

# A história e filosofia das ciências na educação científica: a conservação da energia e o desenvolvimento da termodinâmica.

The history and philosophy of science in science education: energy conservation and the development of thermodynamics.

Ana Katarina Soares Pereira<sup>1</sup>, Thaís Cyrino de Mello Forato<sup>2</sup>

<sup>1</sup> UNIFESP, Campus Diadema

<sup>2</sup> UNIFESP, Campus Diadema

<sup>1</sup> [a.katarina.sp@gmail.com](mailto:a.katarina.sp@gmail.com), <sup>2</sup> [thaiscmf@gmail.com](mailto:thaiscmf@gmail.com)

## Resumo

Nesta pesquisa, objetiva-se a construção de um mini curso explorando aspectos pouco conhecidos sobre o desenvolvimento histórico do princípio da conservação da energia, visando auxiliar no ensino da primeira lei da termodinâmica. Além dos conteúdos científicos, serão destacados procedimentos metodológicos, pressupostos teóricos e a influencia de fatores não científicos que permitem entender a ciência como uma construção socio-histórica. O mini curso é voltado para a escola básica, e inclui o desenvolvimento de textos históricos para os alunos, para darem apoio a diferentes atividades didáticas. Esse material integra uma proposta metodológica para a inserção efetiva da história e filosofia da ciência na sala de aula.

**Palavras-chave:** História da Termodinâmica, Princípio da conservação da energia; Natureza da Ciência.

## Abstract

In this research, it will be construct a course using almost unknown aspects about the historical development of the principle energy conservation, aimed to help on the first law of thermodynamics teaching. Besides the scientific content, methodological procedures, theoretical assumptions and non-scientific aspects will be highlighted, allowing understanding science as a social-historical construction. The course is designed for elementary school, and includes the development of historical texts for students to assist in educational activities. This material includes a methodological proposal for the effective integration of history and philosophy of science in the classroom.

**Keywords:** Thermodynamic History, Principle energy conservation, Nature of Science.

## Introdução

Especialistas vem defendendo a importância e as vantagens da utilização da história e filosofia das ciências (HFC) no ensino de ciências, e da mesma forma, tem surgido diferentes propostas de aplicação voltadas aos diferentes benefícios pedagógicos que elas podem proporcionar (ABD EL KHALICK & LEDERMAN, 2000; CLOGH & OLSON, 2008; LEDERMAN, 2007).

A incorporação da história, da filosofia e sociologia das ciências no ensino de ciências é uma

estratégia utilizada para que barreiras epistemológicas e didáticas possam ser derrubadas, atraindo os alunos para questões até então desprezadas por eles e contribui

*“para um entendimento mais integral de matéria científica, isto é, contribui para a superação do ‘mar da falta de significação’ que se diz ter inundado as salas de aula de ciências, onde fórmulas e equações são recitadas sem que muitos cheguem a saber o que significam” (MATHEWS, 1995).*

Além disso, pode desenvolver o entendimento sobre a natureza da ciência, amenizando o caráter dogmático, muitas vezes atribuído a ciência e apresentá-la como uma construção sócio-histórica (BRASIL, 2002 a e b).

É imprescindível, entretanto, frisar que os conteúdos conceituais do conhecimento científico não devem ser restringidos apenas pelos seus aspectos históricos e filosóficos. A ciência possui um papel muito importante na formação dos estudantes em vários aspectos, sendo indispensável o ensino de suas teorias, conceitos, fórmulas e métodos. Mario Bunge (1974), citado por Westphal (2005), defende que a história e a epistemologia da ciência devem ser empregadas no ensino, pois estas já são válidas por si mesmas, porém não substituem o entendimento de demais aspectos de um corpo de conhecimento científico. Deve-se buscar a união de maneira equilibrada dessas duas áreas do conhecimento. De fato, a história das ciências é uma ferramenta adequada para o ensino de conceitos, métodos e teorias (MARTINS, 2007).

Apesar dos diversos aspectos positivos que a utilização da HFC possui, as propostas de uso no ensino ainda apresentam certas deficiências. Mesmo havendo muitos trabalhos e pesquisas na área, ainda faltam materiais de boa qualidade que possam ser utilizados por professores na escola básica. Mais do que isso, os professores relatam a falta de uma metodologia adequada para fundamentar os usos da HFC na sala de aula (MARTINS, 2007).

A história, assim como outros campos do saber, é construção humana, sendo portanto, influenciado por fatores históricos, sociais, econômicos, etc. É escrita de acordo com crenças e objetivos a serem alcançados por quem a escreve, e neste caso, podemos nos deparar com textos contendo pseudo-histórias. Dependendo da forma com que são escritos e utilizados acarretam no surgimento de distorções acerca da natureza da ciência e do trabalho científico, por exemplo, reforçando uma ideia de evolução linear de ciência; de grandes personagens que se assemelham a semideuses e que desenvolvem experimentos isoladamente e fazem descobertas cruciais (FORATO *et al.*, 2011).

Os cursos de licenciatura, de um modo geral, não formam professores, para que estes possam fazer o uso da HFC em sala de aula, impossibilitando, por exemplo, o reconhecimento de distorções presentes nos textos, transmitindo assim de forma errônea um determinado acontecimento histórico (GIL PEREZ *et al.*, 2001). E mesmo tendo em mãos um material que seja apropriado, o professor pode não estar preparado para empregá-lo, pois não teve acesso a tais conhecimentos durante sua formação. Ainda existem outros empecilhos, como o excesso de conteúdo escolar, falta de tempo e diferentes metas a serem alcançadas pelos profissionais da educação e das instituições.

Tendo em vista todas estas questões, este trabalho tem como propósito, em um primeiro momento, a elaboração de material que auxilie no ensino da Primeira Lei da Termodinâmica. Tal material é composto por textos para os estudantes, atividades didáticas e uma proposta metodológica para seu uso em sala de aula, compondo um mini curso que será aplicado em uma sala de aula tradicional, da escola pública. Busca-se oferecer uma contribuição atendendo a uma das principais necessidades para que se tenha êxito na implementação da história e filosofia das ciências no ensino, qual seja, uma orientação metodológica acompanhando o material didático.<sup>1</sup> O episódio histórico selecionado trata da formulação do princípio da conservação da energia por Mayer. Objetiva-se mostrar o desenvolvimento de seu trabalho, apontando as contribuições e influências de estudos feitos por

---

<sup>1</sup> Este trabalho é fruto de uma pesquisa de Iniciação Científica, que vem sendo desenvolvida na UNIFESP, Campus Diadema (2011).

outros filósofos naturais, evidenciando que o processo de elaboração de uma teoria, não ocorre devido a *insights* ou a experimentos cruciais, isentos de erros em seus métodos, em sua execução e na interpretação de resultados. Um outro aspecto abordado é o da influencia social e econômica na aceitação e escolha de teorias a serem adotadas, discutindo o fato de atribuírem, exclusivamente a Joule, a formulação do princípio da conservação da energia.

## O Princípio da Conservação da Energia – Contribuições de Mayer e Rumford

Os poucos livros textos disponíveis para a escola básica que utilizam aspectos históricos para abordar a formulação do princípio da conservação da energia, apresentam de forma sintetizada, ocorrendo não raramente em distorções, atribuindo todo o mérito da formulação do princípio exclusivamente a Joule.

Porém, alguns predecessores e contemporâneos de Joule contribuíram significativamente para a construção deste princípio fundamental da Física, e que são raramente mencionados nos livros, como Mayer (MARTINS, 1984).

O médico alemão Julius Robert Mayer (1814-1878), passou a desenvolver o princípio da conservação da energia a partir de um problema fisiológico. Mayer observou a diferença de cor entre o sangue arterial e o venoso, e apoiado na teoria de Lavoisier sobre o calor animal, conclui que esta característica estava relacionada com as concentrações de oxigênio e gás carbônico presentes no sangue.

Para que o corpo humano possa ser mantido a uma temperatura uniforme, o *desenvolvimento* do calor dentro dele deve manter uma relação quantitativa com o calor *perdido* pelo corpo – deve depender, portanto, da temperatura do meio ambiente; portanto, a produção de calor e o processo de oxidação, assim como a *diferença de cor dos dois tipos de sangue*, devem ser globalmente menores nas zonas tórridas do que em regiões temperadas. (MAYER, 1851, *apud* MARTINS, 1984)

Após estes estudos, Mayer logo começa a pensar a respeito do calor corporal. Naquela época, já se acreditava que o calor produzido vinha dos alimentos ingeridos. Mas um animal também produz calor mecanicamente através dos órgãos, e estes dependem do calor produzido pela combustão da mesma quantidade de calor que seria ingerida. Assim, Mayer conclui que:

O calor produzido mecanicamente pelo organismo deve manter uma relação quantitativa invariável para com o trabalho gasto em sua produção. (MAYER, 1851, *apud* MARTINS, 1984).

Em 1841, Mayer já havia fundamentado suas ideias em seu trabalho “*Über quantitative und qualitative Bestimmung der Kräfte*” (Sobre a determinação quantitativa e qualitativa das forças) enviado para Poggendorff, editor da revista *Annalen der Physik and Chemie*. Entretanto, Mayer cometeu erros sobre conceitos básicos de física, pois não dominava assuntos de mecânica, tendo, assim, o seu trabalho recusado.

Mayer escreveu uma nova versão desse trabalho e o enviou para Liebig, da revista *Annalen der Chemie and Pharmacie*, tendo seu artigo publicado no ano seguinte. A idéia que hoje conhecemos praticamente como energia, foi proposto neste artigo como um novo conceito, o conceito de “força”, que pode se apresentar de diferentes formas, mantendo sua quantidade constante, seguindo o princípio da igualdade das causas e dos efeitos (CINDRA & TEIXEIRA, 2004).

A teoria da conservação proposta por Mayer se diferencia das demais propostas na mesma época, como, por exemplo, a de William Robert Grove (1811-1896) e a de Michael Faraday (1791-1867), mas, apesar de seu trabalho levar vantagem nesse aspecto inovador sobre os demais, ele não teve repercussão. Ele ainda escreve mais um trabalho aprofundando-se nas transformações energéticas, e outro trabalho que explicava a produção do calor solar, mas os dois foram recusados e Mayer acabou publicando-os por conta própria (MARTINS, 1984).

Um ano após a publicação do primeiro artigo de Mayer, Joule publica seu primeiro trabalho na revista da Academia Francesa de Ciências, relacionado praticamente ao mesmo tema do qual Mayer abordava. Em 1845, ou seja, um ano antes da publicação do segundo trabalho de Mayer, a mesma revista que recusará seu trabalho, publica um artigo de Joule, onde mostra os estudos da variação da temperatura produzida na compressão e dilatação dos gases e o experimento da agitação da água através de pás, que tem grande repercussão, quando então, atribuem a ele a descoberta do princípio da conservação da energia.

Mayer envia uma carta à Academia Francesa de Ciências reivindicando a prioridade nas descobertas. A partir daí, começa uma série de acusações entre Joule e Mayer. O fato de a revista ter recusado seus trabalhos, publicar os de Joule e atribuir a ele todo o mérito pela teoria da conservação da energia, levou Mayer à tentativa de suicídio e depois à internação em um sanatório. Na época, Joule gozava de prestígio entre os membros da comunidade, o que costuma ser apontado por historiadores da ciência como uma das principais razões para ter obtido a prioridade da descoberta.

Outros filósofos naturais e engenheiros, já haviam feito experimentos importantes anteriormente e até mesmo na época de Mayer e Joule. Muitos se baseavam nas mesmas teorias e princípios para elaborar seus trabalhos, podendo chegar as mesmas conclusões ou seguir em direções opostas. Vários fatores influenciavam (ou continuam influenciando) na escolha de uma teoria, não apenas a validade desta quando colocada a prova, mediante os critérios experimentais aceitos pela ciência em cada época.

Naquela época, e em outras anteriores, dava-se muita ênfase ao problema da prioridade, tentando-se descobrir quem foi o primeiro a propor uma ideia, atualmente admite-se que ocorrem descobertas múltiplas (MARTINS, 1984).

Um dos predecessores de Mayer, que deu grande contribuição para a formulação da lei da conservação da energia foi Benjamin Thompson, o conde Rumford (1753-1814), que chegou a ser citado como uma das referências nos primeiros trabalhos de Joule, e também como argumento contra as publicações de Mayer.

Rumford (1753-1814) tinha grande interesse por armas e pólvora. Em meio a guerra entre os Estados Unidos e a Inglaterra, o então americano Thompson passa a servir as tropas inglesas como tenente coronel, trabalhando no aperfeiçoamento e construção de armas de fogo, tornando-se engenheiro.

Thompson vai viver na Inglaterra, mas é acusado de vender segredos de guerra para a França, e é exilado na Baviera - região que hoje é a Alemanha – onde por sua ótima atuação como engenheiro militar e administrador, ganha o título de Conde.

Foi trabalhando na perfuração de canhões que Rumford deu início aos estudos sobre a natureza do calor. Perfurava cilindros metálicos com uma broca, e a medida que o orifício ia sendo cavado, a temperatura se elevava; a peça era submersa em água, fazendo com que ela fervesse. Pela teoria do calórico, achava-se que o atrito entre a peça de metal e a broca fazia cortes em pequenas aparas liberando o calórico preso no metal (MEDEIROS, 2009).

Rumford analisou esse mesmo procedimento, porém quando a broca já estava cega. Não sendo mais possível o corte do metal, as aparas não eram mais produzidas e o calórico também não poderia mais ser liberado, porém a peça continuava a aquecer. Desta forma, a teoria do calórico não

conseguia explicar este fenômeno. Rumford propôs que o calor não deveria ser uma substância, e sim uma forma de movimento. Esta declaração mostrou uma deficiência na teoria do calórico, mas não foi o suficiente para derrubá-la, pois não havia uma teoria melhor que pudesse substituí-la. Seu trabalho ganha mais destaque posteriormente com Mayer, Joule e Helmholtz, que fazem uso de suas observações.

Todas essas controvérsias sobre a natureza do calor e o princípio da conservação da energia, brevemente mencionadas, mostram como é complexa a proposição de novas idéias, novos conceitos, novas teorias. Além de fatores intrinsecamente relacionados aos experimentos, como os pressupostos teóricos que influenciam nas observações, por exemplo, a crença no calo como substância por exemplo, aspectos não científicos interferem na construção da ciência.

Explorar uma abordagem mais aprofundada desse episódio histórico, permite a reflexão sobre conceitos científicos e aspectos epistemológicos da construção da ciência, cuja proposta para a sala de aula apresentamos a seguir.

## **Proposta e desdobramentos da Pesquisa**

Tem havido algumas iniciativas por parte dos historiadores da ciência para a elaboração de textos que subsidiem o trabalho do professor, por exemplo, em Moura (2008) e Silva (2006). Há algumas propostas de aplicação prática da HFC na escola básica, como, por exemplo, em Vannuchi (1996); Lang e Peduzzi (2006); Arduriz-Bravo e Izquierdo-Aymerich, (2009); Forato (2009) e Guerra e colaboradores (2010), mas ainda é necessário um grande investimento para minimizar a escassez de propostas metodológicas para a sala de aula, que incluam textos e atividades didáticas adequados do ponto de vista historiográfico.

Nesse sentido, a presente pesquisa<sup>2</sup> oferece duas contribuições distintas: (i) desenvolvimento de um mini curso da história da termodinâmica, que inclui textos para os alunos da escola básica e atividades didáticas, inseridos em uma proposta metodológica para os usos da HFC na sala de aula; (b) análise da construção do mini curso, avaliando dificuldades, limitações e contribuições do referencial teórico para a construção de propostas metodológicas efetivas para a escola básica utilizando a HFC (FORATO, 2009).

O episódio histórico selecionado permite empreender discussões sobre a natureza da ciência e aprofundar em conceitos de física. A história da termodinâmica, especialmente no que tange à formulação do princípio da conservação de energia, é muito mais rica e complexa do que apresentada em relatos simplistas e não raro anacrônicos, em geral, presentes na educação científica. Nosso objetivo é discutir, com os estudantes da escola básica, aspectos pouco conhecidos desse episódio histórico ligados às contribuições de Julius Robert Mayer (1814-1878) para a formulação da lei da conservação e da transformação da energia, enfatizando também aspectos da natureza da ciência, por exemplo, abordando a equivalência entre a ideia de conservação de substâncias e conservação das causas, como aceita no período (CINDRA & TEIXEIRA, 2004). Havia diversos predecessores e contemporâneos de Mayer trabalhando com ideias associadas à conservação da energia, além da conhecida contribuição de Benjamin Thompson, conde de Rumford (1753-1814) ligada ao calor “liberado” na perfuração de canhões (MARTINS, 1984). Entretanto, na época, a observação dos fenômenos permitia diferentes explicações, inclusive aquelas fundamentadas na ideia de calórico.

Além disso, há aspectos sociais e políticos do período que foram decisivos para que a prioridade das idéias fossem atribuídas a Joule. Explorar aspectos desse rico debate, abordando também aspectos não científicos, permite discutir o processo gradativo de construção do conhecimento, trazendo uma

---

<sup>2</sup> A primeira parte da pesquisa vinculada a um projeto de iniciação científica volta-se para a produção do mini curso, que será aplicado e analisado em ambiente de sala de aula, em uma etapa posterior.

visão mais adequada da natureza da ciência, seu método e suas limitações, sempre sujeitos e influenciados pelos diferentes contextos sócio-históricos.

## **Metodologia da Pesquisa: construção da proposta, tomada e análise dos dados**

A presente pesquisa está em fase de desenvolvimento, desse modo, relatamos aqui os procedimentos metodológicos que estão sendo, e que serão, adotados ao longo do processo. A construção do mini curso envolve estudos e ações na interface entre dois campos do saber: a historiografia da história da ciência e a didática de ciências. Desse modo, optou-se por utilizar os parâmetros propostos por Forato (2009), que analisaram a confluência desses distintos saberes para a construção de propostas metodológicas envolvendo a HFC no ambiente escolar.

A primeira etapa para se construir a proposta é estabelecer os objetivos pedagógicos e epistemológicos do mini curso, (FORATO, 2009, vol. 1, p. 188-190).

Desse modo, o objetivo pedagógico estabelecido para o mini curso é:

*“Utilizar um episódio histórico da termodinâmica para o aprendizado de conceitos físicos envolvidos na primeira lei da termodinâmica, e discutir aspectos epistemológicos da ciência para compreendê-la como uma construção sócio-histórica”.*

Os principais objetivos epistemológicos, são:

*“Compreender aspectos não científicos que interferem na construção da ciência e conhecer certos pressupostos metodológicos e conceituais que eram aceitos no do trabalho científico no século XIX mas foram banidos da ciência atual”.*

Para a elaboração do conteúdo do curso, estamos utilizando fontes primárias e secundárias da história da ciência, e recorrendo a metodologia da história “bola de neve” para a prospecção de documentos. Na criação dos textos para os estudantes estamos buscando uma textualização adequada ao aluno da escola básica e a criação de atividades didáticas que favoreçam o envolvimento do aluno com o conteúdo, proponham questões instigantes que contribuam para o processo de ensino e aprendizagem (FORATO, 2009, vol. 1, p. 190-196).

Ao longo da construção da proposta, a tomada de dados apoia-se na metodologia qualitativa de pesquisa, cujos dados são exclusivamente descritivos e têm os pesquisadores envolvidos como principais agentes de coleta (ERICSON, 1998). Serão documentados os relatos das dificuldades encontradas para a construção das atividades, das soluções encontradas, de que modo as orientações ou etapas presentes nos parâmetros favoreceram a criação das atividades. Além disso, serão avaliadas as circunstâncias em que houver limitações ou ausência de orientações nesse referencial teórico escolhido.

O produto final dessa etapa da pesquisa será a sistematização de todo o mini curso, contendo planejamento pedagógico, textos e atividades didáticas, de modo que possa ser disponibilizado, divulgado e utilizado na educação científica.

A primeira versão do mini curso está sendo discutida com pesquisadores colaboradores, com os membros do grupo de pesquisa<sup>3</sup> e apresentada aos discentes de um curso de licenciatura plena em Ciências em que uma das autoras é docente.

Em um segundo momento da pesquisa, ela será aplicada em uma sala de aula real de uma escola pública da Grande São Paulo, para tomada e análise de dados, complementando o processo de análise da metodologia proposta.

---

<sup>3</sup> Grupo multidisciplinar de estudos em história e filosofia das ciências no ensino de ciências e matemática – HS<sup>2</sup>E (*History of Science on Science Education*) – UNIFESP – DIADEMA.

## Resultados Preliminares

As primeiras fontes históricas já foram localizadas, extratos originais de Rumford, Mayer e Joule (MAGIE, 1935), a partir de Martins (1984) e de Medeiros (2000). Seu estudo está em andamento neste segundo semestre de 2011, fundamentando as narrativas históricas para a sala de aula, em fase de elaboração. Tais ações estão sendo documentadas e se configuram como parte dos dados a serem analisados.

## Considerações Finais

Esta pesquisa desenvolvida em um projeto de iniciação científica encontra-se em andamento, onde realizamos a primeira parte para a construção do mini curso, que consiste no estudo da bibliografia especializada com enfoque no episódio histórico selecionado. Espera-se que até a época do evento, as atividades didáticas e o planejamento do mini curso estejam finalizados para que se possa discutir com pesquisadores da área, sua contribuição a inserção da História e Filosofia das Ciências como estratégia pedagógica na escola básica.

Com relação aos resultados voltados ao produto da pesquisa é esperado o próprio desenvolvimento do material didático em si, uma necessidade citada na bibliografia especializada, que aponta os problemas decorrentes das distorções históricas presentes em materiais didáticos (Allchin, 2004; Brush, 1979; Forato *et al.*, 2011; Martins, 2006; Pagliarini, 2007; Whittaker, 1979). A produção de propostas concretas para o uso do HFC na sala de aula configura-se como um avanço para a linha de pesquisa.

## Referencias

ABD-EL-KHALICK, Fouad; LEDERMAN, Norman. The influence of history of science courses on students' views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching* 37 (10): 1057-1095, 2000.

ALLCHIN, Douglas. Pseudohistory and pseudoscience. *Science & Education* 13: 179-195, 2004.

ARDURÍZ-BRAVO, Agustín; IZQUIERDO-AYMERICH, Mercè. A research-informed instructional unit to teach the nature of science to pre-service science teachers. *Science & Education* 18: 1177-1192, 2009.

BELL, Randy; ABD-EL-KHALICK, Fouad; LEDERMAN, Norman G.; MCCOMAS, William F.; MATTHEWS, Michael R. The nature of science and science education: a bibliography. *Science & Education* 10 (1/2): 187-204, 2001.

BRASIL. Parâmetros curriculares nacionais: ensino médio. Brasília: MEC; SEMTEC, 2002a.

BRASIL. Orientações educacionais complementares aos parâmetros curriculares nacionais: ensino médio. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: MEC; SEMTEC, 2002b.

BRUSH, S. G. Comments on "On the distortion of the history of science in science education". *Science Education*, v. 63, p. 277-278, 1979.

CACHAPUZ, A.; PAIXÃO, F.; LOPES, B.; GUERRA, C. Do Estado da Arte da Pesquisa em Educação em Ciências: Linhas de Pesquisa e o caso "ciência-tecnologia-sociedade". *ALEXANDRIA Revista de Educação em Ciências e Tecnologia* 1(1): 27-49, março de 2008.

CINDRA, J.; TEIXEIRA, O. Calor e temperatura e suas explicações por intermédio de um enfoque histórico. In: MARTINS, R.; MARTINS, L.; SILVA, C.; FERREIRA, J. *Filosofia e história da ciência do Cone Sul. 3<sup>o</sup>. Encontro*. Campinas: AFHIC, 2004.

CLOGH, Michael; OLSON, Joanne. Teaching and assessing the nature of science: An introduction. *Science & Education* 17:143–145, 2008.

ERICSON, F. Qualitative research methods for science education. In: Fraser, B.J. e Tobin, K.G. (Orgs.), *International Handbook of Science Education*, Part One, Kluwer Academic Publishers, 1998.

FORATO, Thaís Cyrino de Mello. *A Natureza da Ciência como Saber Escolar :um estudo de caso a partir da história da luz*. Tese de Doutorado em Educação. São Paulo: FEUSP, 2009. 2vols.

FORATO, Thaís Cyrino de Mello; PIETROCOLA, Maurício; MARTINS, Roberto de Andrade. Historiografia e natureza da ciência na sala de aula. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*. Florianópolis. V 28, n 1, p. 27-59, abril de 2011.

FREITAS, D.; VILLANI, A. Formação de Professores de Ciências: um desafio sem limites. *Investigações em Ensino de Ciências* 7 (3): 215-230, 2002.

GUERRA, A., REIS, J. C., BRAGA, M. A.. Tempo, espaço e simultaneidade: uma questão para os cientistas, artistas, engenheiros e matemáticos no século XIX. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 27, n. 3: p. 568-583, d 568 dez. 2010.

GIL PÉREZ, D.; MONTORO, I. F.; ALIS, J. C.; CACHAPUZ, A.; PRAIA, J. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. *Ciência & Educação* 7 (2): 125-153, 2001.

HOLTON, Gerald. What historians of science and science educators can do for one another? *Science Education* 12 (7): 603-616, oct. 2003.

HULSENDEGER, M.. A História da Ciência no ensino da Termodinâmica: um outro olhar sobre o ensino de Física. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, América do Norte, 2009.

KRAGH, H. *An introduction to the historiography of science*. Cambridge: Cambridge U.P., 1987.

LANG, F., PEDUZZI, L. O. Q.. Três episódios de descoberta científica: da caricatura empirista a uma outra história. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 23, n. 1: p. 26-52. Florianópolis SC. 2006.

LEDERMAN, Norman G. Nature of science: past, present, and future. In: Abell, S.K.; Lederman, N.G. (Eds.), *Handbook of research on science education*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 2007, p. 831-880.

MAGIE, W. *A Source Book in Physics*. Cambridge: Harvard University Press, 1935.

MARTINS, André F. P. História e filosofia da ciência no ensino: há muitas pedras nesse caminho. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* 24 (1): 112-131, 2007.

MARTINS, Roberto de Andrade. Introdução: a história da ciência e seus usos na educação. In SILVA, Cibelle C. (Org.). *Estudos de história e filosofia das ciências: subsídios para aplicação no ensino*. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2006.

\_\_\_\_\_. Mayer e a conservação da energia. *Cadernos de História e Filosofia da Ciência* (6): 63-95, 1984.

- MATTHEWS, Michael R. History, philosophy and science education: the present reappraisal. *Science & Education* 1 (1): 11-47, 1992.
- McCOMAS, W.; ALMAZROA, H.; CLOUGH, M. P. The nature of science in science education: an introduction. *Science & Education* 7: 511-532, 1998.
- MEDEIROS, A. Entrevista com conde Rumford: da teoria do calórico ao calor como forma de movimento. *Física na Escola*. 10 (1), 2009.
- MEDEIROS, A.; BEZERRA FILHO, S. A natureza da ciência e a instrumentação para o ensino da física. *Ciência & Educação* 6 (2): 107-117, 2000.
- PAGLIARINI, Cassiano R. *Uma análise da história e filosofia da ciência presente em livros didáticos de física para o ensino médio*. Dissertação de Mestrado. Instituto de Física da Universidade de São Paulo/São Carlos, 2007.
- PEDUZZI, L. Sobre a utilização didática da história da ciência. In: PIETROCOLA, M. (Org.) *Ensino de Física – conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora*. Florianópolis: Editora UFSC, 2001.
- SANTOS, M. E. Encruzilhadas de mudança no limiar do século XXI: co-construção do saber científico e da cidadania via ensino CTS de ciências. In: II Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 2, 1999, Valinhos. *Atas...*
- SILVA, C. C. (Org.) *Estudos de história e filosofia das ciências. Subsídios para aplicação no Ensino*. São Paulo: Ed. Livraria da Física, 2006.
- VANNUCCHI, A. I. *História e filosofia da ciência: da teoria para a sala de aula*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Educação da USP, São Paulo, 1996.
- WESTPHAL, M.; PINHEIRO, Thais.; PINHEIRO, Terezinha. A história e a filosofia no ensino de ciências à luz das ideias de Mario Bunge: o exemplo do eletromagnetismo. In: XVI SNEF – Simpósio Nacional de Ensino de Física, 2005.
- WHITAKER, M. A. B. History and quasi-history in physics education – part 1. *Physics Education* 14: 108-112, 1979.