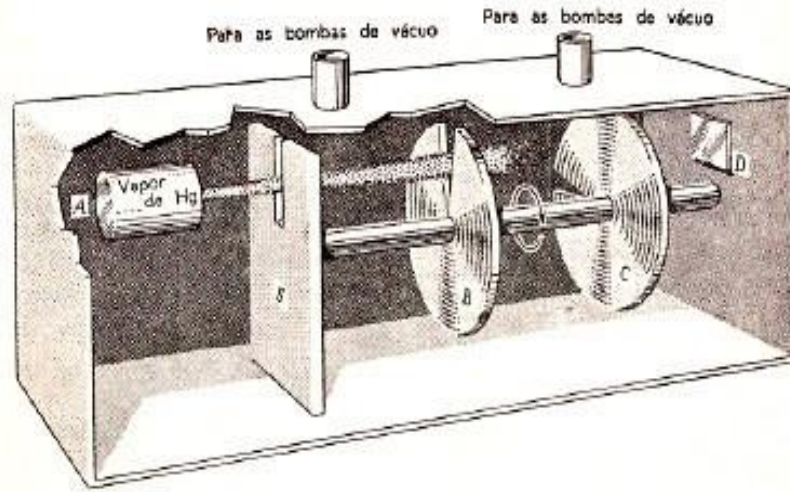
aleatórias das partículas de grãos de pólen em suspensão. Esta constatação leva a crer que as moléculas colidem aleatoriamente com os grãos, produzindo diferentes trajetórias para cada partícula de grão de pólen em um recipiente em repouso, estes grãos em suspensão interagem com as moléculas da solução aquosa e por isso realizam as trajetórias aleatórias (explicação que viria a se concretizar no final do século XIX e início do século XX). O biólogo R. Brown havia identificado este movimento aleatório nos grãos de pólen em solução aquosa muito antes da formulação estatística da termodinâmica. Entretanto, este seria um problema a ser abordado por um tratamento estatístico, dadas às impossibilidades de obter informações necessárias para uma formulação determinista, em se saber, por exemplo, o número exato de moléculas no sistema, a energia cinética, quais variações de momento se estabeleceram em todo o percurso. Deste modo, se torna mais apropriado o tratamento estatístico.

Em um resultado estatístico, se reescreve a velocidade em termos da constante de Boltzmann conseqüentemente, em termos da distribuição probabilista, ou seja, é direcionada em termos de um valor médio, a equipartição da energia, confirmada em diversos experimentos com expansão livre, no século XX generalizou sobre soluções líquidas. Através desta nova formulação foi possível um modelo que abarcasse uma explicação do movimento browniano do século XIX, as moléculas, assim como qualquer partícula em um líquido em suspensão participam do processo térmico pela hipótese de Einstein no início do século XX, por isso, seguem movimento aleatório.

As possibilidades reais se colocam a partir das condições de contorno da teoria das probabilidades, estabelece analogias úteis para a formalização da *Termodinâmica Estatística*. Os movimentos das moléculas não poderiam obedecer a movimentos de rotação e translação em uma formulação determinista, ou da força centrípeta como acreditava Newton. As moléculas realizam trajetórias e movimentos diversos simultâneos e cada uma delas apresenta diferentes possibilidades das quais não podem ser determinadas individualmente, assim desencadeia um processo de expansão, no qual não é possível determinar quais foram às colisões que sucederam somente pode-se prever um caminho médio para sua expansão.

A verificação experimental do teorema de Maxwell das distribuições das velocidades moleculares ocorreu no início do século XX com os experimentos de Stern considerado um êxito a técnica do feixe atômico e molecular, a determinação

experimental das distribuições reais das velocidades. O que colocava efetivamente como consequência, que a velocidade quadrática média seguia as mesmas condições de contorno definida pelas leis da probabilidade.



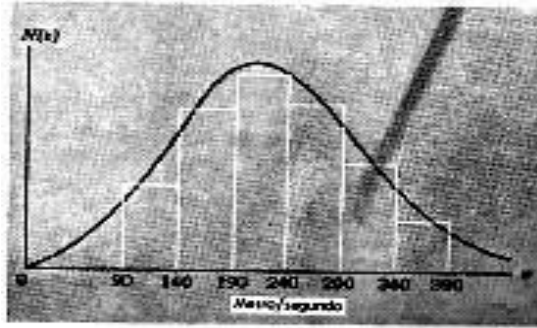
Halliday&Resnick (1965,p.659)

A energia cinética média e a energia potencial, média corresponde, respectivamente:

$$\frac{1}{2} I \overline{\omega^2} = \frac{1}{2} kT$$

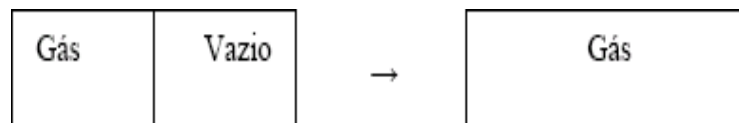
$$\frac{1}{2} \kappa \overline{\theta^2} = \frac{1}{2} kT,$$

Em um resultado estatístico, se reescreve a velocidade em termos da constante de Boltzmann consequentemente, em termos da distribuição probabilista, ou seja, passa a ser direcionada em termos de um valor médio, a equipartição da energia, que continuou válida e foi confirmado em diversos experimentos com expansão livre, realizados início do século XX. Através desta nova formulação, foi possível a elaboração de um modelo que abarcasse a explicação do movimento browniano, observado no século XIX. As moléculas, assim como qualquer partícula em um líquido em suspensão também participam do processo térmico pela relação de $3/2kT$ na hipótese de Einstein, dado do início do século XX, por isso, se justificam as trajetórias e movimento aleatório, em que k representa a constante de Boltzmann que é utilizada e incorporada à Cinética dos Gases.



Halliday&Resnick (1965,p.660)

Esta consistência da *Termodinâmica Estatística* caracteriza a distinção entre um *sistema reversível* e *sistema irreversível*, como os organismos vivos, tendo por ferramenta analítica para tal distinção a *entropia*. Embora não seja possível apresentar os detalhes nas demonstrações de tais teoremas, cabe destacar que a entropia apresenta uma medida objetiva da propagação do calor, enquanto medida da distribuição da expansão de uma quantidade de partículas de matéria em um determinado espaço amostral, em um intervalo de tempo.



Deste modo, tanto nos casos de equilíbrio térmico quanto nos processos que ainda não tenham atingido o equilíbrio, apresentam um grau de entropia e um sentido definido para o aumento desta entropia. Pela formulação estatística, esta medida de entropia segue os procedimentos matemáticos das leis da probabilidade, com isso, a segunda lei da termodinâmica nos diz que é fisicamente ou materialmente impossível a realização do total isolamento térmico de um sistema, visto que todo conjunto termodinâmico envolvido no universo converge para a estabilidade e segue pelo aumento da desordem. Neste raciocínio, uma máquina termodinâmica fatalmente converge para o equilíbrio com o universo, e por esta razão a máquina de Carnot se torna incompatível com a realidade, não por uma questão de tecnologia, mas por uma impossibilidade da natureza. Segue, no entanto, a definição de sistema reversível.

Pode-se definir um processo reversível sempre que existe a representação de um ciclo fechado entre o calor trocado e que se conserva no todo, de modo que a

variação final seja nula, não ocorrem perdas. Então, a entropia final, enquanto quantidade de calor, num intervalo inicial, será necessariamente igual à quantidade final de calor (a entropia final se iguala à inicial). Nos processos irreversíveis, a entropia aumenta progressivamente de modo que, em um determinado intervalo de tempo, a entropia final será sempre maior que a inicial, caracterizando progressivo equilíbrio térmico que tende a igualar às diferenças entre os intervalos do ciclo. Como consequência deste teorema, se torna possível considerar que a máquina de Carnot ou o ciclo de Carnot não se realiza na prática, pois não existem sistemas fechados na natureza, todos os sistemas naturais têm participação termodinâmica com o Universo, incluindo as máquinas termodinâmicas e disto decorre que a entropia do universo aumenta progressivamente caminhando para equilíbrio ou morte térmica. Consequentemente, a teoria deve considerar a eficiência de uma máquina térmica real.

A formulação estatística tem boa aproximação para o comportamento dos gases, e encontraria seus limites antes do século XX. Neste caso, a “equipartição de energia” diz que a princípio, todos os tipos de partículas e de movimentos podiam ser considerados simples “bolinhas”, o que não dava conta de questões básicas que envolvem calor em outros campos da física, tal como da interação entre matéria e radiação. Neste caso, as observações sobre o funcionamento dos materiais luminescentes, apontavam para uma relação de continuidade e descontinuidade nas raias espectrais dos sólidos e dos gases respectivamente, também em certos casos revelavam que nem todas as partículas pareciam receber energia, neste caso, o calor específico dos sólidos adquiria medidas menores que o esperado (MARTINS, 2006). Certamente estas questões se resolveriam com outros modelos conceituais, pela necessidade de uma teoria nova, que envolvesse a relação entre matéria, calor e radiação, segundo Martins (2006) pelos itens:

1. radiação do corpo negro - Planck
2. efeito fotoelétrico - Einstein
3. calor específico de sólidos - Einstein
4. espectro atômico descontínuo - Bohr

Tal formulação viria com o paradigma da Mecânica Quântica (MQ), objeto de grandes debates filosóficos entre os modelos de continuidade e descontinuidade, ondas e partículas, centrado nas diferentes interpretações de seu formalismo e por um intenso

debate sobre a correspondência das teorias como modelos de representação da realidade dos fenômenos.

Uma síntese dos aspectos da construção dos itens do formalismo do calor pode ser identificada nas etapas dos modelos conceituais, podendo ser assim caracterizado:

<p>O Conceito de Calor na Antiguidade Grega.</p> <p><i>ideias básicas:</i> o calor é concebido como parte que constitui a matéria e o atomismo representa a ideia indivisível. Segue que a constituição da matéria é dada exclusivamente pela combinação dos quatro elementos. Neste caso, o calor é o elemento fogo, e constitui parte da matéria que se agrega e se mantém, por meio do elemento imaterial ou quintessência.</p> <p><i>Instrumentos:</i> Turbina a vapor, Recipientes metálicos resistentes ao fogo.</p> <p><i>Questões:</i> Devia-se isolar a alma da matéria ou a quintessência.</p>
<p>O Conceito de Calor no Período Medieval e Renascentista</p> <p><i>ideias básicas:</i> por meio de experimentos com balões para destilação, se identificam propriedades dos álcoois, e também se inaugura uma primeira fase da mecânica dos fluídos e em meio a experimentos para obtenção de vácuo, surgem as primeiras bombas de ar. Aqui, o ar é tido como um fluído que ganha fundamento mecânico e sustentabilidade física de uma estrutura de partículas em sustentação no éter. Decorrem, ainda, as primeiras ideias sobre temperatura, porém ainda associadas à presença do elemento fogo, que não se identifica por uma distinção conceitual de calor e temperatura.</p> <p><i>Instrumentos:</i> Bombas de ar: aparatos de destilação, barômetros e termoscópios</p> <p><i>Questões:</i> Identificação do vácuo, pressão atmosférica comportamento do estado gasoso.</p>
<p>O Conceito de Calor nos Séculos XVII e XVIII ou O Conceito de Calor Como Substância</p> <p><i>ideias básicas:</i> verificações de Lavoisier sobre as reações químicas, torna filosofia dos quatro elementos menos atraente, pois tudo era formulado em torno da decomposição destes elementos, e não dava conta, especialmente na explicação das reações que envolve gases da atmosfera com substâncias sólidas, com isso, o calor passa a ser visto como um elemento imponderável e imaterial, enquanto a temperatura uma medida objetiva para indicar fluxo de calor, e ainda podem ser obtidas distintamente, pro relações analíticas. (calor é entendido como algo que se transfere em diferentes materiais em seus diferentes estados!!!!)</p> <p><i>Instrumentos:</i> termômetros, balões volumétricos e tubos de vidro, reservatórios térmicos, materiais condutores e isolantes de calor.</p> <p><i>Questões:</i> determinação de condutividade de calor, calor latente e calor específico das substâncias. Decorre também a procura da eficiência nas máquinas a vapor.</p>
<p>A Gênese do Modelo Cinético do Calor</p> <p><i>Ideias básicas:</i> As séries de experimento do equivalente mecânico passam a entender calor não apenas pela ideia de transferência, mas também pela ideia de transformação do movimento de fricção em calor, e generaliza-se por experimentos diversos, como na eletricidade e nas eletrólises químicas, o que tende a reforçar a ideia de calor como modalidade de energia. Procura-se uma generalização da energia cinética</p>

de partículas, para representação da transformação de energia e conservação, o que se apresenta na termodinâmica.

Instrumentos: experimentos do equivalente mecânico, bombas de ar

Questões: Estabelecimento de uma precisão na conversão Joule caloria para os diferentes fenômenos associados à variação de calor. Estabelecimento de um formalismo para a interação das partículas para um sistema de (n) partículas interagindo.

Dados obtidos pelo estudo histórico do calor, o passo seguinte, corresponde a verificação dos erros e distorções na explicação das propriedades do calor cometidos a partir das referências históricas nos livros didáticos analisados.

Capítulo 3 A análise das referências históricas nos livros didáticos

Este capítulo apresenta a análise das amostras de livros didáticos, conforme previamente delimitada pelos procedimentos metodológicos de análise das referências históricas em livros didáticos, e para realização dos procedimentos específicos de coleta e análise das amostras, no que tange selecionar referências históricas. Consequente avaliação sobre a consistência metodológica de tais referências que se distribuem arbitrariamente nos critérios das obras em suas estruturas, com destaque para os erros e distorções na fundamentação histórica para as propriedades conceituais do calor.

3-1 Descrições prévias sobre a amostra dos Livros Didáticos:

Esta investigação pretende *apontar como as referências históricas estão inseridas na apresentação de conteúdo no estudo do calor*. Ao mapear estas referências, passa-se a investigar como elas estão sendo utilizadas nos textos para explicar o lógico as fórmulas e definições específicas. A sequência de procedimentos das referências históricas nos livros didáticos depende:

(primeiro) da estrutura das obras quanto à apresentação dos conteúdos específicos no estudo do calor

(segundo) da localização das referências históricas distribuídas ao longo dos textos.

A localização das referências históricas nos livros didáticos consiste, neste caso, numa fase preliminar à realização das análises propriamente, a saber, de como a história é inserida nos textos das obras didáticas. Decorre, com isso, a realização da análise dos erros e distorções cometidos em tais referências, seguidas de algumas considerações dos comprometimentos no ensino.

Posteriormente à descrição das amostras, identificação e classificação quanto à participação das referências históricas nas obras didáticas, decorre das etapas da coleta das referências e classificação, na última etapa se analisam propriamente o conteúdo das referências, os comprometimentos e implicações para o entendimento de conteúdos do calor, segundo as possibilidades de para análise das referências históricas presente nas obras didáticas. Com a historiografia, se reconhece pelo menos três formas, a saber, para *atribuição de autoridade* ou paternidade de uma descoberta, caracterização de uma *revolução conceitual*, ou estabelecimento da *ideia de progresso* no conhecimento (MARTINS, 1993; CACHAPUZ et al, 2005).

Seguem para realização desta etapa da pesquisa, com livros didáticos, as três modalidades de referência da história no estudo do calor que se definem por:

a) referências de autoridade: o conhecimento é estabelecido apenas por este ou aquele cientista

b) referência de mudança conceitual: destaque da transição quatro elementos para o calórico e posteriormente conceito de energia

c) referências que apresentam linearidade: seqüências de descobertas que se sobrepõem sem que se apresentem controvérsias e substituição de conceitos.

Identifica-se, como análise previa da estrutura de conteúdo da amostra de autores, duas categorias, *as obras extensas constituídas de três volumes* com Máximo&Alvarenga (2006) e *obras compactas, constituídas por volume único* com Ueno (2006) e Paraná (2004). Somente os autores de obras de volume extenso foram aprovados no PNLD de 2006, em que se iniciam as avaliações dos itens de história e filosofia da ciência como elementos obrigatórios a serem incorporados nas obras didáticas.

As descrições dos aspectos da história se encontram arbitrariamente nos autores, conforme se verifica na apresentação das especificidades do estudo do calor. Para fins de sistematização da análise dos autores, o autor da dissertação desenvolve o seguinte esquema:

A- Descrição da estrutura de apresentação do estudo do calor nas amostras:

1- Obras de volume único:

Paraná (2004) designado por L₁ apresenta o estudo das especificidades do calor nas páginas (146 a 181) referente à segunda parte do livro, sendo destacados por módulos (31 até 38) respectivamente Termometria, Dilatação dos Sólidos, *Calorimetria (I), (II) e (III)*, *Transmissão de calor e O Estado Gasoso* finalizando com *secções extras* designadas como possíveis aplicações, para em seguida realizar a apresentação da *Termodinâmica* no módulo 38.

Ueno (2006) designado por L₂ apresenta o estudo das especificidades do calor nas páginas (138 à 196) referente a Unidade (II) que se distribuem em módulos (33 até 47) e se apresenta respectivamente um módulo de *introdução* ao tema, seguida das *Escalas de Temperatura, Calor como Energia, Calor e Propagação, Calculo da Quantidade de Calor (I) e (II), Poder calorífico, Mudança de Estado (I) e (II), Dilatação (I) e (II), Estudo dos Gases, Termodinâmica (I), (II) e (III)*.

2- Obras extensas, constituídas por três volumes:

Máximo&Alvarenga (2006) designado por L₃, apresenta o estudo das especificidades do calor nas páginas (12 à 151) Estas páginas se distribuem em duas unidades distintas, sendo na *unidade 5* intitulada Temperatura – Dilatação – Gases subdividida em dois capítulos, *os termômetros* entre as páginas (11 à 36) e o *comportamento dos gases* entre as páginas (38 à 66), na unidade 6 intitulada Calor, os autores apresentam em dois capítulos, os aspectos da *primeira lei da termodinâmica* entre as páginas (68 à 119) e *mudança de fase* entre as páginas (122 à 151).

Dentre as características que prevalecem na estruturação dos conteúdos nos livros didáticos, se verifica a existência de uma arbitrariedade na forma com que se subdividem as especificidades do tema calor, em que os autores criam suas próprias

estratégias de organização e divisão das especificidades dos conteúdos, assim se caracterizam os cursos de física à moda dos autores.

O passo seguinte consiste na verificação de como estes autores relacionam aspectos da história para as estratégias de apresentação dos conteúdos em sua formalidade. Previamente podem ser identificadas as páginas das obras em que aparecem as referências de aspectos da história.

Referências Históricas nas obras selecionadas:

1- Obras de volume único:

L₁ - Referências Históricas:

Escalas na termometria, página (146 e 147)

Calorimetria (I) aparece a definição de calor como energia posteriormente,

Calorimetria (II) se faz referências à Joule sobre a verificação experimental do Equivalente Mecânico na página (158).

O Estado gasoso, entre as páginas (170 e 171) se faz referência a lei Boyle-Mariotte, Charles-Gay Lussac, e por fim identifica a expressão de Clapeyron com a constante de Boltzmann.

A Termodinâmica aparece com os nomes de James Watt e Denis Papin para a maquia a vapor, pagina (178).

Em L₂ as Referências Históricas se apresentam:

Módulo 34, com as escalas, página (142 e 143)

Módulo 35 ao finalizar o tópico Energia térmica e calor, o autor dedica um parágrafo sobre a transição da teoria do calórico para o conceito de energia, na página (148).

Na apresentação do módulo 45, referente à Termodinâmica (I) apresenta uma

introdução histórica sobre o desenvolvimento da máquina a vapor, nas páginas (184 e 185). Em termodinâmica (III) o autor apresenta um parágrafo sobre a elaboração da máquina de Carnot.

2-Obras extensas, constituídas por três volumes:

Em L₃ se encontram as referências históricas:

Capítulo 10, a partir da página (14 e 15) sobre a construção das escalas termométricas, presentes no item 10.1, apresenta um tópico especial em 10.4 para tratar exclusivamente da história dos termômetros e escalas, da página (27 até 29).

No capítulo 11, referente à Mecânica dos gases, se encontram referências históricas de personalidades, Boyle na página (40), Gay – Lussac, página (44) Avogadro, página (47) Perrin, página (48) Boltzmann, página (55). Finaliza o capítulo 11 com uma seção de história da cinética dos gases, entre as páginas (57 até 60).

No capítulo 12, a seção 12.1 encontra a apresentação do conceito de calor como energia, os autores referenciam aspectos da teoria do calórico, identificam Rumford como precursor da transição para o conceito de energia, na página (70). Nas páginas (90 e 91) referentes ao item 12.5, primeira lei da termodinâmica, os autores fazem referência ao experimento do equivalente mecânico de Joule e finalizam o tópico com uma seção sobre as máquinas a vapor como fundamento à segunda lei da termodinâmica entre as páginas (93 até 97).

O texto apresenta também alguns apêndices antes de terminar o capítulo, transferência de calor em C1, referências à lei de Stefan - Boltzmann na página (107) e C2 o ciclo de Carnot acompanhado por referências biográficas do mesmo, na página (112).

~~3.2 Caracterização Analítica das Referências Históricas:~~

Tendo em vista as referências histórias apresentadas pelos autores, passa-se à verificação de como estas referências se inserem na apresentação das especificidades do estudo do calor. Consiste, a saber, nos procedimentos da análise propriamente das referências históricas nas amostras coletadas, para formulação da análise qualitativa de como os autores utilizam a história para explicitação da formação do conceito de calor.

Em outras palavras, o estabelecimento das regras necessárias para os destaques a fim de se evidenciar diretamente trechos dos livros didáticos e cometa-los, tal análise se estabelece por base nos apontamentos de Martins (1993;2001); Alfonso-Goldfarb (1993) e Cachapuz et al (2005) que identificam algumas perspectivas apontadas na presente pesquisa, como tendência presente na (referência histórica A) e (referência histórica B) para as referências de história em textos de ensino e de forma complementar a tendência apontada na presente pesquisa se designa pela (referência histórica C) da seguinte forma:

- (Referência histórica A) A história para indicar as personalidades relevantes ao estabelecimento de uma lei, teoria, postulado, axioma destacado pelo autor.
- (Referência Histórica B) A história dos aspectos paradigmáticos, em que os autores procuram esboçar um traçado considerado correto da substituição de conceitos e teorias, para se destacar quais as etapas de formação de um conceito. Neste caso, podem incluir os elementos de transição e de revolução científica, a saber, a filosofia dos quatro elementos em transição para a teoria do calórico, e a transição entre a teoria do calórico para a ideia de energia, com referências aos argumentos e experimentos considerados essencialmente precursores da substituição da teoria do calórico ao estabelecimento do conceito de energia.
- (Referência Histórica C) Consequente ideia de progresso na formação do conhecimento do calor.

Uma característica não apresentada pelos autores, na definição de critérios de apresentação dos conteúdos, consiste na utilização da história da formação do conhecimento do calor, como eixo de organização da sequência de ensino. Com isso, se encontram referências que convergem para à consistência do argumento de Cachapuz et al (2005) que afirma prevalecer a ideia de progresso linear no conhecimento, isto parece se confirmar, assim como as pesquisas atribuem aos vários segmentos dos textos das obras didáticas, ao se destacar esta tendência. Em contrapartida, a linearidade, se encontra nas tendências de elaboração de sequências de ensino pautadas na evolução histórica dos conceitos, como se verifica no exemplo do projeto de Ensino de Termodinâmica por Investigação de autoria de Carvalho et. al. (1999).

Segue que as três categorias, enquanto tendências dos autores das obras didáticas caracterizam a utilização de referências históricas, e representam potencialmente algumas formas de incursão inadequada, e que acarretam tipos de manifestações já evidenciadas nas pesquisas de análise de livros didáticos, na categoria de erros, distorções e omissões da história de um determinado conteúdo que os autores das obras didáticas pretendem demonstrar⁸

Finalidades na utilização das Referências Históricas (A,B e C) identificadas nas obras didáticas:

amostra L₁

A) Referência de autoridade ou paternidade nos itens do estudo do calor

Módulo 31 *Termometria*

O texto referência a personalidade de Celsius (1701-1744) Gabriel Daniel Fahrenheit (1686-1736) Willian Thomson Kelvin (lord Kelvin , 1824-1907) Referências biográficas sobre personalidades para formulação das transformações dos gases encontram

Módulo 34 *Calorimetria (II)*

O autor apresenta o experimento do equivalente mecânico de Joule referindo-se a data de 1843.

Módulo 37, *O Estado Gasoso*

Robert Boyle (1627-1691), para a transformação isotérmica, Jacques Alexandre Charles (1746-1824) e Joseph Gay Lussac (1778-1850) para transformações isobáricas e isométricas, e gases ideais página (170). *Equação da energia cinética dos gases* James Clerk Maxwell (1831- 1879) e Ludwing Boltzmann página (171) e Paul-Émile Clapeyron (1799-1844) *Equação geral dos gases perfeitos para a formulação*

⁸ Categoria de erros, distorções e omissões no uso de referências históricas representa uma linha de pesquisa no ensino de ciências e matemática especificamente vinculada à análise das obras didáticas quanto às referencias históricas na apresentação dos conteúdos. Esta pesquisa designa três formas potencialmente equivocadas quanto às referencias históricas identificadas na amostra de obras didáticas, nas especificidades do calor.

*molecular. Denis Papin (1647-1714), James Watt (1736-1819)
aprimoramento da máquina a vapor do século XVIII*

B)-O texto não menciona elementos de transição

C)- Referência aos aspectos de progresso ou desenvolvimento de item, referência

Módulo 31 *Termometria*

A sequência utilizada na apresentação das escalas termométricas entre Celsius e Kelvin se coloca no texto para a sequência histórica de aperfeiçoamento das escalas.

Módulo 33 *Calorimetria (I)*

O autor referência que Clausius (1822-1888), juntamente com Joule e lord Kelvin estabeleceram o conceito de calor como energia que se transfere, dada uma diferença de temperatura, página (154).

Módulo 34, *Calorimetria (II)*

Linearidade e descobertas individuais entre as transformações dos gases, até a formulação da cinética dos gases, páginas (170 e 172) seguida pelo aprimoramento da construção da máquina a vapor para a formulação da termodinâmica.

Módulo 38 *Termodinâmica,*

No intervalo de páginas (178 até 180) descreve a máquina de James Watt (1736-1819) como aprimoramento da máquina a vapor do século XVIII de Denis Papin (1647-1714)

amostra L₂

A) Referência de autoridade ou paternidade nos itens do estudo do calor

Módulo 34 *Escalas Termométricas*

Anders Celsius (1701-1744), Daniel Gabriel Fahrenheit (1686-1736) William Thomson (Lord Kelvin 1824-1907) descrição das escalas página (142) e um quadro sobre William Thomson na página (143).

No módulo 44, intitulado *Estudo dos gases* (180)

Se encontram referências de Robert Boyle (1627-1691), Edmé Mariotte (1620-1684) sobre *transformação isotérmica*, na página (180), e segue com Jacques Alexandre Charles (1746-1823) e Joseph Louis Gay-Lussac (1778-1850) como referência na página (181) aos autores da *transformação isobárica*.

Módulo 45, *Termodinâmica (I)*

Inicia com o tópico *Um pouco de História* e se encontram os nomes referenciados no texto sobre a construção da máquina a vapor Edwards Somerset ou (Marquês de Worcester (1601-1667), Denis Papin (1647-1714) Thomas Newcomen (1663-1729) James Watt (1736-1819) se encontram na página (184).

B) Referência dos aspectos de transição ou revolução de conceitos nos itens de estudo do calor

Módulo 35 intitulado *Calor: uma fonte de energia*.

Segundo o autor, a referência histórica para transição do conceito de calórico, citado como espécie de fluido sem densidade e peso, para o conceito de calor, se deve a Antoine Lavoisier (1743-1794), Benjamim Thompson (conde Rumford; 1753-814) e Joule (apenas) na página (148)

C) Referência dos aspectos de progresso ou desenvolvimento de item, referência

Módulo 34, *Escalas Termométricas*

Anders Celsius (1701-1744), Daniel Gabriel Fahrenheit (1686-1736) William Thomson (Lord Kelvin 1824-1907).

Módulo 44 *Estudo dos gases*

Página (180) entre Robert Boyle (1627-1691), Edmé Mariotte (1620- 1684) sobre *transformação isotérmica*, na página (180), e com Jacques Alexandre Charles (1746-1823) e Joseph Louis Gay-Lussac (1778-1850) como referência na página (181) aos autores da *transformação isobárica*.

Módulo 45, intitulado *Termodinâmica (I)*.

A construção da máquina a vapor Edwards Somerset ou (Marquês de Worsester (1601-1667), Denis Papin (1647-1714) Thomas Newcomen (1663-1729) James Watt (1736-1819) se encontram na página (184),

amostra L₃

A) Referência de autoridade ou paternidade nos itens do estudo do calor

Unidade 5 Temperatura – Dilatação - Gases

Capítulo 10 – Temperatura e Dilatação

10.1 *Temperatura e dilatação, Temperaturas e escalas termométricas* referências biográficas de atribuição de propriedades e de autoria Anders Celsius (1701-1744) página (14); Willian Thomson Kelvin (1824-1907) página (15);

Unidade 5, Temperatura – Dilatação – Gases

Capítulo 11- Comportamento dos Gases

11.1 *transformação isotérmica*, Robert Boyle (1627-1691) página (40)

11.2 *transformação isobárica* Joseph Louis Gay-Lussac (1778-1850) página (44)

11.3 Jean-Baptiste Perrin (1870-1942) determinação do número de moléculas ou número de Avogadro página (48).

11.5 intitulado de *Modelo Molecular de um gás*, Ludwig Boltzmann (1844-1906) para a *Interpretação Cinética da Temperatura* página (55)

11.6 Na *evolução do modelo molecular* destaque para Daniel Bernoulli (1700-1782) página (57).

Unidade 6 – Calor

Capítulo 12 Primeira Lei da Termodinâmica

12.1 *O calor como energia* Benjamin Thompson – Conde de Rumford (1753-1814) página (70)

Apêndice final do capítulo em que se faz referências a Josef Stefan (1835-1893) sobre radiação térmica, página (107) Sadi Carnot (1796- 1832) na página (112) no item; *Máquinas Térmicas, informações adicionais*, e em *Entropia*, referências a Rodolf Clausius (1822-1888) página (117).

B) Referência dos aspectos de transição ou revolução de conceitos nos itens de estudo do calor

Unidade 5, Temperatura – Dilatação – Gases

Capítulo 11- Comportamento dos Gases

11.3, *lei de Avogadro* Amedeo Avogadro (1776-1856) apresenta possibilidade de verificação experimental para a titulação da fórmula mínima, ou composição molecular da matéria (o texto inclui demonstração).

11.6 *A evolução do modelo molecular da matéria* (transição entre expansão elástica e uniforme dos gases e movimento aleatório de moléculas) páginas (57 à 60) em

Unidade 6 – Calor

Capítulo 12 Primeira Lei da Termodinâmica

12.1 *A teoria do calórico*, seguido do item calor é energia na página (70) retoma a discussão da mudança de paradigma na página 90, com o seguinte tópico *Calor e Energia Mecânica-A experiência de Joule*.

(C) Referência dos aspectos de progresso ou desenvolvimento de item, referências

Unidade 5, Temperatura – Dilatação – Gases

Capítulo 10 Temperatura e Dilatação

10.4 *Termômetros e Escalas: breve histórico*, páginas (27 à 29)

Unidade 6 – Calor

Capítulo 12 Primeira Lei da Termodinâmica

12.7 *Máquinas térmicas- a segunda lei da Termodinâmica* entre as páginas (93 à 97)

Tabela 1: A distribuições de referências históricas nos livros didáticos:

Obra didática selecionada	(A) Referência de autoridade ou paternidade nos itens do estudo do calor	(B) Referência dos aspectos de transição ou revolução de conceitos nos itens de estudo do calor	(C) Referência dos aspectos de progresso ou desenvolvimento de item, referência (seqüências de nomes e feitos complementares)
---------------------------	--	---	---

L ₁	<p>Módulo 31 <i>Termometria</i></p>	#	<p>Módulo 31 <i>Termometria</i> Seqüência de construção das escalas</p>
	<p>3 nomes</p>		<p>Módulo 33 <i>Calorimetria (I)</i> Estabelecimento do conceito de calor</p>
	<p>Módulo 34, Calorimetria (II)</p> <p>1 Nome</p>		<p>Módulo 34, Calorimetria (II) mecânica dos gases equivalente mecânico</p>
	<p>Módulo 37, <i>O Estado Gasoso</i></p> <p>8 nomes</p> <p>Total 12 referências</p>		<p>Modulo 38 Termodinâmica e o aprimoramento da máquina térmica no enunciado da primeira e segunda lei</p> <p>Total 4 referências</p>

L ₂	<p>Módulo 34 <i>Escalas Termométricas</i></p> <p>3 nomes</p>	<p>Módulo 35 intitulado <i>Calor: uma fonte de energia</i></p> <p>Transição do conceito de calor como fluido desprovido de massa ou densidade, para o conceito de calor como energia de movimento das moléculas.</p>	<p>Módulo 34, <i>Escalas Termométricas</i> aprimoramento das escalas</p>
	<p>No módulo 44, intitulado <i>Estudo dos gases</i></p> <p>4 nomes</p>		<p>Módulo 44 <i>Estudo dos gases</i> seqüência das propriedades dos gases sem mencionar a energia cinética</p>
	<p>Módulo 45, intitulado <i>Termodinâmica (I)</i>.</p> <p>4 nomes</p>		<p>Módulo 45, intitulado <i>Termodinâmica (I)</i>. aprimoramento da máquina a vapor e estabelecimento da termodinâmica (sem mencionar a interpretação do calórico)</p>
	<p>Total 11 referências</p>	<p>Total 1 referência</p>	<p>Total 3 referências</p>

L ₃	<p>Unidade 5 Temperatura – Dilatação - Gases</p> <p>Capítulo 10 – Temperatura e Dilatação</p> <p>2 nomes</p>	<p>Unidade 5 Temperatura – Dilatação - Gases</p>	<p>Unidade 5 Temperatura – Dilatação – Gases</p> <p>Capítulo 10 – Temperatura e Dilatação 10.4 <i>Termômetros e escalas- Breve Histórico</i></p>
	<p>Capítulo 11- Comportamento dos Gases</p> <p>5 nomes</p>	<p>Capítulo 11- Comportamento dos Gases</p> <p>11.3, <i>lei de Avogadro</i> (demonstração da composição molecular das diferentes substâncias)</p> <p>11.6 <i>A evolução do modelo molecular da matéria</i> (transição entre expansão elástica e uniforme dos gases e movimento aleatório de moléculas)</p>	
	<p>Unidade 6 – Calor</p> <p>Capítulo 12 Primeira Lei da Termodinâmica</p> <p>4 nomes</p> <p>Total 11 referências</p>	<p>Unidade 6 – Calor</p> <p>Capítulo 12 Primeira Lei da Termodinâmica</p> <p>item 12.1 A teoria do calórico, seguido do item calor é energia</p> <p>Total 3 referências</p>	<p>Unidade 6 – Calor</p> <p>Capítulo 12 Primeira Lei da Termodinâmica</p> <p>12.7 <i>Máquinas térmicas- a segunda lei da Termodinâmica</i></p> <p>Total 2 referências</p>

Dadas as descrições caracterizadas até o momento, segue a análise extensa, ou das citações históricas que os autores atribuem como sendo argumentos e experimentos que caracterizam as etapas da formação do conhecimento do calor até a sua forma mais elaborada da história. Dado que na citação das personalidades (referências A) *não ocorrem sobre qualquer exposição de argumentos e procedimentos para demonstração*

da lei ou da fórmula apresentada como item de estudo, as referências seguintes, devem ser analisadas com maiores detalhes, as referências (B e C, que já se encontram previamente delimitadas). As referências de nomes e datas servem apenas para atribuir paternidade e autoridade àquele conteúdo (MARTINS 1993), como a identificação de curiosidades biográficas sobre as personalidades referenciadas. Ao serem dispostas em uma cronologia, podem reforçar a ideia de linearidade na formação do conteúdo apresentado, se estas informações seguem desprovidas de argumentos e procedimentos necessários à depuração daquela fórmula até chegar naquele formato apresentado na obra didática.

Quanto às referências de história que necessitam de uma análise extensiva, para a verificação de sua consistência e correspondência à formação do conhecimento sobre o calor, se encontram nas categorias (B e C) já previamente delimitadas até o momento da investigação das amostras de obras didáticas apresentadas.

A análise das referências históricas nas tendências predominantes em convergência à Martins (1993:2001) participa da fundamentação e demonstração do formalismo nas especificidades do estudo do calor, mais como curiosidades. Obras didáticas têm como estratégia predominante a diagramatização e enumeração de fórmulas, revela poucos procedimentos e argumentos dos cientistas. Em Bellini (2006), se torna possível a identificação nos livros didáticos de biologia, a transição entre a evolução em Lamarck e em Darwin. No caso da Física, se torna pouco abordada a transição entre a teoria do calórico e a termodinâmica. Acrescenta-se, ainda que os itens de destaque dos livros não propiciam necessariamente uma visão apropriada do formalismo do calor. Neste caso, as obras extensas apresentam ligeira vantagem quanto à exposição dos argumentos, e se encontra maiores detalhes das referências, mas não se quer com isso defender necessariamente que as obras didáticas sejam publicadas neste formato, dado que outros fatores podem estar atrelados a estas peculiaridades que diferenciam as amostras.

Percebe-se nas amostras a ênfase na identificação das personalidades individualizadas, outras referências se colocam quase que estritamente sobre o modelo vencedor da história, quando se encontram referências específicas das teorias do passado como em L₃ se tomam apenas os aspectos negativos das teorias perdedoras e são enaltecidas as teorias vencedoras, tal fato também se repete entre historiadores, que

se colocam na eminente tarefa de retratar o lado vencedor, entretanto, existem aspectos positivos e foram desenvolvidos em teorias do passado e que auxiliam a identificar os argumentos e aspectos do contexto da ciência para estabelecimento das leis e fórmulas relacionadas, em alguns casos embora o conceito tenha radicalmente sido modificado, o processo de superação dos modelos revelam procedimentos específicos para fundamentação do conhecimento, neste caso, as modificações qualitativas acompanham os modelos conceituais e fundamentam o formalismo atual.

As características de apresentação histórica de (B e C) se tornam convergentes para o argumento de Cachapuz et al (2005) a medida que ambas reforçam nos autores das obras didáticas a ideia de que o conhecimento se estabelece por uma soma progressiva e linear ao estudo do calor, iniciadas desde o atomismo grego.

Ao contrário da estratégia predominante nos autores das obras didáticas, em abordar a história apenas como referência de autoridade e paternidade do formalismo, uma visão bem fundamentada sobre a evolução das ideias e dos procedimentos necessários a um determinado conceito, quando evidenciado desde as suas rupturas, nas etapas anteriores da história, possibilita aprimoramentos na fundamentação dos conteúdos, isto, a medida que evidencia o modo que se estruturam as fórmulas, as leis e definições que compõem a teoria estudada. Entende-se que as questões estritamente da história da formação do conceito, se direcionadas à contextualização da formação do conceito pode desvelar aspectos qualitativos dos procedimentos experimentais e analíticos, o que não se realiza por uma mera descrição de fatos e datas importantes, ou identificação de autoridades. Ao contrário, requer uma identificação das controvérsias e das dicotomias presentes na formação do conceito, em que se superam por incorporação aspectos das teorias perdedoras e se apresenta diluída uma nova estrutura analítica e metodológica da teoria vencedora.

A limitação das referências para a autoridade do estabelecimento de uma fórmula ou outra especificidade de estudo (A), já caracteriza uma ideia de pontualidade na elaboração daquele item do conhecimento e escamoteia o processo de elaboração e demonstração daquele item, na estruturação das especificidades do conceito, a relação daquele item com o conteúdo. Seguem as referências utilizadas para caracterizar o processo de transição (B) e para caracterização de sequência progresso (C) merecem

uma atenção mais detalhada da investigação sobre os erros e distorções cometidos pelos autores das obras didáticas.

Decorre, portanto, o próximo passo, a análise dos parágrafos dedicados às referências históricas para caracterizar aspectos de transição entre modelos conceituais e ideias de progresso e continuidade da formação do conceito. A análise extensa das referências históricas previamente destacadas nas amostras.

3.3 A exposição do problema na apresentação da análise das referências históricas nas obras didáticas:

Dado que a ênfase das referências históricas predominantes nas obras didáticas se estabelece por um predomínio das referências biográficas, seguido de poucos argumentos e procedimentos da elaboração daquele conhecimento, entretanto, para que se possa fundamentar a análise dos comprometimentos desta tendência, deve-se discorrer mais especificamente de como se encontram as referências nas obras analisadas. A saber, para que se possa especificar quais os erros e distorções cometidos, para posteriormente formular algumas possibilidades de alteração destes aspectos.

Outra necessidade decorrente de problemas na relação entre o conteúdo e as referências históricas, de modo geral em Martins (1993) em que as referências históricas quase sempre vinculam à falsa ideia de que a demonstração do conteúdo parte de ideias geniais dos cientistas, e segue por uma sucessão de descobertas individualizadas, o que escamoteia aspectos institucionais da ciência, no dizer de Chalmers (1994).

Segundo Duarte (1987) a abordagem da história da formação de um conceito tem implicações na sequência de ensino, em que se torna possível ponderar entre uma historicização, geralmente por uma cronologia, para apresentação das especificidades do conteúdo, e as estratégias que se estabelecem por uma postura a – histórica pautando-se na linguagem da ciência em seus formalismos e definições. As relações entre o lógico e o histórico se evidenciam os traços essenciais da história para a sequência de ensino

que por sua vez não é somente lógica ou somente histórica, é unidade lógico – histórico.

Análise das Referências Históricas:

amostra L₁: O texto analisado nesta obra didática não apresenta elementos de transição, contém referências históricas da autoridade ou paternidade (A) e ideias de progresso, referências históricas (C)

A presente obra didática desenvolve a sequência de conteúdos do estudo do calor sem alusão às controvérsias e modelos conceituais do calor, conforme a análise extensa das referências históricas, o autor as utiliza para atribuir autoridade as fórmulas e para indicar uma sequência de descobertas individuais. Erros específicos na apresentação do tema já podem ser indicados pela análise que segue na descrição do comportamento da serragem em suspensão em água, página (146):



A possibilidade de realização de um experimento deste tipo não é trivial, a visualização da interação entre partículas em suspensão em meio aquoso se deu originalmente por Robert Brown em observação de grão de pólen a temperatura ambiente por intermédio de um microscópio, neste caso as partículas apresentavam um movimento aleatório. Cabe destacar, neste exemplo, que a serragem dispersa no interior do recipiente com água não se comporta necessariamente pela explicação do modelo

estatístico. Com a teoria do calórico, era previsto que a parte de contato no fundo do recipiente se dilata e altera a densidade ao receber calor. Este fato produz movimento da água numa forma convectiva e os movimentos das partículas de serragem se dariam por este movimento do fluxo de água em convecção, e não propriamente pelas colisões entre as moléculas de água e a serragem.

Define com esta explicação o conceito de temperatura na mesma página:

Temperatura é uma grandeza que permite avaliar o grau de agitação térmica das moléculas de um corpo.

Com a definição da temperatura, o texto desenvolve a sequência de aprimoramentos sucessivos das escalas, valorizando mais a escala Kelvin, que contém o suposto zero absoluto enquanto estado de menor energia.

Após as operações com escalas, o texto apresenta o cálculo das dilatações no módulo 32, o módulo seguinte, intitulado *Calorimetria (I)* aparece o conceito de calor já como energia, entretanto meramente como energia que se transfere, e atribui esta definição a Rudolf Clausius (1822-1888) e a Lorde Kelvin na página (154).

Calor é energia?

Dobrando repetidamente de um lado para outro um pedaço de arame ou qualquer outro metal, verifica-se que a região dobrada fica mais quente. Isso acontece porque a **energia mecânica** relacionada com o movimento das mãos foi transformada em **energia térmica**.

No século XIX, graças às pesquisas de Joule, do físico alemão Rudolf Clausius (1822-1888) e de lord Kelvin, uma teoria moderna sobre o calor foi formulada:

Calor é a energia transferida de um corpo para outro em consequência da diferença de temperatura entre eles.

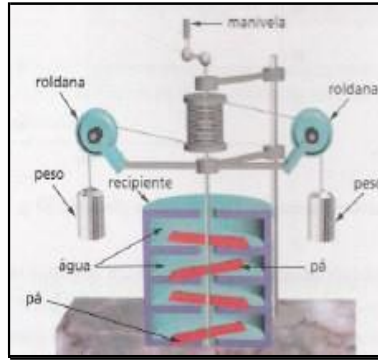
A unidade usual de calor é **caloria (cal)** ou **pequena caloria**, que corresponde à energia necessária para variar em 1 °C a temperatura de 1 g de água. Outra unidade, utilizada principalmente por nutricionistas, é a **quilocaloria (kcal)** ou **grande caloria**, que corresponde à quantidade de calor necessária para aumentar em 1 °C a temperatura de 1 kg de água. Assim:

$$1 \text{ cal} = 10^{-3} \text{ kcal}$$

O autor apresenta a definição de calor como energia em transferência. (Esta é a formulação do calor na teoria do calórico). Sobre Clausius e Kelvin escolhido pelo autor como representantes do conceito de calor como energia, se apresentam numa colocação equivocada, pois, o primeiro tem participação na formulação da primeira lei da termodinâmica em que se interpreta a transformação de energia, devido aos antecedentes, a esta formulação, com os experimentos do equivalente mecânico, lord Kelvin está atrelado as contribuições para a teoria cinética dos gases. O texto traz as referências do calor como energia que se transfere (o formalismo do calórico).

No módulo 34 intitulado calorimetria (II) o autor apresenta o experimento do equivalente mecânico para indicar a relação entre Joule e caloria e segue apresentando o formalismo da calorimetria, como pode ser indicado na página (158):

O equivalente mecânico do calor — medido por Joule em 1843 — refere-se à relação entre caloria (unidade usual de calor) e joule (unidade de energia mecânica no SI). Para medir essa relação, o cientista considerou que o calor e a energia mecânica tinham a mesma natureza.



O texto apresenta a explicação deste experimento com a ideia de transformação do trabalho mecânico referente ao movimento em calor, indicada por um aumento de temperatura, o que não foi apresentado ao estudante até o momento, que seguia somente com a ideia de trocas de calor (princípio do calórico). A ausência de fundamentação e contextualização do experimento de Joule sobre a ideia de energia e a teoria do calórico, *compromete a relação entre transferência e transformação*, uma vez que o conceito de energia para o calor neste experimento se faz pela transformação e não pela transferência de calor⁹.

Segue que uma importante diferenciação do calórico e calor como energia, coloca na definição de calor quanto à troca ou transferência (calórico), para a transformação do movimento mecânico em calor, (transformação de energia pela generalização do teorema da energia cinética), neste caso, para fundamentar a primeira lei da termodinâmica na interação das partículas.

A partir das referências históricas nas páginas seguintes, módulo 37 *O estado gasoso* que seguem antes da propriedade de transformação de energia mecânica em calor, o texto indica a ideia de linearidade da velha mecânica dos gases, com Boyle-Mariotte e Charles –Gay-Lussac para a cinética dos gases com a energia de Maxwell e equação dos gases perfeitos de Clapeyron, pela sequência de referências históricas já enumeradas em que não se mencionam o modelo de expansão, em contrapartida ao

⁹ Na tradução em espanhol da obra de Carnot de 1987 *Reflexiones sobre la potencia motriz del fuego* apresenta em manuscritos póstumos, uma coletânea de argumentos escritos pelo irmão de Carnot onde se atribui ao resultado do experimento de fricção de Rumford, como experimento para a produção do calórico.

modelo cinético e estatístico em Boltzmann, cuja constante aparece na expressão da energia cinética.

Ao se tratar da explicação do autor para a formulação da primeira lei da termodinâmica, enquanto aplicação do princípio de transformação de energia em calor, o texto não faz a diferenciação conceitual de (variação de calor) que entra e sai do sistema, da (energia interna) a energia cinética das partículas no calorímetro. Desprovido da distinção das variáveis, o estudante se depara, portanto, com a relação de (trabalho mecânico) para a entrada e saída de (calor), para variação da (energia interna) do sistema. O texto apenas apresenta a fórmula desprovida do significado da primeira lei da termodinâmica que se refere ao conceito de transformação de energia, a diferença da notação que vinha utilizando para atribuir a transferência de calor, o texto confia na expressão matemática da lei tal como se segue no módulo seguinte:

O que são máquinas térmicas?



Máquina a vapor

Quando o engenheiro escocês James Watt (1736-1819) aperfeiçoou a máquina a vapor, no século XVIII, estava aplicando importantes conhecimentos adquiridos no estudo do calor.

Usada para movimentar diversos instrumentos, a energia do vapor permitiu a fabricação de grande variedade de máquinas, que trouxeram enormes progressos e grandes mudanças sociais em todo o mundo.

A descoberta de que o calor, ao provocar a vaporização da água, pode colocar corpos em movimento foi feita naquele mesmo século, pelo físico francês Denis Papin (1647-1714).

A transformação do calor em energia mecânica — objeto de estudo da Termodinâmica — pode ser observada na cozinha de sua casa: a água em ebulição empurra a tampa da panela por causa do aumento da pressão exercida.

Qualquer sistema em que seja possível realizar a transformação de calor em energia mecânica (fogão + panela com água, por exemplo) é chamado **máquina térmica**.

A **energia interna de um gás (U)** corresponde à soma das energias cinéticas individuais de suas moléculas e é diretamente proporcional à sua temperatura absoluta:

$$U = \frac{3}{2} nRT$$

n: número de mols do gás
R: constante universal dos gases perfeitos
T: temperatura absoluta

Como, para os gases perfeitos, $PV = nRT$, temos:

$$U = \frac{3}{2} PV$$

Primeira Lei da Termodinâmica

Fundamentada no Princípio da Conservação da Energia — a energia não pode ser criada nem destruída, somente transformada ou transferida —, a **Primeira Lei da Termodinâmica** afirma o seguinte:

A variação da energia interna (ΔU) de um sistema é dada pela diferença entre o calor trocado com o ambiente (ΔQ) e o trabalho realizado no processo termodinâmico (ζ):

$$\Delta U = \Delta Q - \zeta$$

As moléculas de um gás possuem energia cinética de translação, de rotação e de vibração. Por causa da atração molecular, também apresentam energia potencial molecular, havendo ainda a energia dos elétrons dos átomos.



A figura a seguir representa um sistema típico — cilindro com êmbolo — usado no estudo de interação termodinâmica:

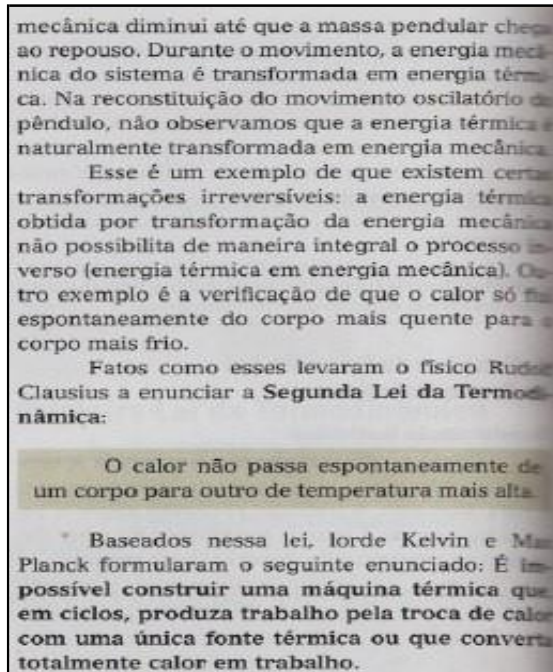


Ao enunciar a primeira lei da termodinâmica, no módulo 38 (página 178) o texto não apresenta considerações sobre a distinção de *calor* e a *energia interna* para o princípio de transformação de energia, apenas faz esboço do enunciado da lei, e antecipa a apresentação da energia interna do sistema (que ainda não havia realizado).

Quanto à referência histórica sobre a máquina a vapor, segue desconexa da apresentação do enunciado. Denis Papin e James Watt não estão relacionados ao mesmo desenvolvimento da máquina a vapor referido no texto, James Watt vinha aprimorando a máquina a vapor para a perfuração de mineração. Denis Papin estava engajado na determinação da pressão de vácuo, a ausência desde dado, caracteriza uma omissão sobre a diferença qualitativa dos propósitos e contextos destes dois nomes. Ocorre, também um erro em atribuir a origem da utilização do vapor moderno meramente como meio de produção da revolução industrial, o que já era de conhecimento prático desde a antiguidade greco-romana. Ocorre aqui a desconexão da referência histórica com o enunciado da termodinâmica, pois o desenvolvimento da máquina a vapor na época de James Watt se dava no contexto do ciclo de Carnot e na formulação da teoria do calórico, não se considerava, portanto, a transformação de energia.

Segunda Lei da Termodinâmica

Observando o movimento de um pêndulo simples, verificamos que, com o tempo, a energia



O texto apresenta, na página 180, a segunda lei da termodinâmica em alusão à impossibilidade de transformação ou rendimento total na transformação de movimento em calor. Não se faz alusão, entretanto, de qual interpretação física deste resultado. Seria uma mera diferença entre teoria e prática? Neste caso, sim e não!, pois em relação à máquina de Carnot era aceitável (pela teoria do calórico) uma relação teoria e prática, com a ideia da transferência de calor em tese era possível pensar em um perfeito isolamento da máquina. Entretanto, a máquina de Carnot, depois do estabelecimento da formulação estatística do calor, as máquinas reais obedecem a segunda lei da termodinâmica, em que a máquina perfeita, de acordo com a interpretação da segunda lei da termodinâmica, se torna uma impossibilidade natural dado que a interação térmica se estabelece em todos os sistemas ou ciclos térmicos que pertencem ao universo. Tal interação, por sua vez, tende ao equilíbrio total.

amostra L₂:

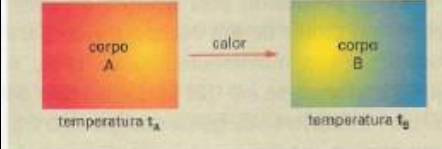
O autor inicia o estudo do calor com a noção de equilíbrio térmico, em que a temperatura representa a medida objetiva do estado térmico. O estabelecimento do equilíbrio térmico caracteriza, neste sentido, a lei zero da termodinâmica, indicada no módulo 33 intitulado *Introdução à Física Térmica*, que vem desprovido de referências históricas. No módulo seguinte, ao apresentar as escalas, o autor desenvolve uma possível sucessão histórica da construção das escalas, destacando apenas aquelas

consideradas essenciais, cujos nomes já foram identificados na etapa anterior da análise. Passa-se, portanto, a verificar as referências históricas em que se inserem os problemas específicos de erros e distorções.

Referências históricas (B):

A identificação dos erros e distorções na caracterização dos elementos de transição segue na obra didática, ao apresentar a definição de calor na página (148)

Calor é energia térmica que passa de um corpo de maior temperatura para outro de menor temperatura.



Observação: A energia térmica é denominada calor apenas enquanto estiver passando de um corpo para outro; portanto, não se deve dizer "um corpo tem calor" ou "o calor contido em um corpo". Deve-se dizer "um corpo tem energia térmica" e "um corpo recebeu ou cedeu calor".

Em meados do século XVIII o calor era concebido como um fluido invisível, sem massa, que não se podia criar nem destruir, e denominava-se calórico. Assim, um corpo mais quente que outro continha mais calórico. Quando um corpo era colocado em presença de outro, o calórico fluía do mais quente para o mais frio. A partir do fim do século XVIII, os trabalhos experimentais de cientistas notáveis, como o químico francês Antoine Lavoisier (1743-1794), o físico inglês Benjamin Thompson (conde Rumford; 1753-1814) e Joule, entre outros, demonstraram que o calor não é fluido, mas uma forma de energia.

Na referência histórica da obra didática, sobre a transição entre a teoria do calórico e o conceito de energia, que se encontra logo depois da definição de que o calor é a energia térmica que se transfere de um corpo de maior temperatura, para outro de menor temperatura. O autor segue no texto, se referindo propriamente à situação científica que

antecede a formulação deste conceito no século XVIII, em que prevalecia ainda a teoria do calórico como fluido desprovido de massa, com os trabalhos experimentais de Antoine Lavoisier (1743-1794) Benjamin Thompson (conde Rumford, 1753-1814) e Joule demonstram que o calor não é um fluido, mas sim uma forma de energia.

Deve-se ponderar sobre estas considerações, sobretudo quanto aos nomes e suas possíveis contribuições. É mais apropriado considerar que Lavoisier está relacionado com a identificação das reações químicas do que com a superação da teoria do calórico, com isso, envolvido na superação da filosofia dos quatro elementos em que o calor era parte que constitui a matéria. O que contribui muito mais para o estabelecimento da teoria do calórico do que a sua derrocada, dado que o calor passa a ser elemento imponderável e que não faz parte da constituição da matéria. Quanto às contribuições de Joule e Rumford, não se faz qualquer referência no texto, o que seria de grande valia para a distinção entre transferência de calor e transformação de energia cinética em calor, iniciada nos experimentos do equivalente mecânico.

Com a referência apresentada no texto, o autor não identifica as ideias básicas, as que decorreram nos experimentos e argumentos da rejeição da teoria do calórico (o autor utiliza a definição de energia para caracterizar a transferência ou troca de calor, quando energia se estabelece mais propriamente com a ideia de transformação de energia mecânica em calor) .

Cabe destacar que todos os aspectos referidos até então no texto da obra didática podem ser explicados pela teoria do calórico, pois era plausível para o calórico, enquanto elemento imponderável, o processo de transferências ou trocas de quantidade de calórico entre objetos. A relação entre calor e temperatura, que se estabelecia pela teoria do calórico, dava conta de itens de calor e propagação (módulo 36), cálculo da quantidade de calor (módulo 37), capacidade térmica (módulo 38), poder calorífico (módulo 39), mudanças de estado e dilatação (módulos 41 e 42).

Somente em estudo dos gases (módulo 44), introdução à termodinâmica, (módulo 45), ocorrem restrições entre a teoria do calórico e o conceito de energia térmica que o autor não delimita corretamente ao estudante nas referências históricas de transição. Estas indicações poderiam apontar quais as indicações qualitativas para o abandono à teoria do calórico, tal como a da transformação da energia, informação esta

que somente será recuperada no módulo 45 sem, por exemplo, referências aos experimentos do equivalente mecânico.

Referências históricas tipo (C):

As bombas de água já haviam sido inventadas há muito tempo. A questão era descobrir a espécie de energia que tivesse capacidade de acionar uma enorme bomba dia e noite. A energia que resolveu esse problema – a energia do vapor – foi também o primeiro passo importante para a nossa civilização mecanizada. O ser humano não a descobriu por acaso. A invenção de máquinas que a usavam foi fruto de árduo trabalho, muito estudo, e das idéias brilhantes de pesquisadores como:

- Edward Somerset (marquês de Worcester; 1601-1667);
- Denis Papin (1647-1714) – físico francês que construiu uma máquina a vapor em 1690;
- Thomas Newcomen (1663-1729) – nascido na cidade inglesa de Dartmouth quatro anos antes da morte de Somerset, construiu sua máquina a vapor em 1712;
- James Watt (1736-1819) – escocês que aperfeiçoou a máquina térmica de Newcomen.

A máquina a vapor construída por Watt em 1781 foi instalada em moinhos, serrarias, fundições, minas, estações de bombeamento de água para as cidades e, no início do século XIX, na locomotiva construída pelo engenheiro inglês George Stephenson (1781-1848).

As máquinas nas fábricas passaram a realizar muitas tarefas que sempre tinham sido feitas à mão. Esse período é chamado de **Revolução Industrial** porque a indústria começou a transformar o sistema de vida do ser humano.

Na introdução à termodinâmica, o autor apresenta o aprimoramento da máquina a vapor, e nesta citação em específico, presente na página (184) aparece a ideia de linearidade em que os cientistas em questão materializavam suas ideias ao aprimoramento da máquina térmica, o que escamoteia o aspecto institucional da ciência. Mas um erro a ser evidenciado concentra na falsa ideia de que a utilização da pressão de vapor não era de conhecimento na antiguidade, dado no texto que os cientistas procuravam inaugurar um mecanismo para utilização da pressão de vapor. A marmitta de Papin, colocada entre as outras referências, tinha por propósito a determinação da pressão de vácuo da matéria, enquanto as outras referências se davam sim à mineração, dado que o trabalho humano não poderia realizá-lo.

Quanto ao argumento essencial para introdução do enunciado da primeira lei da termodinâmica, a da transformação da energia, (obtido nos experimentos do equivalente mecânico) e a necessidade do abandono da teoria do calórico para o estabelecimento dessa nova formulação, dado não mencionado no texto. O autor segue enunciando a termodinâmica na página (186). Para isso, faz referências a Sadi Carnot (1786-1832) após o enunciado da segunda lei. Neste caso, não se menciona que a máquina ideal de Carnot se aplicava perfeitamente à teoria do calórico. Ao apresentar a segunda lei, apenas destaca o rendimento máximo e analítico, enquanto estabelece que as máquinas reais apresentam um rendimento sempre inferior.

Outra questão que se coloca como obstáculo ao entendimento da formulação da termodinâmica, esta na correta identificação do significado das variáveis envolvidas, corretamente distingue calor de temperatura, a diferença de temperatura indica sentido de transferência de calor, tal diferença é significativa para distinção destas importantes variáveis, conforme se estabelece nos autores, seguindo, entretanto, sem uma delimitação do significado da transformação da energia, que se confunde com transmissão de energia, de modo que torna confuso para o estudante entender a relação de energia interna e quantidade de calor, pois ambas podem ser alteradas pelo trabalho realizado (variação da energia cinética).

amostra L₃

Conforme a introdução ao tema, aparecem diferentes modalidades de termômetros, que seguem desprovidas da relação com a história. Ao final do capítulo, apresenta considerações a diferença entre termoscópio de Galileu e termômetros utilizados na elaboração das escalas. Passa-se, entretanto, a verificar como as referências históricas são utilizadas para a fundamentação dos formalismos do estudo do calor. Nesta etapa da presente investigação da amostra, foi descartada da análise extensa da obra didática, as referências de cunho biográfico, que se atribuem apenas a paternidade das fórmulas e enunciados, tal como já foi indicada posteriormente, o mapeamento das referências na construção das escalas termométricas, assim como na formação das leis da mecânica dos gases. Nesta etapa da análise da amostra, indica como as referências tipo (B) e (C) comprometem a fundamentação das especificidades do conceito de calor. De antemão, as referências meramente de paternidade de descobertas, quando descontextualizadas do debate científico, por si já caracterizam uma impressão equivocada sobre o estabelecimento daquele conteúdo, por escamotear as etapas da sua elaboração histórica. No capítulo 11, termometria e dilatação, e o estudo dos gases, o texto apresenta como desfecho a ruptura entre a fase empírica da mecânica dos gases e a fase em que surge a formulação da cinética dos gases.

Caracterização de elementos de transição (B):

Modelo cinético de um gás

As leis que estudamos até agora, e que descrevem o comportamento dos gases, foram obtidas experimentalmente. Nesta seção, procuraremos relacionar essas leis com o comportamento das partículas que constituem o gás, isto é, seus átomos ou suas moléculas.

Foi a partir do século XIX que os cientistas intensificaram seus estudos sobre a estrutura molecular dos gases, baseando-se nas seguintes suposições:

- Um gás é constituído de pequenas partículas: seus átomos ou suas moléculas (estudos mais recentes mostraram que a dimensão de uma molécula de um gás corresponde, aproximadamente, a 10^{-8} cm).
- O número de moléculas existentes em uma dada massa gasosa é muito grande (em 1 mol de um gás há cerca de 6×10^{23} moléculas).
- A distância média entre as moléculas é muito maior do que as dimensões de uma molécula (lembre-se de que, quando se evapora, um líquido passa a ocupar um volume muitas vezes maior).
- As moléculas de um gás estão em constante movimento e este movimento é inteiramente ao acaso, isto é, as moléculas se movimentam em qualquer direção (fig. 11-12), com velocidades que podem apresentar diferentes valores.

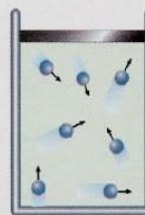


Fig. 11-12: As moléculas de um gás estão em constante movimento com velocidades de valores e direções distribuídos ao acaso.

Ao estabelecerem essas hipóteses, os cientistas estavam tentando descrever o comportamento de um gás por meio do movimento de suas moléculas, isto é, estavam supondo que as leis dos gases poderiam ser obtidas aplicando-se as leis da Mecânica ao movimento das moléculas, tratando-as como partículas.

Em resumo, eles estavam estruturando um *modelo* para descrever o comportamento de um gás. Esse modelo é denominado modelo cinético, por se basear no *movimento* das moléculas do gás.

Várias conclusões obtidas por intermédio deste modelo estavam em concordância com as leis experimentais já conhecidas, evidenciando, assim, que as suposições sobre a constituição molecular de um gás eram válidas. Desse modo, foi possível usar o modelo para se obterem novas informações sobre o comportamento dos gases.

A partir da referência do modelo cinético dos gases, apresentado no item 11.5, página (53) o autor destaca a reformulação das leis empíricas dos gases, que cabe ressaltar que não eram meramente empíricas, pensava-se na mecânica dos gases como uma mecânica de fluidos, uma vez que o conceito de transformação de energia e de cinética dos gases não havia sido estabelecido. Sem explicitar a superação dos modelos de fluidos e fundamentação da cinética dos gases, ocorreram por iniciativas de se atribuir ao movimento das moléculas sem um suporte, o éter. Estes experimentos estão atrelados também aos modelos conceituais do calor não mencionados no texto.

Embora a mecânica dos gases tenha sido pensada como constituída de partículas, (anteriormente aos experimentos de titulação e das propriedades moleculares

nas reações químicas), o que essencialmente diferencia a mecânica dos gases em sua fase inicial, *intitulada de fase empírica*¹⁰. A Superação da mecânica dos gases, iniciada na fase Renascentista, para a formulação da teoria cinética propriamente dita, não decorre da falta de um modelo, mas sim pela rejeição de ideias medievais, tal como a das partículas dependerem de um suporte físico, o éter (BERNAL, 1975).

Sobre a transição entre a teoria do calórico e o estabelecimento da transformação de energia, segue com as seguintes alusões à introdução da termodinâmica no capítulo 12, designado pelos argumentos do calor como energia, caracterizado na página (70) os elementos para transição:

A teoria do calórico

Quando analisamos o conceito de equilíbrio térmico, vimos que, se dois corpos a temperaturas diferentes são colocados em contato, eles atingem, após um certo tempo, uma mesma temperatura. Até o início do século XIX os cientistas explicavam este fato supondo que todos os corpos continham, em seu interior, uma substância fluida, invisível, de peso desprezível, que era denominada *calórico*. Quanto maior fosse a temperatura de um corpo, maior seria a quantidade de calórico em seu interior.

De acordo com este modelo, quando dois corpos, a temperaturas diferentes, eram colocados em contato, haveria passagem de calórico do corpo mais quente para o mais frio, acarretando uma diminuição na temperatura do primeiro e um aumento na temperatura do segundo corpo. Quando os corpos atingiam a mesma temperatura, o fluxo de calórico era interrompido e eles permaneciam, a partir daquele instante, em equilíbrio térmico.

Apesar de esta teoria ser capaz de explicar satisfatoriamente um grande número de fenômenos, alguns físicos mostravam-se insatisfeitos em relação a certos aspectos fundamentais da idéia do calórico e tentaram substituí-la por outra, mais adequada, na qual o calor é considerado como uma forma de energia.

Antes da continuidade da apresentação da primeira lei da termodinâmica, a da conservação e transformação da energia, os autores fazem menção à teoria do calórico, mas não aos argumentos que a fundamentam, entre eles a impossibilidade de movimento das moléculas sem um meio físico. Seria menos intuitivo do que as caricaturas de bolinhas em movimento para representar o estado físico da matéria e qual seria a diferença entre estes dois modelos? Por que razão os físicos passaram, de uma hora a outra, a se mostrar insatisfeitos com a teoria do calórico?!!!

Em seguida, o texto inicia com argumentos considerados já se explicitando a substituição da teoria do calórico para a teoria do calor como energia ainda na página (70).

¹⁰ representantes Boyle, Charles e Gay-Lussac nas transformações dos gases)

Calor é energia

A idéia de que o calor é energia foi introduzida por Rumford, um engenheiro militar que, em 1798, trabalhava na perfuração de canos de canhão. Observando o aquecimento das peças ao serem perfuradas, Rumford teve a idéia de atribuir este aquecimento ao *trabalho* que era realizado contra o atrito, na perfuração. Em outras palavras, a *energia* empregada na realização daquele trabalho era transferida para as peças, provocando uma elevação em suas temperaturas. Portanto, a antiga idéia de que um corpo mais aquecido possui maior quantidade de calórico começava a ser substituída pela idéia de que este corpo possui, realmente, maior quantidade de *energia* em seu interior.

Cabe destacar que, embora o texto referencie os resultados de alguns dos experimentos de conde Rumford para já possibilitar alguns argumentos da rejeição da teoria do calórico, existem alguns dados essenciais que estabelecem tal relação e que não aparecem no texto. Entre eles, algo que é fundamental pela teoria do calórico e que passa a ter dificuldade em explicar o fenômeno do referido experimento de fricção em um calorímetro. Em um dos experimentos de Rumford procurava se estabelecer, segundo referências de artigo de sua autoria publicado na *Philosophical Transaction* de (1878) intitulado “*An Inquiry concerning the Source of the Heat which is excited by Friction*”; e também em artigo de (1800) intitulado “*an Enquiry concerning the Nature of Heat, and the Mode of Its Communication*” medidas do calor latente de alguns metais dado que nas sucessivas explosões, ocorria a formação de resíduos. No entanto, para a realização do experimento, as condições de calor, temperatura e pressão deveriam ser controladas. Por esta razão, decorre a ideia de se realizar o experimento de fricção de metais em um tanque em meio aquoso, para reter o calor e conservar a temperatura por mais tempo.


O resultado do experimento se torna inadequado para a teoria do calórico (transferência de calor), pois não era prevista na teoria do calórico, que todo o aparato utilizado no experimento devia ter um acréscimo na temperatura (*alguns defensores da teoria do calórico tentavam solucionar esta questão admitindo a possibilidade da criação de calórico*¹¹). Entretanto, levaria aos desdobramentos posteriores a interpretação de que calor é uma energia que se transfere!!! O autor também não menciona que estes experimentos já são os precursores para a série de Experimentos do Equivalente Mecânico realizados durante quase todo o século XIX. O autor vai pular

¹¹ Sadi Carnot na edição de 1987 Alinaza editorial “*Reflexiones sobre la potencia motriz del fuego*”

esta parte e enfatiza mais a ideia de calor como energia que se transfere, e pouco mencionam o calor como energia decorrente de transformação de energia cinética.

Após o autor explicar as propriedades de transmissão de calor, em 12.2, Capacidade térmica, 12.4 Trabalho e volume, o autor enuncia a primeira lei da termodinâmica desprovida de referências históricas. Em secção posterior, o experimento de Joule, aparece somente em uma parte adicional para resolução de um exercício na página (90).

Calor e energia mecânica — A experiência de Joule



Conta-se que Joule e sua esposa, durante sua lua-de-mel na Suíça, em 1848, tentaram medir a elevação de temperatura da água de uma cachoeira. Esta elevação é, entretanto, muito pequena e dificilmente teria sido possível medi-la naquela época.

Como vimos no início deste capítulo, os trabalhos de Rumford e de outros cientistas, no século passado, mostraram que o calor é uma forma de energia. Uma vez aceita esta idéia, tornava-se necessário determinar a relação entre uma certa quantidade de calor e a quantidade equivalente de outra forma de energia. Em outras palavras, devia-se procurar obter, experimentalmente, a relação entre a unidade de calor (1 caloria) e a unidade mais comumente empregada para medir qualquer forma de energia (1 joule). Entre os trabalhos que mais contribuíram para estabelecer que o calor é uma forma de energia, devemos destacar as experiências do físico inglês James P. Joule. Realizando medidas muito cuidadosas e repetindo-as inúmeras vezes, Joule conseguiu obter, com sucesso, a relação procurada, isto é, quantos joules de energia mecânica seriam neces-

sários transformar para se obter 1 caloria de energia térmica.

Das diversas experiências realizadas por Joule com esta finalidade, uma delas tornou-se muito conhecida e destacou-se entre as demais. Vamos, a seguir, descrever esta experiência, cujo esquema está apresentado na fig. 12-25.

Joule deixava cair, de uma certa altura, um peso conhecido preso a uma corda, de tal maneira que, durante sua queda, um sistema de pás fosse acionado, entrando em rotação e agitando a água contida em um recipiente isolado termicamente (veja a fig. 12-25).

Em virtude do atrito das pás com a água, o peso caía com velocidade praticamente constante, isto é, sua energia cinética se mantinha invariável. Portanto, a energia potencial perdida pelo peso era integralmente transformada em energia interna da água, devido à agitação nela provocada pelas pás. Desta maneira, a temperatura da água sofria uma elevação (de modo semelhante ao que ocorreria se ela estivesse recebendo calor). Um termômetro adaptado ao aparelho permitia a Joule medir esta elevação de temperatura.

Conhecendo o valor do peso cuja queda acionava as pás e a altura desta queda, Joule pôde calcular a energia potencial perdida por este peso ($E_p = Mgh$). Por outro lado, sabendo o valor da massa da água no recipiente e tendo medido a elevação de sua temperatura, foi possível a ele calcular a quantidade de energia térmica transferida à água ($\Delta Q = mc\Delta t$). Comparando estes valores (E_p e ΔQ), Joule conseguiu estabelecer a relação procurada, isto é, quantos joules de energia mecânica equivalem a 1 caloria de calor.

No exemplo numérico seguinte, procuraremos mostrar como estes cálculos foram conduzidos.



Fig. 12-25: Dispositivo usado por Joule para medir o "equivalente mecânico do calor".

Nesta passagem sobre as contribuições de Joule, nota-se como aspecto positivo do texto em questionar a fábula da qual Joule pudesse estabelecer o a relação de acréscimo de temperatura das cataratas de Niágara. Porém, sugere que Joule já tivesse a anotação correspondente da relação Joule caloria, na forma usual, o que só aconteceu no início do século XX . Segue o texto com as descrições de calor e energia para apresentação da termodinâmica.

Ao enunciar a primeira lei da termodinâmica no capítulo 12, o autor não realiza as referências de história, entre elas de que o conceito de calor pela definição de energia de movimento das moléculas se torna necessário uma formulação para generalização do teorema da energia cinética. O texto vai identificar os nomes, mas sem indicar as dificuldades para esta realização, desde tentativas de Von Helmholtz, a retomada dos argumentos de Bernoulli, e Herapath sobre as velocidades das moléculas para a aceitação de que as moléculas poderiam caminhar aleatoriamente. Citados também Maxwell e Boltzmann, quando estes dois nomes estariam mais propriamente na participação do estabelecimento da segunda lei da termodinâmica, neste caso aparece apenas a referência de Clausius.

Referências de progresso científico (C):

Estas referências não estão necessariamente corretas acerca da ideia de progresso, como destaca Cachapuz et. al. (2005) geralmente ocorre uma ingenuidade nas referências que atribuem linearidade ou sequência de progresso. Erros e distorções cometidos no texto da referida obra didática podem ser encontrados na caracterização da evolução do modelo molecular da matéria apresentado na página (57):

As primeiras idéias

No século V a.C., o filósofo grego Leucipo lançou a idéia de que toda a matéria existente no Universo seria constituída de pequenas partículas, indivisíveis e idênticas entre si. Essas partículas foram denominadas “átomos”, palavra grega que significa “indivisível”. Essa idéia foi ampliada e divulgada, ainda naquele século, por outro filósofo grego, Demócrito, cujo trabalho foi bem-aceito entre os pensadores dos séculos seguintes.

A descrição mais completa dessas primeiras hipóteses sobre a constituição atômica da matéria é encontrada na obra do poeta romano Lucrécio, que viveu no século II a.C. É interessante observar que muitas das idéias dos filósofos gregos prevalecem ainda hoje, com algumas modificações conceituais na teoria atômica moderna.

Na Idade Média, as especulações sobre a constituição atômica da matéria sofreram um declínio, acompanhando a decadência geral observada no pensamento científico do mundo ocidental durante aquela fase da história da civilização.

Por ocasião do Renascimento, época em que ressurgiram as grandes correntes de pensamento cultural, as idéias da teoria atômica foram retomadas e desenvolvidas por vários cientistas que viveram naquele período. Entre os físicos da época, que aceitaram como verdadeira a hipótese da existência dos átomos, podemos citar Galileu, Newton, Boyle, Huyghens e Hooke.

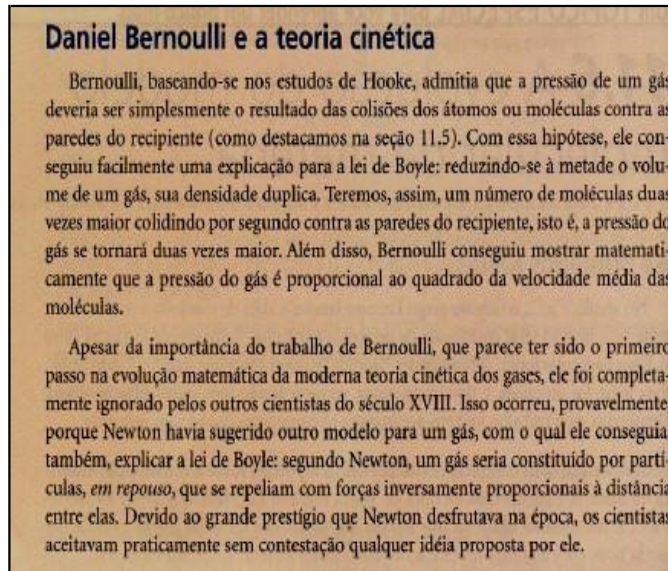
Robert Hooke chegou a propor uma teoria, na qual defendia que algumas propriedades dos gases estavam relacionadas ao movimento e às colisões dos átomos que constituíam esses gases. Assim, Hooke estava lançando as primeiras idéias da teoria cinética dos gases, que estudamos neste capítulo. Entretanto, como não possuía suficiente habilidade matemática, Hooke não conseguiu desenvolver sua teoria. Somente em meados do século XVIII o grande físico e matemático Bernoulli deu início a esse desenvolvimento.

O texto segue apresentando a sequência considerada pelos autores como a evolução do atomismo grego até os primeiros modelos da constituição dos gases. Nestas primeiras referências históricas da evolução dos gases, é encontrada uma distorção quanto ao significado do “atomismo” e da constituição de partículas nos modelos dos gases, especificamente na ideia de moléculas compostas por conjunto de átomos. Até o final do século XVIII prevalecia a filosofia dos quatro elementos na constituição da matéria, e vinha desde a antiguidade, de forma que a matéria em suas diferentes substâncias era constituída por diferentes proporções dos quatro elementos, mantidas pela alma da matéria ou quinta essência.

A ideia de partícula deriva da noção filosófica da parte indivisível da matéria, não tinha distinção entre molécula e partícula de átomo, isto até a caracterização das reações químicas com Joseph Black e Lavoisier, que representam alguns dos protagonistas da química moderna. Antes da teoria do calórico (substância imponderável), o fogo, o calor e a temperatura eram o mesmo, e indicavam a

presença do elemento fogo, considerado entre os demais componentes das substâncias (os quatro elementos que representam a constituição da matéria).

Na página seguinte, apresenta uma diferenciação do modelo de expansão dos gases a partir da força de repulsão de Newton. Os autores mostram aspecto institucional da ciência, que segue, no entanto com erro quanto à contextualização inicial da mecânica dos gases (página 58):



Cabe destacar que segundo os autores, Newton apresentou a Royal Society um teorema sobre a expansão dos gases, conhecido entre os historiadores, a saber, como destacado dos próprios escritos de Newton por Brush (1965) o teorema da repulsão das partículas, cuja intensidade de repulsão se dava inversamente proporcional ao centro de massa do gás. Este teorema, embora com variações entre seus adeptos, estava vinculado à crença da necessidade de um suporte físico para a sustentação das partículas de matéria gasosa, o éter seria este meio. Boyle ao identificar o comportamento elástico do ar, segundo Bernal (1975), acreditava ter encontrado a distância total da estrutura das partículas de matéria. Descartes e Laplace também acreditavam na necessidade de um suporte para os gases, o que seria definitivamente substituído pelo modelo cinético com os trabalhos de Maxwell sobre as distribuições de velocidades, o que de fato teve como precursores Herapath e Waterston consecutivamente, XVIII e XIX.

A consistência do argumento de Newton não caracteriza somente uma única voz na ciência de sua época. Dado pelo contexto em que se formulavam os primeiros modelos de expansão dos gases, fortemente atrelados à ideia de éter ou quintessência, segundo Martins (1998) e Brush (1965), não se acreditava que as moléculas pudessem realizar movimento sem este suporte. O comportamento dos gases nos experimentos realizados por Boyle indicava familiaridade com o comportamento dos líquidos fluidos até então, assim também era atribuída a consistência dos gases. O texto continua argumentado sobre a retomada da teoria cinética (página 58):

A teoria cinética adquire sua estrutura definitiva

Poucos anos mais tarde, em 1848, o grande físico Joule, reconhecendo o valor do trabalho de Herapath, tentou rever as idéias básicas da teoria cinética. Inicialmente, Joule não foi bem-sucedido, mas, talvez em virtude do seu prestígio, não demorou muito para que outros cientistas de renome passassem a se interessar pelos estudos da teoria molecular.

Foi assim que, em 1856, o brilhante físico alemão R. Clausius publicou um trabalho no qual apresentava a teoria cinética com uma estrutura praticamente igual àquela aceita atualmente. No final do século XIX, Maxwell (na Inglaterra) e Boltzmann (na Áustria) apresentaram trabalhos complementando a teoria com detalhados desenvolvimentos matemáticos. Com esses trabalhos, a teoria cinética dos gases foi praticamente estruturada. Entretanto, um grande número de cientistas no início do século XX ainda se mostravam descrentes com relação à hipótese da constituição atômico-molecular da matéria.

Em outras palavras, eles se recusavam a aceitar que os corpos fossem constituídos por átomos ou moléculas em movimento caótico constante, como propunham os adeptos da teoria cinética. A comprovação direta da realidade dos átomos e moléculas só veio a ser concretizada com o trabalho de Einstein sobre o "movimento browniano", publicado em 1905, que analisaremos a seguir.

Iniciando o parágrafo com Joule, e os trabalhos para generalização do teorema da conservação da energia cinética, o (*teorema das forças vivas*) em 1847, segundo Brush (1965) eram demonstrações analíticas, tratando da representação da conservação de energia cinética ao movimento das partículas de gás. Este esforço matemático para a física segundo Bush (1965) foi seguido também por Hermann Von Helmholtz a exemplo do título em inglês "*Conservation of force*" apresentado à sociedade de Física de Berlin, também em 1847, e como referido no texto, Rudolf Clausius, que se

encontra no *Annalen der Physik* em 1857, traduzido para inglês como “*The nature of motion which we call Heat*”. Estes consistem alguns dos trabalhos analíticos para a generalização do teorema da energia cinética ao movimento das partículas de matéria, o que consubstancia as bases para a primeira lei da termodinâmica, ao possibilitar a formulação da energia interna de uma substância, e sua diferenciação de calor e temperatura, o que o texto não destaca.

O texto menciona um suposto trabalho de Clausius publicado em artigo, em que já se apresentava o modelo cinético na sua forma atual, sem abordar algumas dificuldades históricas. Dado como exemplo, a lei de Joule, pela revisão de Pellat et. al (1897), cuja formulação trata da relação entre a energia interna do gás e a temperatura, quando a temperatura permanece constante, significa que a energia interna também permanece a mesma, e não depende do volume e sim da pressão (Joule realizava experimentos com as bombas de ar). Por esta razão, o primeiro princípio da termodinâmica envolve a variação de pressão por deslocamento, acrescido da variação de calor no sistema, o que resulta na variação da energia interna. Aspectos experimentais referidos à lei de Joule, constituem algumas lacunas anteriores ao estabelecimento da primeira lei da termodinâmica e a interpretação cinética do calor pelo movimento das moléculas, o que o texto da obra didática não menciona.

Os autores, apesar de citarem pelo menos Joule e Clausius, não comentam os experimentos com bombas de ar, desenvolvido para a lei de Joule, assim como a participação destas ideias para o conceito de transformação de energia suscitada pelo equivalente mecânico na generalização do teorema da energia cinética das partículas de gás. Este desenvolvimento histórico não é linear, no caso da cinética dos gases é reconhecido pelos historiadores o debate com os defensores da teoria do calórico e Herapath no episódio mencionado por Brush (1965) até o estabelecimento da cinética dos gases, tal episódio é reconhecido como “*revival kinetic theory*”.

O movimento browniano

Este fenômeno, observado pela primeira vez pelo botânico inglês Robert Brown, é assim denominado em homenagem a ele. Brown observou que pequenas partículas (grãos de pólen) em suspensão no interior de um líquido, observadas ao microscópio, apresentavam um movimento constante e inteiramente irregular, mudando sucessivamente de direção, como mostra a fig. 11-15. Inicialmente, ele pensou que o movimento existia por tratar-se de organismos vivos.

Mais tarde, essa idéia teve de ser abandonada, pois constatou-se que o movimento continuava, sem interrupção, durante meses seguidos e, além disso, o mesmo fenômeno podia ser observado com partículas inorgânicas (portanto sem vida) em suspensão.



Fig. 11-15: Movimento browniano de uma partícula, em suspensão em um líquido.

Einstein, que acreditava ser a matéria realmente constituída de átomos e moléculas em constante movimento, estava procurando um fenômeno que tornasse evidente a existência dessas partículas. Ele propunha a seguinte explicação para o movimento browniano: estando em suspensão no líquido, uma partícula recebe simultaneamente os impactos de um número muito grande de moléculas do líquido que, de acordo com a teoria cinética, estão em movimento constante e caótico.

Eventualmente, a partícula pode receber um maior número de impactos de um lado do que do outro e isso, evidentemente, provoca um deslocamento dessa partícula (que é visível ao microscópio). Logo em seguida, a direção em que há predominância das colisões moleculares se modifica e a partícula passa a se deslocar em uma direção diferente (fig. 11-16). Portanto, segundo Einstein, o movimento browniano seria uma consequência direta do movimento caótico das moléculas do líquido.

Segue o texto com a constatação empírica do movimento browniano (página 59), uma evidência para o abandono da ideia de que as moléculas dependem do fluido para se propagar, tal experimento veio ter uma resposta bem fundamentada por Einstein com a atribuição da participação termodinâmica das partículas de pólen ao processo termodinâmico. Somente no século XX que aparecem os experimentos para a demonstração do teorema de Maxwell sobre a distribuição das velocidades para o processo de expansão livre de um gás, o que não é abordado no texto. Outro aspecto relevante na descrição do movimento browniano é que tal observação se realiza por microscópios ópticos, dados não referidos no texto.

Ao apresentar a segunda lei da termodinâmica, segue a referência histórica do texto:

O que é uma máquina térmica

Sabemos que somente no século passado os cientistas conseguiram estabelecer definitivamente que o calor é uma forma de energia. Entretanto, sabia-se, desde a Antiguidade, que o calor podia ser usado para produzir vapor e este era capaz de realizar um trabalho mecânico. Esta idéia foi usada pelo inventor grego Heron, que no século I d.C. construiu o dispositivo mostrado na fig. 12-26: o vapor formado pelo aquecimento da água, ao escapar pelos orifícios mostrados na figura, colocava em rotação uma esfera de metal.

Em linguagem moderna, dizemos que este aparelho de Heron é uma máquina térmica, isto é, um dispositivo que transforma calor em trabalho mecânico. Entretanto, a máquina de Heron não foi usada com objetivo prático, para produzir grandes quantidades de energia mecânica. Somente no século XVIII vieram a ser construídas as primeiras máquinas térmicas capazes de realizar trabalho em escala industrial.



Fig. 12-26: Modelo da primeira máquina térmica, inventada por Heron no século I d.C.

A máquina de Watt

As primeiras máquinas térmicas, inventadas no século XVIII, além de bastante precárias, apresentavam rendimentos muito baixos, isto é, consumiam grande quantidade de combustível para produzir um trabalho relativamente pequeno.

Por volta de 1770, o inventor escocês James Watt apresentou um novo modelo de máquina térmica que veio substituir, com enormes vantagens, as máquinas então existentes. A fig. 12-27 apresenta esquematicamente a máquina de Watt.

O vapor formado na caldeira a alta pressão penetra no cilindro através da válvula *A*, que está aberta (neste momento, a válvula *B* está fechada). O pistão é empurrado pelo vapor, colocando em rotação uma roda a ele acoplada, como mostra a figura. Quando o pistão se aproxima da extremidade do cilindro, a válvula *A* é fechada e *B* é aberta, permitindo o escapamento do vapor para o condensador, o qual é continuamente resfriado por um jato de água fria.

Assim, o vapor se condensa, ocasionando uma queda de pressão no interior do cilindro, fazendo com que o pistão retorne à sua posição inicial. A válvula *B* é fechada, enquanto *A* é aberta, permitindo nova admissão de vapor no cilindro, repetindo-se o ciclo. Desta maneira, a roda acoplada ao pistão se manterá continuamente em rotação.



Modelo de máquina a vapor de James Watt. Este dispositivo foi um dos primeiros que permitiram a transformação, em escala industrial, de calor em trabalho mecânico.

Os autores iniciam o enunciado da segunda lei da termodinâmica, com uma revisão histórica sobre o aprimoramento da máquina a vapor. Nestas referências presentes em um item especial antecedente ao enunciado página (93), tal revisão, leva em conta a turbina de Heron na antiguidade (o que é um aspecto positivo no texto), embora não incluía nesta revisão, Denis Papin, e com esta omissão, os autores acabam não cometendo o mesmo equívoco dos outros autores nas amostras, ao se referir à Marmita de Papin sem especificar as diferenças, que por sua vez trata da determinação da pressão de vácuo, o que difere das máquinas de mineração de Saveri, Newcomen e James Watt quanto às finalidades e procedimentos. Cabe destacar que as referências utilizadas no texto, segundo os autores, fundamentam o enunciado da segunda lei da termodinâmica, como a impossibilidade de construção de uma máquina com eficiência ou rendimento total. Supera aqui qualquer correspondência imediata entre teoria e

prática, sendo que a interpretação da termodinâmica propriamente consiste em uma lei física que não se esgota na explicação do funcionamento das máquinas reais.

Os autores ao indicarem a segunda lei da termodinâmica, não realizam considerações sobre a interpretação das variáveis de interação, energia interna, energia total (universo), que ocorre na interação termodinâmica para qualquer sistema que pertence ao universo, sendo que a energia total permanece a mesma, tendendo para o equilíbrio entre os sistemas que compõem esse todo.

Dadas às constatações das referências históricas, considera-se como os conteúdos se tornam comprometidos com as referências utilizadas nos autores, já realizada na pesquisa a análise extensa da qualidade das referências e como estas se inserem no conteúdo. Como pode ser observado na relação das referências com o estudo histórico, os autores transmitem uma aleatoriedade entre o conteúdo e as referências históricas.

Especificamente, tratando dos comprometimentos evidenciados na contraposição do estudo histórico com as referências históricas atribuídas para o destaque da transição entre os modelos conceituais, podem ser resumidos da seguinte forma:

(1) Calor em trânsito e temperatura: utilização da ideia de reservatório térmico e quantidade de calor. Os autores não associam ao formalismo do calórico, aos aspectos da calorimetria, como a distinção entre calor e temperatura, medida de calor latente e calor específico e o ciclo de Carnot.

(2) Transformação de energia: os autores utilizam arbitrariamente a ideia de energia para transferência e para transformação, não dizem qual a diferença entre as duas propriedades. Por exemplo, na diferenciação da ideia de reservatório de calor para a ideia de energia interna do sistema e sua interação com o ambiente externo.

(3) Ao destacar a máquina térmica e o Ciclo de Carnot, os autores tendem a atribuir a origem tanto da máquina a vapor, quanto ao esboço da máquina perfeita, exclusivamente à termodinâmica, sem indicar a interpretação do rendimento ou eficiência das máquinas reais na teoria do calórico e na termodinâmica propriamente.

(4) Pode-se atribuir outro problema de omissão, na identificação da primeira e segunda fase da mecânica dos gases, *somente a obra L₃ realizou algumas*

considerações sobre a modificação da abordagem mecânica para a abordagem estatística na termodinâmica.

A segunda parte da dissertação, o autor, passa a realizar algumas considerações para uma possível modificação destas características das referências históricas em relação à apresentação do estudo do calor. Segue por propósito estabelecer uma análise desta dicotomia entre as etapas evidenciadas na história e a sua arbitrariedade na relação com o conteúdo na sua lógica intrínseca, a lógica do seu formalismo.

Segunda Parte:

Elementos subsidiadores para uma abordagem da Categoria Dialética do Lógico-Histórico enquanto método de organização dos conteúdos no ensino: o Estudo do Calor

A segunda parte da dissertação, o autor desenvolve uma crítica quanto à relação ou participação qualitativa da história nas obras didáticas de Física, fundamentada nos dados coletados quanto à classificação das finalidades do uso de referências históricas nas amostras de livros didáticos do ensino médio. Esta crítica focaliza as implicações dos erros e distorções das referências na fundamentação do formalismo do estudo do calor. Decorrente desta crítica, o autor apresenta de forma sistematizada, pelo viés da relação entre o lógico e o histórico, um esboço para uma seqüência didática, e se sugere a modificação das referências históricas, para destacar as propriedades do calor, na leitura dos aspectos essenciais da história. A idéia do flogístico (calor parte da matéria) passa para o calórico (o calor como algo que se transfere), constitui as etapas anteriores à idéia de energia (transformação e equivalência mecânica do calor enquanto energia).

Esta tarefa se realiza no presente capítulo intitulado *Elementos subsidiadores para uma abordagem da Categoria dialética do lógico-histórico enquanto método de organização dos conteúdos no ensino: o estudo do calor*. E se destaca o propósito didático o ou da relevância metodológica da elaboração de tal estratégia em função da caracterização dos comprometimentos dos erros nos atributos da história para a situação do ensino, que segue diferente (desconexa) de como efetivamente se estabelece a relação dialética entre o lógico e o histórico.

4.1-A Categoria dialética do lógico-histórico enquanto método de investigação e de organização dos conteúdos no ensino: uma proposta para superação da realidade do ensino dicotomizado

A relação entre o lógico e o histórico se justifica pelo traçado do pensamento humano em relação à produção da vida e conhecimento, que em sentido restrito também se encontra na história do pensamento científico. Neste caso, cada época histórica tem um determinado nível de compreensão sobre um fenômeno natural. Utiliza-se de teoria e instrumental próprio de seu desenvolvimento histórico e tecnológico, a própria representação da ciência, tem a idade de seus instrumentos e de suas práticas, estas já constituem um dado histórico.

Uma visão dialética do conhecimento envolve a problemática da continuidade e da ruptura na relação com o conhecimento, em específico a ciência, envolve uma caracterização da história do pensamento científico, como se verifica em Bachelard (1996), o conhecimento não se estabelece por justaposição, não deriva diretamente de fatos, requer elaboração e reposição de ideias,, novos conceitos em substituição de outros, requer reformulação.

A idéia de partir de zero para fundamentar e aumentar o próprio acervo só pode vingar em culturas de simples justaposição, em que um fato conhecido é imediatamente uma riqueza. Mas, diante do mistério do real, a alma não pode, por decreto, tornar-se ingênua. É impossível anular, de um só golpe, todos os conhecimentos habituais. Diante do real, aquilo que cremos saber com clareza ofusca o que deveríamos saber. Quando o espírito se apresenta à cultura científica, nunca é jovem. Aliás, é bem velho, porque tem a idade de seus preconceitos. Aceder à ciência é rejuvenescer espiritualmente, é aceitar uma brusca mutação que contradiz o passado. (Bachelard, 1996 p. 11)

A ideia de *continuidade* se identifica por um mesmo tratamento conceitual e procedimental a cerca de um fenômeno, associados a um mesmo conjunto de procedimentos que forma uma totalidade coerente (unidade lógica) por uma teoria vista e aceita por um tempo histórico. Esta análise ocorre de forma mais ampla a uma simples matriz disciplinar, KRAGH (2001) o que remete à retratação da história do pensamento científico. Embora não seja possível maior detalhamento deste argumento, cabe destacar a ideia de paradigmas na ciência, enquanto medida objetiva das rupturas na história da ciência. Se por um lado, a continuidade é caracterizada por uma mesma unidade teórica de conhecimento e práticas desenvolvidas em um período histórico, a

ruptura se realiza pela mudança no *paradigma*¹² explicativo e vigente! Possibilita a realização de saltos qualitativos na compreensão do fenômeno, visto por um novo referencial, seguida por uma modificação dos procedimentos da ciência na história.

Como solução a esta dualidade metodológica, propõe-se a analisar pela categoria do lógico e do histórico, para uma sequência de ensino que lconsidera a relação entre a elaboração lógica enquanto *produto*, e seu desenvolvimento histórico, *processo*. Assim, a problemática encerra a compreensão da relação entre o produto e o processo da ciência, relação esta que é fruto das transformações no decorrer do desenvolvimento histórico. Aprender nesta perspectiva significa pensar a relação produto e processo. Deve-se ressaltar também que a realidade em sentido amplo (dialético) está em constante movimento, nega a linearidade da relação entre causa e efeito, observação e conhecimento.

Remete-se a uma interdependência de aspectos como pensamento e linguagem, o abstrato e o concreto, quantidade e qualidade, que não constituem formas espontâneas na interpretação da realidade factual, trata da realidade em suas contradições e dicotomias. Assim, todo o movimento dialético consiste na superação das contradições da realidade concreta, de maneira que não se concebe mais a visão de mundo da mesma maneira que antes e a partir da historicidade das ações do homem em seu processo de humanização (objeto central do presente referencial). [...] *O tempo humano é história, tanto individual como social, e a atividade produtiva (transformadora) dos homens é ponto central para compreender o desenvolvimento humano*[...] (FACCI, 2004 p.153).

Aqui, convém ressaltar o distanciamento metodológico da abordagem bachelardiana, que prioriza os obstáculos epistemológicos em relação à história, para a dialética do conhecimento, que exige uma unidade indissociável entre o conhecimento e a história humana, seu contexto efetivo.

A lógica dialética é dada a partir do mundo concreto, e o objeto das leis da dialética é o objeto existente. Neste sentido, toda a abstração teórica é dada a partir da prática social que se realiza na histórica do homem em sua relação com o meio (não estritamente natural, mas mediado pela sua bagagem histórica). Duarte (1987) ressalta

¹² O termo paradigma utilizado na caracterização do pensamento científico se reverifica em Robert Hall, e ganha destaque na filosofia da ciência, especialmente na abordagem khunniana reconhecida na obra “*Estrutura das Revoluções Científicas*”

que o movimento lógico-dialético envolve uma dimensão objetiva e outra subjetiva, especialmente na ciência em processo. De modo geral, se verifica em Lênin apud Duarte (1987), que a dialética marxiana possui uma dimensão ontológica (no sentido em que admite princípios e leis que regem os fenômenos) e uma dimensão gnosiológica (produção de conhecimentos), estas duas dimensões produto e processo constituem as bases epistemológicas na dialética do conhecimento.

Acrescenta-se que a relação entre o lógico e o histórico, em sentido amplo, representa a trajetória do pensamento humano, que segue pela determinação da história, segundo os próprios critérios lógicos definidos ao longo do desenvolvimento histórico, portanto, reflete a lógica do pensamento. Uma sequência didática pautada na unidade do lógico e do histórico não se realiza em uma abordagem meramente lógica em uma sequência de leis, conceitos e axiomas, ou meramente histórica marcada por uma sequência de fatos e datas. É certo que a referência do conteúdo (do ponto de vista lógico) é parâmetro que orienta a investigação histórica, para a evidenciação das etapas da história a serem desveladas.

Segundo Duarte (1987), esta unidade se constitui pela unidade entre a lógica da produção do conhecimento com a lógica do conhecimento em sua forma resultante, e forma uma sequência de ensino-aprendizado pela unidade dialética lógico-histórico. Unidade a ser apresentada enquanto estratégia didática no item a seguir, tendo como fundamento os autores da dialética do conhecimento.

Primeiramente, faz-se necessário pontuar que a categoria do lógico-histórico foi elaborada no âmbito do materialismo histórico. Para explicitar o significado desta categoria, é valiosa a contribuição de Rosental & Straks em sua formalização do conceito de categorias da dialética ao entendimento da produção concreta da história, que por sua vez representa a história humana.

Estes pressupostos constituem especificamente a dialética do conhecimento, e se reconhece entre os filósofos como (KOSIK, 1985; KOPNIN, 1975; GRAMSCI, 1978; VAZQUEZ, 1990) enquanto método de análise da história e do conhecimento, como a dialética da práxis. Sobretudo no âmbito do ensino, estes referenciais, ganham dimensão crítica sobre a educação, pensada na perspectiva concreta da realidade em que se insere. Em específico, se analisam as finalidades essenciais da educação escolar e suas

implicações na relação com o conhecimento na dimensão humana e não meramente prática e utilitária, ou limitada à instrução de técnicas (SAVIANI, 2005; 2000; MANACORDA, 1996). Sobre tal perspectiva os autores apoiam uma formulação crítica das tendências de ensino.

As tendências de ensino são analisadas criticamente quanto aos seus pressupostos, que se verificam comprometimentos no processo de ensino e aprendizagem, na sua relação com as especificidades do conhecimento, dadas às tendências de esvaziamento de conteúdos e de elementos da cultura erudita, bem como da cultura científica (DUARTE, 2001; FACCI, 2004) colocado subliminarmente nas tendências de ensino pós-moderno, o que se caracteriza por um processo de *dicotomização* do indivíduo na sua formação escolar, na sua relação com o conhecimento, enquanto produto da história, não da história da vivência individualizada, mas da história da produção genérica do homem, a da elaboração da natureza humana, que se refere em específico, ao conteúdo que essencialmente representa o conhecimento a ser passado às próximas gerações. No processo educativo é que as novas gerações se apropriam dos conteúdos de elaboração da natureza humana¹³, tais conteúdos são incorporados mais especificamente ao iniciar o processo de formação escolar (OLIVEIRA, 1994), por ser esta a finalidade essencial da educação escolar.

Esclarece Duarte (1987) que existem diferentes manifestações específicas do distanciamento do ensino das suas finalidades essenciais, conforme as tendências da realidade em que se insere o ensino. Destaca como um dos aspectos relevantes, a necessidade de se estabelecer uma crítica aos procedimentos adotados nas sequências de ensino da matemática, ao que se caracteriza pela fragmentação e desconexão entre a lógica do formalismo estritamente operacional, das suas etapas essenciais de elaboração, as sequências de ensino que se encontram prejudicialmente distantes dos traços essenciais de sua elaboração histórica.

Os prejuízos do ensino desconexo na relação entre o lógico e o histórico, podem ser evidenciados pela análise da unidade dialética da categoria do lógico e do histórico, que se encontra formulada inicialmente por Marx, ao analisar a uma unidade lógica do

¹³ O conhecimento científico, a cultura erudita, os procedimentos e as técnicas que vão além dos elementos que permeiam a vida cotidiana.

capital¹⁴ é visceralmente atrelado aos traços essenciais das transformações na prática produtiva. Tal processo não é outro senão o processo eminentemente humano de transformação da realidade em uma realidade humanizada, de conhecimento e domínio sobre a natureza por meio das forças produtivas. Esta análise não se realiza por uma identificação meramente de datas e fatos.

Esta relação tem importantes implicações para as sequências de ensino, segundo Duarte (1987) dado que embora um conceito na sua forma mais elaborada da história representa o ponto de partida para compreender o processo histórico, a identificação de tal unidade não se estabelece nem por uma análise do conteúdo na sua dimensão estritamente lógica, nem por uma análise estritamente histórica.

A fundamentação da categoria do lógico-histórico, enquanto categoria dialética, segue como pano de fundo o materialismo histórico. Em Rosental & Straks (1960) se encontra a formalização do conceito de categorias da dialética ao entendimento da produção concreta da história, que por sua vez representa a história humana ou a história da natureza humana.

Para a lógica dialética, cuja essência consiste no estudo das coisas em seu em seu desenvolvimento, o problema fundamental é naturalmente o problema das relações entre o lógico e o histórico que identifica o desenvolvimento histórico da lógica dos conceitos. Este problema consiste em identificar exatamente a realidade, ou seja, a concordância da forma (do lógico) com seu contexto (com a vida, com o que o sujeito está eternamente envolvido, com a vida em eterno envolvimento com a prática (Rosental & Straks 1960, p.328)

A concepção dialética marxista do lógico como expressão teórica identificada a partir do histórico, permite captar cuidadosamente o novo, o que nasce da realidade e determina os conceitos e as formulas gerais em consonância com a nova situação histórica. (Rosental & Straks (1960, p.329)

O estabelecimento de uma unidade entre o lógico e o histórico *deve-se opor a qualquer visão imediata da relação teoria e prática bem como qualquer escolástica mental de teorização que não esteja enraizada no organicismo do desenvolvimento histórico da realidade* ou que se encontre separada da prática histórica da elaboração da vida social. O problema do lógico e do histórico reside em nossos dias, no campo da filosofia e da sociologia, pela necessidade de se submeter à crítica as tendências

¹⁴ A forma mais elaborada da prática produtiva e resultante de um processo histórico

idealistas na interpretação da história, por conseguinte, pode-se identificar a partir de Rosental & Straks (1960) a concepção de lógico e de histórico para ser possível uma definição de categoria dialética do lógico-histórico:

Por histórico, deve-se entender a realidade objetiva que existe independentemente da consciência do sujeito. A realidade que se desenvolve historicamente se encontra vinculada à produção da história humana. Neste sentido, a categoria de histórico reflete o caráter temporal da mutabilidade da organização da sociedade, especificamente do seu modo de produção.

Por lógico, estende-se a forma do conhecimento que se respalda na realidade enquanto esforço humano em determinada forma do movimento do pensamento abstrato sobre os objetos.

Esta categoria permite abordar as diversas tarefas práticas do engendramento do pensamento humano enquanto abstração da realidade sobre suas bases materiais e sociais, ao refletir a história concreta da prática social. A relação do conhecimento e a história concreta da prática social enquanto história do modo de produção tal como analisada por Marx (1991) no *Método da Economia Política* encontra na dialética uma medida objetiva para o grau de poder e de controle sobre a produção e consequentemente do grau de domínio do homem sobre a natureza. Segundo Lefebvre (1983,p.76), a história das sociedades pode ser comparada e analisada sobre o grau de poder atingido sobre a natureza, sendo esta uma importante contribuição da dialética do conhecimento.

Em certo grau de desenvolvimento e de poder adquirido sobre a natureza, a sociedade humana deixou de existir *no nível da natureza*. Emergiu acima da natureza, sem deixar de estar a ela ligada. Ultrapassou a vida e a comunidade naturais do primitivo e do bárbaro; a civilização assim alcançada tornou-se, ao mesmo tempo, menos natural (como o diz!a J .-1. Rousseau) e mais humana. Nesse momento, os instrumentos do conhecimento atingiram um grau superior de objetividade.

Isso ocorreu na época grega (o "milagre grego"), criadora da matemática, "de urna certa ciência da natureza, bem como da primeira *lógica* (lógica formal) *enquanto instrumento universal do conhecimento*. A ciência grega, embora limitada, foi a primeira ciência. O homem instintivo não se separa da natureza. Isso só ocorre quando se alcança um grau superior de conhecimento; e as "categorias" de seu pensamento, nessa etapa, são momentos de importância capital na história do conhecimento que compreende e domina o universo. (Lefebvre,1983,p.76) (*grifoss do autor*)

Destaca-se da história concreta do conhecimento a sua relação com o desenvolvimento humano, os dois aspectos, segundo Lefebvre (1983, p. 76) [...] “*qualitativo, criação de culturas e de civilizações diversas, originais*” [...] [...] “*quantitativo, progresso no poder sobre a Natureza, na objetividade do pensamento, na precisão e, na verdade das formas do conhecimento*”. [...] Esta relação da qualidade a quantidade traduz as etapas da história concreta do conhecimento em suas bases, na prática social determinada não pela cronologia, mas pelas etapas essenciais evidenciada pela dialética do lógico e do histórico, sendo o lógico na sua forma última corresponde a uma síntese concreta da superação das etapas anteriores, necessárias ao desenvolvimento dos elementos presentes na lógica do conhecimento, que por sua vez não é definitiva, mas histórica e pode apresentar ao longo do histórico novas transformações como se evidencia na abordagem das categorias do conhecimento em sua relação com a prática social.

Ao que parece, nossa época - sob certos aspectos – é comparável a época grega. Caminhando através de inúmeras dificuldades, resolvendo contradições multiformes, o pensamento moderno eleva-se a um grau novo, ingressam num novo contexto de preocupações, questões e conhecimentos. Hoje, o problema não é mais apenas o de dominar a natureza, mas o de dominar racionalmente e de organizar os produtos da atividade humana: a vida econômica e social, a própria natureza do homem. Esse problema novo - que não é, por outro lado, simples invenção “de alguns indivíduos, mas um problema que se impõe na vida real e na prática - é tão vasto quanto o problema resolvido pelo gênio grego e tão importante quanto ele para o subsequente desenvolvimento da humanidade”.

Para resolver esse problema, é necessário aperfeiçoar e flexibilizar as formas e instrumentos do pensamento. Os gregos inventaram uma lógica; nossa época, a partir de Hegel, determina progressivamente uma metodologia e uma lógica nova, fundadas não somente sobre o conjunto dos resultados das ciências da natureza, mas também sobre o estudo dos fatos e das questões históricas e sociais. (Lefebvre, 1983 p.76)

Embora seja definida a objetividade do conhecimento como correspondência entre o lógico com seu objeto de estudo, princípio que se impõem como necessidade racional e universal a todo homem capaz de concebê-lo, a sua relação com a prática social, determina o grau de desenvolvimento da produção e distanciamento do meio natural e instintivo. Esta lógica, na sua forma última, esconde seu processo histórico de elaboração, tal como se considera a dialética do lógico e do histórico nas categorias econômicas, analogamente, com a unidade monetária estabelecida na abstração simbólica do valor do trabalho nas relações de produção e consumo.

Os conceitos de lógico e de histórico se designam por uma unidade em que o histórico, evidencia o mundo objetivo em desenvolvimento e determina o lógico refletido do histórico, sendo derivado do processo de desenvolvimento do mundo objetivo. A abordagem do problema da unidade entre o lógico e o histórico segundo Rosental & Stranks (1960), permite analisar as complexas relações entre ambas categorias no processo do conhecimento e evitar um engano de pura *logización* superficial e empírica da descrição da realidade. Superando-a pela identificação da unidade entre o lógico e o histórico no processo de elaboração do conhecimento e na história do pensamento humano.

Cabe destacar neste ponto a intencionalidade de um ensino enquanto processo de conhecimento, segundo Duarte(1987 p.22) [...] “o educador precisará entre outras, a compreender como se dá a relação entre o conhecimento sistematizado e seu processo de desenvolvimento, sua gênese”[...]. Esta relação não é outra, senão o conhecimento enquanto produto lógico no histórico do processo que se identifica com a categoria dialética do lógico-histórico. Por conseguinte, a sua função metodológica decorre da intencionalidade do trabalho educativo, na sua função ideológica, que é de contribuir para uma visão dinâmica da realidade histórico-social, enquanto essa metodologia possibilita a seleção daquelas etapas essenciais da evolução histórica do conteúdo a ser estudado, na aprendizagem da lógica desse conteúdo.

Em contrapartida, o valor pedagógico da história descritiva e cronológica se torna pouco útil à unidade da relação do ensino com o processo de elaboração do conhecimento, o que acaba por gerar enganos frequentes no uso da história no ensino. Está na utilização de dados biográficos de personalidades famosas, Newton, Copérnico, Galileu, Einstein Darwin e da cronologia de seus trabalhos, o que se torna pouco útil para o ensino dos conteúdos propriamente, para a compreensão da produção da ciência na relação de ensino-aprendizagem sobre os significados dos formalismos.

Essas deturpações decorrem, dentre outras causas, da não compreensão da relação entre o lógico e o histórico. Compreender o desenvolvimento histórico do objeto estudado não significa conhecer toda a história factual que o antecede. Isso seria um grande desperdício de tempo e desvio da atenção com fatos e questões não essenciais para o estudo do objeto em questão. (Duarte, 1987 p.25)

A apresentação das etapas essenciais desta formação qualitativa é suporte da produção científica que adquiriu sua forma qualitativa durante a elaboração histórica que gerencia a sua quantidade, em seus detalhamentos algébricos, elementos das grandezas que constituem os esquemas lógico-conceituais. A compreensão destas especificidades e detalhamentos do formalismo se dá pelo caminho inverso, a partir do resultado, para se destacar no histórico os seus significados pelo desdobramento dos elementos metódicos presentes na sua elaboração. Com isso, se estabelece uma crítica para as sequências de ensino, no que tange a relação do conteúdo em suas definições axiomas (aspectos estritamente lógicos) com aspectos da história (argumentos científicos, textos publicados, eventos institucionais entre outros) e que tendem a se constituir objeto de relação arbitrária nas citações de livros didáticos.

Esta tarefa se procede a partir da síntese estabelecida na abordagem da categoria do lógico-histórico no ensino de conceitos em Duarte (1987) que nos propósitos desta dissertação, a contextualização dos significados presente nas formulações matemáticas do ciclo do calor se dá pela identificação das etapas essenciais da sua elaboração histórica enquanto fundamento de significados que não podem ser evidenciados olhando somente e diretamente sobre estes procedimentos analíticos do formalismo do ciclo do calor, que também não é suficiente falar da história da elaboração, apenas na cronologia ou na evolução conceitual, sem identificar procedimentos metodológicos que marcam a modificação qualitativa dos procedimentos para se chegar a superação e síntese dos modelos conceituais até chegar a sua forma mais elaborada e atual. Com isso, se evidenciam os prejuízos didáticos da não utilização do procedimento lógico-histórico da elaboração do conceito de calor. Este sentido de orientação é tomado nos desdobramentos da estrutura dos capítulos posteriores, em função da superação da fragmentação abordagem do conceito de calor e suas implicações didáticas.

Por sua vez, é através do conhecimento dessas etapas essenciais do desenvolvimento histórico desse conteúdo que se pode compreendê-lo mais profundamente. O educador que vê o conteúdo matemático apenas como um produto e não consegue ver o processo de gênese desse conteúdo, encontrará grandes dificuldades em compreender o processo pelo qual o educando assimila esse conteúdo. Esse educador não percebe que a ordem em que as relações lógicas se apresentam no produto pode ser até inversa aquela em que essas relações surgem no processo. Essa é uma das razões porque ele muitas vezes não entende como é que seus alunos não conseguem seguir certos raciocínios tão "lógicos". (Duarte, 1987 p.31)

Tais etapas podem ser sintetizadas da seguinte forma:

a) analisa a estrutura lógica do conteúdo. Essa análise fornece os tópicos de referência, relacionados com os demais dados fornecidos pela história do seu desenvolvimento, considera os antecedentes históricos, seus aspectos gerais. Para nosso objeto, consiste na caracterização do formalismo lógico dos procedimentos analíticos do calor no qual se identificam com dificuldades de aprendizagem específicas de apreensão dos significados, conforme o ponto de partida da abordagem do conhecimento pela categoria lógico histórico, o conteúdo em sua lógica específica é a chave da compreensão de sua elaboração, para que se possa captar as etapas essenciais na história.

b) com respaldo na bibliografia acessível, procura-se salientar os antecedentes históricos do conteúdo, isto é, as etapas essenciais da evolução daquele conteúdo. Esta segunda etapa apresenta uma reflexão sobre o perfil da abordagem da história para compreensão dos conceitos, não se trata neste caso, do educador se tornar pesquisador da história ou um profundo conhecedor de métodos e de técnicas da historiografia, mas especificamente trata-se de evidenciar quais aspectos qualitativos da abordagem do conhecimento e da formação desse conhecimento. Especificamente, se torna condição necessária a compreensão da gênese do conteúdo a ser ensinado, requer, entretanto, que se tenha uma visão desta essência, sem a confundir com curiosidades e fatos, estes por si se tornam meramente acessórios à parte da demonstração do formalismo. *O que deve-se evidenciar é a necessidade de elementos a serem desvelados, a fim de se esclarecer alguns argumentos elaborados na história da formação do conceito, que estão ocultados na formalismo puro* e deve-se para isso recorrer à história com o propósito de fundamentar o ensino, nos significados que contextualizam o formalismo do conceito.

c) em um terceiro momento, se delimita a sequência lógico histórica que é uma apresentação dos itens do conteúdo fundamentado nos argumentos históricos e com os modelos conceituais e procedimentais que considere as modificações qualitativas (traduz a relação entre quantitativo e qualitativo) por intermédio de uma visão aproximada da relação entre produto e o processo de elaboração daquele conteúdo abordado. Esta última etapa está em evidenciar formas objetivas de gerar uma sequência lógico-histórica da abordagem dos conteúdos. Segue por base a

superação da visão finalista e sem fundamento conceitual da lógica de elaboração, visto que não existe produto sem uma gênese enquanto processo de elaboração de um conceito e do qual se apoiam as especificidades lógicas e metodológicas daquela conteúdo científico.

[...]será que a questão realmente se coloca em termos de uma opção entre uma seqüência lógica ou uma seqüência histórica de ensino? A resposta é não. Se adotar uma seqüência lógica de ensino for adotar uma seqüência de ensino que seja uma cópia da seqüência em que as relações matemáticas se dá no conteúdo visto de uma maneira estática, isto é, enquanto um produto sem processo, então não se trata de adotar uma seqüência lógica. Por outro lado, se adotar uma seqüência histórica for adotar uma seqüência de ensino que seja uma cópia da seqüência cronológica de desenvolvimento daquele conteúdo, então também não se trata de adotar uma seqüência histórica. Tendo por base a relação dialética entre o lógico e o histórico, a seqüência de ensino a ser adotada será aquela que for elaborada dentro da lógica do processo de gênese do produto, isto é, uma seqüência lógico-histórica. (Duarte, 1987, p.32)

Com base nestes apontamentos da dimensão lógica que estrutura o conceito, o próximo item se realiza a seleção e delimitação do conteúdo do histórico para a fundamentação dos dados que não aparecem de forma fundamentada em função das dificuldades apontadas na literatura. Finalmente evidenciar como a relação dialética do lógico histórico pode ser válida para suplantar as dificuldades apontadas nas visões fragmentadas, em que o conhecimento aparece de forma a-crítica, estanque da realidade de sua elaboração e que requer uma seqüência não arbitrária, (nem meramente lógica, tampouco meramente histórica) ausente de uma problematização acerca da sua elaboração e contextualização, que no caso da aprendizagem, muitas vezes está distorcida e fragmentada o que impossibilita ao aluno deduzir uma síntese da unidade do objeto estudado na seqüência didática para se chegar a compreensão da abrangência do conceito dos aspectos que o envolvem.

4.2- A delimitação dos aspectos essenciais da relação entre o lógico e o histórico do conceito de calor nos livros didáticos

O propósito da relação entre o lógico e o histórico se define pelo problema da ausência de contextualização dos argumentos da ciência, pelo não uso recorrente da

história da formação do conhecimento. Ao contrário do que se encontra neste campo de investigação, os autores de livros didáticos, conforme mencionados nas pesquisas sobre estes manuais, caracterizam os conceitos já apresentados na sua forma final, sem desenvolver aspectos basilares da sua gênese como dos argumentos, as contradições e os diferentes modelos conceituais anteriores ao conceito final. A história nos procedimentos de ensino se faz muito mais presente por uma leitura cronológica e pautada em dados bibliográficos dos cientistas mais populares, segundo Martins (1998) os autores confundem e restringem o uso didático da história da ciência na cronologia e nas curiosidades biográficas.

Acrescenta-se que a pesquisa com a relação entre o lógico e o histórico enquanto categoria dialética é pouco conhecida na área de ensino de ciências e matemática, ocorre na didática da matemática com Duarte (1987) que analisa em seu mestrado a relação entre o lógico e o histórico na formação dos conjuntos numéricos, corresponde a elaboração dos conjuntos numéricos, ao processo de maior abstração do conceito de número, o que possibilita a elaboração sucessiva da gênese das operações elementares da matemática. Esta relação mostra que as operações da matemática, iniciadas desde as operações de soma de inteiros, têm como respaldo as primeiras abstrações de unidades de inteiros. Operações com números inteiros se desenvolvem com a criação de instrumentos, como o ábaco, que possibilita identidades de soma e subtração, necessárias a outras duas operações elementares, que decorrem da identificação dos numerais múltiplos, assim definem as operações de multiplicação e de divisão.

O mestrado de Giardinetto (1991), analisa a relação entre o abstrato e o concreto no ensino de Geometria Analítica conforme o autor esclarece em Giardinetto (1993) seu mestrado aborda as especificidades metodológicas do emprego da história no ensino desta disciplina, a fim de superar a memorização dos procedimentos de ensino, pelo entendimento da essência da sua lógica de elaboração da Geometria Analítica que corresponde a unificação de processos algébricos e geométricos presentes nos trabalhos de Descartes e Fermat. A Geometria Analítica se estabelece pela superação da dicotomia entre os procedimentos da álgebra e da geometria, até então existente na história. Conforme identifica o autor, a sequência de ensino não é estabelecida na mesma ordem que se forma historicamente, uma vez que a sequência da

elaboração histórica dos elementos da Geometria Analítica decorrem da necessária superação da dicotomia presente na álgebra geométrica grega, para isso, se torna essencial superar as limitações do sistema numérico grego presente nos textos de Euclides, bem como da elaboração da noção de coordenadas geométricas, que na análise histórica se deu na superação das proposições estabelecidas por Apolônio de Perga no livro *Cônicas*.

Duarte (1987) e Giardinetto (1993) esclarecem que a história do desenvolvimento lógico, em sua visão cronológica, ocorre por recuos e avanços, sofre acidentes e atravessa etapas meramente acidentais. A evidência das etapas essenciais da relação entre o lógico e o histórico não se dá numa relação direta com a história, dado seu movimento de ziguezues muitas vezes atrapalha o entendimento do processo de formação do conhecimento, a visão cronológica não revela os procedimentos e a organização lógica da formação de um dado conceito. A história em sua abordagem cronológica serve somente para identificação de fatos, entretanto, em meio a caminhos tortuosos da produção científica, o que não se realiza na mesma sequência lógica presente nos traços essenciais de sua evolução.

[...] a *investigação histórica necessária para a elaboração de seqüências de ensino não se traduz em uma mera identificação com a história propriamente dita dos conceitos*. Pelo contrário, difere, requer mediações, depurações. Uma dessas mediações para se ir a história é a dialética da relação entre o lógico e o histórico tal como é concebida no clássico texto de Marx, "O método da Economia Política" de Marx, naquele texto, após introduzir a discussão acerca do método cientificamente correto. De reprodução do concreto no pensamento (do abstrato ao concreto), leva o leitor a concluir, por meio de inúmeros exemplos tirados da economia política, que a história da realidade objetiva não é a mera identificação com o processo de sua apreensão no pensamento. Entretanto, prossegue Marx neste texto, se não há uma identificação imediata entre o processo de desenvolvimento do conhecimento e o próprio desenvolvimento histórico da realidade objetiva, mesmo assim, o estágio mais desenvolvido do objeto permite captar os aspectos essenciais de seu desenvolvimento histórico. O lógico orienta o histórico, isto é, na lógica do conceito pode-se captar os elementos de sua formação, elementos esses que não retratam toda a sua trajetória histórica, mas sim seus traços históricos essenciais [...] [...] a lógica do produto (a fase mais desenvolvida de um conceito) orienta a elaboração de uma seqüência lógica de seu desenvolvimento histórico, a chamada seqüência lógico-histórica dos traços essenciais. Quer dizer, o lógico orienta a captação dos traços históricos essenciais; entretanto, esses traços não se apresentam numa seqüência considerada mais lógica do ponto de vista da própria lógica do processo. Mas, mesmo assim, essa lógica do produto acaba sendo a chave para se compreender a lógica do processo e, então, selecionar, depurar os aspectos essenciais mais de acordo com essa seqüência lógica do processo. (Giardinetto, 1993 p.97)

Em outra medida deve desfazer enganos entre eles, segundo Giardinetto (1993,1991) se considera que a simples apresentação da trajetória histórica dos conceitos das ciências e da matemática por si, dê visibilidade às etapas essenciais da elaboração do conhecimento e já estaria evidenciando a demonstração necessária para a compreensão da lógica dos conceitos.

Cabe destacar, também, que a apresentação direta do aparato matemático constitui outro pressuposto por vezes considerado uma estratégia de ensino. Supõem subliminarmente que tal apresentação posteriormente à definição do conceito, já esteja possibilitando ao aluno compreender os aspectos qualitativos e, portanto, essenciais do conhecimento teórico em suas especificidades, análogo dos fundamentos obtido pelos cientistas ao procederem em suas pesquisas. Em outras palavras, como se a mera linguagem estritamente lógica da ciência já apresente ao aluno os detalhes necessários à apropriação do conhecimento, em relação aos aspectos já superados historicamente.

A saber, o conceito de calor como uma modalidade de energia, com é caracterizado por movimento e interação das partículas livres e que interagem termicamente com as estruturas sólidas amorfas ou cristalinas, representa a forma última do conceito na formulação estatística, e que perpassa aspectos mais elementares desenvolvidos em etapas anteriores. O entendimento das propriedades do calor, deve ser resgatado na história da formação do conhecimento da Física, já que a forma mais elaborada do conceito supera as formas anteriores, assim em encontrar os argumentos utilizados na história da formação deste conceito para que seja possível destacar as especificidades que o fundamenta.

O não uso da história da ciência como instrumento acrescentado à fundamentação do lógico, remete-se a algumas considerações relevantes na pesquisa com a história da ciência no ensino, ao que se converge para os conteúdos de livros didáticos e que se encontram respaldo nos mecanismos oficiais de avaliação. esta tarefa se encontra nos itens de história da ciência como recurso a ser implementado nos livros didáticos de Física, tal como documenta o PNL D de 2006. No entanto, esta revisão decorre propriamente de uma etapa anterior, a identificação dos aspectos lógicos sobre o conceito de calor na sua apresentação nos livros didáticos. Seguem as etapas da análise:

(1ª etapa) A delimitação do conteúdo na dimensão do estritamente lógico:

A saber, o elemento lógico correspondente às especificidades do formalismo de Física que se inserem nas propriedades do calor, ilustradas oficialmente no PCN+ que se destacam nos itens específicos de propriedades relacionadas ao estudo do calor, e que se encontra com certa regularidade nos livros didáticos. Os conteúdos envolvem a mecânica dos gases, calorimetria e introdução à termodinâmica, que se distribuem nos seguintes tópicos:

Temas do PCN+ e conteúdos específicos de Termologia e Calorimetria e
Introdução à Termodinâmica

Conhecimentos específicos das teorias física envolvidos no estudo do calor:

1. Leis que Regem as Transformações dos Gases e dilatação dos Sólidos
2. Formas de Condução de Calor, condução convecção, radiação.
3. Calorimetria
4. Máquina de Carnot
5. Primeira e Segunda lei da Termodinâmica

O PCN+ identifica os conhecimentos específicos na forma de itens, seguido da concepção de calor em seu conceito mais elaborado da história, o conceito de calor como energia, direcionada a sua incorporação ao contexto da relação entre ciência e sociedade. A abordagem estritamente lógica contém necessariamente a forma mais desenvolvida do desenvolvimento histórico conforme ilustrado abaixo:

Tema Estruturador 2: Calor, Ambiente e Formas e Usos de Energia

- Fontes e trocas de calor
- Tecnologias que usam calor: motores e refrigeradores
- O calor na vida e no ambiente
- Energia produção para uso social

O tema estruturador aborda o conceito de calor em suas possibilidades de contextualização, relacionado com as modalidades de energia envolvida no estudo do calor, entretanto *este esboço aparece desprovido propriamente do enunciado do conceito de calor se encontram somente as especificidades de domínio lógico* A tarefa

de se esmiuçar este conceito, entre outros aspectos, é creditada pelos mecanismos oficiais, como o PNLD os critérios designados aos autores de livros didáticos.

(2ª etapa) Delimitação dos aspectos históricos

A arbitrariedade da apresentação dos conteúdos se dá na relação entre o lógico e o histórico, pela ausência de critérios dos autores de livros didáticos quanto a esta relação, descaracteriza o entendimento de algumas propriedades do estudo do conceito de calor. O enunciado do calor como uma energia é destacada pelos autores, para ser em seguida realizada a apresentação dos procedimentos matemáticos que acompanha tais demonstrações dos itens ao que compõem de forma quase predominante à visão estritamente lógico do conceito, e pouco fundamentado pelas suas etapas da história com que se estabeleceram as propriedades do conceito de calor.

É importante notar que a relação entre o lógico e o histórico nos textos analisados se estabelece de modo precário, pouco consistente com a fundamentação conceitual, seus argumentos históricos e situações apropriadas para demonstração das propriedades de calor relacionadas aos itens de formalismo. Com isso, os conteúdos se apresentam desconexos e valendo-se quase exclusivamente dos procedimentos algébricos e geométricos do formalismo, como se tais formalismos por si já seriam suficientes à compreensão dos fenômenos que se reporta.

Tabela2-A apresentação dos Itens de calor e a síntese de sua relação com o histórico nos livros didáticos:

Amostras	Livros 1: Paraná, D.N.S. Curso de Física - Volume Único editora ática São Paulo 6ª ed. V.4 2004	Livro 2- Ueno, P. Física volume Único. Ed ática São Paulo 2006 1ª ed.	Livro 3: Física - Antonio Máximo Ribeiro da luz, Beatriz Álvares Alvarenga -Volume 2 Ed. Scipione São Paulo 2005
Aprovado pelo PNLD	não	não	sim
Mecânica dos Gases	Referência somente do calor como agitação de partículas sem recorrer aos modelos históricos	Referência somente do calor como agitação de partículas, sem recorrer aos modelos históricos.	Aparece a relação da mecânica dos gases com a notação da cinética molecular inserindo a constante de Boltzmann
Calor em transito e Temperatura.	Defini calor como energia em transito e a temperatura o sentido do movimento do calor. Sem	Defini calor como energia em transito e a temperatura o sentido do movimento do calor,	Apresenta histórico do termômetro desvinculado da evolução conceitual

	diferenciação da teoria do calórico e antiguidade.	sem fazer diferenciação da teoria do calórico e antiguidade.	do calor. Escamoteia o conceito de calor na Antiguidade, ao omitir a filosofia dos quatro elementos. O texto também identifica a teoria molecular como evolução do atomismo grego. Confundindo a definição cinética com a calorimetria que é historicamente fundada, por modelos substancialistas.
Equivalente Mecânico do Calor	Apresenta referência ao experimento de Joule como sendo o estabelecimento da notação de conversão joule-Caloria	Faz referência ao calórico e que foi substituído pelo conceito de energia em seguida utiliza a notação joule-caloria sem descrever o experimento.	Faz referência ao calórico mas e ao mencionar Rumford não diz resultado de seus experimentos, ao aquecer todas as componentes sugere a transformação de energia de movimento em calor ou a hipótese da produção de calórico.
Formulação da Termodinâmica	Apresenta o formalismo da segunda lei apenas pela relação com trabalho sem mencionar dados da formulação estatística.	Apresenta referência a segunda lei apenas pela relação com trabalho sem menção a formulação estatística.	O texto embora apresente os conceitos da radiação de calor e da entropia na formulação cinética das moléculas, não aproxima esta discussão no âmbito da impossibilidade teórica da construção da máquina ideal de Carnot. Pela relação entre a entropia do sistema ao meio, em outra, não destaca aspectos dos sistemas reversíveis e irreversíveis como sistemas biológicos.
Máquinas Térmicas	Considera o uso do vapor atrelado a origem da mecânica dos gases, iniciada com a máquina filosófica de Papin. Atribui a evolução da máquina térmica o estabelecimento da Termodinâmica	Apresenta a origem da máquina térmica a origem da pesquisa do vapor atribuída a Denis Papin. Atribui a evolução da máquina térmica, o estabelecimento da termodinâmica	Apresenta a origem da máquina a vapor desde a antiguidade e identifica os aprimoramentos e a eficiência térmica.

A amostra de conteúdo dos livros didáticos sobre o conceito de calor, revela um problema mais amplo da fragmentação do conhecimento na sua relação com a lógica de elaboração, ou do processo histórico, até chegar na lógica do conceito em forma mais elaborada.

Os autores apresentam de forma arbitrária e estanque os dados históricos, mais por uma cronologia e biografia de alguns cientistas, do que os fundamentos e demonstrações que efetivamente firmaram as bases da elaboração dos conceitos da física, o que torna a apresentação destes conteúdos pouco fundamentada em suas bases teóricas e metodológicas. A formulação dos modelos conceituais e dificuldades de se ajustar estes modelos com a realidade dos fenômenos propriamente, acaba por ser escondida ao serem confundidos os fundamentos teóricos e modelos conceituais com o aparato matemático numa forma final, a ser aplicada em problemas de listas de exercícios num contexto idealizado e distante da realidade.

Embora sejam mencionadas teorias e experimentos que contribuíram para a formação dos conceitos, não aparecem argumentos e demonstrações necessárias para a superação. No caso do calórico, substância imponderável que somente poderia migrar de um objeto ao outro, e os experimentos que evidenciam o calor como energia, dado pela contrariedade com o calórico. Ao se mostrar que o calor também pode ser gerado na fricção por atrito. *O conceito de calor como atrito e movimento das moléculas não se estabelecem por uma relação direta com a observação do movimento da ebulição com serragem, as teorias antigas apresentam uma explicação sensata para estes movimentos no interior da água em ebulição, a variação da densidade da água ao receber calórico.*

Tabela 2- Aspectos da evolução do conceito de calor:

Modelo conceitual	(cronologia)	Elemento fogo e a teoria do flogísitco	Calórico	Modelo ondulatório	energia
Propriedades		Calor faz parte da constituição da matéria	Calor é um elemento imponderável e imaterial que se	Calor é alguma forma de movimento e se	Calor é a interação entre sistemas, envolve relação (micro e macro)
			transfere	transfere	partículas

Conteúdo do estudo do calor	Mecânica dos Gases	Calorimetria Ciclo de Carnot	Condução convecção de calor	Introdução à termodinâmica Cinética dos Gases
Instrumentos básicos	Barômetros Termoscópio Turbina a vapor Marmita de Papin Bombas de Ar	Termômetro de precisão Calorímetros Máquinas térmicas duas e quatro fases	Tipos de Materiais Condutores de calor	Aparatos do equivalente mecânico Explicações da Identificação do movimento browniano

O esboço da evolução histórica delimitada ao conceito de calor, não é uma cópia estritamente cronológica, visto que a história do conceito de calor na sua representação cronológica segue pelo argumento de Duarte (1987) quando indica que a teoria cinética ou o modelo de energia cinética ao estudo dos gases, já se colocava antes, por exemplo, dos experimentos do equivalente mecânico, e foram retomados na metade do século XIX como identifica Brush (1965) .

Segue, no entanto, o propósito do capítulo, para estabelecer um esboço didático à luz da categoria do lógico e do histórico a ser elaborada no item que segue, ou seja, da análise das implicações didáticas da presente categoria.

4.3-As implicações da categoria do lógico e do histórico na seqüência didática do ensino de calor: a 3ª etapa, ou seqüência lógico-histórica para o ensino do calor

Retomando as considerações sobre o uso didático da história, especificamente dos estudos de caso para a elaboração das seqüências de ensino, decorre das críticas quanto ao ensino de ciências, quase que essencialmente limitado ao seu formalismo e com pouca fundamentação dos conceitos.

A valorização da *aprendizagem de conceitos* (CACHAPUZ et. al, 2000; SANTOS, 1991) depende especialmente de um *ensino de conceitos* (EC). Na Física, o ensino dos conceitos é tomado pelo ensino das fórmulas e cálculos da Física, e que muitas vezes o conhecimento desta ciência é tomado quase que essencialmente por estes procedimentos, quando estes, na verdade, constituem a parte final do conteúdo, já delimitado pela análise teórica dos conceitos que não é estudada (VILLANI, 1984; FILOCRE, 1986). Decorrente de tais constatações, sobre a situação do ensino de Física, segue as propostas de ensino pautadas na evolução de conceitos, e geralmente com enfoque construtivista de aprendizagem, como “*Física: proposta para um ensino construtivista*” (CARVALHO, 1989) ou “*Termodinâmica uma proposta de ensino por investigação*” (CARVALHO, 1999). Propostas de ensino fundadas em aspectos da história e filosofia da ciência e com pano de fundo construtivista, se tornaram recorrentes nas pesquisas de ensino de ciências, especialmente nos anos 80 e 90 (MINTZES et. al, 1998).

Deve-se ressaltar também o uso dos estudos de caso histórico, como Bernal (1976) Conant (1957) como, Gerald Holton, Bernard Cohen entre outros importantes historiadores elaboram textos em formatos mais apropriados para o ensino de Física e outras ciências básicas em diversos níveis (MATHEWS, 1995), já no final das décadas de 50 e início dos anos 60. Os historiadores passam, neste período, a utilização do estudo de caso histórico, já direcionados à elaboração de textos para o ensino e que atualmente atendem à pesquisa sobre erros e distorções conceituais em livros didáticos de ciências (MEDEIROS & MONTEIRO, 2002; MEDEIROS & MEDEIROS, 2001), constitui alguns dos exemplos do estudo de caso histórico para identificação dos problemas com a apresentação de conceitos, especificamente pelo mau uso da história.

Neste ponto, torna pertinente considerar a possibilidade da elaboração de um esboço da sequência de apresentação do estudo do calor, fundamentado pela relação do lógico e o histórico. Especialmente, quanto ao que se observa nos autores de livros didáticos, ao se estabelecer uma síntese precária da relação do lógico (tratando-se do conceito de calor) dos procedimentos algébricos e geométricos do formalismo do calor, com o histórico, (tratando-se das etapas essenciais da elaboração do conceito) esta relação segue de forma desconexa como foi possível observar nas etapas (1 e 2).

O passo 3 consiste no esforço intelectual da presente investigação, que tem por propósito a elaboração de uma sequência da abordagem do estudo do calor fundada na relação entre o lógico e o histórico (passagem da síntese precária à síntese concreta)!

Esta síntese se deve à apresentação de uma visão mais realista do conteúdo, mais crítica e menos dogmática quanto aos seus argumentos (fatores indicados nos textos de ensino abordados como, sem dúvida, aqueles que decorreram para o estabelecimento da fórmula ou experimento). Mas também sem se fazerem simplificações exageradas de tais condições, ao contrário, o autor da dissertação entende que este nível de abordagem, requer maior grau de análise e de síntese para tal elaboração.

(3ª etapa) Um esboço analítico para a elaboração de uma sequência didática do estudo do calor a partir da relação entre o lógico e o histórico: *também podem ser sugestões para modificação das referências históricas nos livros didáticos na apresentação do conceito de calor*

Elemento fogo e a teoria do flogístico correspondem à fase da mecânica dos gases (abordagem não estatística).

Idéias básicas:

Calor é atribuído ao elemento fogo que participava da composição da matéria formada por diferentes proporções dos quatro elementos cuja (alma da matéria) conserva as substâncias. Por conseguinte, não se pensava em mudança de fase da matéria (somente agregação e desagregação).

Conteúdos:

Propriedades da mecânica de fluidos para o estado gasoso, a elasticidade do ar e identidades das transformações dos gases.

Teoria do calórico e modelos substancialistas:

Idéias básicas:

As escalas termométricas e a identificação das reações químicas (respiração não era mais um processo de refrigeração) a matéria pode não somente se desagregar como na teoria do flogístico. Existem, portanto as substâncias e podem mudar seu estado físico, ou participar de reações químicas de acordo com as propriedades das reações, e com isso absorver e liberar calor.

Aqui o calor é entendido como elemento que se transfere, meramente. Com os experimentos de Rumford tentou-se atribuir a idéia de produção ou de geração de calórico. Nesta teoria, pensava-se que as coisas têm o calórico (como se pensa a

caloria de tal alimento, este calorímetro com 100 gramas de água tem calor!!!!) O calórico pode se transferir de um objeto a outro e preenche as coisas, é um elemento imponderável, desprovido de massa, que pode percorrer a matéria como em uma esponja umedecida. Por esta razão, se faz alusão às cores quentes para designar objetos quentes (desenhando bolinhas vermelhas) e (bolinhas azuis e cores frias) para representação de que algo tem pouco calor. Especialmente, torna-se fundamental na teoria do calórico, a distinção entre calor e temperatura, que segue vinculada à dilatação e mudança de fase.

Temperatura indica o sentido da transferência do calor do objeto com maior temperatura para o que tem menos calor. Com a ideia de reservatório térmico ou calorímetro, pode-se perceber que a transferência de calor pode ocorrer entre um reservatório pequeno, que tem menos calor que outro reservatório grande, desde que a temperatura do pequeno reservatório tenha maior temperatura! (a quantidade de calor trocado se conserva e tende a equilíbrio). Admitia-se a possibilidade da construção de um motor contínuo, pois neste caso o rendimento ou eficiência da máquina a vapor deve-se a uma mera relação entre teoria e prática.

Conteúdos:

Calorimetria: calor latente, calor específico (caloria por unidade de massa),
Ciclo de Carnot

Modelo ondulatório

Ideias básicas:

As tendências da física matemática a generalização do cálculo diferencial e integral, alguns ecos das críticas ao modelo do calórico estabeleciam as ideias de calor como movimento de partículas para a transmissão de calor, por meio da vibração da matéria, entretanto não se acreditava que as moléculas em suas estruturas, nos diferentes estados, sólido líquido e gasoso estariam desprovidos de um meio de sustentação o éther físico, com isso os gases realizavam movimento de expansão e contração. Por si, as moléculas do estado gasoso não realizavam movimentos. Neste caso, o próprio éther poderia transmitir calor.

O conceito de Calor como energia:

Ideias básicas.

Embora não seja possível destacar o que efetivamente modificou a ideia de calor para energia, a exemplo, o episódio envolvendo Herapath e os defensores da teoria do calórico, se inicia um modelo cinético dos gases, e na contramão, pode-se referir a tentativa de salvar a teoria do calórico nos experimentos de Rumford, sobre a fricção de metais em um calorímetro. Nesta tentativa, explica-se que a temperatura gradualmente elevada em todas as partes do experimento (metais, água e paredes do reservatório) ocorre produção ou geração de calórico. O equivalente mecânico neste período se coloca como um princípio amplamente abordado na eletrólise passagem de eletricidade e na mecânica dos gases e se estabelece como explicação plausível para os experimentos iniciados por Rumford.

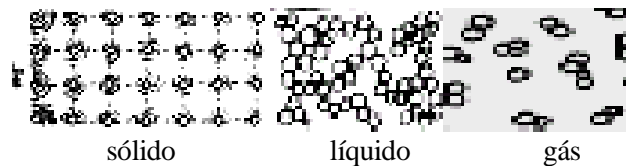
Decorrentes de tais experimentos, pensava-se na relação entre movimento e atrito e

aumento de calor, estendendo para os movimentos de seres vivos, como nas observações de Mayer, e as condições de atividade biológica para manter a temperatura do corpo constante em diferentes condições naturais. As iniciativas de se generalizar o teorema da energia cinética para os gases se desenvolvem no período denominado como retorno à teoria cinética do calor, segundo metade do século XIX. O problema da generalização do teorema da energia cinética decorre da impossibilidade de um tratamento determinista para indicar exatamente a quantidade de movimento e a energia cinética de cada partícula individualmente, levando aos métodos para distribuições de velocidades de Maxwell. O seria confirmado com Sterl no século XX.

A relação entre sistemas reversíveis, como reações químicas e sistemas irreversíveis, sistemas biológicos dependem da elaboração de outra variável, a entropia. Esta nova variável se soma a interpretação do movimento browniano, que se observa a partir de um microscópio ótico, o movimento das partículas de grão de pólen em suspensão com água, o que veio a ter a explicação final no início do século XX de que existe uma relação termodinâmica entre partículas macroscópicas e microscópicas. Ideias de transformação de energia (tudo é energia!!!)

O estabelecimento da termodinâmica vai sendo formulado com a interpretação estatística, neste caso, a impossibilidade de construção de uma máquina térmica perfeita se dá pela inevitável interação térmica dos sistemas com o universo, que tende para a condição de equilíbrio.

(participação termodinâmica da matéria entre macro- física e a micro- física)



Conteúdo:

Equivalente mecânico, introdução à termodinâmica, constante de Boltzmann para a interpretação cinética.

(decorre aqui uma modificação no formalismo da calorimetria para a termodinâmica, no que antes era abordado como quantidade de calor de uma substância de massa (m) com uma temperatura (t), logo, calor e temperatura são grandezas diretamente proporcionais. Segue agora que o calor não é apenas algo que se transfere, (princípio de conservação das trocas de calor), sobretudo é ALGO QUE SE TRANSFORMA!, então, onde se denominava por calor de um reservatório térmico, passa a ser denominado sistema que apresenta uma energia interna e que pode ser alterada na interação do sistema com agentes externos. Agora, variação de calor no sistema depende da realização de trabalho interno ou externo ao sistema e, com isso, varia a energia interna do sistema (a energia total do conjunto das bolinhas em movimento no sistema) .

Esta interação entre o sistema e o meio se torna inevitável, de modo que o conjunto de sistemas que constituem o universo tende ao equilíbrio.

Considerações Finais:

As definições e demonstrações presentes nos textos das obras didáticas selecionadas têm como característica, a arbitrariedade tanto da estruturação dos conteúdos quanto ao que enfatizam no desenvolvimento histórico dos conceitos. Entretanto, mesmo aos textos que inserem debates, estes se colocam de forma muito superficial, pouco centrado nas divergências dos cientistas quanto aos modelos teóricos e suas limitações ao entendimento dos fenômenos que se reportam e o que encerra em pouco acesso à produção destes conhecimentos.

Em sentido amplo, não existem critérios para apresentação dos argumentos históricos, suas incursões são arbitrarias e se prevalecem sobre uma ausência de explicação dos procedimentos de significados daqueles conteúdos como elaboração histórica. A desconexão dos aspectos históricos, caracterizada pela superficialidade de tais referências nos textos de ensino, muito mais para atribuição de nomes e fatos, do que para explicação de um conceito, tem prevalecido sobre os livros didáticos.

Ocorre uma quase restrição às fórmulas e descrições analíticas da operacionalidade dos procedimentos de tais fórmulas, com pouca abordagem conceitual para fundamentação dos argumentos científicos, especificamente os modelos conceituais em que se desenvolveram as etapas de tais formalismos. Conforme esclarecem as pesquisas no ensino de ciências e matemática, em tais procedimentos, o conceito aparece na sua forma final e seguida pelos procedimentos analíticos formatados para a resolução de problemas.

Cabe destacar que não seria propriamente a identificação dos diversos modelos do conceito de calor analisados por si, que se permite compreender a sua lógica de elaboração, sem considerar as modificações que se realiza no âmbito da prática científica, de como a ciência se faz presente em cada uma destas etapas essenciais. [...]”*como se o simples fato do conhecimento da trajetória histórica dos conceitos já esteja possibilitando ao aluno a compreensão da lógica dos conceitos*”.[...]Giardinetto (1993, p.96) Neste caso, deve-se considerar o que permitiu uma diferenciação conceitual entre calor e temperatura, e possibilitou, por exemplo, entre outros ao ciclo analítico do calor para a máquina térmica e posteriormente, os fundamentos da compreensão do calor como uma energia deve-se aos passos seguintes,

a fundamentação do princípio do equivalente mecânico do calor, o calor não meramente como uma substância em trânsito, mas algo que se transforma, originário do movimento mecânico, na generalização deste princípio.

Identifica-se na presente amostra de autores, que embora façam uso recorrente das referências históricas, estas têm prevalecido uma visão ingênua quanto às suas incursões para melhor definição do conceito de calor. Esta crítica se torna consistente, à medida que se verifica a necessidade de melhor delimitação das variáveis atribuídas para o estudo do calor até sua definição de energia, o que já estava sendo apontado nas pesquisas com livros de graduação. Estas omissões constituem um problema caracterizado pelas atribuições ou finalidades adotadas pelos autores para a utilização das referências históricas.

O professor também não terá segurança ou confiabilidade quanto aos argumentos utilizados nas referências históricas, especialmente tratando dos procedimentos experimentais correspondentes às etapas da elaboração dos modelos do calor. Outro fato revelado na amostra, e decorrente da irregularidade na explicitação dos argumentos históricos, é que da amostra, somente a obra de volume extenso apresentadas na amostra foi aceito nos critérios do PNL D, este mecanismo, por sua vez avalia aspectos qualitativos nas referências históricas dos autores das obras didáticas.

Quando comparadas às amostras, se verifica diversas irregularidades quanto aos dados que antecedem a demonstração da transformação de energia e calor, em sentido específico, por mais que sejam detalhistas nas informações do referido conceito, apresentam poucos subsídios para o estudante evidenciar os passos necessários que os cientistas recorreram. Dado que o formalismo por si não oferece uma interpretação do conhecimento da física sobre o campo de estudo que está vinculado.

É sobre este ponto que a presente pesquisa se debruçou, sobre uma perspectiva humana do conhecimento, de tratar os conteúdos escolares numa abordagem histórica, que tem como inspiração a categoria do lógico e o histórico, para melhor retratação dos conceitos científicos, sobre uma organização de trabalho didático, para desfazer algumas retratações da ciência como elaboração estritamente individual e de poucas incertezas, com respostas prontas e definitivas. Neste caso, ao

tomar consciência da história e da Física na sua história, torna-se difícil admitir uma resposta definitiva tal como objeto da pesquisa, para um determinado modelo do calor. Se recorrer atualmente às fronteiras do conhecimento, provavelmente não se encontra pleno consenso sobre particularidades dos modelos do calor nos atuais debates entre modelos de campo e de partículas elementares com os possíveis efeitos térmicos, pois a realidade da ciência enquanto atividade humana é uma elaboração histórica, e como tal segue as determinações das necessidades de uma época. A este exemplo do dinamismo atual da ciência em se ajustar os modelos ultimamente reconhecidos encontram por dificuldades peculiaridades estranhas a tais modelos, como na ausência de cristalização do Hélio a baixas temperaturas, se tornando um superfluido (sem viscosidade), o ajuste da termodinâmica aos sistemas biológicos, constituem alguns desafios que entre outros, exigem da ciência a elaboração de modelos específicos.

Um modelo conceitual com maior poder explicativo supera por incorporação dados sobre um mesmo fenômeno natural, numa nova abordagem e modelagem conceitual. A trajetória da modificação de um conceito não se resume à abordagem de fatos, mas à delimitação e identificação dos modelos conceituais na história e seus debates, auxiliam na compreensão da lógica dos próprios conceitos inovadores. Pelo ponto de vista histórico, chega-se às conclusões provisórias de um dado assunto, por isso, a ideia de transferência de calor na teoria do calórico, é reinterpretada pela formulação cinética e estatística, com a ideia de energia interna das partículas que formam sistemas termodinâmicos e envolve algo mais, a transformação de energia engloba a relação entre calor com outros fenômenos naturais, como na passagem de corrente elétrica, nas reações químicas, os organismos vivos entre outros. Em sentido amplo a relação do homem com a natureza não é uma relação direta, mas mediada por teorias e conceitos que evoluem no tempo e no espaço. Há uma ciência na história, logicamente engendrada na relação entre produto e processo, o que torna a atividade científica uma prática social e uma atividade inerente à natureza humana, e representa uma elaboração histórica fruto do poder humano de analisar e de sistematizar a realidade.

O reconhecimento destas características do conhecimento da Física se identifica com a dimensão humana, mais propriamente da natureza humana com que se

realizam as investidas do homem sobre a abstração da realidade que o cerca. Esta relação do homem com a natureza não é uma relação direta e espontânea. Se assim o fosse, também as formigas e os pássaros poderiam transformar e modificar a sua relação com o mundo, poderiam elaborar suas próprias culturas, e especialmente, teriam a condição de se reconhecer na história, ou assim dizer, produzir a sua história, e com isso, se tornariam naturalmente humanos!.

Referências Bibliográficas:

ALFONSO, C.Q. *Fica sem Resposta o que os Livros Dizem: a mediação na perspectiva da pedagogia histórico-crítica* Ed. Papirus Campinas-SP. 1996

ALVES, L.G. *O trabalho didático na Escola Moderna; formas históricas* Ed. Autores Associados. Campinas SP. 2005, ISBN 85-7496-150-7

ALFONSO-GOLDFARB, A. M. . Alguns apontamentos sobre a Historiografia em história da Ciência. In: Angela Maria Martins. (Org.). *O tempo e o Cotidiano na história*. São Paulo: Fundação para o desenvolvimento da Educação, 1993, v. , p. 79-87.

_____. *O que é História da Ciência*. 4a.. ed. São Paulo: Brasiliense, 2004. 95 p.

AMARAL, E. M. R. ; MORTIMER, E. F. Uma proposta de perfil conceitual para o conceito de calor. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências - RBPEC - ABRAPEC*, v. 03, p. 05-18, 2001

AMARAL, I A.; MEGID NETO, Jorge. Qualidade do livro didático de ciências: o que define e quem define? *Ciência & Ensino*, Campinas, n.2, p. 13-14, jun.1997

AXT, R.; BRÜCKMANN, M.E.O Conceito de Calor nos Livros Didáticos de Ciências. In. *Cad. Catarinense Ens. Física* Florianópolis 6(2) 128-142 1989.

BACHELARD, G. *A formação o espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento*. Trad. Estela dos Santos Abreu. Rio de Janeiro: Contraponto 1996.

BARKÉS, I. *Física do Quotidiano*, (Aprender Fazer Ciências) Lisboa – Ed. Gradiva, 1992.

BARDIN, L. *Análise de Conteúdo*. Portugal edições 70, 1977.

BASTOS, F. História da Ciência e pesquisa em ensino de ciências. Breves considerações in. Nardi, R. (org) *Questões Atuais no Ensino de Ciências*. Ed. Escrituras, São Paulo 1998.

_____ et al. Da necessidade de uma pluralidade de interpretações acerca do processo de ensino e aprendizagem em ciências: re-visando os debates sobre o construtivismo in. Nardi, R. (org) *Questões Atuais no Ensino de Ciências*. Ed. Escrituras, São Paulo 1998.

BELLINI, L.M. Avaliação do Conceito de Evolução nos Livros Didáticos pgs.7-28 in. *Estudos em Avaliação Institucional*. Fund Carlos Chagas Jan/Abr V.17 n.33 2006. ISSN 0103-6831.

BERNAL, J.D: *Ciencia e industria en el siglo XIX*. Barcelona Ed. Martínez Roca, 1973.

_____ *La Proyección del Hombre*; História de la Física Clásica Siglo XXI España Ed. 1975

BLACK, J. *Lectures on the Elements of Chemistry* Univ. Edinbugh – 1802

BRASIL Ministério da Educação, Secretaria da Educação Média e Tecnológica. *Parâmetros Curriculares Nacionais*. Brasília 1999.

_____ *Ficha de Avaliação/ PNLDEM 2007 FÍSICA*

_____ Secretaria de Educação Média e Tecnológica. PCN+ Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos *Parâmetros Curriculares Nacionais*. *Física in: ciências da natureza, matemática e suas tecnologias*. Brasília: MEC, SEMTEC, 2002.

_____. MEC/FAE. *Guia de Livros Didáticos: 5ª a 8ª séries – PNLD 2005*.

Brasília: FAE, 2005.

BOYLE, R. the spring of the Air (from new Experiments Physical Mchanical, etc 1660) in BRUSH.S.G. *Kinetic Theory* V. 1 ed. Oxford London 1955

BRUWN, S. C. *Cound Rumford and the Caloric Theory of Heat* *Proceedings of the American Philosophical Society* 93(4) 1949 pp316-325.

BRUSH.S.G. *The Kind of Motion we call Heat* Book I e 2 ed Oxford London 1976

_____The Royal Society's First Rejection on the Theory of Gases (1821) John Herapath versus Humphry Davy *JSTOR* V. 18n.2 dez 1963

BERNOULLI, D. On the properties and motions of elastic fluids, especially air (from Hydrodynamics 1738) in BRUSH.S.G. *Kinetic Theory* V. 1 ed. Oxford London 1965

BOURDIEU, P. *O campo científico* in Ortiz, R. (org) São Paulo. Ed Ática 1983, p122-155.

_____ *Os usos Sociais da Ciência*, Ed. Unesp São Paulo 1997 ISBN 85-7139-530-6

CANAVARRO, J.M. *Ciência & Sociedade* Ed. Quarteto Coimbra 1999. ISBN: 972853503/99

CASTRO, R.S. *História e Epistemologia da Ciência: investigando suas contribuições num curso de física de segundo grau*. Dissertação de Mestrado FE USP

CACHAPUZ, A et al *A necessária renovação do ensino de ciências*. Ed Cortez São Paulo 2005. ISBN 85-249-1114-X

_____ *Perspectivas de Ensino* 1ª Ed. (CEE) Porto 2000. ISBN 7982000

CARNOT, S. *Reflexions sur la Puissance Motrice du feu Sur Les Machines, Propper a Développer Cette Puissance* (L' École Polytechnique)– 1824

_____ *Reflexiones sobre la potencia motriz del fuego* ed Alianza Universidad Madrid 1987 ISBN 842062505-

CARVALHO, A.M.P. *Ensino de Ciências: Unindo a Pesquisa e a Prática* São Paulo Thompson Learning 2004.

CARVALHO, A.M.P Física, *Proposta para um Ensino Construtivista* EPU São Paulo 1989.

CARVALHO, A.M.P & GIL - PEREZ , D. *Formação de Professores de Ciências; tendências e inovações*. Ed. Cortez 2ª edição São Paulo 1995.

CARVALHO, A.M.P et. al. *Termodinâmica: uma proposta de ensino por investigação* Ed. Edusp 1ª ed. 1999 São Paulo.

CARVALHO, A.M.P & VANNUCCHI, A. O Currículo de Física Inovações e Tendências nos anos 90 in. *Investigações no Ensino de Ciências* V 3·N.1 2001.

CARVALHO, A.M.P *História e Filosofia da Ciência: da teoria para a sala de aula*. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Educação USP São Paulo 1996.

CHASSOT, A *Alfabetização Científica: Questões e Desafios para a Educação (Coleção Educação para a Química)* 3ª ed. Editora Unijuí, 2003 ISBN 85-749145-5

CLAUSIUS, R. The Nature of the motion which we call Heat (from *Annalen der Physik*, 1857) in in BRUSH.S.G. *Kinetic Theory* V. 1 ed. Oxford London 1965 ;

_____ the mechanical theorem applicable to Heat (from *Sitzungsberichte der Niederheinischen Gesellschaft*, Bonn 1870) in BRUSH.S.G. *Kinetic Theory* V. 1 ed. Oxford London 1965

CHALMERS . A *A Fabricação da Ciência* ed. UNESP São Paulo 1994.

_____ O que é Ciência Afinal? Ed Brasiliense 1993

CONANT, J.B. *Haward Case Histories in Experimental Sciences* V.1 e 2 Haward University Press. 1957.

COTIGNOLA, M. I. et. al. *Difficulties in Learning Thermodynamic Concepts: Are They Linked to the Historical Development of this Field?* *Science & Education* 11: 279–291, 2002.

COVALAN&SILVA,D. O ensino do Conceito de Entropia *Ciência & Educação* p 98-123 V.11 n.1 2005

CURT, E. H. *Problemas Experimentais em Física*. Ed. Unicamp Campinas SP. 4ª Ed. 1993. Bruta, G. Curso de Física Geral: Termodinâmica 1 ed. Difusão Européia do Livro- São Paulo 1966.

CUSTÓDIO J F&PIETROCOLA, M Ciências empíricas e o seu tratamento em livros didáticos *Ciência & Educação*, v. 10, n. 3, p. 383-399, 2004

de MEIS, L *A respiração e a 1ª Lei da Termodinâmica, ou, A alma da matéria* RJ 2004, ISBN 85-900550-3-5

DELIZOICOV, D. *Ensino de Ciências. Fundamentos e Métodos*. Ed Cortez São Paulo 2002 ISBN 85-249-0858-0

DUARTE N. *A Relação entre o Lógico e o Histórico no Ensino da Matemática elementar*. . Dissertação de mestrado em educação (UFSCar), São Carlos 1987.

_____A individualidade para si: contribuições a uma teoria histórico-social da formação do indivíduo. Campinas Autores Associados 2000.

_____ *Educação escolar, teoria do cotidiano e a escola de Vigotski* 3ª ed. Campinas SP. Autores Associados 2001.

DRIVER, R *The Pupil's as a Scientist* In: Conference GIREP Rehovot – Israel 1979.

_____. Pupil's Alternative Frameworks in *Science European Journal of Science Education* V.3, p.93-101, 1981

DUHEM, P. “A Escola Inglesa e as Teorias Físicas” in: *Ciência & Filosofia* São Paulo (4) 63-84. 1984.

EINSTEIN, A&INFELD,L. *A Evolução da Física* 4ªEd. editora Zahar Rio de Janeiro 1980

FACCI, M.G.D. *Valorização ou Esvaziamento do Trabalho do Professor: um estudo crítico comparativo da teoria do professor reflexivo, do construtivismo e da psicologia vigotskiana*. Ed. Autores Associados Campinas SP, 2004.

FARADAY, M “On the Liquefaction and Solidification of bodies generally existing as Gases” *Philosophical Translaction* 1843.

FILOCRE, J. *A Teoria de Piaget como sistema de referência para compreensão da “Física intuitiva”*. Cad. Catarinense Ensino de Física, Florianópolis 3(2) 85-92 1986.

FOURIER, J. *Théorie Analytique de la Chaleur* Paris 1822

FRACALANZA, H. *O que sabemos sobre os livros didáticos para o ensino de ciências no Brasil*. Tese de Doutorado, Faculdade de Educação, UNICAMP, 1992.

GALILI,IGAL&HAZAN,AMNON. Experts’ Views on Using History and Philosophy of Science in the Practice of Physics Instruction *Science Education* 10:345-367p. Kruwer Academic Publishers. 2001.

GASPARIN, J.L. *Uma didática para a pedagogia histórico – crítica* Campinas: Autores Associados (Coleção Educação Contemporânea) 2002.

GIARDINETTO, J.R.B. *Reflexões ante as concepções de “espontaneidade” e de “eficácia” do saber matemático cotidiano presente em algumas pesquisas em Educação Matemática*. Educ. Mat. Pesqui., São Paulo, v. 2, n. 2, pp. 35-50, 2000

_____ *A Existência Metodológica da Investigação Histórica na Elaboração e Execução de Procedimentos de Ensino da Matemática*. *Didática* São Paulo. 29 95-99 1993/1994.

_____ *A Relação entre o Abstrato e o Concreto no ensino da Geometria Analítica a nível do 1º e 2º graus*. Dissertação de Mestrado (UFSCar) Educação 1991.

GILLISPIE, C *Os Antecedentes Sociais e Intelectuais da Mecânica Estatística* 1960 in
ROLLER, P *Introdução a História e Filosofia da Ciência* Ed. Universidade da São Paulo - São Paulo 1968.

GIORGI, di C . *Escola Nova* .Série Princípios- Ática 3ed São Paulo . ISBN 85-0801497 (1994)

GONZÁLEZ,CLÁUDIO, Para que ensinar Física nos países subdesenvolvidos *Revista Brasileira de Ensino de Física* São Paulo V. especial (1) 42-72 jul 1976.

GREGORY, G The existence of fire (from the Economy of Nature) in BRUSH.S.G. *Kinetic Theory* V. 1 ed. Oxford London 1965.

GRAMSCI A *Concepção Dialética da História* Ed Civilização Brasileira 2ªed. RJ.1978

GRUPO DE REELABORAÇÃO DO ENSINO DE FÍSICA (GREF). *Física*. São Paulo : EDUSP, 1996. 3 v. (v. 1 – Mecânica; v. 2 – Física térmica e óptica; v. Eletromagnetismo)

HALLIDAY , R RESNICK,R *Física parte 1* Ed. Livro técnico e científico A.S. Rio de Janeiro 1965.

HELMHOLTZ, H. The conservation of Force (from Ueber die Erhaltung der Kraft, 1847) in BRUSH.S.G *Kinetic Theory* V. 1 ed. Oxford London 1965.

HEERING, PETER. Getting Schocks: Teaching Secondary School Physics Through History. *Science Education* 9: 363-373. Kruwer Academic Publishers. 2000.

HESSEN, B. As raízes sócio-econômica dos Principia de Newton. In Gama, R (org) *Ciência e Técnica* São Paulo ed. T.A Queiroz 1993 ISBN 85-7182-033-3.

HODSON, D. In search of a meaningful relationship: an exploration of some issues relating to integration in science and science education. *International Journal of Science Education* V. 14, 541-562, 1992.

INGLESIAS, F. *A revolução Industrial*. brasiliense 9ª.ed.São Paulo 1987

JOULE, J. P. On Matter, Living Force and Heat (from the Manchester Courier, 1847) in BRUSH.S.G *Kinetic Theory* V. 1 ed. Oxford London 1965

_____. *On the Mechanical Equivalent of Heat* : Communicated by Michael Faraday D.C.L, F.R.S Foreign Association of the Academy of Science Paris &c &c &c. Philosophical Transactions 61-82. Royal Society of London. 1850.

_____ “*On some Thermo-dynamic Properties of Solids*” Philosophical Transactions 1858.

KRAGH, H. *Introdução à Historiografia da Ciência*. Porto Portugal: Porto Editora. LDA 2001 ISBN 972-0-45081-9

KRASILCHIK, M *O Professor e o Currículo das Ciências* São Paulo, Ed. E.P.U. da Universidade de São Paulo, 1986.

KNELLER, GEORGE F. *A Ciência como Atividade Humana*, Editora da USP, São Paulo 1980.

KOPNIN, P. V.: *Fundamentos Lógicos da Ciência*. Ed. Civilização Brasileira, Rio de Janeiro, 1972.

_____ *A Dialética como lógica e teoria do conhecimento*. Rio de Janeiro: Editora Civilização Brasileira, 1978. 354 p.

KOSIK, K. *Dialética do Concreto*. 3ª ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1985. 230 p.

KÖHNLEIN, J.F.K. & PEDUZZI S.S. Um Estudo a Respeito das concepções Alternativas sobre Calor e Temperatura, *Revista Brasileira de Investigação em Educação em Ciências*, 2(3)84-96, 2002.

KHUN, T.S.A *A Estrutura das Revoluções Científicas*. Debates. Ed Perspectiva- São Paulo 1987.

LARGETEAU, P. *Abregé des Sciences Physiques et Naturelles* Paris 1889.

LAVOISIER, M, *Traité élémentaire de chimie*: présenté dans un ordre nouveau, et d'après les découvertes modernes. 1792.

LEFEBVRE, H. *Lógica formal / Lógica dialética*. Rio de Janeiro: Editora Civilização Brasileira, 1987. 301 p.

LEITE¹, Siomara B. Considerações em torno do significado do conhecimento. In: Moreira, A. F. B.(org.) *Conhecimento educacional e formação do professor*. Campinas: Papirus, 1994.

LEITE²,L. History of Science in Science Education: Development and Validation Checklist for Analysing the Historical Content of Science Textbooks. *Science Education* 11:333-359p. Kruwer Academic Publishers. 2002

LÉVY, A. A *James Watt* Paris 1882

LLOYD, J.D. Background to the Joule-Mayer Controversy *Jstor*, Notes and Records of the Royal Society of London V.25, n. 2 p. 211-225. 1970

LÜDKE, MENGA & MARLI E.D. A ANDRÉ: *Pesquisa Em Educação: Abordagens Qualitativas* EPU, São Paulo 1986.

LOMBARDI, O.I. La Pertinencia de la Histeria en la Enseñanza de Ciencias Argumentos y Contrargumentos. *Enseñanza de las Ciencias* 15(3) 1997.

MANACORDA, M.A. *Marx e a Pedagogia Moderna*: Ed. Cortez São Paulo 1996.

MANNHEIM K. O problema de uma Sociologia do Conhecimento in *Sociologia do Conhecimento* Bertelli A. et al.(orgs) ed. Zahar RJ, 1974.

MARANDINO, M. Transposição ou Recontextualização? Sobre a produção dos saberes na educação em museus de ciências. *Revista Brasileira de Educação* Mai-Ago n. 26. pp. 95-108 São Paulo 2004 ISSN: 1413-2478

MARTIN, E. DE F. & GUIMARÃES, G. M. A. As Concepções de Natureza das Ciências nos Livros Didáticos de Ciências. *Revista ENSAIO* Volume 04 / Número 2 – dezembro de 2002.

MARTINS, R. A. Abordagens, Métodos e Historiografia da História da Ciência. In: Ângela Maria Martins. (Org.). *O tempo e o cotidiano na história*. São Paulo, SP: Fundação de Desenvolvimento da Educação, 1993, v. , p. 73-78.

_____ Como não escrever sobre história da física - um manifesto historiográfico. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 23, n. 1, p. 113-129, 2001

_____ Descartes e a Impossibilidade de ação à distância *In Fuks, S ed. Descartes 400 anos. Um legado científico e filosófico* RJ 1998 pp 79-126.

_____ Mayer e a conservação de energia *Cad. História e Filosofia da Ciência* (6) 65-95, 1984.

_____ *Manual de Análise de textos metacientíficos* (versão 2.1) Disponível em: <http://ghtc.ifi.unicamp.br/download/manual-meta.pdf> 05/01/2005

_____ *O que é a ciência, do ponto de vista da epistemologia?*. Cadernos de Metodologia e Técnica de Pesquisa, Maringá, PR, n. 9, p. 5-20, 1999.

_____ *Intrinsic values in science*. Revista Patagónica de Filosofía, Bariloche, Argentina, v. 2, n. 2, p. 5-25, 2001.

_____ *A física no final do século XIX: modelos em crise*
<http://www.ifi.unicamp.br/~ghtc/> Acesso em 12/07/2006 _____ . Sobre O Papel da História da Ciência No Ensino. *Boletim da Sociedade Brasileira de História da Ciência*, Rio de Janeiro, RJ, n. 9, p. 3-5, 1990.

_____. Ciência versus historiografia: os diferentes níveis discursivos nas obras sobre história da ciência. 115-145, in: ALFONSO-GOLDFARB, Ana Maria & BELTRAN, Maria Helena Roxo (eds.). *Escrevendo a História da Ciência: tendências, propostas e discussões historiográficas*. São Paulo: EDUC / Livraria de Física, 2005. (ISBN 85-2830-310-1)

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

MATTOS&C HAMBURGER, A.I. História da Ciência, Interdisciplinaridade e o Ensino de Física: o problema do demônio de Maxwell *Ciência & Educação*, v. 10, n. 3, p. 477-490, 2004

MATTHEWS M.R. História e Filosofia da Ciência: Tendência atual de reaproximação in: *Cad. Catarinense de Ensino de Física* Florianópolis p.164-214 dez. 1995

_____ Construtivismo e o Ensino de Ciências, Uma Avaliação *Cad. Cat. Ensino de Física* v.17, n.3 p270-294, dez 2000.

MARX, K *Manuscritos econômico-filosóficos e outros textos escolhidos* In: Os Pensadores Ed. Nova Cultural 5ªed. São Paulo 1991

_____ *O 18 Brumário e Cartas a Kugelmann* ed Paz e Terra 7ª ed. Rio de Janeiro 1997.

_____ *Para a Crítica da economia Política* São Paulo São Paulo Ed. Nova Cultural 1996.

MARX&ENGELS,F. *A Ideologia Alemã* (Feuerbach) 11ª ed. Hucitec São Paulo 1999.

MAYER, R. The Forces of Inorganic Nature (from *Annalen der Chemie und Pharmacie* 1842) in BRUSH.S.G. *Kinetic Theory* V. 1 ed. Oxford London 1965

MAXWELL, C.J. Illustrations of the Dynamical Theory of Gases (from *Philosophical Magazine*, 1858). in BRUSH.S.G. *Kinetic Theory* V. 1 ed. Oxford London 1965

_____. *La Chaleur; Leçons Élémentaires* Paris 1891

MEDEIROS, A. & MONTEIRO, M. A. A Invisibilidade dos Pressupostos e das Limitações da Teoria Copernicana nos Livros Didáticos de Física. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 19, n. 1, pp. 29-52, Abril 2002.

MEDEIROS, A. & MEDEIROS, C. *Questões Epistemológicas nas Iconicidades de Representações Visuais em Livros Didáticos de Física. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v.1, n.1, pp 103-117, Jan/Abril 2001.

MEGID, J. N. & FRACALANZA, H.O Livro Didático de Ciências: Problemas e Soluções *Revista Ciência & Educação*, v. 9, n. 2, p. 147-157, 2003

MERTON, R.K. *Sociologia do Conhecimento Sociologia do Conhecimento* Bertelli A. et al.(orgs) ed. Zahar RJ, 1974.

_____ *The Sociology of Science Theoretical and Empirical Investigations* Ed Univ. Chicago Press. 1971.

MICHINEL MACHADO, J L. *O funcionamento de textos divergentes sobre energia com alunos de Física : a leitura no ensino superior* dissertação de Mestrado Unicamp Campinas, SP : [s.n.], 2001.

MILLS, C. W. *Conseqüências de uma metodológicas da Sociologia do Conhecimento in Sociologia do Conhecimento* Bertelli A. et al.(orgs) ed. Zahar RJ, 1974.

MINTZES, et al *Ensinando Ciências para a Compreensão* ed. Platano Lisboa 1998 ISBN 972-707-264-x

MOHR, A. Análise do Conteúdo de Saúde nos Livros Didáticos *Ciência & Educação*, v. 6, n. 2, p. 89-106, 2000.

MONTEIRO, F. N. J.& MEDEIROS, A Distorções Conceituais dos Atributos de Som Presentes nas Sínteses dos Textos Didáticos: Aspectos Físicos e Fisiológicos. *Revista Ciência & Educação* Volume 5, Número 2, 1998

MORTIMER, E.F. Construtivismo, mudança conceitual, e Ensino de Ciências: para onde vamos? In: *Escola de Verão de Prática de Ensino de Física, Química e Biologia*, III, 1994.

MOREIRA, A.M. & AXT, R. A questão das Ênfases Curriculares e a Formação do Professor de Ciências *Cad. Cat. Ens. Fis*, Florianópolis, 3(2): 66-78, ago. 1986

NASSARALA, N. *A Pedagogia Histórico Crítica e o Livro Didático de Ciências*. Dissertação de Mestrado. FC/Unesp – Campus de Bauru 1999.

NEVES, M.C.D & RESQUETTI, S de O. Avaliação sobre a Avaliação de Ciências no Paraná (1996-2000) in. *Estudos em Avaliação Institucional*. Fund Carlos Chagas Jan/Abr V.17 n.33 2006. ISSN 0103-6831.

- NEWTON, I. The Repulsion theory (from *Philosophiae Naturalis Principia* Matemática, 1987) in BRUSH.S.G. *Kinetic Theory* V. 1 ed. Oxford London 1965
- OLIVEIRA, B. Fundamentação Marxista no Pensamento de Demerval Saviani in: SILVA JÚNIOR, Celestino Alves da. (org.) *Dermeval Saviani e a educação brasileira*. Ed Cortez Campinas 1994.
- PELLAT; H. *Cours de Physique Générale Thermodynamique*, leçons prefesées à la Sourbonne 1895.
- PIERRE, D. *História das Técnicas* 2ª edição Publicações Europa-América, Lisboa 1961.
- PFUNDT, H & DUIT, R *Student's Alternative Frameworks and Science Education Kiel*: Institut fur Pedagogik der Naturwissenschaften an der Universitat Kiel, 1994.
- PIAGET, J. *O desenvolvimento das Qualidades Físicas na Criança: Conservação e Atomismo* Ed. Zahar, 2º edição Rio de Janeiro 1975.
- POSNER, G.J. et al. Acomodation of a Scientific conception: toward a theory of conceptual change. *Science Education* 66(2) pp 211-227, 1982.
- RODRIGUES, M.I.R&CARVALHO, A.M.P. Professores – Pesquisadores: Reflexões e Mudança Metodológica no Ensino de Física – O contexto da Avaliação *Ciência & Educação*, v.8, nº1, p.39 – 53, 2002.
- RODOLFO, MONDOLFO. *O Pensamento antigo: História da filosofia greco romana*. São Paulo Ed. Mestre Jou, 1971.
- ROSENTAL,M.M.&STRAKS ,G.M. *Categorias do Materialismo Histórico Dialético: Ciências Econômicas y Sociales*. Ed. Grijalbo S.A. México 1960 4ªedição.
- RUMFORD, B.C. OF An Inquiry Concerning the Nature of Heat, and the mode of V.1 in *Jstor* (1800-1814) pp.139-147.
- _____An Inquiry Concerning the Weigth Ascribed to Heat, *Philosophical Transaction* of the Royal Society of London V. 89 (1799) pp. 179-192

_____ *An Inquiry Concerning the Source of the Heat is Excited by Friction Philosophical Translaction of the Royal Society of London (1798) pp. 80-102.*

_____ *Mémoires sur la Chaleur* Paris 1803.

RUPÈREZ, L.F. Una Nueva Fuente de Inspiración para la Educación Científica *enseñanza de las ciencias* 13(2) 249-256 1995.

SILVA, D. da *Estudo das trajetórias Cognitivas dos Alunos no Ensino da Diferenciação dos Conceitos de Calor e Temperatura*, tese de doutorado FE USP São Paulo 1995.

SANTOS, CESAR. SÁTIRO. *A Pedagogia Histórico Crítica e o Ensino de Ciências* Dissertação de Mestrado Universidade Estadual Paulista (UNESP) 2002.

SANTOS , M. E. *Mudança Conceitual em sala de Aula: em desafio Epistemologicamente bem fundamentado* 1º ed. Horizonte Lisboa 1991.

_____ *A Cidadania na “Voz” dos Manuais Escolares: O que temos? O que queremos?* Ed Horizonte Lisboa 2001.

SAVIANI, Demerval. *Educação: Do Senso Comum à Consciência Filosófica* 3ª ed. Campinas – SP. Autores Associados 2000.

_____ *Escola e Democracia*. 8ªEd. São Paulo, Cortez/Autores Associados, 1985.

_____ *Pedagogia histórico-crítica: Primeiras aproximações*. 2ª ed. São Paulo: Cortez/Autores Associados, 1991.

_____ *Educação Socialista, Pedagogia Histórico Crítica e os Desafios da Sociedade de Classes* (in) Saviani, Demerval (org) *Marxismo e Educação debates contemporâneos*. Campinas SP. Ed Autores Associados 2005.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria da Educação. Coordenadoria de Estudos e Normas Pedagógicas. *Perspectivas para o ensino de física*. São Paulo : SE/CENP, 2005.

SEABRA, G. de F. Pesquisa científica: o método em questão. Brasília: Editora Universidade de Brasília 2001.

SELLES, S. E. & FERREIRA, M.S. Influências Histórico-Culturais nas Representações sobre As Estações do Ano em Livros Didáticos de Ciências. *Ciência & Educação*, v. 10, n. 1, p. 101-110, 2004

SICHAU, C. Practicing Helps: Thermodynamics, History, and Experiment *Science & Education* 9:389-398 2000

SOLBES, J& TRAVER,M,J La utilización de história de las ciencias en la enseñanza de la física y la química *enseñanza de las ciencias* 14(1) 103-122 1996

TAGLIATI J.R. *Um estudo dos Conceitos espontâneos em eletricidade* dissertação de mestrado USP São Paulo 2001.

TEIXEIRA, P.M.M A Educação Científica sob a Perspectiva da Pedagogia Histórico-Crítica e do Movimento CTS no Ensino de Ciências *Ciência & Educação* V.9,n.2 p.177-190 2003

TINDALL, D. On the Vibrations and Tones produced by the Contact of Bodies having different Temperatures” *Philosophical Translaction* 1859.

_____ Heat, a Mode of Motion Londres 1875.

TRIVIÑOS, N.S.A. *Introdução à Pesquisa em Ciências Sociais* Ed .Atlas São Paulo 1987 ISBN 85-224-0273-6.

VAQUERO,J.M.&SANTOS.A Heat and kinetic theory in 19th Century Physics textbooks: Case of Spain *Science & Education* 10:307319-2001

VALE, M.J.F. Educação Científica e Sociedade: in Nardi, R. (org) *Questões Atuais no Ensino de Ciências*. Ed. Escrituras, São Paulo 1998 ISBN 85-86303-33-X.

VÁZQUEZ, A. S. *A Filosofia da Práxis* Ed. Paz e Terra S/A Rio de Janeiro 1990.

VIENNOT,L Spontaneous reasoning in elementary dynamics *European Journal of Science Education* V1N2 p205-221 1979.

VILLANI, A. Reflexões sobre o ensino de Física no Brasil: Práticas, Conteúdos e Pressupostos. *Revista de Ensino de Física*, v.6, n. 2, p. 76-95, dez/1984.

WALKER, J. *O Grande Circo da Física* Ed. Gradiva (Coleção Aprender Fazer Ciências) Lisboa 1990.

WANG, HSINGCHI A. & MARSH, DAVID D. Science Instruction with a Humanistic Twist: Perception and Practice in Using the History of science in Their Classrooms *Science Education* 11: 169-189 Kruwer Academic Publishers. 2002

WITZ A *Théorie des Machines thermiques* in: Revue Générale Des Sciences Pures Et Appliquées 1(1) Jan. 1880.

ZANETIC, J. *Física também é Cultura* tese de Doutorado em Educação Faculdade de Educação USP São Paulo 1990.

_____ *Física e Cultura, Ciência & Cultura*. vol.57 no.3 São Paulo July/Sept. 2005

Anexos:

1 Livros didáticos para a extração de referências históricas:

Máximo B. Alvarenga- Curso de Física V.2 Ed. Scipione 2005

Paulo Ueno Física Volume único Ed Ática, Ed. 2006

Paraná D. Nunes da Silva física v. Único Ed Ática 2004

2-Edital de autores de Física aceitos no pnld de 2006.

DIÁRIO OFICIAL DA UNIÃO
República Federativa do Brasil
Imprensa Nacional

Edição Número 23 de 01/02/2006

Ministério da Educação
Gabinete do Ministro

PORTARIA N.º 366, DE 31 DE JANEIRO DE 2006

O MINISTRO DE ESTADO DA EDUCAÇÃO, no uso de suas atribuições legais, resolve

Art. 1.º Divulgar o resultado das avaliações dos Livros Didáticos dos Componentes Curriculares de Física e Química, realizadas no âmbito do Programa Nacional do Livro para o Ensino Médio - PNLEM/2007:

I - Componente Curricular - Química

Títulos Recomendados Editora

Química - Olímpio Salgado Nóbrega, Ática
Eduardo Roberto da Silva, Ruth Hashimoto da Silva - Volume Único
Universo da Química - Ensino Médio FTD
José Carlos de Azambuja Bianchi,
Carlos Henrique Abrecht, Daltamir,
Justino Maia - Volume Único
Química - Ricardo Feltre Moderna
Química na abordagem do cotidiano Moderna
Eduardo Leite do Canto, Francisco
Miragaia Peñazzo
Química e Sociedade - Wildson Luiz Nova Geração
Pereira dos Santos (coord.), Gerson
de Souza Mól (coord.), Roseli Takako
Matsunaga, Siland Meiry França Dib,
Eliane Nilvana de Castro, Gentil de
Souza Silva, Sandra Maria de Oliveira
Santos, Sálvia Barbosa Farias
Química - Eduardo Fleury Mortimer, Scipione
Andréa Horta Machado - Volume Único

II - Componente Curricular - Física

Títulos Recomendados Editora

Física - Alberto Gaspar - Volume Único Ática
Física - Ciência e Tecnologia - Carlos Moderna
Magno Azinaro Torres
Paulo César Martins Penteado - Volume 1, 2, 3
Universo da Física - José Luiz Pereira Sampaio, Saraiva
Caio Sérgio Vasques Calçada - Volume 1, 2, 3
Física - José Luiz Pereira Sampaio, Saraiva

Caio Sérgio Vasques Calçada - Volume Único
Física - Antonio Máximo Scipione
Ribeiro da Luz,
Beatriz Álvares Alvarenga - Volume 1, 2, 3
Física - Aurélio Gonçalves Scipione
Filho, Carlos Toscano
Volume Único

Art. 2.º A divulgação do resultado não implica no compromisso de aquisição dos referidos títulos, conforme disposto na Portaria n.º 2.922, de 17 de outubro de 2003, publicada no DOU de 19 de outubro de 2003 e Portaria n.º 2.963, de 29 de agosto de 2005, publicada no DOU de 30 de agosto de 2005, bem como na Resolução n.º 38, de 15 de outubro de 2003 e Resolução n.º 20, de 24 de maio de 2005 e no Edital do Programa.

Art. 3.º As informações a respeito dos Pareceres dos referidos títulos podem ser solicitadas à Diretoria do Departamento de Política do Ensino Médio/SEB.

Art. 4.º Esta Portaria entra em vigor na data de sua publicação.

FERNANDO HADDAD