

A história da ciência na educação em ciências

Da investigação realizada ao seu impacte no processo de ensino-aprendizagem

Maria da Conceição Duarte*

Artículo recibido: 24-8-2007 y aprobado: 12-10-2007

■ **Resumo:** A Educação para a Cidadania exige colocar uma maior ênfase no estudo das ciências e da sua história. A relevância da História da Ciência para o desenvolvimento da cidadania encontra eco no currículo português de Ciências Físicas e Naturais quando se afirma a importância de conhecer relatos de como ideias importantes foram aceites e desenvolvidas, ou rejeitadas e substituídas, bem como reconhecer que o conhecimento científico está em evolução permanente, sendo um conhecimento inacabado

Neste artigo procurar-se-á apresentar: (a) uma revisão de investigação realizada onde se recomenda ou utiliza a História da Ciência no ensino das ciências; (b) o impacte dos seus resultados ao nível das práticas dos professores e dos manuais escolares de ciências.

Palavras chave: História da Ciência, Educação em Ciências, historiografia da ciência, práticas dos professores, manuais escolares.

■ **Abstract:** Education for Citizenship demands that a greater emphasis is put on the study of science and its history. The relevance of the History of Science in the development of citizenship is reflected in the portuguese curriculum for Physical and Natural Science which assumes the importance of reading reports on how important ideas were accepted and developed, or rejected and replaced as well as acknowledging that scientific knowledge is permanently changing and provisional.

This paper aims to present: (a) a review of research where the researchers adress the question of how to integrate History of Science in science teaching; (b) the impact of the research results both in science teachers' practices both in the science textbooks.

Keywords: History of Science, Science Education, historiography of science, teachers'practices, science textbooks.

* Instituto de Educação e Psicologia, Universidade do Minho, Braga, Portugal cduarte@iep.uminho.pt

Um pouco de história sobre a história da ciência

Ao olharmos para a História da Ciência (H.C.) no sentido de justificar a sua importância no ensino das ciências, não podemos deixar de lançar um olhar para a sua historiografia, na tentativa de encontrar o sentido da formação e desenvolvimento da H.C. como campo de investigação e de ensino: olhar retrospectivo, ainda que breve, que nos permita compreender o passado para compreender os desafios que se colocam no presente e no futuro, já que, como nos afirma Jung (1994), *“O futuro sempre é o futuro de algum passado”*. Este olhar procura convergências, ultrapassando diferenças e mesmo divergências, na tentativa de identificar algumas tendências na historiografia da ciência.

Apesar do desenvolvimento da ciência ter sido sempre acompanhado por descrições e análises históricas (Kragh, 2001), o que dificulta situar o início da historiografia da ciência, para alguns autores a historiografia da ciência iniciou-se em pleno século das Luzes, sendo praticada essencialmente (embora não exclusivamente) por cientistas (ou “filósofos naturais”) cujo interesse era o de validar e defender o seu trabalho. As suas origens estão, assim, ligadas ao projecto iluminista de aumentar o prestígio do conhecimento natural, reivindicando-lhe um tipo particular de história, a que o via como uma forma de progresso imutável (Golinski, 1998). Não foi certamente por acaso, diz-nos Carrilho (1989), que a H.C. surgiu neste século. Ela deve a sua emergência ao desenvolvimento das ciências que, desde o século XVI, vinha a revolucionar o panorama científico e cultural europeu.

“A ciência, dado o seu literalmente incomparável crescimento, vai procurar, ao mesmo tempo que assume positivamente a incomensurabilidade que ele implica e supõe, dar um sentido histórico à sua actividade” (Carrilho, 1989, p. 13). Para um dos seus pioneiros, o químico Joseph Priestley, a H.C. fazia parte de uma visão de conhecimento científico caracterizado pelo sucesso, devendo oferecer aos seus leitores uma experiência “sublime”, *“provocada por ideias que estão relacionadas com grandes finalidades, requerem um grande esforço da mente para as conceber, e produzem grandes efeitos”* (citado em Golinski, 1998, p. 3). Esta seria uma história mais instrutiva do que uma história humana, com as suas desordens e comportamentos imorais. O aspecto mais interessante da historiografia praticada por Priestley, segundo Christie (1996, p. 10), reside no facto de ser a primeira vez *“que a ciência é mostrada como uma actividade activa, altamente instrumentalizada, e acima de tudo experimental”*. A H.C. era, então, considerada essencialmente como um utensílio, cujo valor dependia do progresso da investigação levada a cabo nessa altura (Kragh, 2001).

Esta visão do progresso do conhecimento científico, manifestada por Priestley, integrava-se numa perspectiva epistemológica empirista onde se sustenta que o conhecimento científico provém da evidência observável de um mundo independente do sujeito. Apenas um método baseado na observação e experimentação pode levar ao progresso.

Mesmo quando o empirismo estrito começou a ser posto em questão, no fim do século XVIII, o modelo epistemológico da mente como “um espelho da natu-

reza” foi fortemente retido, continuando a H.C. a ser narrada como uma história que mostrava as descobertas heróicas de grandes cientistas do passado, constituindo, assim, uma base possível para a confiança na continuação das descobertas de cientistas, no futuro.

Esta primeira tradição historiográfica, a da história essencialmente escrita por cientistas e que surge como uma história do progresso contínuo do espírito humano, começa por ser uma história de domínios particulares, em que as ciências são apresentadas mais como uma descoberta do que como um produto (Jones, 1989). Como nos refere Carrilho (1989, p. 16), *“a H.C. emerge assim, estratégica e metodologicamente, regida pelas categorias de progresso e continuidade, que a marcarão duradoura e profundamente”*.

Desde o século XIX até ao início do século XX, sucederam-se contínuas reconsiderações sobre o papel da observação e da teoria no conhecimento científico que resultaram em várias formas de positivismo. Todas têm em comum o facto de considerarem a observação independente da teoria e de, em algumas, se preconizar o método indutivo como o único que poderia conduzir *“à generalização dos factos à lei”* (Carrilho, 1994, p. 32). É no século XIX que se passa das histórias particulares para as histórias gerais das ciências, projecto integracionista que foi um dos pontos essenciais do positivismo de Comte. Segundo Beltrán (1995), foi Comte quem propôs a criação de uma cátedra de “História Geral das Ciências”, em 1832, que só seria inaugurada 60 anos mais tarde no Collège de France, por Pierre Laffite. É também neste século que, em Portugal,

surgem os primeiros trabalhos de H.C., nomeadamente em Matemática, magnetismo e Botânica (Carrilho, 1989).

Nos primeiros anos do século XX renasce as tradições empiristas do saber. Irá tratar-se, todavia, de um novo empirismo, o empirismo lógico, onde as proposições científicas são fruto da experiência sensorial e do pensamento lógico matemático. A linguagem científica, simbólica e rigorosa e a testabilidade/confirmabilidade das teorias, através da aplicação de um método científico objectivo, constituem agora os principais critérios de demarcação do conhecimento científico. Aquilo que torna a ciência “científica” é a codificação das experiências vivenciais em termos de proposições que descrevem as facetas observáveis do mundo. E, ao estabelecerem uma distinção entre o “contexto de descoberta” e o “contexto de justificação” das teorias (Reichenbach, 1938, citado em Echeverría, 2003), os neo-positivistas, ou empiristas lógicos, centram os seus esforços neste último, excluindo os fundamentos psicológicos e sociológicos que consideram externos à ciência (Giere, 1989). Cria-se, assim, um profundo fosso entre a filosofia e a sociologia.

A história positivista das ciências, que vai de vitória em vitória e de resultado em resultado, num avanço contínuo, é a que continua a dominar. Trata-se de uma historiografia linear e cumulativa, para quem o tempo da história do pensamento não é mais do que o desenvolvimento de aquisições que sucessivamente aparecem, à medida que a precedente elaboração as faz aflorar. Em relação à complexidade do passado, tal como funcionou, acabam por se isolar “ilhas” de

racionalidade; no entanto, ao excluir-se do campo da explicação tudo o que não seja resultado adquirido, renuncia-se a esclarecer imensos sectores dos interesses humanos, suprimindo-se simultaneamente qualquer meio de compreender as próprias “ilhas” racionais. Trata-se, como nos refere Fourez (1995, p. 167), de uma H.C. em que *“frequentemente se suprimiu a sua visão histórica (...) só se relata aquilo que, a posteriori, parece útil, racional, científico. Desse ponto de vista, o ‘progresso’ avança sempre, com uma lógica implacável, racionalizando os caminhos percorridos para se chegar onde se está”*. A H.C. continua a permanecer prisioneira das concepções fundadoras, isto é, progressivas e continuístas, apesar das vozes discordantes (Jones, 1989), e apesar de as histórias gerais das ciências ganharem um outro rigor e amplitude com os trabalhos de Sarton (Duschl, 1994).

Em simultâneo com esta visão epistemológica empirista/positivista do conhecimento científico, a especulação teórica continua a contribuir para o desenvolvimento das ciências: na Física, a teoria da relatividade de Einstein e as teorias da mecânica quântica; na Geologia, a teoria da deriva continental; na Biologia, a grande síntese da genética mendeliana com a teoria da selecção natural de Darwin (Duschl, 1994).

Por outro lado, alguns filósofos europeus, como Bachelard (1934/1986), Popper (1977) e, posteriormente, Bunge (sem data), não vão ficar indiferentes a esta “revolução científica”, especialmente a ocorrida na Física, contestando fortemente as perspectivas filosóficas positivista e lógico-positivista, já que consideram que o conhecimento cientí-

fico não aumenta de forma cumulativa, por indução, mas antes de forma descontínua, podendo as teorias construir-se, reconstruir-se e substituir-se. Teoria e observação deixam de ser mutuamente exclusivas, como acontecia no positivismo; admitindo-se que toda a observação está dependente da teoria, recupera-se a epistemologia racionalista.

O pensamento de alguns destes filósofos, especialmente Bachelard, vai influenciar fortemente alguns historiadores da ciência, dos quais se destacam nomes como Koiré, Canguilhem e Foucault (Jones, 1989). Estes, ao investigarem épocas históricas anteriores, aprofundam o modo de pensar de então, tentando compreender as investigações e debates correspondentes no seu próprio contexto, e não por referência à época actual, revelando descontinuidades e rupturas no pensamento humano. Esta mudança na historiografia da ciência ocorre, então, fortemente ancorada em mudanças ocorridas na filosofia.

Em Inglaterra e nos Estados Unidos, foram desenvolvimentos na historiografia da ciência os que inicialmente tiveram um maior impacto na forma como as histórias das ciências começaram a ser escritas. Contudo, muitas histórias continuavam a reter uma visão positivista tradicional (Jones, 1989).

É com Kuhn que surge o mais sério desafio à visão positivista do progresso científico perfilhada até então nos Estados Unidos. A partir do seu livro *“The Structure of Scientific Revolutions”* (1962/1970), a filosofia das ciências tornou-se fortemente dominada pelos estudos históricos (Matthews, 1994). Na senda de Kuhn, filósofos como Lakatos (1970), Feyerabend (1978) e

Laudan (1977), entre outros, irão lançar o movimento designado como Nova Filosofia das Ciências e, à semelhança do já defendido por Bachelard e Popper na década de 30, vão centrar-se no problema colocado pela existência de descontinuidades na H.C..

Esta nova tradição historiográfica, a descontinuísta (Jones, 1989), tenta explicar o insucesso para poder dar conta do sucesso; concebe este último como um ganho conceptual que se traduz numa modificação qualitativa do campo do real cognoscível. Daí o aparecimento, como campo de investigação, de um passado que não é o simples registo duma acumulação quantitativa mas que, pelo contrário, surge votado às mutações que estão ligadas à circunstância dos debates e dos conflitos. Estabelece-se como categoria de abordagem a noção de problema. A inovação não é já o que é evidente e apenas se assinala, mas o que exige justificação e aceitação. Presta-se, progressivamente, atenção a diferentes contextos, não apenas ao “contexto de justificação” mas também ao de “descoberta”.

No que se refere ao desenvolvimento da actividade científica, a nova H.C. é anti-empirista. Considera que a teoria vem primeiro: longe de ser uma resultante da observação, precede-a. É ela que determina o campo e o conteúdo da experiência, a amplitude e os relevos do real cognoscível. É ela que orienta a percepção ou a não percepção do que constitui problema, o carácter satisfatório ou não satisfatório dum tipo de resposta num momento determinado. Nunca um olhar ingénuo assentou num dado inocente: o dado é função do olhar (Echeverría, 2003).

A perspectiva de progresso em que incide substitui a história das acumulações pela das mutações. Em suma: a nova historiografia do pensamento científico acentua a realidade complexa do homem na sua totalidade. Precisamente por abranger zonas de interesse mais vastas, tensões, discussões conflituais, preocupações religiosas ou estéticas, evidências de época, por toda esta constituição cultural com que se relaciona, mostra que, no que se denomina de racionalidade científica, entram elementos psicológicos e sociológicos. No entanto, embora esta nova tradição historiográfica se oponha às narrativas históricas positivistas, descontextualizadas, o que sobressai é ainda a valorização de uma história “internalista” das ciências. Como refere Fourez (1995, 170-171):

“as primeiras pesquisas no campo das ciências humanas relativas à ciência não concerniam de modo algum ao próprio processo de produção dos resultados científicos. Não se considerava que a ciência como tal pudesse ser estudada pela sociologia, mas admitia-se que, em torno da ciência, toda uma série de fenómenos pudesse ser considerada (...) não se estudava a prática científica como tal, mas o meio em que se produzia”.

Com Merton, “(...) *passa a estudar-se a própria sociologia da comunidade científica*”, sem, contudo, analisar os conteúdos científicos ou os resultados da investigação.

A partir de 1970, começa a haver fortes indícios de que a ideia de H.C. vista como uma reconstrução racional, a que se refere Lakatos (1998), estava a ser mudada por acção do que se denomina “Sociologia do Conhecimento Científico”, que se oferece então como

uma alternativa à filosofia clássica da ciência. Pickering (1992, p. 4) resume as posições fundamentais desta corrente nos seguintes termos:

“Em primeiro lugar, e como o seu nome sugere, a principal problemática da Sociologia do Conhecimento Científico é a da ciência como conhecimento, e a sua principal marca é a insistência de que o conhecimento científico é constitutivamente social em todos os aspectos que afectam o seu núcleo teórico: o próprio conhecimento científico só pode ser compreendido como um produto social. Em segundo lugar, a Sociologia do Conhecimento Científico é decididamente empirista e naturalista”.

Este relativismo social, que não se rege por critérios lógicos ou racionais para avaliar o conhecimento científico, já que este se desenvolve sempre num contexto social e os seus conteúdos sofrem a influência daqueles que os elaboram (Barnes, 1987), vai-se desmultiplicando em diversas perspectivas da Sociologia do Conhecimento Científico, ao longo das décadas de 1970 e 1980. No entanto, as relações entre algumas dessas perspectivas são problemáticas, pois embora estejam unidas por uma recusa do apriorismo filosófico e uma sensibilidade face às dimensões culturais das ciências, diferem em muitos aspectos; apesar da diversidade e discordâncias, avança-se para o estudo da prática científica, para aquilo que de facto os cientistas fazem, e, no passo correspondente, em direcção ao estudo da cultura científica, entendendo-se por esta o conjunto de recursos que a prática põe em funcionamento (Pickering, 1992).

Caminha-se, segundo Latour (1989), para uma história social das ciências, em

que não existe separação entre a história internalista e a história externalista. Para o autor, a história social das ciências é um projecto intelectual que tem por objectivo resistir a esta separação. Esta visão relativista e socializadora do conhecimento científico vai receber fortes críticas, nomeadamente de filósofos como Bunge (sem data), Chalmers (1994) e Laudan (1996), entre outros.

Ronald Giere (1989) contrapõe uma proposta de conciliação, ao considerar que se deve abandonar a tentativa de separar conteúdo e métodos da ciência da realidade psicológica e social, procurando-se preservar uma imagem da ciência do tipo representativo, uma vez que os mecanismos subjacentes ao desenvolvimento das ciências são tanto de natureza cognitiva quanto social. Como o próprio autor refere: *“reconhece-se que a ciência é uma actividade intrinsecamente humana, mas ainda assim é uma actividade que produz modelos do mundo que se lhe ajustam melhor ou pior, embora nunca sejam perfeitos ou completos. Além do mais a ciência é uma actividade cujas características podem ser estudadas com os métodos da própria ciência”* (Giere, 1989, p. 84). Esta nova síntese procura articular, assim, o plano cognitivo e o plano social.

Como podemos verificar, o consenso está longe de ser atingido. Matthews (1992 a, p. 7), no Editorial do nº 1 da revista *Science & Education* reconhece esta situação ao afirmar:

“internalistas e externalistas continuam a argumentar relativamente à História da Ciência, as conclusões do ‘programa forte’ na Sociologia da Ciência está ainda em debate, os argumentos realista versus empirista (sic) na Filosofia da Ciência está lon-

ge de consenso, como a observação depende da teoria está em disputa (...). Posto simplesmente, não há uma História da Ciência, ou uma Filosofia da Ciência, muito menos uma Sociologia da Ciência, e toda a evidência indica que nunca haverá: cada época traz as suas próprias crenças e pressupostos para a análise da história do empreendimento científico”.

Pensamos que esta multiplicidade de abordagens que de alguma forma se reflecte na historiografia da ciência, mais do que uma dificuldade, poderá constituir uma mais valia para uma aprendizagem *sobre* as ciências.

História da ciência e educação em ciências: uma relação com algumas controvérsias

A ideia de que a H.C. deve constituir uma dimensão indispensável na educação dos jovens e que, portanto, deve ser integrada nos currículos de ciências e no ensino das ciências tem constituído uma problemática recorrente ao longo de todo o século XX (Rodríguez & Níaz, 2002). Embora limitado e irregular, este movimento foi-se ampliando e robustecendo, recebendo, de há uns anos a esta parte, um largo consenso entre investigadores no domínio da educação em ciências (Bevilacqua & Gianetto, 1998; Duschl, 1994 e 2000; Hurd, 1998; Hodson, 1985; Matthews, 1990 e 1994; Monk & Osborne, 1997, entre outros). Se alguns autores não têm dúvidas sobre as potencialidades da utilização da HC na Educação em Ciências, recorrendo a vários argumentos para justificar essa utilização (por ex: Matthews, 1994) ou as consequências da sua não utilização (Hernández & Prieto, 2000), outros autores alertam para o perigo do abuso

de conteúdos históricos (Duschl, 2004) ou para a distorção dos acontecimentos históricos quando são tratados com fins pedagógicos (Whitaker, 1979).

Apesar da controvérsia ainda existente, a Comissão das Comunidades Europeias, no documento “*White Paper on Education and Training*”, publicado em 1995, vem reforçar a utilização da H.C. quando refere: “*Qualquer acção tomada pelos estados membros para introduzir a H.C. e Tecnologia nas escolas e fortalecer as ligações entre investigação e educação básica deve ser encorajada* (citado em Sorsby, 1999, p. 2)”.

Em Portugal, a Reorganização Curricular do Ensino Básico e Secundário consagrada pelo Decreto-Lei 6/2001, de 18 de Janeiro, fornece orientações no sentido de uma inclusão mais explícita da H.C. no ensino das Ciências, dando-lhe maior relevo que anteriormente. Este decreto teve como base os documentos - *Currículo Nacional do Ensino Básico, Competências Essenciais e Orientações Curriculares* (relativas a cada disciplina para o final do Ensino Básico). Estes documentos renovam a reflexão teórica que permite delinear novas estratégias tendo em vista colmatar os elevados índices de iliteracia, em todos os domínios da sociedade portuguesa.

As Competências Essenciais para as disciplinas de Ciências Físicas e Naturais são referidas no que diz respeito ao ensino das Ciências, da seguinte forma: “*encorajar o uso de uma variedade de métodos de ensino e de abordagens com variação no ritmo a que as novas ideias são introduzidas, incluindo as dimensões histórica e de descoberta*” (DEB, 2001, p. 5). Deste modo, no currículo de ciências português parece estar subjacente a

ideia de que a abordagem da H.C. permite uma melhor compreensão quer dos conteúdos científicos quer da natureza da Ciência, nomeadamente quando se refere que devem ser dadas oportunidades aos alunos para:

“apreciar que novas ideias geralmente encontram oposição de outros indivíduos e grupos, muitas vezes por razões sociais, políticas ou religiosas” e “atender a que qualquer descoberta científica ou explicação proposta passa pelo escrutínio crítico de outros cientistas trabalhando na mesma área, antes de serem aceites como conhecimento científico” e “reconhecer que as inovações têm benefícios e riscos, incluindo riscos não previstos” (DEB, 2001, p. 7).

Mas o maior reconhecimento da importância conferida à H.C. vem, sem dúvida, da investigação realizada, quer ao nível micro da sala de aula quer ao nível macro de desenvolvimento curricular (Brush, 1989). Serão alguns desses percursos investigativos que se abordarão no ponto seguinte.

A história da ciência no ensino das ciências: alguns percursos investigativos

Nas últimas décadas, a investigação em educação em ciências dá conta de uma grande preocupação na promoção do ensino das diferentes ciências através da utilização da H.C.. Esta tendência da investigação traduz-se, nomeadamente: em várias centenas de artigos publicados (pelo menos sete números especiais de revistas foram dedicados a esta problemática); na publicação de diversos livros e antologias (por ex: Matthews, 1991 e 1994; Shortland & Warwick, 1989); na realização de várias Conferências In-

ternacionais; no lançamento, em 1992, de uma revista de investigação, *Science & Education*, especialmente dedicada a contribuições da História, Filosofia e Sociologia das Ciências e Matemática.

Bevilacqua & Gianetto (1998) consideram três tipos de motivações que podem estar subjacentes à utilização da H.C. no ensino das ciências: (a) uma motivação “crítica”, relacionada com a necessidade de formar cidadãos que tomem decisões mais informadas, no que diz respeito à utilização da ciência e tecnologia na sociedade moderna; (b) motivações ‘utilitárias’ que podem dizer respeito a: promover o interesse dos alunos, atraindo-os para os cursos de ciências; simplificar o ensino devido à necessidade de ensinar um maior número de alunos; necessidade de lidar com a inovação; interesse pelo problema das concepções prévias dos alunos; (c) motivações educacionais, que podem ser vistas como ligadas ao desejo de ultrapassar o “*fosso entre as duas culturas*”, que refere Snow (1969), e acentuar a interdisciplinaridade e os aspectos culturais da ciência, mais do que os técnicos.

Seguindo estas diferentes motivações, uma série de trabalhos têm sido realizados, especialmente nas duas últimas décadas, que nos dão conta da utilização da H.C. a diferentes níveis. Distinguem-se, assim, *grosso modo*, trabalhos que se situam ao nível dos currículos disciplinares e ao nível do processo de ensino-aprendizagem na sala de aula.

Iremos aqui fazer referência, apenas, à investigação mais directamente relacionada com o ensino das ciências na sala de aula, que se centra em propos-

tas/sugestões para a utilização da H.C. (Estudos de natureza prescritiva) e na utilização e avaliação de metodologias de ensino onde se recorreu à H.C. (Estudos de natureza interventiva).

Estudos de natureza prescritiva

Nesta categoria distinguem-se dois tipos de estudos. Embora em ambos se tome como objecto de análise o desenvolvimento histórico de teoria(s) ou conceito(s) científico(s), num dos tipos o objectivo é o de obter uma percepção das dificuldades conceptuais que, em alguns casos, assumem o carácter de verdadeiros obstáculos epistemológicos (Benseghir & Closset, 1996; Gagliardi, 1988; Guisasola *et ál.*, 2002; Pedrinaci, 1993 e 1999; Pocovi & Finley, 2002), ocorridos no desenvolvimento da(s) teoria(s)/conceito(s) e que, de uma forma análoga, os alunos podem sentir; as sugestões pedagógicas vêm, assim, no sentido de antecipar essas dificuldades para melhor as poder superar. No outro tipo de estudos são apresentadas sugestões para a utilização/exploração na sala de aula de relato(s)/documento(s) original(ais) /experiência(s), alvo de análise.

Neste último caso, as actividades sugeridas são variadas, passando por: interpretação de “*documentos originais*” e/ou “*reconstrução de instrumentos históricos*” (Marco, 1996; Teichmann, 1999); apresentação/discussão de “*controvérsias históricas*” (Álvarez Suárez, 1996; De Berg, 2006; Izquierdo, 1988; Silverman, 1992; Stuewer, 2006; Thomson & Kipnis, 2001); apresentação/discussão de relatos com “*justificações, exemplos e ilustrações históricas*” (Gauld, 1998; Llarena *et ál.*, 2001; Pocovi & Finley,

2002); “*narrativas históricas*” (Solomon, 1991; Tao, 2002 e 2003), que podem incluir a forma de “episódios ficcionados” (Carson, 1992; Solomon, 1991; Solomon *et ál.*, 1994); “*dramatização de debates históricos*” (Dawkins & Glatthorn, 1998); exploração de “*relatos da vida e trabalho de alguns cientistas*” e/ou “*experiências e demonstrações baseadas na história*” (Ellis, 1989; Ekstig, 1992; Kipnis, 1998; Feigenberg *et ál.*, 2002; Metz *et ál.*, 2007; Stinner & Williams, 1998); “*comparação de diferentes teorias explicativas*” sobre um determinado conceito ou teoria (Galili, 2001; Jiménez Aleixandre, 1996; Levrini, 2002; Schecker, 1992), recorrendo, por vezes, a simulações interactivas no computador (Masson & Vázquez-Abad, 2006); exploração de experiências pensadas (Gilbert & Reiner, 2000); “*histórias*” sobre as ideias centrais e experiências relativas a um assunto científico (King, 2002;); “*situações*” que se assemelhem ao discurso de alguns cientistas do passado (Yamaliidou, 2001).

Embora não seja fácil, em alguns dos estudos revistos, identificar os objectivos que se pretendem atingir, porque não estão suficientemente explicitados, é possível considerar que os principais objectivos visam promover, através da utilização da H.C., o desenvolvimento/mudança conceptual dos alunos e/ou a construção de uma visão mais ‘adequada’ da natureza da Ciência. Contudo, em alguns dos estudos são referidos, explicitamente, objectivos de carácter mais restrito, como o de aumentar a plausibilidade de determinadas teorias científicas (Galili, 2001; Gauld, 1998; Jiménez Aleixandre, 1996; Llarena *et ál.*, 2001; Masson & Vázquez-Abad, 2006;

Pocovi & Finley, 2002), o de promover o interesse dos alunos e mostrar as limitações da experiência como argumento na controvérsia científica (Thomson & Kipnis, 2001), ou ainda o de facilitar a compreensão da forma como o trabalho científico pode ser afectado pelos contextos nos quais se desenvolve (Teichmann, 1999). De alguma forma, todos estes objectivos restritos se enquadram nos dois objectivos gerais anteriormente referidos.

Em Portugal têm sido desenvolvidos alguns estudos deste tipo, nomeadamente o estudo de Valente (1999) sobre “a construção histórica do conceito de energia”, o de Malaquias & Thomaz (1991) sobre a “teoria do flogisto”, o de Malaquias & Anjos (1999) sobre “condutores eléctricos”, o de Almeida & Malaquias (2002) sobre “acústica”, o de Amador (1999) sobre “mapas geológicos” e o de Paixão *et ál.* (2004) sobre a “deriva continental”, nos quais os autores fornecem sugestões didácticas não só para a utilização dos textos históricos analisados nos estudos mas ainda para a replicação de experiências usadas por antigos cientistas.

Estudos de natureza interventiva

Uma revisão, ainda que necessariamente limitada, de estudos empíricos de intervenção na sala de aula, onde se procurou utilizar a H.C., permite-nos constatar o seguinte:

1. O objectivo de promover o desenvolvimento/mudança conceptual dos alunos, através da utilização da H.C., é o predominante nos estudos revistos, e parece assentar na ideia da existência de um paralelismo (embora não estrito) entre as concepções perfilhadas pelos

alunos e teorias perfilhadas ao longo da história (Domingues, 2006; Feigenberg *et ál.*, 2002; Galili & Hazan, 2001; Klassen, 2007; Jiménez Aleixandre, 1992; Jensen & Finley, 1995; Lin, 1998; Seker & Welsh, 2006; Seroglou *et ál.*, 1998; Solbes & Traver, 2001; Viard & Khantine-Langlois, 2001; Wandersee, 1985).

Um outro objectivo, como o de facilitar a construção de uma ideia ‘adequada’ sobre a natureza da ciência, é igualmente explicitado em bastantes estudos (Domingues, 2006; Galili & Hazan, 2001; King, 2002; Klassen, 2007; Johnson & Stewart, 1991; Monteiro, 2007; Nott, 1992; Pumfrey, 1989; Seker & Welsh, 2006; Solomon *et ál.*, 1992; Solomon, 1995; Tao, 2003).

Promover a competência de resolução de problemas (Johnson & Stewart, 1991; Lin, 1998; Lin *et ál.*, 2002; Klassen, 2007), promover atitudes favoráveis para com as ciências e o ensino das ciências (Solbes & Traver, 2001), ensinar os alunos sobre o processo de invenção (Gorman & Robinson, 1998), desenvolver capacidades e conhecimentos para produzir fontes de informação histórica que possam ser utilizadas por outros (Kafai & Gilliland-Swetland, 2001), são outros objectivos que estão também presentes em alguns dos estudos revistos.

2. As abordagens metodológicas estão muito relacionadas com os objectivos enunciados. Assim, nos estudos cujo objectivo fundamental é o de facilitar o desenvolvimento/mudança conceptual dos alunos privilegia-se a utilização de textos históricos/narrativas históricas e reprodução/descrição de experiências originais, tendo em conta, para a sua selecção, a natureza das concepções alternativas dos alunos que

apresentam grandes semelhanças com as perfilhadas ao longo da HC. Outros, relativos à promoção da compreensão da natureza das ciências, recorrem a um conjunto de actividades, como leituras e ou discussão de narrativas ou textos históricos, exploração de controvérsias históricas, dramatizações, debates históricos, trabalho prático para testar hipóteses (algum do qual com recurso a simulações de computador), etc. Outros ainda, cujo objectivo se centra na promoção da competência de resolução de problemas, utilizam a discussão de textos históricos e a análise de experiências originais. Estudos com objectivos de natureza mais específica, como o de ensinar os alunos sobre o processo de invenção e o de desenvolver capacidades e conhecimentos para produzir fontes de informação histórica que possam ser utilizadas por outros, recorrem a textos e ilustrações originais e a trabalho prático dos alunos.

3. Quanto às áreas disciplinares investigadas, o que parece predominar são estudos no âmbito da Física (Solomon *et ál.*, 1992; Solomon, 1995; Gorman & Robinson, 1998; Seroglou *et ál.*, 1998; Klassen, 2007; Seker & Welsh, 2006; Solbes & Traver, 2001; Viard & Khantine-Langlois, 2001; Galili & Hazan, 2001; Lin *et ál.*, 2002) e, em menor número, nas áreas da Biologia (Domingues, 2006; Johnson & Stewart, 1991; Jiménez Aleixandre, 1992; Nott, 1992; Jensen & Finley, 1995), da Química (Allchin, 1997; Lin, 1998; Pumfrey, 1989; Solbes & Traver, 2001), da Geologia (King, 2002; Monteiro, 2007; Thomson *et ál.*, 2000; Praia & Silva, 2002) e das Ciências Naturais (Kafai & Gilliland-Swetland, 2001).

Esta consideração deve ser entendida com reservas atendendo ao facto da revisão de estudos que efectuámos ser limitada. Contudo, ela parece ser apoiada, seja por autores que nos dão conta de estudos realizados em Física (Bevilacqua & Giannetto, 1998), seja pelos que referem a fraca representatividade da Química em estudos deste tipo (Erduran & Scherri, 2002; Wandersee & Griffard, 2002).

4. Os estudos centram-se essencialmente no ensino secundário (15-18 anos) ou nos últimos anos do ensino básico (13-14 anos), alguns no universitário e muito poucos em anos de escolaridade mais baixos (7-12 anos).

5. De uma forma geral, os resultados referidos são positivos, o que leva os autores a defenderem a aplicação das estratégias utilizadas quer a um maior número de alunos quer a outros contextos, diferentes dos utilizados nos estudos referidos.

Portugal tem acompanhado esta tendência da investigação através de alguns estudos em que se procurou desenvolver nos alunos, tanto uma compreensão mais 'adequada' da natureza das ciências, como uma maior elaboração dos seus modelos mentais, utilizando materiais curriculares que valorizam o contexto de descoberta das teorias e estratégias de questionamento e interacção entre os alunos. Distinguem-se, assim, estudos como o de Paixão (1998), em Química; Coelho & Praia (1999), em Biologia; Monteiro, 2007, Thompson *et ál.* (2000), Praia & Silva (2002), Silva & Amador (2003), em Geologia; e Domingues (2006), em Ciências da Natureza (Biologia).

Da investigação realizada ao seu impacto no processo de ensino-aprendizagem das ciências

Como síntese do anteriormente referido, podemos dizer que existe hoje um *corpus* teórico-empírico que representa uma mais valia, quer para a investigação, quer para a didáctica das ciências. Contudo, os resultados da investigação sobre a utilização da História da Ciência no ensino das ciências parece não ter tido ainda um impacto significativo ao nível do processo de ensino-aprendizagem. Efectivamente, embora os trabalhos de investigação relativos à prática dos professores sejam em número reduzido, os resultados apontam para a consideração de que, em muitas aulas de ciências, a H.C. ou não é utilizada (Duschl, 1997 e 2000) ou concretiza-se no uso explícito de alguns aspectos da história “inter-nalista” da ciência (Solbes & Traver, 1996). Driver *et ál.* (1997), referindo-se à realidade presente em muitas aulas de ciências do Reino Unido, assinalam que a principal ênfase é posta nos produtos intelectuais da ciência, e não nos processos de produção do conhecimento sendo que “*a visão de investigação científica como envolvendo a avaliação de uma teoria ou modelos é raramente encontrada*” (p. 143). Outros estudos (Wang & Cox-Peterson, 2002) referem que embora os professores valorizem a H.C. no ensino das ciências, esta atitude não é congruente com as suas práticas de ensino.

O mesmo parece suceder em Portugal. Já em 1983, Costa, referindo-se ao ensino da Química, afirmava:

“na grande maioria das nossas escolas, ensina-se a Química como se tratasse de um exercício mental,

dando toda a atenção à actualidade das teorias e modelos que constituem o seu conteúdo, sem qualquer preocupação pelo enquadramento passado, presente e futuro de tais teorias e modelos. Não há a mínima preocupação em referir o modo ‘vivo’ como se chegou ao presente estado do conhecimento científico(…)” (p. 14). Esta afirmação parece ganhar apoio através de resultados de estudos recentes que, embora de natureza diferente, permitiram constatar que em algumas salas de aula a História da Química e da Física não é utilizada, alguns professores revelam possuir uma visão a-histórica, não problemática e de neutralidade do conhecimento científico e finalidades relativas a “sensibilizar os alunos para a natureza dinâmica da Ciência através da reflexão sobre a História da Física e da Química” foram das menos valorizadas pelos professores de Ciências Físico-Químicas (Duarte, 2004).

Para além das práticas dos professores, referidas anteriormente, um meio privilegiado de análise do impacto dos resultados da investigação onde se recomenda ou utiliza a H.C. na Educação em Ciências são os manuais escolares.

A investigação no âmbito dos manuais escolares, no que respeita à inclusão da História da Ciência, contempla estudos cuja análise recaiu sobre um tópico programático (por exemplo: Brush, 2000; Campos, 1996; Gallego *et ál.*, 2004; Justi & Gilbert, 2000; Muñoz Bello & Bertomeu Sánchez, 2003; Níaz, 2000; Rodríguez & Níaz, 2002), ou sobre todo o manual (por exemplo: Pereira & Amador, 2007; Baptista, 2006; Costa, 1983; Cardoso, 2002; Leite, 2002; Solbes & Traver, 1996).

Os resultados, de uma forma geral, permitiram concluir que muitos autores de manuais não prestam a atenção devida ao desenvolvimento histórico das ideias científicas. Assim, em alguns casos, os aspectos históricos são ignorados e/ou distorcidos (Brush, 2000; Costa, 1983; Eichman, 1996; Gallego et ál., 2004; Justi & Gilbert, 2000; Muñoz Bello & Bertomeu Sánchez, 2003; Níaz, 2000; Rodríguez & Níaz, 2002), ou tratados de uma forma muito superficial (Baptista, 2006; Eichman, 1996; Pereira & Amador, 2007; Solbes & Traver, 1996); controvérsias históricas não são mencionadas (Campos, 1996; Níaz, 2000) e o papel da comunidade científica no processo de construção das ciências é muitas vezes omitido (Baptista, 2006; Cardoso, 2002; Eichman, 1996; Leite, 2002; Pereira & Amador, 2007). Resultados deste tipo levaram Eichman (1996, p. 200) a considerar que, em alguns manuais escolares, “as teorias, modelos e conceitos parecem ter aparecido do nada”.

Em alguns dos estudos referidos, em que foram analisados manuais portugueses de Física (Leite, 2001), Química

(Cardoso, 2002) e Ciências da Natureza (Pereira & Amador, 2007; Baptista, 2006), observaram-se diferenças, quer na quantidade quer na qualidade do material histórico incluído. Estas diferenças parecem sugerir que a inclusão de material histórico está muito mais dependente do(s) autor(es) dos manuais do que das sugestões/recomendações feitas nos programas (Baptista, 2006; Leite, 2002).

Em suma, do exposto parece poder inferir-se que os resultados da investigação onde se analisa e/ou utiliza a H.C. não tiveram um grande impacto ao nível do processo de ensino-aprendizagem. Esta inferência apoia a consideração de Brush (2000, p. 54), feita a propósito dos manuais escolares, de que “*ainda temos um longo caminho a percorrer até persuadir os autores de manuais a prestarem atenção à investigação em H.C.*”, à qual parece, ainda, ser possível acrescentar: e até persuadir os professores, através de uma adequada formação, de que a H.C. constitui um elemento fundamental de uma Educação em Ciências que se pretende seja para todos. ▲

Referências

- Allchin, D. (1997). Rekindling Phlogiston: from classroom case study to interdisciplinary relationships. *Science & Education*, 6, 473-509.
- Almeida, J. & Malaquias (2002). Communicating Concepts through some Ancient Instruments Concerned with Acoustics. *In La Ciencia ante el Público: Cultura Humanista y Desarrollo Tecnológico*, Salamanca, 22-34.
- Álvarez Suárez, R. (1996). Las Controversias Científicas - Sus implicaciones didácticas y su utilidad mediante un ejemplo: la controversia sobre la edad de la Tierra. *Alambique*, 8 (Abril), 63-69.
- Amador, F. (1999). Algumas Perspectivas sobre a Utilização da História da Geologia (Mapas Geológicos) no Âmbito da Didáctica. *In Trindade, V. (coord.). Metodologias do Ensino das Ciências. Investigação e Prática dos Professores*. Évora: Departamento de Pedagogia

- e Educação, Universidade de Évora, 263-276.
- Bachelard, G. (1986). *O Novo Espírito Científico*. Lisboa: Edições 70 (1ª edição, 1934).
- Baptista, R. (2006). *A História da Ciência no Ensino das Ciências da Natureza - um estudo com manuais escolares do 6º ano de escolaridade e seus autores*, Dissertação de Mestrado, Braga: Universidade do Minho (não publicada).
- Barnes, B. (1987). *Sobre Ciência*. Barcelona: Editorial Labor.
- Beltrán, A. (1995). *Revolución Científica, Renacimiento y Historia de la Ciencia*. Madrid: Siglo Veintiuno.
- Benseghir, A. & Closset, J.-L. (1996). The Electrostatics-Electrokinetics Transition: historical and educational difficulties. *International Journal of Science Education*, 18(2), 179-191.
- Bevilacqua, F. & Giannetto, E. (1998). The History of Physics and European Physics Education. In B., Fraser, & K., Tobin (eds). *International Handbook of Science Education*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1015-1026.
- Brush, G. (2000). Thomas Kuhn as an Historian of Science. *Science & Education*, 9, 39-58.
- Brush, S. (1989). History of Science and Science Education. In Shortland, M. & Warwick, A. (1989). *Teaching the History of Science*. Oxford: Basil Blackwell Ltd., 54-66.
- Bunge, M. (sem data). *Filosofia da Física*. Lisboa: Edições 70.
- Campos, C. (1996). *Imagens de Ciência Veiculada por Manuais Escolares do Ensino Secundário*. Dissertação de Mestrado, Universidade de Aveiro, Aveiro.
- Cardoso, L. (2002). *A História da Ciência em Manuais Escolares de Química do 9º e 11º anos de escolaridade*. Dissertação de Mestrado, Universidade do Minho, Braga (não publicada).
- Carson, R. (1992). If Science is Presented as Historical Narrative: a sample chapter. In Hills, S. (ed.). *History and Philosophy of Science in Science Education - Proceedings of the Second International Conference on the History and Philosophy of Science in Science Teaching* (vol. I). Ontario: University Kingston, 149-155.
- Carrilho, M. (1989). *Itinerários da Racionalidade*. Lisboa: Edições Dom Quixote.
- Carrilho, M. (1994). *A Filosofia das Ciências. De Bacon a Feyerabend*. Lisboa: Editorial Presença.
- Chalmers, A. (1994). *A Fabricação da Ciência*. São Paulo: Editora UNESP.
- Coelho, J. & Praia, J. (1999). "A Origem da Vida": A epistemologia e a história como fundamentadores para a acção didáctica. In Trindade, V. (coord.). *Metodologias do Ensino das Ciências. Investigação e Prática dos Professores*. Évora: Departamento de Pedagogia e Educação, Universidade de Évora, 123-142.
- Costa, A. (1983). Do Uso da História da Química no seu Ensino. *Boletim da Sociedade Portuguesa de Química*, série II, 15/16, 12-15.
- Christie, J. (1996). The Development of the Historiography of Science. In R., Olby, G., Cantor, J., Christie & M., Hodge (eds). *Companion to the History of Modern Science*. London: Routledge, 5-22.
- Dawkins, K. & Glatthorn, A. (1998). Using Historical Case Studies in Biology to Explore the Nature of Science: a pro-

- fessional development program for high school teachers. In McComas, W. (ed.). *The Nature of Science in Science Education*. Boston: Kluwer Academic Publishers 163-176.
- De Berg, K. (2006). The Kinetic-Molecular and the Thermodynamic Approaches to Osmotic Pressure: A Study of Dispute in Physical Chemistry and Implications for Chemistry Education. *Science & Education*, 15, 495-519.
- Departamento Do Ensino Básico (DEB, 2001). *Currículo Nacional do Ensino Básico- Competências Essenciais*. Lisboa: Ministério da Educação.
- Departamento do Ensino Básico (2001). *Ciências Físicas e Naturais - Orientações Curriculares para o 3º ciclo do Ensino Básico*. Lisboa: Departamento do Ensino Básico, Ministério da Educação.
- Domingues, A. (2006). *A História da Ciência na promoção da mudança conceptual e nas concepções dos alunos sobre a natureza da ciência: Um estudo no tema "Microbiologia" no 6º ano de escolaridade*. Tese de Mestrado, Universidade do Minho (não publicada).
- Driver, R., Leach, J., Millar, R & Scott, P. (1997). *Young People' Images of Science*. Buckingham: Open University Press.
- Duarte, M.C. (2004). A História da Ciência na prática de professores portugueses: implicações para a formação de professores de Ciências. *Ciência & Educação*, 10(3), 317-331.
- Duschl, R. (1994). Research on the History and Philosophy of Science. In Gabel, D. (ed.) *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*. New York: MacMillan Publishing Company, 443-465.
- Duschl, R. (1997). *Renovar la Enseñanza de las Ciencias - importancia de las teorías y su desarrollo*. Madrid: Narcea.
- Duschl, R. (2000). Making the Nature of Science Explicit. In Millar, R., Leach, J. & Osborne, J. (eds). *Improving Science Education- the contribution of research*. Buckingham: Open University Press, 187-206.
- Duschl, R. (2004). Relating History of Science to Learning and Teaching Science: Using and Abusing. In L. B., Flick & N. G., Lederman (Eds.). *Scientific Inquiry and Nature of Science: Implication for teaching, learning and teacher education*. USA: Kluwer Academic Publishers, 319-330.
- Duveen, J., Scott, L. y Solomon, J. (1993). Pupils' Understanding of Science: description of experiments or "A passion to explain"? *School Science Review*, 75(271), 19-27.
- Echeverría, J. (2003). *Introdução à Metodologia da Ciência*. Coimbra: Almedina.
- Eichman, P. (1996). Using History to Teach Biology. *The American Biology Teacher*, 58(4), Abril, 200-204.
- Ekstig, B. (1992). Teaching Guided by the History of Science: The discover of atmospheric pressure. In Matthews, M. (ed.). *History, Philosophy, and Science Teaching - Selected readings*. Toronto: OISE Press, 213-224.
- Ellis, P. (1989). Practical Chemistry in a Historical Context. In M., Shortland & A., Warwick (1989). *Teaching the History of Science*. Oxford: Basil Blackwell Ltd., 156-167.
- Erduran, S. y Scerri, E. (2002). The Nature of Chemical Knowledge and Chemical Education.. In, J., Gilbert, O., DE Jong, R., Justi, D., Treagust & J., Van Driel

- (eds). *Chemical Education: towards research -based practice*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 7-27.
- Feigenberg, J., Lavrik, L. & Shunyakov, V. (2002). Space Scale: models in the History of Science and students' mental models. *Science & Education*, 11, 377-392.
- Feyerabend, P. (1978). *Against Method*. London: New Left Books.
- Fourez, G. (1995). *A Construção das Ciências - Introdução à Filosofia e Ética das Ciências*. São Paulo: UNESP Editora.
- Gagliardi, R. (1988). Cómo Utilizar la Historia de las Ciencias en la Enseñanza de las Ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 6(3), 291-296.
- Gagliardi & Giordan, A. (1988). La Historia de las Ciencias: una herramienta para la enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, 4(2), 253-258.
- Galili, I. (2001). Weight versus Gravitational Force: historical and educational perspectives. *International Journal of Science Education*, 23(10), 1073-1093.
- Galili, I. y Hazan, A. (2001). The Effect of a History - Based Course on Optics Students' Views about Science. *Science & Education*, 10, 7-32.
- Gallego Badillo, R. et ál. (2004). El concepto de valencia: su construcción histórica y epistemológica y la importancia de su inclusión en la enseñanza. *Ciencia & Educação*, 10(3), 571-583.
- Gauld, C. (1998). Making More Plausible what is Hard to Believe: Historical justifications and illustrations of Newton's third law. *Science & Education*, 7, 159-172.
- Giere, R. (1989). A Natureza da Ciência - Uma perspectiva iluminista pós-moderna. *Revista Colóquio Ciências* (Fundação Calouste Gulbenkian), 6 (Set./Dez.), 72-84.
- Gilbert, J. & Reiner, M. (2000). Thought Experiments in Science Education: potential and current realizations. *International Journal of Science Education*, 22(3), 265-283.
- Golinsky, J. (1998). *Making Natural Knowledge: constructivism and the History of Science*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Gorman, M. y Robinson, J. (1998). Using History to Teach Invention and Design: the case of telephone. *Science and Education*, 7, 173-201.
- Guisasola, J., Zubimendi, J. Almudí, J. y Ceberio, M. (2002). The Evolution of the Concept of Capacitance Throughout the Development of the Electric Theory and the Understanding of its Meaning by University Students. *Science & Education*, 11, 247-261.
- Hernandez, M. y Prieto, J. (2000). Un Currículo para el estudio de la Historia de la Ciencia en secundaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 18 (1), 105-112.
- Hodson, D. (1985). Philosophy of Science, Science and Science Education. *Studies in Science Education*, 12, 25-57.
- Hurd, P. (1998). Scientific Literacy: new minds for a changing world. *Science Education*, 82, 407-416.
- Izquierdo, M. (1988). La Contribució de la Teoria del Flogiste a L'Estruturació Actual de la Ciència Química. Implicacions Didàctiques. *Enseñanza de las Ciencias*, 6(1), 67-74.
- Jensen, M. y Finley, F. (1995). Teaching Evolution Using Historical Arguments in a Conceptual Change Strategy. *Science Education*, 79(2), 147-166.
- Jiménez Aleixandre, P. (1992). Thinking About Theories of Thinking with Theories?: a classroom study with na-

- tural selection. *International Journal of Science Education*, 14(1), 51-61.
- Jiménez Alexandre, P. (1996). La Variabilidad en la Descendencia: comparación de teorías explicativas. *Alambique*, 8 (Abril), 33-41.
- Johnson, S. y Stewart, J. (1991). Using Philosophy of Science in Curriculum Development: an example from high school genetics. In Matthews, M. (ed.). *History, Philosophy, and Science Teaching - Selected readings*. Toronto: OISE Press, 201-212.
- Jones, R. (1989). The Historiography of Science - Retrospect and Future Challenge. In M., Shortland & A., Warwick (1989). *Teaching the History of Science*. Oxford: Basil Blackwell Ltd., 80-99.
- Jung, W. (1994). Toward Preparing Students for Change: a critical discussion of the contribution of the History of Physics in physics teaching. *Science & Education*, 3, 99-130.
- Justi, R. y Gilbert, J. (2000). History and Philosophy of Science Through Models: some challenges in the case of "the atom". *International Journal of Science Education*, 22(9), 993-1009.
- Kafai, Y. & Gilliland-Swetland, A. (2001). The Use of Historical Materials in Elementary Science Classrooms. *Science Education*, 85, 349-367.
- King, C. (2002). Teaching through Explanatory Stories: "The dynamic Earth'crust". *School Science Review*, 83(304), 63-72.
- Kipnis, N. (1998). A History of Science Approach to the Nature of Science: learning science by rediscovering it. In W., McComas (ed.). *The Nature of Science in Science Education - Rationales and Strategies*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 177-196.
- Klassen, S. (2007). The Application of Historical Narrative in Science Learning: The Atlantic Cable Story. *Science & Education*, 16, 335-352.
- Kragh, H. (2001). *Introdução à Historiografia da Ciência*. Porto: Porto Editora.
- Kuhn, T. (1962/1970). *The Structure of Scientific Revolutions*. Chicago: University Press.
- Lakatos, I. (1970). Falsification and the Methodology of Scientific Research Programs. In I., Lakatos & A., Musgrave (eds). *Criticism and the Growth of Knowledge*. London: Cambridge University Press, 91-196.
- Lakatos, I. (1998). *História da Ciência e suas Reconstruções Racionais*. Lisboa: Edições 70.
- Llarena, M., Cattapan, A. y De Luca, A. (2001). Las Ondas Sísmicas y la Estructura Interna de la Tierra: una aproximación desde la Historia de la Ciencia. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 9(1), 13-20.
- Latour, B. (1989). Pasteur et Pouchet: heterogénesis de l'histoire des sciences. In Serres, M. (coord.). *Éléments d'Histoire des Sciences*. Paris: Bordas.
- Laudan, L. (1977). *Progress and its Problems: Toward a theory of scientific growth*. Berkeley: University of California Press.
- Laudan, L. (1996). *Beyond Positivism and Relativism*. Colorado: Westview Press.
- Leite, L. (2002). History of Science in Science Education: development and validation of a checklist for analyzing the historical content of science textbooks. *Science & Education*, 11, 333-359.
- Lin, H. (1998). The Effectiveness of Teaching Chemistry through the History

- of Science. *Journal of Chemical Education*, 75(10), 1326-1330.
- Lin, H., Hung, J. & Hung, S. (2002). Using History of Science to Promote Students' Problem-Solving Ability. *International Journal of Science Education*, 24(5), 453-464.
- Levrini, O. (2002). The Substantivist View of Spacetime Proposed by Minkowski and its Educational Implications. *Science & Education*, 11, 601-617.
- Lin, H. (1998). The Effectiveness of Teaching Chemistry through the History of Science. *Journal of Chemical Education*, 75(10), 1326-1330.
- Lin, H., Hung, J. y Hung, S. (2002). Using the History of Science to Promote Students' Problem-Solving Ability. *International Journal of Science Education*, 24(5), 453-464.
- Malaquias, I. y Anjos, D. (1999). History of Science in Classroom: why not? <http://opus.cilea.it/cgi-bin/fisicasite> (10/11/1999).
- Malaquias, I. y Thomaz, M. (1991). A Teoria do Flogisto e as Concepções Intuitivas/Alternativas dos Alunos dos Ensinos Básico e Secundário. In Martins, I. et ál. (eds). *Actas do 2º Encontro Nacional de Didáticas e Metodologias de Ensino*. Aveiro: Universidade de Aveiro.
- Marco, B. (1996). Aproximación Didáctica a Textos Científicos Originales. *Alambique*, 8 (Abril), 53-62.
- Masson, S. y Vázquez-Abad, J. (2006). Integrating History of Science in Science Education through Historical Microworlds to Promote Conceptual Change. *Journal of Science Education and Technology*, 15(3), 257-268.
- Matthews, M. (1990). History, Philosophy and Science Teaching: a rapprochement. *Studies in Science Education*, 18, 25-51.
- Matthews, M. (1991). *History, Philosophy, and Science Teaching - Selected readings*. Toronto: OISE Press.
- Matthews, M. (1992). Editorial. *Science & Education*, 1, 1-9.
- Matthews, M. (1994). *Science Teaching - The role of History and Philosophy of Science*. New York: Routledge.
- Metz, D., Klassen, S., Mcmillan, B., Clough, M. y Olson, B. (2007). Building a Foundation for the Use of Historical Narratives. *Science & Education*, 16, 313-334.
- Monk, M. y Osborne, J. (1997). Placing the History and Philosophy of Science on the Curriculum: a model for the development of pedagogy. *Science Education*, 81, 405-424.
- Monteiro, G. V. (2007). Controvérsias Geológicas. Dissertação de Doutoramento, Universidade de Aveiro, Aveiro (não publicada).
- Muñoz Bello, R. y Bertomeu Sánchez, J. (2003). La Historia de la Ciencia en los Libros de Texto : la(s) hipótesis de Avogadro. *Enseñanza de las Ciencias*, 21(1), 147-159.
- Níaz, M. (2000). A Rational Reconstruction of the Kinetic Molecular Theory of Gases Based on History and Philosophy of Science and its Implications for Chemistry Textbooks. *Instructional Science*, 28, 23-50.
- Nott, M (1992). History in the School Science Curriculum: infection or immunity? In S., Hills (1992). *History and Philosophy of Science in Science Education - Proceedings of the Second International Conference on the History and Philosophy of Science in Science Teaching* (vol. II). Ontario: University Kingston, 215-228.

- Paixão, F. (1998). *Da Construção do Conhecimento Didático na Formação de Professores de Ciências - Conservação da massa nas reacções químicas: estudo de índole epistemológica*. Dissertação de Doutoramento (volume 1). Aveiro: Universidade de Aveiro (não publicada).
- Paixão, I., Calado, S., Ferreira, S. Alves, V. y Morais, A. (2004). Continental Drift: A discussion strategy for secondary school. *Science & Education*, 13, 201-221.
- Pedrinaci, E. (1993). La Construcción Histórica del Concepto de Tiempo Geológico. *Enseñanza de las Ciencias*, 11(3), 315-323.
- Pedrinaci, E. (1999). Algumas Aportaciones de la Epistemología y la Historia de la Ciencia a la Enseñanza de las Ciencias. In Trindade, V. (coord.). *Metodologias do Ensino das Ciências. Investigação e Prática dos Professores*. Évora: Departamento de Pedagogia e Educação, Universidade de Évora, 83-104.
- Pereira, A. I. y Amador, F. (2007). A História da Ciência em manuais escolares de Ciências da Natureza. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 6(1).
- Pickering, A. (1992). From Science as Knowledge to Science as Practice. In A., Pickering (ed.). *Science as Practice and Culture*. Chicago: The University of Chicago Press, 1-26.
- Popper, K. (1977). *Conocimiento Objetivo*. Madrid: Editorial Tecnos.
- Pocovi, M. y Finley, F. (2002). Lines of Force: Faraday's and students' views. *Science & Education*, 11, 459-474.
- Praia, J. y Silva, H. (2002). Materiais Didáticos sobre a Idade da Terra: importância do contexto de descoberta na educação científica. In Coelho, A. et ál. (coord.). *Educação em Ciência - VII Encontro Nacional*. Faro: Escola Superior de Educação, Universidade do Algarve, 433-446.
- Pumfrey, S. (1989). The Concept of Oxygen - Using History of Science in Science Teaching. In M., Shortland & A., Warwick (1989). *Teaching the History of Science*. Oxford: Basil Blackwell Ltd., 142-155.
- Rodríguez, M. y Níaz, M. (2002). How in Spite of the Rhetoric, History of Chemistry has Been Ignored in Presenting Atomic Structure in Textbooks. *Science & Education*, 11, 423-441.
- Seker, H. y Welsh, L. (2006). The Use of History of Mechanics in Teaching Motion and Force Units. *Science & Education*, 15, 55-89.
- Seroglou, F., Koumaras, P. y Tselfes, V. (1998). History of Science and Instructional Design: the case of electromagnetism. *Science & Education*, 7, 261-280.
- Schecker, H. (1992). The Paradigmatic Change in Mechanics: Implications of historical processes for Physics Education. *Science & Education*, 1, 71-76.
- Shortland, M. y Warwick, A. (1989). *Teaching the History of Science*. Oxford: Basil Blackwell Ltd.
- Silva, M. y Amador, F. (2003). Dos Modelos Históricos (História da Geologia) aos Modelos dos Alunos. Um Estudo Exploratório sobre os Modelos Mentais, Respeitantes à Origem, ao Armazenamento e à Circulação das Águas Subterrâneas, Realizado com Alunos do 12º ano do Ensino Secundário Português. <http://www.if.ufrgs.br/public> (24/01/03).
- Silverman, M. (1992). Raising Questions: Philosophical significance of contro-

- versy in science. *Science & Education*, 1, 163-179.
- Snow, C. (1969). *Two Cultures and a Second Look*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Solbes, J & Traver, M. (1996). La Utilización de la Historia de las Ciencias en la Enseñanza de la Física y la Química. *Enseñanza de las Ciencias*, 14(1), 103-112.
- Solbes, J. y Traver, M. (2001). Resultados Obtenidos Introduciendo Historia de la Ciencia en las Clases de Física e Química: mejora de la imagen de la ciencia y desarrollo de actitudes positivas. *Enseñanza de las Ciencias*, 19(1), 151-162.
- Solomon, J. (1991). *Exploring the nature of science*. Glasgow: Blackie.
- Solomon, J. (1995). Higher Level Understanding of the Nature of Science. *School Science Review*, 76 (276), 15-22.
- Solomon, J., Duveen, J., Scott, L. y McCarthy, S. (1992). Teaching About the Nature of Science through History: action research in the classroom. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(4), 409-421.
- Solomon, J., Duveen, J. y Scott, L (1994). Pupils' Images of Scientific Epistemology. *International Journal of Science Education*, 16(3), 361-373.
- Sorsby, B. (1999). The Nature of Science in Pupils' Education and Teacher Training - Current Challenges and some Solutions. <http://opus.cilea.it/cgi-bin/fisicashite> (10/11/1999).
- Stinner, A. & Williams, H. (1998). History and Philosophy of Science in the Science Curriculum. In B., Fraser & K., TOBIN (eds). *International Handbook of Science Education* (part two). Dordrecht: Kluwer Academic Publishing, 1027-1045.
- Stuwer, R. (2006). Historical Surprises. *Science & Education*, 521-530.
- Tao, P-K. (2002). A Study of Students' Focal Awareness when Studying Science Stories Designed for Fostering Understanding of the Nature of Science. *Research in Science Education*, 32, 97-120.
- Tao, P-K. (2003). Eliciting and Developing Junior Secondary Students' Understandings of the Nature of Science Through a Peer Collaboration Instruction in Science Stories. *International Journal of Science Education*, 25(2), 147-171.
- Teichmann, J. (1999). Studying Galileo at Secondary School: a reconstruction of his "jumping-hill" experiment and the process of discovery. *Science & Education*, 8, 121-136.
- Thomson, D. y Kipnis, N. (2001). Scientific Controversies in Teaching Science: the case of Volta. *Science & Education*, 10, 33-49.
- Thomson, D., Praia, J. y Marques, L. (2000). The Importance of History and Epistemology in the Designing of Earth Science Curriculum Materials for General Science Education. *Research in Science & Technological Education*, 18(1), 45-62.
- Valente, M. (1999). *Uma Leitura Pedagógica da Construção Histórica do Conceito de Energia - Contributo para uma didáctica crítica*. Dissertação de Doutoramento. Lisboa: Universidade Nova de Lisboa.
- Viard, J. y Khantine-Langlois, F. (2001). The Concept of Electrical Resistance: how Cassirer's philosophy, and the early developments of electric circuit theory, allow a better understanding

- of students' learning difficulties. *Science & Education*, 10, 267-286.
- Wandersee, J. y Griffard, P. (2002). The History of Chemistry: potential and actual contributions to chemical education. In J., Gilbert, O., De Jong, R., Justi, D., Treagust & J., Van Driel (eds). *Chemical Education: towards research-based practice*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 29-46.
- Wandersee, J. (1985). Can the History of Science Help Science Educators Anticipate Students' Misconceptions? *Journal of Research in Science Teaching*, 23(7), 581-597.
- Wang, H. & Cox-Peterson, A. (2002). A Comparison of Elementary, Secondary and Student Teachers' Perceptions and Practices Related to History of Science Instruction. *Science & Education*, 11, 69-81.
- Wang, H. y Marsh, D. (2002). Science Instruction with a Humanistic Twist: teachers' perception and practice in using the History of Science in their classrooms. *Science & Education*, 11, 169-189.
- Whitaker, M. (1979). History and Quasi History in Physics Education (Part 1). *Physics Education*, 14(4), 108-112.
- Yamalidou, M. (2001). Molecular Representations: building tentative links between the History of Science and the study of cognition. *Science & Education*, 10, 423-451.