

DA NOVA FILOSOFIA DA CIÊNCIA AO ENSINO DA CIÊNCIA

Jorge Bonito
Universidade de Évora
jbonito@uevora.pt
<http://evunix.uevora.pt/~jbonito>

As perspectivas que emergiram das novas correntes epistemológicas tiveram, de sobremaneira, uma influência directa no ensino da própria ciência. Cachapuz (1992) considerou que a constatação desta influência é um sinal claro da evolução da área do conhecimento didáctico, que se apercebeu do seu contributo para a compreensão de variadas dimensões que constam da construção do conhecimento científico, e do papel do ensino das ciências na educação do cidadão. Izquierdo (1996), por seu lado, destacou as dimensões relacionadas com as possibilidades de construção e de reconstrução de ideias, e a dimensão social que subjaz ao processo de construção e de reconstrução desse conhecimento.

A epistemologia é, actualmente, considerada como uma guia do ensino da ciência¹, ainda que alguns autores (e.g., Echevarría, 1995) reclamem a intervenção da axiologia. Abimbola (1983) atribuiu à nova filosofia da ciência o papel elucidativo acerca dos princípios básicos assumidos pela ciência e de desafio do empirismo. Porrúa e Pérez (1992) sistematizaram os vectores de maior destaque da nova corrente epistemológica (Figura 1), fundamentada em quadros filosóficos de natureza racionalista, e em enquadramentos psicológicos cognitivistas, em confronto com as posições empírico-positivistas.

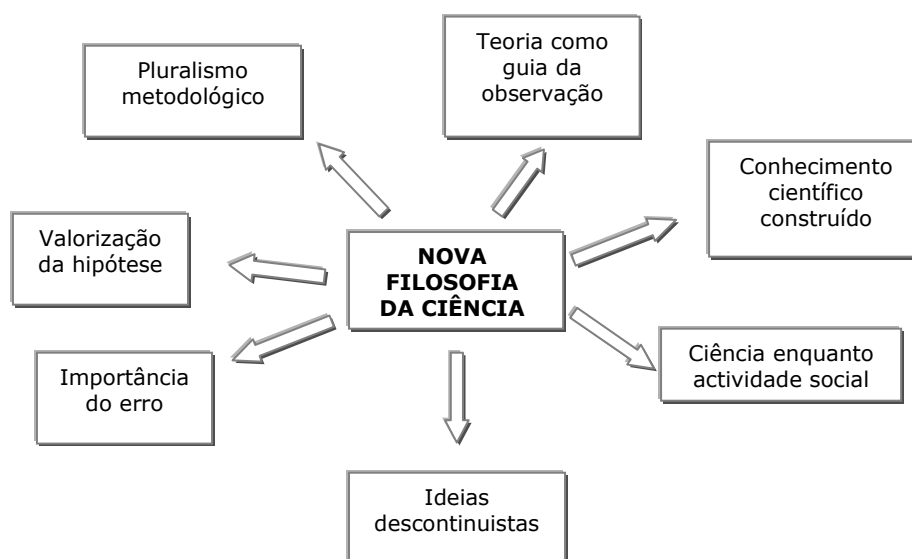


Figura 1. Vectores de maior destaque da nova corrente epistemológica (com base em Porrúa e Pérez, 1992).

Alguns autores como Giordan e Vecchi (1988) e Duschl (1990/1997) destacaram o importante papel da epistemologia e da história da ciência como instrumento básico para detectar as dificuldades de aprendizagem existentes num determinado campo do conhecimento ou para orientar as estratégias de forma a suprimi-las². Giordan e

¹ Segundo Costa (1986), «ciência e filosofia estão tão intimamente ligadas que a ciência natural não pode avançar muito sem que a filosofia comece a afirmar-se. E, por sua vez, a filosofia reage sobre a ciência, fora da qual se constituiu, conferindo-lhe uma nova firmeza e consciência, derivadas da nova consciência que o cientista passa a ter relativamente aos princípios sobre os quais tinha trabalhado» (p. 21).

² Amorim da Costa (1986) considerou que o «estudo da história da ciência é útil para a formação do homem de ciência, fazendo dele um filósofo da natureza e não simples artesão especializado» (p. 17).

Vecchi (1988), partindo das ideias de Bachelard, consideraram que a identificação dos obstáculos epistemológicos³ é um dos aspectos chave para a transformação do ensino das ciências⁴. Pedrinaci (2000) sustenta que analisar a evolução do conhecimento acerca dos processos geológicos, para além de ajudar a valorizar a dificuldade que pode surgir com a introdução de determinados conteúdos, produz orientações relevantes acerca do modo de abordar na aula essas mesmas dificuldades.

Mellado e Carracedo (1992) relacionaram de forma esquemática as posições da filosofia da ciência sobre a construção do conhecimento científico com as distintas correntes didáticas sobre como se produz a aprendizagem científica (Figura 2). O relativismo de Feysabend ficou excluído por ter características tão singulares.

³ Neste contexto, de acordo com Pedrinaci (2000), o desenvolvimento das ideias acerca da origem dos fósseis constitui um bom exemplo de obstáculo epistemológico e do papel de relevo que pode ter na construção do conhecimento científico, uma vez que foi o problema geológico mais debatido ao longo dos séculos XV-XVII. Pode acrescentar-se a este tema a teoria da mobilidade dos continentes, da autoria de Alfred Wegener (1880-1930), tornada pública na obra *A Origem dos Continentes e Oceanos*, com forte oposição de H. Jeffreys e R. Chamberlim. A teoria da deriva continental constituiu um motivo de grande controvérsia até ao final da década de 1920, tendo sido virtualmente abandonada no decurso da década seguinte, sendo retomada por H. Hess nos anos 60. A concepção fixista foi, do meu ponto de vista, um obstáculo epistemológico de relevo, tendo sido substituída, quando suprimido, pela perspectiva mobilista, mas deparando com inúmeros problemas para os quais a ciência ainda não tem resposta. E, como dizem Fialho, Bonito e Cid (1998), são «estes problemas o próprio motivo que nos anima a continuar a investigar a Terra» (p. 150).

⁴ Na verdade, as competências específicas para a literacia científica a desenvolver durante o 3.º ciclo do ensino básico (Galvão, Neves, Freire, Lopes, Santos, Vilela, Oliveira e Pereira, 2002) já contemplam o conhecimento epistemológico onde se propõe «a análise e debate de relatos de descobertas científicas, nos quais se evidenciam êxitos e fracassos, persistência e modos de trabalho de diferentes cientistas, influências da sociedade sobre a ciência, possibilitando ao aluno confrontar, por um lado, as explicações científicas com as do senso comum e, por outro a ciência, a arte e a religião» (p. 7).

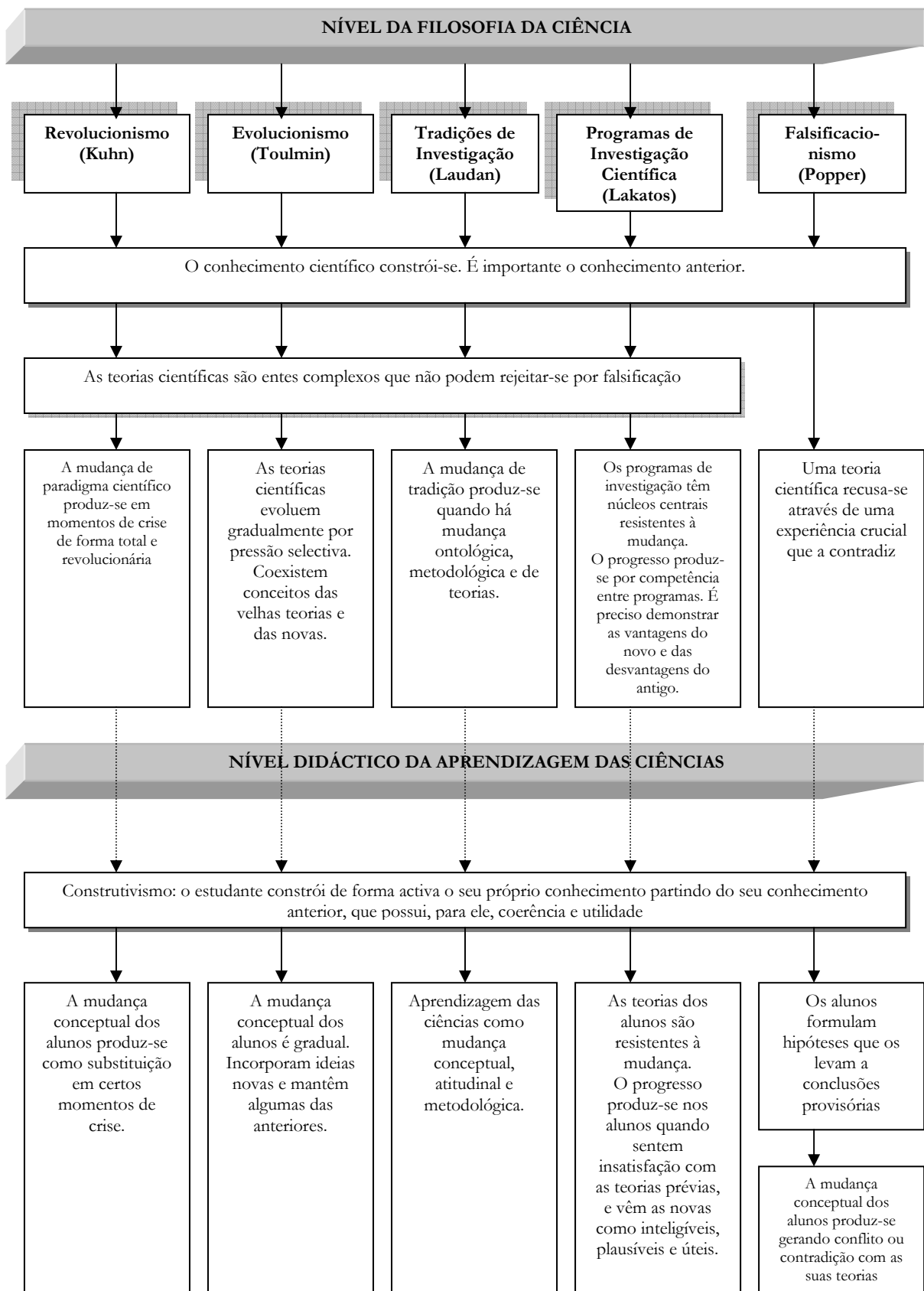


Figura 2. Analogias entre as escolas construtivistas da filosofia da ciência e a aprendizagem científica dos alunos (Mellado e Carracedo, 1992).

A forma como se constrói a história das ciências é solidária com o modo como se entende a actividade científica e o conhecimento científico, uma vez que, como se viu anteriormente, «a história das ciências assenta numa epistemologia e revela-a»

(Schlanger, 1979, p. 185). A história das ciências é então entendida, para Bachelard (1977), como a história das suas rupturas e dos obstáculos que impedem o desenvolvimento científico, na via da racionalidade matemática. Com base nas ideias oriundas da nova filosofia da ciência, uma grande panóplia de autores tem, por um lado, desvendado e construído materiais que suportem essas ideias (e.g., Théodoridès, 1965/1984; Hallan, 1983/1985; Lenoble, 1969/1990; Gould, 1993/1996; Pedrinaci, 1993a, 1993b; Slongo, 1996; Pérez, 1996; Jara, 1997; Coelho e Praia, 1999; Amador, 1999a, 1999b, 2004; Amador e Contenças, 2001; Membiela, 2001; C. M. García, 2004; García e López, 2004; Gonçalves, 2004; McIntyre, 2004; Gribbin, 2002/2005) e, por outro, destacado a importância da introdução da história e da filosofia da ciência no ensino da ciência (e.g., Lind, 1980; Wandersee, 1985; Calatayud *et al.*, 1986; Hodson, 1986; Sánchez, 1988; Sequeira e Leite, 1988; Brush, 1989; Nielsen e Thomsen, 1990; Mellado e Carracedo, 1992, 1993; Bizzo, 1993; Matthews, 1994a, 1994b; Pedrinaci, 1994; Izquierdo, 1996; Costa, Almeida e Santos, 1997; Duschl, 1990/1997; Marco, 1997; García, 1998, Praia e Marques, 1998a, 1998b; Pedrinaci, 1999; Fernández, 2000). Na Figura 3 sistematizam-se os principais contributos para o ensino das ciências da história e filosofia da ciência⁵.

Segundo Lind (1980), a história da ciência produz o material adequado para ilustrar a modificação e revisão, a rejeição e readaptação de modelos, a sua relatividade e dependência da ideologia vigente. O autor considera que é mais fácil para os alunos criticarem os modelos históricos do que fazê-lo com os seus próprios modelos.

Persiste, ainda, alguma divergência acerca da forma como se entende que deve ser introduzida a história e a epistemologia da ciência no ensino da ciência. Há aqueles (Costa, 1983) que argumentam que o conhecimento científico passado, ainda com interesse e utilidade, se encontra absorvido nas teorias actualmente aceites, e que o restante conhecimento que ficou de fora não era mais do que produto de erros, e daí a história da ciência não presente, na sua perspectiva, qualquer contributo interessante para o ensino das ciências. Outros autores, consideram que «é necessário investigar o passado para compreender o presente e controlar o futuro» (Bernal, 1969, p. 28), defendendo que a história da ciência tem um importante papel a desempenhar na educação em ciência. Neste último grupo, há autores (e.g., Théodoridès, 1965/1984) que, de facto, se dedicaram a colectar factos históricos acerca da ciência e dos seus obreiros e a reuni-los numa obra sob o título «História da...». Contagiados por estas influências, alguns manuais escolares adoptam, preferentemente, esta perspectiva, uma vez que a construção didáctica requer maior esforço e espaço de desenvolvimento. Apresentam o núcleo histórico separadamente dos conteúdos fundamentais, ou está marcadamente limitado pelos próprios conteúdos.

⁵ Zamora (2005) considera que a filosofia de Kuhn, a designada revolução historicista, pode ser útil do ponto de vista pedagógico, não sendo muito fiel à realidade científica actual. A sua popularidade deve-se, segundo o autor, ao momento histórico específico em que foi desenvolvida. Zamora (2005) afirma que, do seu ponto de vista, «em nenhum momento existiu uma tradição hegemónica na filosofia da ciência do século XX, coexistindo vigorosas abordagens muito diferentes e contrapostas» (p. 28).

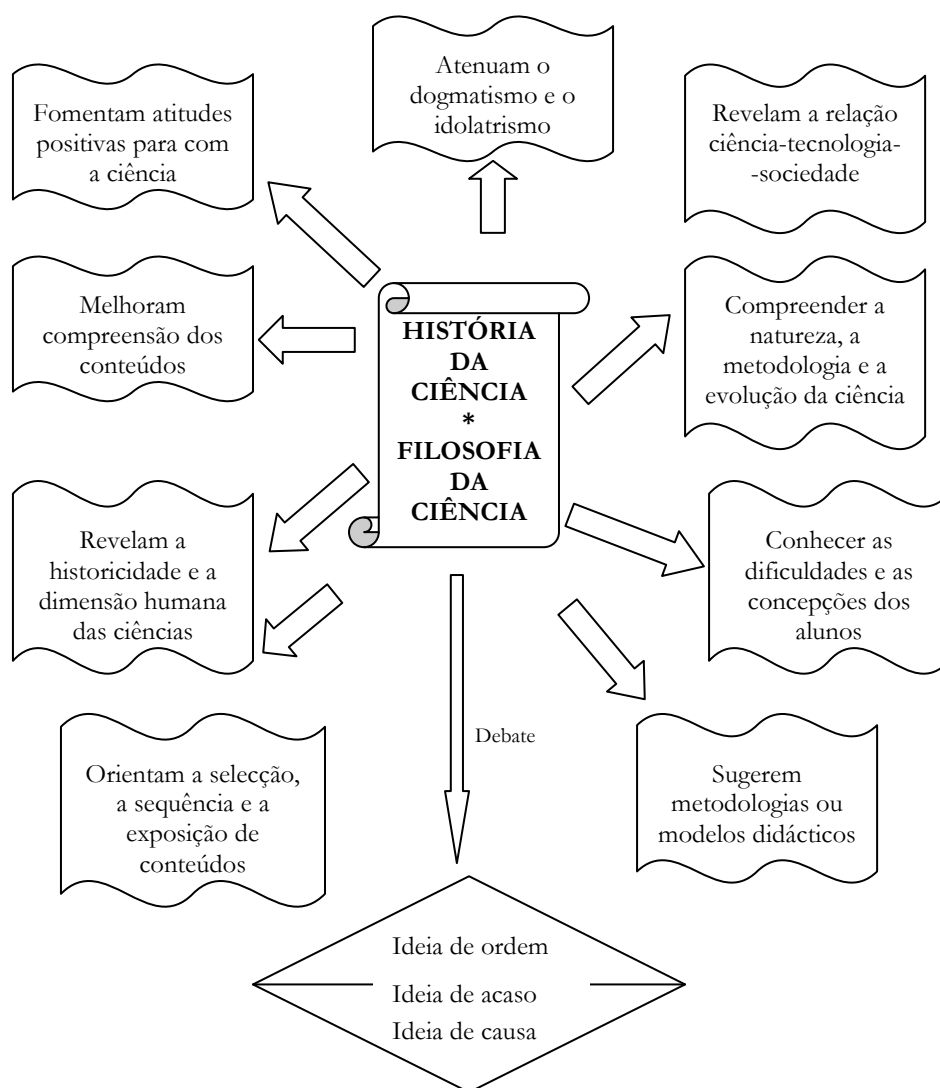


Figura 3. Principais contributos para o ensino das ciências da história e filosofia da ciência.

Numa outra concepção, os autores (e.g., Hallan, 1983/1985; Amador, 2004) constroem uma perspectiva didáctica, com ponto de partida em alguns dados históricos relevantes para a história da ciência (e.g., experiências realizadas por outros cientistas; discussões polémicas sobre conceitos ou teorias-chave; textos de conhecimento substantivo, entre outros aspectos). Do meu ponto de vista, é a partir desta concepção, que considera as problemáticas e pensa sobre os processos, que se poderão obter os efeitos eficazes e desejáveis no ensino da ciência. Na prática, é uma epistemologia histórica, que surge em *continuum* com o *core* dos conteúdos, em vez de uma simples «história de nomes, datas e factos»⁶.

O estudo histórico da actividade científica, realizado por epistemólogos, tem revelado que os cientistas se comportam de forma diferente do que se supõe que deveriam fazer. Em alguns dos trabalhos, os cientistas nem sempre seguem a metodologia científica⁷ (Formosinho, 1988). Para além disso, a emergência de

⁶ Da Costa (1986) considerou que a história da ciência não pode ser uma «simples enumeração do passado». Para o autor é, necessariamente, «interpretação e juízo» (p. 17), falhando redondamente se não o for.

⁷ Algumas das descobertas e invenções por acaso, pese embora preferamos designá-las de «descobertas colaterais», são sinal das proezas que surgem quando se trabalha em ciência. Os erros cometidos abrem as portas da descoberta se forem considerados como tal. Eis alguns exemplos de «descobertas

algumas ideias científicas não se adaptam a nenhum dos modelos de ciência que alguns epistemólogos construíram (e.g., Kuhn, 1971; Laudan, 1978; Lakatos, 1983). Por outro lado, as ciências sociais e a comunicação revelaram algo de surpreendente. Há, de facto, influência dos factores sociais e culturais (Merton, 1970/1980; Rutherford e Andrewahlguen, 1993; Bunge, 2000) na produção do conhecimento científico. Izquierdo (2000) considera que, modernamente, se passou de uma definição de ciência como «um conjunto organizado e validado de conhecimentos que explicam como é o mundo em que vivemos» para um ciência como «um tipo de actividade humana e, por isso, complexa e difícil de descrever» (p. 39). Para Newton-Smith (1987) e Chalmers (1990/1992) faz mais sentido falar, actualmente, de «racionalidade moderada» ou de «racionalidade contextual», do que usar as anteriores propostas de «racionalidade forte», para caracterizar e explicar o progresso da ciência⁸. Esta nova concepção destaca o aspecto tentativo, construtivo e, principalmente, humano⁹ das ciências e do pensamento científico¹⁰.

A obra de Émile Durkheim e de Karl Mannheim acerca da determinação social das crenças é paradigmática, considerando a ciência contemporânea como digno objecto de análise sociológica. Na prática, uma actividade que se institucionalizou, quer dizer que se constituiu como uma entidade social com existência autónoma, à margem dos indivíduos concretos que poderiam identificar-se como seus «fundadores» e, ao mesmo tempo, algo que é relativamente independente dos seus membros actuais. As consequências desta socialização da ciência são, segundo Zamora (2005), os seguintes:

- Os conhecimentos produzidos pela ciência e tecnologia modernas não devem considerar-se tanto como o fruto de génios isolados, mas antes como o resultado da cooperação regulamentada de muitos indivíduos, frequentemente desconhecidos entre si;
- A ciência funciona de acordo com normas de geral aceitação entre os seus membros¹¹.
- O carácter autónomo da instituição faz com que as relações entre a ciência e o resto da sociedade se estabelecem através de mecanismos e processos distintos daqueles que seriam se o conhecimento fosse produzido por indivíduos ou grupos isolados.

Por outro lado, existe uma conceptualização económica da ciência que considera a descrição das funções da utilidade que se atribui aos agentes, e a especificação do processo que conduz os comportamentos dos agentes a um estado de equilíbrio.

colaterais»: (a) Arno Penzias e Robert Wilson, em 1965, e os dados para a teoria do *Big Bang*; (b) Alexander Fleming, em 1928, e a penicilina; (c) Albert Hofmann, em 1938, e a molécula de LSD; entre outros.

⁸ Rodrigues (1994) defende que foi necessário Teillard de Chardin para que a ciência admitisse que a vida não é excepção mas a regra, e que, modernamente, «é preciso reconhecer que, na vida, a descoberta dos afectos e o sentimento são a regra, não a excepção. A excepção é a racionalidade» (p. 16).

⁹ O estudo da história epistemológica revela-se interessante. Félix Le Dantec (1922), por exemplo, defendeu a «impersonalidade da ciência» (p. 13).

¹⁰ Se distinguirmos entre um construtivismo irracional e racional, de acordo com Chalmers (1984/1994), autores como Kuhn e Feyerabend incluem-se no primeiro grupo, enquanto Lakatos, Laudan, Popper (construtivismo racional forte), Guire e Toulmin (construtivismo racional moderado) se enquadram no último.

¹¹ Um dos aspectos curiosos, do meu ponto de vista, é a consideração da existência de fraude no mundo académico, como é o caso noticiado pelo *The New York Times* (citado em *Diário de Notícias*, 2000, Fevereiro), de um cientista sul-africano que falseou os dados numa investigação sobre o cancro da mama na mulher. Aliás, bem recentemente o Governo chinês anunciou que iria punir seriamente todos aqueles investigadores chineses que cometessem fraude durante as suas investigações, modificando ou alterando os resultados em favorecimento da concordância daquilo que desejavam vir a obter.

Zamora (2005) estabeleceu uma analogia entre «o sistema de mercado livre», tal como o concebe a teoria económica standard, e o «sistema científico» (Figura 4).

No âmbito da sociologia «radical» do conhecimento científico, poderíamos considerar, ainda, uma antropologia forte da ciência. Todas estas relações são importantes para revelar a natureza actual da ciência, muito distinta daquela de períodos anteriores (e.g., mundo moderno, século das luzes, século XIX), para no mundo adiantarmos mais um pouco às eternas perguntas que assolam o espírito do ser humano¹².

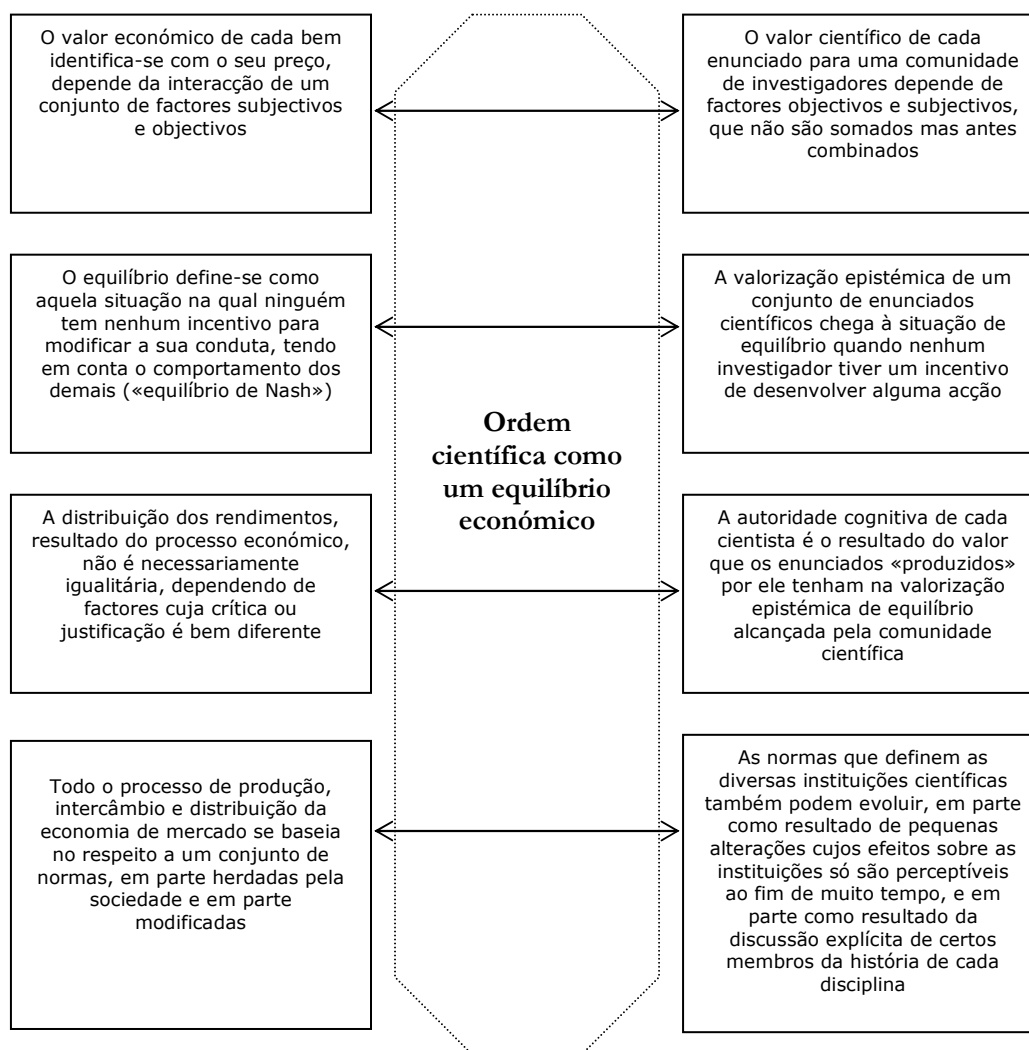


Figura 4. Analogia entre os aspectos de um «sistema de mercado livre» e um «sistema científico» (baseado em Zamora, 2005).

Retomando o carácter «humano» da construção científica, a reflexão da filosofia da ciência tem dado pouco destaque a esta complexa relação entre cognitivo e o não-cognitivo. Polanyi (1962), por exemplo, incluiu as paixões intelectuais na componente tácita da ciência. O autor considerou que as paixões constituem um factor de desenvolvimento da ciência, uma vez que se reproduzem e perpetuam na sua satisfação. Para Polanyi (1962), «a descoberta elimina o problema de que partiu, mas deixa para trás de si conhecimento que gratifica uma paixão semelhante à que sustentou a ambição da descoberta» (p. 173). De acordo com Santos (1995), é necessário «reconhecer, sob pena de cair na armadilha idealista,

¹² Quem somos? De onde vimos? Onde estamos? Para onde vamos?

que a inter-subjectividade e a tolerância variam não só com as condições teóricas do conhecimento científico, (...) mas também com as condições sociais, políticas e ideológicas da produção institucionalizada da ciência» (p. 134). Boaventura Santos defende, ainda, que uma comunidade científica regida pela dupla ruptura epistemológica¹³ será maximamente inter-subjectiva e tolerante¹⁴.

Existe um conjunto de materiais, requerendo sempre imprescindível adaptação didáctica, que é comumente usado nesta «epistemologia histórica» (Figura 5).

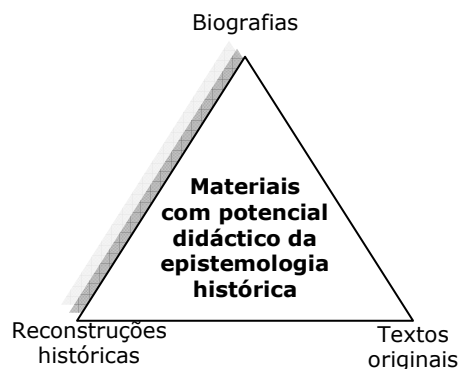


Figura 5. Materiais com potencial didáctico da epistemologia histórica.

Existe a ideia de que a ciência afasta os cientistas do sagrado, rejeitando a fé como uma ilusão, e baptizando os espíritos crentes de ilogismo ou de infantilismo. Leprince-Ringuet (1996/1998) considerou que «o cientista puro que despreza toda a crença e o crente puro que despreza a ciência são um e outro indivíduos incompletos» (p. 46). Do meu ponto de vista, e no enquadramento deste trabalho, entendo que a ciência e a fé não podem estar em contradição, pelo simples facto de a trajetória de cada uma ser diferente. Por um lado, a ciência inscreve-se num quadro espaço-temporal, o que implica um conhecimento intelectual. Por outro, a fé pressupõe que é verdadeiro apenas o que sai da palavra divina e, portanto, os níveis de percepção não são comparáveis. Mas este aspecto levanta uma outra questão, que do meu ponto de vista deve ser considerada. Frequentemente o trabalho do cientista é apresentado um sistema fechado, sem relações, ou pelo menos admitindo a sua influência, com o meio envolvente¹⁵. Sabemos, todavia, que essa é uma falsa ideia. Qualquer pessoa está em relação com o exterior. É influenciado por ideias sociais, políticas, económicas, e religiosas. O seu pensamento e o seu trabalho localizam-se num determinado momento histórico e isso é uma inevitabilidade, ou seja, o cientista «sistema aberto» estabelece necessariamente *inputs* e *outputs* com o meio exterior. E é dessa inevitabilidade que, do meu ponto de vista, a integração da história da ciência no ensino da ciência deve partir. Conceber, não unicamente, uma compreensão do que se fez, mas

¹³ Segundo Santos (1995), uma vez realizada a ruptura epistemológica, o acto epistemologicamente mais importante é a ruptura com a ruptura epistemológica, ou seja, no seu ponto de vista deixa de ter sentido «criar um conhecimento novo e autónomo em confronto com o senso comum (primeira ruptura) se esse conhecimento não se destinar a transformar o senso comum e a transformar-se nele (segunda ruptura)» (p. 168). Daí que o autor (1993) tenha considerado que todo o conhecimento (a) científico-natural é científico-social; (b) é local e total; (c) é auto-conhecimento; e (d) quando científico visa constituir-se em senso comum.

¹⁴ Boaventura Santos (1995) considerou que o epistemólogo é um sociólogo ao contrário, referindo-se à ideia de Bachelard de que o epistemólogo era um historiador ao contrário.

¹⁵ Ideia esta que persiste nos tempos modernos, como a do cientista entregue unicamente ao seu laboratório, amiúde designado de «cientista louco». Jerome Bruner (1977/1996) escreveu que «à medida que idealizámos o pensador, fizemo-lo na forma de celebração do mago enigmático, à Einstein, que era provavelmente incompreensível mas brilhante, ou então recompensado as realizações práticas que se seguiram ao pensamento. Thomas Edison foi a nossa concepção de cientista como engenheiro. O escritor, o poeta, o teórico e o sábio não são figuras populares (...) mas estimulam lendas» (p. 80).

também acerca das razões porque se fez¹⁶. E disso é um excelente exemplo a obra de Mário Monteiro Pereira (s.d.), dedicada ao estudo da história da medicina contemporânea.

Da minha experiência como supervisor em estágios, e de pesquisa de literatura da especialidade, considero que a constatação de Sequeira e Leite (1988), se mantém ainda, infelizmente, bem actual, ou seja, que há necessidade urgente de um conjunto de materiais sobre a história dos vários temas programáticos, de boa qualidade científica e didacticamente adequados aos alunos a que se destinam.

O ensino das ciências, de acordo com Izquierdo (2000), contribui para estabelecer os aspectos normativos teóricos e práticos que são partilhados pelos membros da comunidade científica, e a partir dos quais eles trabalham e inovam. A educação científica é, assim, encarada como a preparação para se exercer, ou para compreender, a actividade científica («alfabetização» ou literacia científica)¹⁷. Não menos complexa que a ciência, porque dela parte, é o ensino das ciências. Em consequência, o ensino das ciências deve ter o objectivo, o método e o campo de aplicação adequados ao contexto escolar, assegurando a ligação com os valores do aluno e com os objectivos da escola. Por outro lado, a ciência constitui uma forma de cultura de toda a população requerendo, por isso, novas estratégias de ensino e um projecto curricular adequado¹⁸. Há necessidade, nesta ordem de ideias, de um conhecimento que se possa aplicar¹⁹. Guidoni (1985) e Perkins (1986) designaram

¹⁶ Apresento alguns exemplos de relações descuradas e/ou desconhecidas no ensino das ciências, que condicionaram aquilo que os cientistas foram, acreditaram e fizeram: (a) A relação de trabalho entre A. Einstein e a sua esposa (Marilyn Milera) foi muito intensa, de tal forma que algumas biografias não a consideram (e.g., Pais, 1992). Milera chegou a preparar algumas aulas de Física Teórica do seu esposo para Universidade de Zurich. Hans Albert, o filho do casal, afirmou que os pais costumavam trabalhar juntos. Einstein gradualmente tornou-se muito insensato para com a esposa, acabando por separar-se dela, a quem deu todo o valor numérico do Prémio Nobel. Marilyn Milera ficou desapontada com o lado humano de Einstein. Defende que ela era uma pérola e ele uma concha. Tendo-se formado a pérola já não necessitava mais da concha (Vanderburg, 2005); (b) A personalidade de Darwin que aceitou apresentar a teoria à Sociedade Lineana como trabalho simultâneo dele e de Alfred Russel Wallace, revela, do meu ponto de vista, o seu coração aberto aos sofrimentos dos homens, bem como a abertura de espírito aos problemas da ascendência deles (Gribbin, 2002/2005). A leitura do seu Diário revela o pensamento e o sentimento deste cientista (Thomas e Thomas, s.d.); (c) Os historiadores modernos tendem a menosprezar o poder e a influência do oculto. O ocultismo sobreviveu, e sobrevive, tornando-se a força que maior influência exerceu na Renascença. Segundo Picknett e Prince (1997/2004), «o ocultismo não foi apenas um sintoma da nova abertura às ideias, mas foi, de facto, a causa» (p. 143). Dame Francis Yates, citado em Picknett e Prince (1997/2004), demonstrou o verdadeiro papel do ocultismo no surgimento da Renascença, que se expandiu de Itália para o resto da Europa, culminando numa grande campanha europeia com Giordano Bruno (1548-1600). De acordo com os autores, a Maçonaria na sua origem, era uma organização secreta, explicitamente interessada na transmissão do conhecimento sagrado, muito daquilo que hoje chamamos ciência, intimamente ligada à *Royal Society* de Inglaterra. A vida de Leonardo da Vinci é bem curiosa destas relações entre as crenças e o intelecto. Como escreveu White (1999/2003), «mesmo a sua arte estava imbuída do seu entendimento da ciência» (pp. 11-12). White (1999/2003) argumenta que Leonardo pode ser considerado o primeiro cientista.

¹⁷ A educação científica é, modernamente, vista como uma componente central das políticas educacionais. Hazene e Trefil (1991/1992) defenderam três tipos de argumentos da importância da cultura científica: (a) o argumento dos cívicos; (b) o argumento dos estéticos; (c) o argumento dos intelectuais. De acordo com os autores, o início de uma solução em relação à cultura científica começa com uma simples declaração: «se esperas que alguém saiba alguma coisa, tens de lha contar» (p. 17). Consideram, na continuação, que existe uma falha de conexão entre os tipos de conhecimento para cujo ensino as instituições educacionais estão equipadas e o tipo de conhecimento de que o cidadão necessita, uma vez que as universidades (e, por extensão as escolas de ensino não superior) estão estruturadas para ensinar uma ciência de cada vez.

¹⁸ Para Junge (1980), aquilo que mais distingue a cultura actual das anteriores é o facto dela a ciência fazer parte integrante.

¹⁹ No discurso inaugural da Secção de Ciências Naturais, proferido no Quarto Congresso da Associação Portuguesa para o Progresso das Ciências, Eusébio Tamagnini (1943) afirmou que as «ciências de observação estão condenadas a ser exclusivamente estudadas através da leitura dos livros didácticos – e que livros – *epístolas* – *videotecas*, *resumos*, *silanos*, *memoriais*, eu sei lá que mais não seja, que praticamente, substituem os compêndios oficiais, no esforço ingente e sobre-humano, de mnemonizar milhares de factos desconexos e, muitas vezes, despidos de qualquer significado consciente, com vista à *passagem num exame*, a que falta tanto o valor pedagógico como o selectivo. (...) Os candidatos aos

de activo este tipo de conhecimento, requerendo quatro elementos fundamentais (Figura 6), que produzem implicações no que se deveria fazer na aula (Izquierdo, 2000).

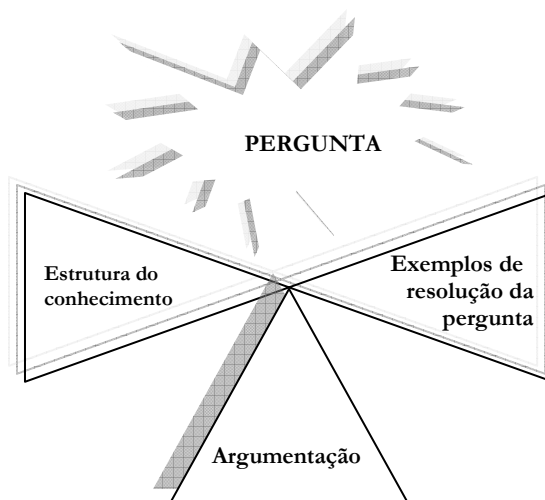


Figura 6. Componentes de um conhecimento activo (baseado em Guidoni, 1985 e Perkins, 1986).

Teríamos assim uma aula:

- Geradora de perguntas
Está veiculada às ideias dos alunos e à sua própria visão do mundo.
- Estruturadora de conhecimento
Ensina a pensar sobre o mundo através de modelos, para gerar conceitos científicos e teorias.
- Transformadora do mundo
Estabelece ligação entre as aplicações do conhecimento estruturado e o mundo.
- Argumentativa
Usa a linguagem para representar o mundo explicável e inteligível.

Sendo a ciência actual entendida como construção justificada, o seu ensino será, consequentemente, também construtivo. Este adjectivo «construtivista» é modernamente aplicado a um modelo de aprendizagem defendido pela maioria dos investigadores e educadores, permeando os significados que deveria efectivamente produzir. Mas, recentemente, Osborne (1996) iniciou um debate acerca deste modelo, que permanece ainda aceso. Na verdade, o ensino da ciência depende directamente do contexto da actividade científica, muito embora procure, também, desenvolver o pensamento crítico, uma perspectiva ética e estética, entre outros aspectos. O que se pretende com o ensino das ciências é, em síntese, que o processo de ensinar e de aprender ciência conduza ao desenvolvimento pessoal das técnicas de construção de conhecimento dinâmico, ou seja, de acordo com

estudos superiores chegam assim, sob o ponto de vista da cultura e educação biológicas, às universidades, mal orientados e absolutamente falhos de método e de conhecimentos reais» (pp. 139-140). O Dr. Eusébio Tamagnini fez, ainda, um interessante ponto da situação e das condições em que trabalhavam os professores e os investigadores universitários à data. Conclui dizendo que «o bem da Nação exige *política de verdade*. (...) Que tal palavra de ordem se cumpra é o meu maior desejo» (p. 144). Cerca de cinquenta anos depois, Gago (1990) considerou, num ensaio, que «dá-se a estudantes que se tornarão cientistas um currículo a seguir que raramente os estimula a concentrarem-se em problemas abertos, em mistérios a resolver» (p. 105).

Izquierdo (2000), «que possa transformar também o mundo dos alunos tornando-os capazes de intervir no mundo e de tomar decisões» (p. 45).

Valadares e Graça (1998) sintetizaram, numa perspectiva epistemológica, o construtivismo:

(a) Opõe-se ao *realismo ingénuo* que considera a existência de uma realidade exterior absolutamente cognoscível e que orgulhosamente defende que o conhecimento há-de proporcionar uma visão autêntica, uma cópia absolutamente fiel dessa realidade;

(b) Nega o *idealismo racionalista* que assume serem as nossas ideias as únicas realidades, não havendo qualquer outra realidade exterior a elas;

(c) Opõe-se ao *positivismo* que garante nada existir para além dos dados perceptivos, que esses dados traduzem a única e verdadeira realidade;

(d) Considera que o conhecimento é pessoal e socialmente construído sem a pretensão de atingir a verdade indiscutível acerca do mundo;

(e) Entende que a actividade científica não descobre verdades preexistentes; trata-se, sim, de uma «negociação» de significados entre os membros da comunidade científica envolvendo aspectos sociológicos importantes, e conduzindo a uma construção amplamente consensual, ainda que imperfeita e sempre inacabada;

(f) Considera o conhecimento de cada ser humano uma construção pessoal e idiossincrásica de significados acerca do mundo, os quais vão evoluindo de acordo com a experiência de vida;

(g) Vê o conhecimento como uma estrutura maleável de conceitos e relações entre conceitos, estrutura essa que vai evoluindo;

(h) Sustenta a ideia (piagetiana) de uma certa correspondência entre o modo como o ser humano constrói as suas próprias representações acerca do mundo e o modo como o conhecimento do universo evolui. (p. 18)

À imagem do carácter dinâmico da ciência, onde os modelos elaborados a partir de valores dependem de todas as variáveis que influenciam as actividades do ser humano, também a educação científica se suporta em valores partilhados por professores e por alunos, talvez o contributo mais importante para a praxis científica²⁰. De acordo com Sanmartí e Izquierdo (1997), a ciência ensinada na escola deveria ser orientada para formar alunos para uma sociedade cuja existência é desejável, embora ainda não exista. Esta ideia, contudo, levanta um conjunto de variados problemas, de imediato na própria definição do desejável futuro, que é visto de distintas perspectivas pelos vários agentes educativos. Talvez se possa partir de metas mais gerais, que geram consenso, como seja uma educação científica fundamentada no pensamento crítico, que considere e procure compreender, no mínimo, os processos de resolução dos problemas da sociedade actual²¹.

Esta ciência tem de ser, parafraseando Maxwell (1986), uma ciência «sábida»²², orientando-se para aquilo que realmente tem valor na vida humana que é, do meu ponto de vista, assegurar melhor qualidade de vida a todos os actuais seres humanos, protegendo as gerações vindouras, e à comunidade biótica envolvente.

²⁰ Price (1964) considerou que a «ciência da ciência é um assunto de segunda-ordem de primeira-ordem de importância» (p. 195).

²¹ Refiro-me a graves problemas relacionados com (a) o ambiente; (b) com a ruptura de cadeias tróficas e a diminuição da biodiversidade; (c) com a carência emergente de alternativas às energias fósseis, e (d) com a qualidade e gestão racional da água potável, para dar alguns exemplos mais emergentes.

²² Para Jorge (1996) é a aspiração de uma ciência «romântica» que contempla o sentimento e une toda a cultura nas mesmas significações (sobretudo porque estaria a abandonar o mecanicismo) seja, apesar de tão atraente, ilusória» (p. 86). A autora admite que um mecanicismo mais subtil e complexo e, portanto, modificado, continuará a ser o trilho real da atitude científica perante o mundo, onde as abordagens científicas como aproximações esquemáticas do real são incapazes de verem «pessoas».

Somos animais sociais²³. Vivemos em grupos, em sociedade e em culturas, e são essas componentes que desempenham grande importância nas nossas vidas: o bem-estar em família e o bem-estar na sociedade²⁴ de todos os cidadãos do mundo. *Sol lucet omnibus*. Ora isto implica que se passe de um problema científico para um problema social, de uma preocupação individualista para uma social, do isolamento à colaboração, do pensamento à praxis e do conhecimento cumulativo à compreensão. E, também, que no ensino das ciências atitudes como a formulação de problemas verosímeis, ou reais, com relevo social, a procura de informação sejam prática rotineira e não de carácter excepcional.

A razão de existência da educação está inexoravelmente associada à socialização metódica das novas gerações (Durkheim, 1976):

A educação é a acção exercida pelas gerações adultas sobre aquelas que não se encontram todavia preparadas para a vida social; tem por objecto suscitar e desenvolver na criança um certo número de estádios físicos, intelectuais e morais, reclamados por uma sociedade política em seu conjunto e pelo meio especial a que cada criança, particularmente, se destine. (p. 53)

Victor García Hoz (1977) escreveu que «se educação é algo que está no homem como no seu sujeito de inêsão [sic], o fim da educação há-de estar ligado ao fim do homem» (pp. 90-91). Enquanto instrumento de aculturação e de transmissão cultural, a educação não é uma prática privada, tendo uma importante dimensão social, que é decisiva. Uma das modalidades mais efectivas de controlo social é a educação num sistema escolar. Horton (1973, citado em Román e Díez, 1994) defendeu que «unicamente se pode obter uma sociedade ordenada se se educa a maioria das pessoas do modo que se deseje fazer o que socialmente é necessário que se faça» (p. 29). Do meu ponto de vista, a educação corresponde, numa visão a partir de um determinado paradigma, a uma certa transmissão-criação da cultura social, realizada através da comunicação crítica de valores de geração a outra e de pautas de comportamento que constituem o suporte vital de uma sociedade.

O novo tipo ciência, que é também cultural (Toharia, 2004), não se fecha sobre si mesmo, como se fosse o mais importante no mundo (e, portanto, da vida). Abre-se, antes, a uma cooperação para um fim comum entre outras áreas: a educação do ser humano e a sua felicidade²⁵. Conceber uma escola onde a educação científica é encarada como uma actividade científica não é tarefa fácil. Também jamais se disse, em lugar algum, que ser professor é algo singelo.

Referências bibliográficas

- ABIMBOLA, I. (1983) – The Relevance of «New» Philosophy of Science for Science Curriculum, *School Science and Mathematics*, 83, 181-193.
- AMADOR, F. (1999a) – Algumas Perspectivas sobre a Utilização da História da Geologia (Mapas geológicos) no âmbito da Didáctica, in V. M. Trindade (coord.), *Metodologias do Ensino das Ciências. Investigação e Prática dos Professores*, Évora, Universidade de Évora, pp. 263-275.
- AMADOR, F. (1999b) – Análise da Evolução Histórica de Algumas das Explicações Propostas desde a Antiguidade Clássica para a Origem do Rio Nilo. Contributo da História da Geologia para a Planificação Didáctica, *Geonovas*, 13, 45-54.

²³ Aristóteles (citado em F. Neto, 1998) terá escrito que o «homem é por natureza um animal social; um indivíduo que é associal naturalmente e não de modo accidental, ou está abaixo da nossa consideração ou é mais que um ser humano... A sociedade é algo por natureza que precede o indivíduo. Alguém que não possa ter a vida comum ou que seja tão auto-suficiente que não necessite de tal, e por isso não participe na sociedade, ou é uma besta ou um deus» (p. 29).

²⁴ Horácio escreveu, nas suas *Sátiras*, «vive valeque» (2, 5, 110).

²⁵ Segundo Victor García Hoz (1977), «o que é o objecto da aspiração dum homem, o que este considera que há-de encher todos os vazios do seu ser, que há-de suprir as suas deficiências, não é outra coisa senão a felicidade; donde resulta que a felicidade é o fim da educação» (p. 97). Betinho (citado em Rios, 2001), introduziu a expressão «felicidadania» para significar aquilo que se coloca no horizonte como resultado de uma prática profissional competente.

- AMADOR, M. F. (2004) – Los ‘Volcanes’ de Nicholas Lémery (1645-1715), *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 12, 253-259.
- AMADOR, F. e CONTENÇAS, P. (2001) – *História da Biologia e da Geologia*, Lisboa, Universidade Aberta.
- BERNAL, J. (1969) – *Science in History*, Herts, Pelican Books.
- BIZZO, N. M. (1993) – Historia de la Ciencia y Enseñanza de la Ciencia: ¿Qué Paralelismos cabe Establecer?, *Comunicación, Lenguaje y Educación*, 18, 5-14.
- BRUNER, J. (1996) – *O Processo da Educação*, Lisboa, Edições 70. (Trabalho original em inglês publicado em 1977)
- BRUSH, S. G. (1989) – History of Science and Science Education, in M. Shortland e A. Warwick (eds.), *Teaching the History of Science*, New York, B. Blackwell.
- BUNGE, M. (2000) – *La Relación entre la Sociología e la Filosofía*, Madrid, Edad.
- CACHAPUZ, A. (1992) – *Filosofia da Ciência e Ensino da Química: Repensar o Papel do Trabalho Experimental*, Comunicação apresentada no Congresso de Didáticas Específicas em la Formación del Profesorado, Santiago de Compostela.
- CALATAYUD, M. L., CARBONELL, F., CARRASCOSA, J., FURIÓ, C., GIL, D., GRIMA, J., HERNÁNDEZ, J., LLOPIS, R., MARTÍNEZ-TORREGROSA, J., PAYÁ, J., RIBÓ, J., SATOCA, J., SOLBES, J., SOLER, J. E VILCHES, A. (1986) – *Iniciación a las Ciencias Físico-Químicas en la Enseñanza Media*, Valencia, Universidad de Valencia.
- CHALMERS, A. F. (1992) – *La Ciencia y Cómo se Elabora*, Madrid, Siglo XXI de España Editores. (Trabalho original em inglês publicado em 1990)
- CHALMERS, A. F. (1994) – ¿Qué es Esa Cosa Llamada Ciencia?, 3.ª ed., Madrid, Siglo XXI de España Editores. (Trabalho original em inglês publicado em 1984)
- COELHO, J. e PRAIA, J. (1999) – «A Origem da Vida»: a Epistemologia e a História como Fundamentadoras para a Acção Didáctica, in V. M. Trindade (coord.), *Metodologias do Ensino das Ciências. Investigação e Prática dos Professores*, Évora, Universidade de Évora, pp. 123-142.
- COSTA, A. (1983) – Do Uso da História da Química no seu Ensino, *Boletim da Sociedade Portuguesa de Química*, 15/16, 12-15.
- COSTA, A. A. (1986) – *Introdução à História e Filosofia das Ciências*, Mem Martins, Publicações Europa-América.
- COSTA, I., ALMEIDA, L. e SANTOS, M. S. – History of Physics in Teacher Education, *Enseñanza de las Ciencias*, número extra, 93-95.
- DIÁRIO DE NOTÍCIAS (2000, 8 de Fevereiro) – Fraude. Cientista Forjou dados sobre Tratamento do Cancro da Mama, *Diário de Notícias*, p. 26, 47803 (136).
- DURKHEIM, E. (1976) – *Educación como Socialización*, Salamanca, Ediciones Sígueme.
- DUSCHL, R. (1997) – *Renovar la Enseñanza de las Ciencias*, Madrid, Narcea. (Trabalho original em inglês publicado em 1990)
- ECHEVARRIA, J. (1995) – *Filosofía de la Ciencia*, Madrid, Akal.
- FERNÁNDEZ, M. (2000) – Fundamentos Históricos, in F. J. Perales e P. Cañal (dir.), *Didáctica de las Ciencias Experimentales*, Alcoy, Editorial Marfil, pp. 65-83.
- FIALHO, I., BONITO, J. e CID, M. (1998) – *Planeta Azul 7*, Lisboa, Texto Editora.
- FORMOSINHO, S. J. (1988) – *Nos Bastidores da Ciência. Resistência dos Cientistas à Inovação Científica*, Lisboa, Gradiva Publicações.
- GAGO, J. M. (1990) – *Manifesto para a Ciência em Portugal*, Lisboa, Gradiva Publicações.
- GALVÃO, C., NEVES, A., FREIRE, A. M., LOPES, A. M. S., SANTOS, M. C, VILELA, M. C., OLIVEIRA, M. T. e PEREIRA, M. (2002) – *Ciências Físicas e Naturais - Orientações Curriculares – 3.º Ciclo*, Lisboa, Departamento da Educação Básica do Ministério da Educação.
- GARCÍA, V. (1977) – *Questões Fundamentais da Educação*, Porto, Livraria Civilização. (Trabalho original em castelhano)
- GARCÍA, C. M. (1998) – De los Obstáculos Epistemológicos a los Conceptos Estructurantes: Una Aproximación a la Enseñanza-Aprendizaje de la Geología, *Enseñanza de las Ciencias*, 16, 323-330.
- GARCÍA, C. M. (2004) – La «Teoría de la Tierra» (1785, 1788) de James Hutton: Visión cíclica de un mundo cambiante, *Enseñanza de las Ciencias*, 12, 126-132.
- GARCÍA, C. M. e LÓPEZ, M. (2004) – La «Teoría de la Tierra» (1788) de James Hutton: Una Propuesta Didáctica, *Enseñanza de las Ciencias*, 12, 142-148.
- GIORDAN, A. e VECCHI, G. (1988) – *Los Orígenes del Saber. De las Concepciones Personales a los Conceptos Científicos*, Sevilla, Díada Editoras.
- GONÇALVES, P. (2004) – James Hutton: Taxonomía, Interpretación de Cuerpos Geológicos y Enseñanza de la Ciencia del Sistema Tierra, *Enseñanza de las Ciencias*, 12, 133-141.
- GOULD, S. J. (1996) – *Os Oito Porquinhos*, Mem Martins, Publicações Europa-América. (Trabalho original em inglês publicado em 1993)
- GRIBBIN, J. (2005) – *Historia de la Ciencia*, Barcelona, Crítica. (Trabalho original em inglês publicado em 2002)
- GUIDONI, P. (1985) – On Natural Thinking, *European Journal of Science Education*, 7, 133-140.
- HALLAN, A. (1985) – *Grandes Controversias Geológicas*, Barcelona, Editorial Labor. (Trabalho original em inglês publicado em 1983)
- HAZENE, R. M. e TREFIL, J. (1992) – *A Grande Aventura da Ciência*, Mem Martins, Publicações Europa-América. (Trabalho original em inglês publicado em 1991).
- HODSON, D. (1986) – Philosophy of Science and Science Education, *Journal of Philosophy of Education*, 20, 5-21.
- IZQUIERDO, M. (1996) – Relación entre la Historia y la Filosofía de la Ciencia y la Enseñanza de las Ciencias, *Alambique*, 8, 7-21.

- IZQUIERDO, M. (2000) – Fundamentos Epistemológicos, in F. J. Perales e P. Cañal (dir.), *Didáctica de las Ciencias Experimentales*, Alcoy, Editorial Marfil, pp. 35-64.
- JARA, S. (1997) – Experimentos Históricos y Esquemas Alternativos, *Enseñanza de las Ciencias, número extra*, 405-406.
- JORGE, M. M. A. (1996) – As Ciências e os Outros «Territórios»: Fronteiras e Passaportes, *Brotéria*, 142, 57-89
- KUHN, T. S. (1971) – *La Estructura de las Revoluciones Científicas*, México, Facultad de Ciencias de la Educación.
- LAKATOS, I. (1983) – *La Metodología de los Programas de Investigación Científica*, Madrid, Alianza Editorial.
- LAUDAN, L. (1978) – *Progress and its Problems. Toward a Theory of Scientific Growth*, San Francisco, University of California Press.
- LE DANTEC, F. (1922) – *De l'Homme à la Science*, Paris, Ernest Flammarion Éditeur.
- LENOBLE, R. (1990) – *História da Ideia de Natureza*, Lisboa, Edições 70. (Trabalho original em francês publicado em 1969)
- LEPRINCE-RINGUET, L. (1998) – *Fé de Físico*, Coimbra, Gráfica de Coimbra (Trabalho original em francês publicado em 1996)
- LIND, G. (1980) – Models in Physics: Some Pedagogical Reflexions based on the History of Science, *European Journal of Science Education*, 2, 15-23.
- MARCO, B. (1997) – Las Revoluciones Científicas y su Contribución a la Visión de la Ciencia en el Currículo, *Enseñanza de las Ciencias, número extra*, 409-410.
- MATTHEWS, M. (1994a) – *Science Teaching: The Role of History and Philosophy of Science*, New York, Routledge.
- MATTHEWS, M. (1994b) – Historia, Filosofía e Enseñanza de las Ciencias: La Aproximación Actual, *Enseñanza de las Ciencias* 12, 255-277.
- MAXWELL, N. (1986) – *From Knowledge to Wisdom*, Oxford, Blackwell.
- MCINTYRE, D. B. (2004) – El Edimburgo de James Hutton (1726-1797), *Enseñanza de las Ciencias*, 12, 117-125.
- MELLADO V. e CARRACEDO, D. (1992) – Aproximación a la Didáctica de las Ciencias desde la Filosofía de la Ciencia, Comunicação apresentada no *Congreso Las Didácticas Específicas en la Formación del Profesorado*, Santiago de Compostela.
- MELLADO, V. e CARRACEDO, D. (1993) – Contribuciones de la Filosofía de las Ciencia a la Didáctica de las Ciencias, *Enseñanza de las Ciencias*, 11, 331-339.
- MEMBIELA, P. (2001) – Utilización de las Ideas Previas de los Estudiantes sobre Termalismo en el Diseño de Actividades de Aula, *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 9, 45-48.
- MERTON, R. K. (1980) – Los Imperativos Institucionales de la Ciencia, in B. Barnes, T. Kuhn e R. Merton (orgs.), *Estudios sobre Sociología de la Ciencia*, Madrid, Alianza Editorial, pp. 64-77. (Trabalho original em inglês publicado em 1972)
- NETO, F. (1998) – *Psicologia Social*, Lisboa, Universidade Aberta.
- NEWTON-SMITH, W. H. (1987) – *La Racionalidad de la Ciencia*, Barcelona, Paidós Editora.
- NIELSEN, H. e THOMSEN, P. (1990) – History and Philosophy of Science in Physics Education, *International Journal of Science Education*, 12, 308-316.
- OSBORNE, R. (1996) – Beyond Constructivism, *Science Education*, 80, 53-82.
- PAIS, A. (1992) – *A Vida e o Pensamento de Albert Einstein*, s.l., Círculo de Leitores. (Trabalho original em inglês)
- PEDRINACI, E. (1993a) – Concepciones Acerca del Origen de las Rocas: Una Perspectiva Histórica, *Investigación en la Escuela*, 19, 89-102.
- PEDRINACI, E. (1993b) – La Construcción Histórica del Concepto de Tiempo Geológico, *Enseñanza de las Ciencias*, 11, 315-323.
- PEDRINACI, E. (1994) – La Historia de la Geología como Herramienta Didáctica, *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 2 e 3, 332-339.
- PEDRINACI, E. (1999) – Algunas Aportaciones de la Epistemología y la Historia de la Ciencia a la Enseñanza de las Ciencias, in V. M. Trindade (coord.), *Metodologias do Ensino das Ciências. Investigação e Prática dos Professores*, Évora, Universidade de Évora, pp. 83-104.
- PEDRINACI, E. (2000) – La Enseñanza y el Aprendizaje del Conocimiento Geológico, in F. J. Perales e P. Cañal (dir.), *Didáctica de las Ciencias Experimentales*, Alcoy, Editorial Marfil, pp. 479-503.
- PEREIRA, M. M. (s.d.) – *História da Medicina Contemporânea*, Lisboa, Sociedade de Expansão Cultural.
- PÉREZ, L. (1996) – La Historia de la Ciencia como Hilo Conductor de una Unidad Didáctica. Un Ejemplo Concreto: La Respiración Humana, *Alambique*, 8, 71-79.
- PERKINS, D. N. (1986) – *Knowledge as Design*, Erlbaum, Hillsdale.
- PICKNETT, L. e PRINCE, C. (2004) – *O Segredo dos Templários*, Mem Martins, Publicações Europa-América. (Trabalho original em inglês publicado em 1997)
- POLANYI, M. (1962) – *Personal Knowledge*, Chicago, University of Chicago.
- PORRUA, J. e PÉREZ, M. (1992) – Epistemología y Enseñanza de las Ciencias: Implicaciones en la Formación del Profesorado, *Didácticas Específicas en la Formación del Profesorado*, Santiago de Compostela, pp. 419-424.
- PRAIA, J. e MARQUES, L. (1998a) – História da Ciência no Ensino da Geologia: Contributos para um Prática Inovadora, *Educare-Educere*, 1, 5-15.
- PRAIA, J. e MARQUES, L. (1998b) – História da Ciência no Ensino-Aprendizagem das Geociências, *Boletim da Associação Portuguesa de Geólogos*, 12, 3.
- PRICE, D. J. (1964) – The Science of Science, in M. Goldsmith e A. Mackay (eds.), *The Science of Science*, London, The Scientific Book Club, pp. 195-208.

- RIOS, T. A. (2001) – *Compreender e Ensinar*, São Paulo, Cortez Editora.
- RODRIGUES, F. C. (1994) – Um Novo Método de Contar a Verdade, Precisa-se, *Informação e Informática*, 13, 16-17.
- ROMÁN, M. e Díez, E. (1994) – *Currículum y Enseñanza. Una Didáctica Centrada en Procesos*. Madrid, Editorial EOS.
- RUTHERFORD, F. J. e ANDREW AHLGUEN, E. (1993) – *Ciências para Todos*, Lisboa, Gradiva Publicações.
- SÁNCHEZ, J. (1988) – Usos y Abusos de la Historia de la Física en la Enseñanza, *Enseñanza de las Ciencias*, 6, 179-188.
- SANMARTÍN, N. e IZQUIERDO, M. (1997) – Reflexiones Entorno a un Modelo de Ciencia Escolar, *Investigación en la Escuela*, 32, 51-62.
- SANTOS, B. S. (1993) – *Um Discurso sobre as Ciências*, 6.ª ed., Porto, Edições Afrontamento.
- SANTOS, B. S. (1995) – *Introdução a uma Ciência Pós-Moderna*, 4.ª ed., Porto, Edições Afrontamento.
- SCHLANGER, J. E. (1979) – Sobre o Problema Epistemológico do Novo, in M. M. Carrilho (org.), *História e Prática das Ciências*, Lisboa, Regra do Jogo Edições, pp. 185-217.
- SEQUEIRA, M. e LEITE, L. (1988) – A História da Ciência no Ensino-Aprendizagem das Ciências, *Revista Portuguesa de Educação*, 1, 29-40.
- SLONGO, I. I. P. (1996) – *Reprodução Humana: Abordagem Histórica na Formação de Professores*, dissertação de Mestrado inédita, Centro de Ciências da Educação da UFSC, São Paulo.
- TAMAGNINI, E. (1943) – Ciências Naturais. Discurso, in Associação Portuguesa para o Progresso (org.), *Quarto Congresso*, Porto, Imprensa Portuguesa, pp. 136-144.
- THÉODORIDÈS, J. (1984) – *História da Biologia*, Lisboa, Edições 70. (Trabalho original em francês publicado em 1965)
- THOMAS, H. e THOMAS, D. L. (s.d.) – *Vidas de Grandes Cientistas*, Lisboa, Livros do Brasil.
- TOHARIA, M. (2004) – La Ciencia también es Cultura, *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 12, 20-23.
- VALADARES, J. e GRAÇA, M. (1998) – *Avaliando para Melhorar a Aprendizagem*, Lisboa, Plátano Edições Técnicas.
- VANDEBURG, E. (prod.) (2005) – *Vidas. A Mulher de Einstein*, documentário exibido na RTP em 27 de Maio, Australian Film Development and Film Cooperation Australian.
- WANDERSEE, J. H. (1985) – Can the History of Science help Science Educators Anticipate Student's Misconceptions?, *Journal of Research in Science Teaching*, 23, 581-597.
- WHITE, M. (2003) – *Leonardo. O Primeiro Cientista*, Mem Martins, Publicações Europa-América. (Trabalho original em inglês publicado em 1999)
- ZAMORA, J. (2005) – *Cuestión de Protocolo. Ensayos de Metodología de la Ciencia*, Madrid, Editorial Tecnos.