

Ensino de ciências: realismo, antirrealismo e a construção do conceito de oxigênio

*Teaching science: realism,
anti-realism and the
construction of the concept
of oxygen*

Marcos Rodrigues da Silva

Professor-associado/Universidade Estadual de Londrina.
Rodovia Celso Garcia Cid PR 445 km 380
86057-970 – Londrina – PR – Brasil
mrs.marcos@uel.br

Recebido para publicação em janeiro de 2011.
Aprovado para publicação em abril de 2012.

SILVA, Marcos Rodrigues da. Ensino de ciências: realismo, antirrealismo e a construção do conceito de oxigênio. *História, Ciências, Saúde – Manguinhos*, Rio de Janeiro, v.20, n.2, abr.-jun. 2013, p.481-497.

Resumo

Pesquisas em ensino de ciências têm apontado a importância de uma discussão sobre a natureza da ciência. Um meio de se veicular uma concepção mais real da natureza da ciência seria os professores adotarem uma atitude filosófica sobre os conceitos que denotam entidades inobserváveis. No caso de conceitos já abandonados pelas teorias científicas – como o de flogisto – é comum apresentar que foram descartados porque nada representaram empiricamente. Porém, na época da utilização do conceito de flogisto, ele se inseria numa rede teórica que era explicativa e justificava a sua adoção. Este artigo defende a ideia de que a adoção de posições filosóficas perante conceitos científicos precisa ser respaldada pelo conhecimento acerca da história do conceito.

Palavras-chave: realismo/antirrealismo; ensino de ciências; Antoine Laurent de Lavoisier (1743-1794).

Abstract

Research on science education has indicated the importance of discussing the nature of science. One way to encourage a more realistic view of the nature of science would be for teachers to adopt a philosophical attitude with respect to unobservable concepts. Concepts already abandoned by scientific theory – such as phlogiston – are normally described as having been discarded because they did not represent empirical knowledge. However, at the time the concept of phlogiston was used, it was part of a theoretical framework that explained and justified it. This article defends the idea that the adoption of philosophical approaches to scientific concepts needs to be supplemented by knowledge of the history of the concept.

Keywords: realism/anti-realism; science education; Antoine Laurent de Lavoisier (1743-1794).

Pesquisas em ensino de ciências têm apontado a importância de uma discussão a respeito do que se costuma chamar ‘natureza da ciência’. A expressão cobre uma ampla variedade de tópicos: compreensão do funcionamento interno e externo da ciência (Scheid, Ferrari, Delizoicov, 2007, p.158); aprimoramento das concepções de alunos e professores (Oki, Moradillo, 2008, p.71); constituição e modificação de concepções epistemológicas de docentes (Praia, Gil-Perez, Vilches, 2007, p.147); alfabetização científica e tecnológica (Acevedo et al., 2005, p.4); compreensão da história da ciência como fonte relevante para se entender a natureza da ciência (Matthews, 1994, p.50-52); compreensão de aspectos teóricos da ciência, de modo que esses aspectos façam entender sua prática (Fourez, 2003, p.118); estruturação de experimentos e observações em esquemas conceituais mais amplos, ou “paradigmas de pensamento” (Lonsbury, Ellis, 2002, p.3). E, desses tópicos, o que podemos inferir é a preocupação com a formação científica, entendida em sentido amplo. Desse modo, se deseja que a formação científica inclua uma alfabetização científica do professor e do aluno; e que, além do conteúdo propriamente dito, esses apreendam outros aspectos que estão ligados ao conteúdo, os quais, por assim dizer, o constituem de algum modo. Neste artigo a discussão a respeito da natureza da ciência priorizará o papel da história da ciência no ensino.

Uma das principais questões ligadas ao problema de se compreender a natureza da ciência diz respeito à imagem dela que é veiculada pelos professores. Essa imagem (refletida sobretudo em livros didáticos) geralmente tem como elementos as concepções de que ela (a) é fundamentalmente uma atividade experimental, (b) é progressiva (se aproxima cada vez mais da verdade) e (c) é uma atividade guiada por uma metodologia (universalmente aceita) bem definida. O problema todo é que historiadores, sociólogos, psicólogos e filósofos da ciência têm insistido em denunciar que essa imagem ‘nem sempre’ reflete as práticas reais dos cientistas, ou mesmo que nossas tentativas de compreensão das práticas reais dos cientistas produzem resultados demasiadamente modestos para que se possa usar a expressão ‘práticas reais’.

Neste artigo me deterei no elemento (c) acima mencionado: o elemento metodológico de nossa imagem popular de ciência. Esse elemento recebe um aporte epistemológico de outro elemento que não foi mencionado: o falibilismo.¹ Atualmente é possível perceber que já faz parte de nosso senso comum científico a concepção de que as teorias científicas podem ser substituídas por teorias que julgamos melhores que as anteriores. E como procedemos nessa substituição? Pela utilização de um método científico que nos permite, com clareza, apontar que uma teoria é superior a outra. Ora, uma das consequências naturais da substituição de uma teoria por outra é que certas entidades, mecanismos e processos científicos que compunham a ontologia² da teoria substituída desaparecem. Assim, Copérnico não utiliza a noção de Ptolomeu de epiciclos; Galileu não utiliza a noção aristotélica de lugar natural; Darwin não adota a concepção de um desígnio divino; Lavoisier não aceita a existência do flogisto etc. Tais substituições seriam então legitimadas pela utilização de um método confiável que nos permitiria, ‘após a substituição ter ocorrido’, afirmar que nossos antepassados se enganaram consideravelmente. Nessa concepção, que será criticada neste artigo, homens como Galileu e Lavoisier teriam nos mostrado o ‘caminho correto’ a ser seguido, que implicava a eliminação das chamadas ‘entidades inobserváveis’, ou seja, entidades que foram postuladas por teorias (e faziam parte de sua ontologia), mas que, quando da eliminação das teorias, foram igualmente eliminadas.

Mas alguém poderia argumentar: se houve erro no passado, talvez haja no futuro igualmente.³ E, se esse argumento é válido, quem sabe o melhor seja adotar uma postura modesta quanto à admissão das novas entidades científicas. Talvez os atuais inobserváveis também não existam, argumentaria um professor filosófico e historiograficamente instruído.⁴ O quadro é claro: por um lado podemos argumentar em favor da existência das entidades que povoam o universo das teorias atuais; por outro se pode argumentar que elas talvez não existam. O jogo desses argumentos ocorre num fórum filosófico específico: o debate realismo/antirrealismo.

De acordo com Michael Matthews (1994, p.163) seria proveitoso, para professores e alunos, perceber que esse debate é central para a compreensão da natureza da ciência. E isso porque tais professores estariam respondendo para seus alunos a seguinte pergunta: os conceitos científicos são nomes de entidades e processos reais (ou seja, compõem a ontologia de uma teoria) ou são apenas ficções (ou seja, fazem parte apenas dos constructos mentais da teoria)? Falando de modo geral, realistas científicos respondem que podemos inferir a existência das entidades nomeadas pelos conceitos; já antirrealistas defendem que não podemos afirmar que os conceitos científicos denotam processos independentes das teorias.⁵ No caso específico do problema que será examinado neste artigo, quer-se saber se o professor de ciências adota uma concepção realista ou antirrealista a respeito das teorias que ensina aos seus alunos. Aos alunos são ensinadas teorias verdadeiras ou ficções bem construídas do ponto de vista formal? Aos alunos se ensinam processos reais a respeito da natureza ou apenas formas elegantes de lidar com a natureza? Para Michael Matthews, compreender a natureza da ciência é uma tarefa da qual nenhum educador se poderia eximir.⁶ Até aqui tudo parece muito plausível e, de um ponto de vista filosófico, bastante civilizado. Porém como se dariam tais intervenções didáticas a partir do que foi estabelecido nos parágrafos anteriores? Pensemos a partir de um exemplo imaginário. O professor realista, por certo, enfatizaria que a transmissão das informações hereditárias ocorre por atuação de, entre outras entidades, genes – os quais realmente existem. O professor antirrealista diria que tais transmissões ocorrem por conta de unidades biológicas (genes) que não sabemos ao certo se existem ou não. A situação parece curiosa, pois o professor realista então se comportaria mais ou menos como alguém que dissesse a seu borracheiro: arrume o pneu do meu carro: o pneu existe, o carro também! Já o professor antirrealista teria de dizer: eu não sei direito se existem o pneu e o carro, mas por via das dúvidas conserte-o da mesma forma. Ambos parecem dar a impressão de que a filosofia é somente um luxo retórico, uma posição intelectual que – no que diz respeito ao ensino de ciências – pode no máximo satisfazer a certos caprichos epistemológicos que por ventura alguém venha a ter. Nesse sentido tudo leva a crer que, ‘do ponto de vista do ensino de ciências’, não há muito sentido em levar a sério a controvérsia realismo/antirrealismo.

Michael Matthews parece estar bastante atento ao risco de a discussão realismo/antirrealismo desembocar no vácuo intelectual mencionado no parágrafo anterior. Tanto é assim que ele afirma que “abordar o assunto a partir de contrastes tão limitados não permitiria apreciar as nuances da história” (1994, p.174). O ‘contraste limitado’, naturalmente, se daria na intransigência ontológica: genes existem (para realistas) ou não existem (para antirrealistas). Esse contraste impede uma melhor compreensão das ‘nuanças da história’. Mas que nuances seriam essas? Matthews relembra a velha oposição entre o empirismo (antirrealista) de

Mach e o realismo de Einstein a respeito da existência do átomo. Seria um equívoco, aponta Matthews (1994, p.174), descrever a oposição de modo tão simples, uma vez que a história real do episódio certamente comporta mais do que declarações ontológicas (“o átomo existe”, “o átomo não existe”).

Este artigo tem como objetivo explorar o campo da discussão realismo/antirrealismo no ensino de ciências a partir da orientação historiográfica de Matthews. Tentaremos mostrar que essa discussão não é apenas uma forma de estabelecer veredictos ontológicos. Ela pode também ser uma ferramenta extremamente útil para, em conjunto com a história da ciência, ‘compreendermos’ algo sobre a natureza da ciência. E isso porque a história da ciência revela que, em diversos episódios, nem sempre o mais importante foi a inferência da existência de entidades e processos hoje largamente aceitos pela comunidade científica. Minha estratégia será a de mostrar, por meio de um episódio da história da ciência – a construção do conceito de oxigênio –, que nem sempre a discussão a respeito da existência de entidades e processos é a discussão mais importante. Ao proceder desse modo, ou seja, ao não colocar em primeiro plano a discussão ontológica em pauta, os cientistas parecem dar a impressão de que saber se uma entidade ou processo existe não é exatamente a questão mais importante do ponto de vista da construção de teorias científicas explicativas. Ao analisarmos esse episódio veremos que, ao menos nele, mais do que saber se certas entidades e processos existem (ou não), o que contou para os cientistas nele envolvidos foi a construção de hipóteses que efetivamente explicassem fenômenos que deviam ser explicados. Dessa forma, apresentar o problema de saber se as entidades e processos descritos pelas melhores teorias científicas de fato existem num formato de ‘sim ou não’ não parece, ‘à luz desse episódio’, fazer justiça aos procedimentos reais adotados e utilizados pelos cientistas. E, com isso, a exigência de que um professor de ciências adote uma postura realista ou antirrealista soa como uma exigência extremamente complexa, caso esse professor não tenha conhecimento da história do conteúdo que ele ensina. Ou seja, não é o caso de se exigir então que o professor tenha apenas uma postura filosófica diante do problema, mas igualmente o conhecimento da história (daquilo para o qual ele assumirá uma posição filosófica). Portanto compreender a natureza da ciência, nesse caso, é compreender uma série de aspectos interligados à questão ontológica – aspectos esses que, espero mostrar, são tão ou mais relevantes do que a própria questão ontológica.

Neste artigo apresento, na primeira seção, a importância da discussão acerca da natureza da ciência. Em seguida – através do esboço de um estudo de caso da história da química – mostro que um aspecto da discussão sobre a natureza da ciência – a questão da existência de entidades científicas – pode ser abordado de modo mais proveitoso com a utilização da história da ciência. Na terceira seção do artigo procuro argumentar em favor da ênfase nos aspectos explicativos da ciência; aspectos esses que parecem mais relevantes para uma compreensão da natureza da ciência do que os aspectos ontológicos. Por fim, na conclusão, procuro mostrar que discutir o problema da natureza da ciência é simultaneamente apresentar limitações que parecem inerentes à própria forma de construção dos objetos científicos.

Este artigo é resultado de pesquisa em filosofia da ciência a partir de abordagens historiográficas, pesquisa essa que se insere igualmente em discussões a respeito do ensino de ciências.

A natureza da ciência

Uma das reivindicações mais contundentes de teóricos do ensino de ciências diz respeito à obtenção de um esclarecimento sobre a ‘natureza da ciência’. A expressão ‘natureza da ciência’, inegavelmente, cobre uma ampla gama de significações, e certamente iria além de aspectos meramente científicos da produção e justificação da ciência, uma vez que deveria se referir também a aspectos sociais da ciência. Contudo, para este artigo, empregaremos a expressão como denotando os aspectos internos da ciência.⁷

Do ponto de vista teórico, que tipo de conhecimento seria extraído de uma investigação sobre a natureza da ciência? Poderia ser argumentado que se trata de um metaconhecimento, isto é, algo que paira acima do próprio conhecimento produzido pela ciência. Para Acevedo et al. (2005, p.2) a obtenção desse metaconhecimento se revela um objetivo ambicioso. De forma pertinente, os autores demandam da didática das ciências algumas respostas para certas perguntas; uma delas é: “a que tipo de ciência nos referimos quando falamos [da natureza da ciência]?” (p.7). Para eles, ciência é um conceito polissêmico, pois remete a várias formas de atividades, e com isso não se pode identificar a “ciência acadêmica” (p.7) com a “macrociência” (p.7), sendo essa uma atividade que inclui o Exército e a indústria; os autores apontam ainda que os debates sobre a natureza da ciência se centram em geral na ciência acadêmica (p.6).

A metodologia geral de trabalho aponta para um aspecto que partilhamos com Acevedo et al. (2005). Assim como os autores problematizam a obtenção de uma concepção de natureza da ciência restrita à ‘ciência acadêmica’, este artigo problematiza o ponto de vista de que as concepções sobre a natureza da ciência podem decorrer de uma tomada de posição filosófica frente ao debate realismo/antirrealismo. Isso porque o resultado de tal tomada de posição pode fornecer uma imagem de ciência que ignora as complexidades da história do conceito (ou da teoria) que se pretende defender como ‘real’ (posição realista) ou como ‘ficção’ (posição antirrealista). E uma imagem de ciência que não reflete a complexidade da atividade científica (acadêmica) pode, sem dúvida, deixar passar alguns aspectos importantes da construção de certos conceitos e teorias que hoje estão estabelecidos.

Antes de procurar desenvolver esse ponto (desenvolvimento que na verdade será feito apenas na próxima seção) gostaríamos de explorar um pouco mais a complexidade da atividade científica, visto que, ao se assumir a sua existência, mais facilmente se percebe que atitudes filosóficas a respeito da aceitação de entidades e teorias científicas ‘podem’ ser estéreis quando dissociadas de concepções a respeito de como emerge uma teoria ou um conceito. Da mesma forma, atribuir a cientistas a adoção de certas metodologias de investigação e de certas atitudes axiológicas a fim de explicar a emergência da teoria proposta por eles sem, ao mesmo tempo, levar em consideração as circunstâncias (no caso de nosso artigo, circunstâncias científicas) que os conduziram a propor seu esquema conceitual ‘pode’ ser uma forma de truncar uma concepção de natureza da ciência que, de outro modo, se revelaria um pouco mais rica e, portanto, mais útil para a apreciação da ciência. Então parece importante nos deter um pouco no significado da complexidade antes mencionada.

A complexidade apontada parece decorrer da complexidade da própria ciência, sobretudo no que diz respeito ao modo de construção do conhecimento científico. Por que é tão difícil afirmar que um cientista procedeu indutivamente ou dedutivamente? Por que é tão complexo

afirmar que o cientista primeiro construiu uma hipótese e depois a testou, ou primeiro fez testes e depois construiu uma teoria? Essas questões são complexas tendo em vista que nem sempre podemos reconstruir historiograficamente tais passos de modo ordenado, uma vez que a ciência, tal como qualquer empreendimento humano, nem sempre é construída de modo ordenado.

De acordo com Cantor (1989, p.159), as notas de laboratório dos cientistas revelam pistas de que existam discrepâncias entre o que os cientistas de fato fizeram e o que divulgaram em suas publicações; ainda para esse autor (p.160), isso contaria como uma evidência de que notas pessoais e publicações são veículos literários que possuem formas distintas, tanto quanto são distintos seus objetivos e as convenções que os regem. Já para Lewontin (1998, p.108), os periódicos científicos padronizaram as publicações científicas de modo a exigir certa sequência de itens (introdução, métodos e materiais, discussão, resultados, conclusão e sumário). Para ele, a importância toda recai no item 'resultados', que revelaria 'o que fala por si mesmo', ou seja, os resultados empíricos, os que confirmam a teoria.

Uma forma de ordenar o caos é estabelecer uma metodologia de análise para um certo problema. Digamos que estamos interessados – como no caso deste artigo – em compreender a dinâmica da aceitação de entidades científicas. Nesse caso podemos pensar do seguinte modo: certos períodos da ciência revelam disputas acerca da existência de certas entidades; tais períodos são seguidos por outro período no qual as disputas não mais ocorrem. A pergunta é: por que as disputas não mais ocorrem? Uma resposta (que não será a deste artigo, como se verá abaixo) seria: a disputa não ocorre porque um dos contendores saiu vitorioso, sendo sua vitória a expressão da verdade acerca da natureza. Desse modo, o flogisto foi declarado inexistente porque de fato não existia. O problema dessa linha metodológica é que ela transforma tais disputas numa discussão tal como a de saber se existe ou não um gato no telhado da casa: ouço barulhos no telhado, subo ao telhado e não encontro um gato, mas uma telha solta, posso então declarar que não existe gato no telhado. Mas a ciência procede desse modo? É provável que não. E então alguém poderia replicar: mas então como procede? Aqui está o ponto. Seria razoável tentar responder de modo satisfatório a última pergunta? Como o faríamos? Na verdade, é esta gigantesca tarefa que vem sendo levada a cabo por filósofos, sociólogos, historiadores, psicólogos etc.: compreender a dinâmica e a estrutura da produção do conhecimento científico. Essa compreensão, por sua vez, revela dificuldades consideráveis. Tais dificuldades emergem sobretudo de acordo com as peculiaridades de cada episódio científico. Então, como aplicar metodologias filosóficas de largo alcance para avaliar episódios que são por natureza particulares (Feyerabend, 1996, p.96-99)?

Um exemplo claro dessas dificuldades pode ser encontrado quando se tenta compreender a história da ciência utilizando o esquema cíclico de Thomas Kuhn (1970). Como sabemos, Kuhn divide a história de uma disciplina científica em quatro estágios básicos: (a) um estágio no qual não existe o consenso sobre os fundamentos de uma ciência (pré-ciência normal); (b) um estágio em que a comunidade científica está de acordo com relação a aspectos fundamentais de uma ciência (ciência normal); (c) um período em que a ciência bem estabelecida em (b) está sob desconfiança de alguns membros da comunidade científica (crise); (d) revolução científica: dada a desconfiança, os alicerces de (b) são abalados e surge um novo período de normalidade a partir de novos fundamentos e problemas científicos. Enquanto esquema, a

proposta de Kuhn pode se revelar um guia interessante para pesquisas historiográficas; mas será que todas as ciências podem se encaixar ponto a ponto nesse esquema? Além disso, o esquema também é resumido. Nesse sentido, fica evidenciado que uma metodologia de análise historiográfica possui limitações em sua aplicação. O mesmo, a princípio, vale para qualquer esquema. A limitação é também, por sua vez, uma indicação da riqueza da ciência. E essa riqueza da dinâmica da ciência mostra que não é uma tarefa simples apresentar, por exemplo, os compromissos ontológicos dos cientistas, bem como o papel que tais compromissos ocupam em suas investigações; no mínimo, não é, caso tais compromissos sejam avaliados fora de seu contexto original. Portanto, se é verdade que um dos aspectos relevantes da natureza da ciência é a dimensão ontológica (cientistas de fato se comprometem com a existência de entidades), não é menos verdadeiro que tal dimensão está localizada numa rede mais ampla. E, com isso, o registro de que a dimensão ontológica é um dos aspectos fundamentais da natureza da ciência não poderia ser feito sem, simultaneamente, lembrar que esse aspecto não está isolado da natureza da ciência.

O que estamos a sugerir é que responder sim ou não à pergunta “tal entidade existe?” é insuficiente para compreender de forma adequada o aspecto ontológico da discussão sobre a natureza da ciência. E é insuficiente tendo em vista que, ao menos para o episódio que será examinado neste artigo, nem sempre os cientistas estão ‘primariamente’ interessados em questões ontológicas. Por vezes tal interesse ‘pode’ ser secundário. No caso do episódio da descoberta do oxigênio, há fortes indícios historiográficos de que Lavoisier claramente evitou discutir o problema da não existência do flogisto, como veremos a seguir. Em vez disso, procurou de modo sistemático construir uma alternativa viável à teoria do flogisto – alternativa que, é claro, acabaria também por conduzir os novos químicos a não trabalhar com o flogisto.

Desse modo o retorno à história da ciência pode ser um expediente bastante útil para se compreender a natureza da ciência a partir do enfoque do significado cognitivo das teorias; mas o que encontraremos nesse retorno? É difícil afirmar que não encontraremos os cientistas obedecendo a regras de introdução e admissão de conceitos científicos; mas é também muito difícil encontrá-las com a clareza de que se gostaria. Porém, do ponto de vista do ensino de ciências, é oportuno (para dizer o mínimo) exibir as dificuldades encontradas pelos cientistas para introduzir novos conceitos (ou mesmo reformular antigos). Mais do que isso: do ponto de vista de uma compreensão da natureza da ciência é importante que os docentes tenham clareza de que tais dificuldades dos cientistas surgiram tendo em vista os problemas decorrentes da estruturação interna da rede conceitual como um todo. Assim, uma concepção de natureza da ciência poderia emergir dessa discussão, com dividendos consideráveis aos professores.

A construção do conceito de oxigênio⁸

A história da química, no período anterior a Lavoisier (por volta do final do século XVI e início do século XVII), registra a proposta e a manutenção da teoria do flogisto. De acordo com essa teoria, entre os princípios que governavam as mudanças de estado dos corpos encontrava-se o princípio da inflamabilidade, o flogisto. Quando havia a combustão o corpo mudava de estado pelo fato de liberar flogisto. As cinzas da queima nada mais eram do que a produção de uma alteração química na qual o corpo originário (um pedaço de madeira,

por exemplo) liberou sua cota de flogisto e, com isso, converteu-se em cinza. Um processo semelhante ocorria com o enferrujamento (oxidação): a ferrugem era o resultado da liberação, por parte do metal, de seu flogisto, ainda que de forma mais lenta. De acordo com o principal defensor da teoria do flogisto, Georg Stahl, combustão e enferrujamento obedeceriam aos mesmos processos químicos, ainda que em velocidades diferentes. Em suma: a explicação para ambos os fenômenos era encontrada nos mesmos princípios.

O termo teórico flogisto era pretendido por seus usuários como denotador de uma substância que, a princípio, era carente de referencialidade. Onde estava o flogisto? O flogisto não era a cinza nem a ferrugem, mas um princípio que as tornava cinza e ferrugem. Na queima, era assumido que esse princípio inflamável estava se evadindo (Leicester, 1971, p.120). Pois bem, se fosse correto afirmar que o flogisto estava sendo liberado na queima e no enferrujamento, então deveria ser possível afirmar algo acerca de suas propriedades.

Um ponto extremamente interessante da discussão historiográfica aqui proposta é que se enganaria quem pensasse que a discussão girava apenas em torno das propriedades do flogisto.

Aqui adentramos um ponto interessante para o debate realismo/antirrealismo. Uma coisa é afirmar que 'a teoria' do flogisto 'explica' os fenômenos, e outra é afirmar que um termo central dessa teoria – o flogisto – 'possui referência empírica', pois é importante lembrar que a história da ciência, num trabalho em conjunto com a filosofia da ciência, revela a existência de certa tolerância da comunidade científica com entidades postuladas (Kuhn, 1970, p.127-128). No caso do flogisto, ele estava contido numa teoria que, na sua época, explicava de forma bem-sucedida por que certos fenômenos se comportavam da forma como se comportavam (Leicester, 1971, p.123; Smith, 1981, p.113). Num modelo filosófico que privilegie o problema da explicação científica não há razão para se escandalizar – ao menos preliminarmente – com a questão da ausência de referencial empírico para a suposta entidade flogisto. A tolerância, no entanto, não é incondicional nem ilimitada. Uma vez estabelecida uma teoria, segue-se um trabalho de aperfeiçoamento e sofisticação do aparato teórico inicialmente proposto. Pressuposta a teoria do flogisto como explicação, deve suceder um trabalho de identificação dos efeitos – e 'apenas' dos efeitos – de sua suposta existência como princípio (Leicester, 1971, p.123). Assim, uma das questões importantes dessa época dizia respeito ao papel do ar na combustão. Ele seria apenas o veículo de propagação do flogisto ou desempenharia algum papel químico na combustão?

Um dos cientistas que ocupou papel de destaque nas descobertas dos químicos sobre os gases e os ares foi Joseph Priestley. No decorrer de suas investigações, ele chegou à concepção de um 'ar desflogistizado': a combustão seria um rápido processo pelo fato de liberar, de forma igualmente rápida, flogisto. O ar presente na combustão era um ar puro, um ar que não continha mais o princípio inflamável dos corpos, um ar que não continha mais flogisto, já liberado na combustão. Contudo, o que seria, do ponto de vista da formação de um novo conceito, o 'ar desflogistizado'? Por certo isso era uma novidade, no entanto, seu alcance não era amplo o suficiente para a exclusão (não desejada por Priestley) do conceito de flogisto da química. Com efeito, afirmar que o ar não contém flogisto é ainda se movimentar no interior de um domínio teórico que contém o conceito de flogisto.⁹ E, no domínio empírico, um ar desflogistizado é um ar que não contém uma substância que está em algum outro lugar. Se seguirmos a orientação de Priestley, flogisto ainda é um conceito relevante para a compreensão

de certos processos químicos. Aqui, na verdade, o que ocorreu foi que Priestley descobriu o oxigênio – de forma quase simultânea com a descoberta desse elemento por Carl Scheele – e o chamou, coerentemente, de ‘ar desflogistizado’. Essa época marca o final da teoria do flogisto e registra o surgimento de Lavoisier na química. O químico francês se opôs à teoria do flogisto desde o início de seus trabalhos. É interessante perceber, resumidamente, como Lavoisier construiu sua oposição a essa teoria, sobretudo no que diz respeito à sua cautela teórica.¹⁰

De acordo com Paul Thagard, é preciso levar em consideração que o ataque de Lavoisier ao flogisto deve ser compreendido apenas como uma parte de sua produção, a qual redundou na criação e disseminação de um novo sistema de química. Diante disso, Thagard analisa, a partir de trabalhos de diversos historiadores, os movimentos de Lavoisier desde seus experimentos iniciais até sua proposta de explicação dos fenômenos da combustão e oxidação. Um primeiro momento da oposição de Lavoisier à teoria do flogisto é marcado por uma tendência experimental, momento esse que culmina, em 1772, com uma nota dirigida à Academia Francesa na qual relata seus experimentos de pesagem do fósforo e do enxofre após a combustão e enfatiza que eles ficaram mais pesados após o processo (Leicester, 1971, p.140-141; Partington, 1937, p.125). Aponta também uma explicação para o processo: a presença do ar. Foi o ar puro o agente que se uniu aos metais tornando-os mais pesados. Aqui já se encontra, de forma sub-reptícia, uma crítica ao conceito de flogisto: se o corpo ficou mais pesado após a queima, então ele não perdeu flogisto. No entanto, à evidência experimental não corresponde ainda uma formulação teórica mais robusta acerca das propriedades do ar; e a ausência dessa teoria conduz Lavoisier à dúvida acerca do potencial de suas explicações para os processos químicos em questão, o que leva Thagard (2007, p.276) a afirmar que

ele ainda não está muito confiante de que possui uma vigorosa alternativa à teoria do flogisto de Stahl, pois afirma que o atual estado de conhecimento sobre a calcinação e a redução não nos permite decidir entre a sua e a interpretação do flogisto, e que a opinião de Stahl talvez seja compatível com a sua. Em 1776, Lavoisier admite em correspondência que, frequentemente, tem mais confiança nas ideias do eminente teórico inglês do flogisto – Joseph Priestley –, do que em suas próprias ideias.

Um segundo momento se dá por volta de 1777, quando Lavoisier responde ao problema do primeiro momento, a saber, o problema de identificar de forma mais precisa as propriedades do ar envolvido na combustão. Lavoisier apresenta a ideia de que o ar puro é um ingrediente do ar atmosférico, e que o ar que se combina com os metais é uma mistura de dois elementos (Leicester, 1971, p.142). O problema é que esse desenvolvimento ocorre ainda no interior da estrutura flogística, uma vez que Priestley também é um dos cientistas que está trabalhando em pesquisa sobre os ares. Priestley também chegou à concepção de um ar puro; e o ar puro, na estrutura flogística, era exatamente um ar sem flogisto. Nesse momento, 1778, Lavoisier publica outro artigo relatando suas pesquisas. Nesse relato ele já evidencia certa impaciência com o fracasso de alguns cientistas em isolar o flogisto e sugere que, de acordo com Thagard (2007, p.277), “ainda que não se possa abandonar a teoria do flogisto”, a hipótese de que a combinação do ar com os metais é menos artificial e contraditória do que a teoria flogística. Assim, é apenas nesse segundo momento que Lavoisier admite que a teoria do flogisto possa ser inferior a outra alternativa. O terceiro e decisivo momento ocorre por volta de 1783. Nessa

época Lavoisier começa a utilizar o termo 'oxigênio'. Além disso pela primeira vez sugere que "dado que a teoria do oxigênio é superior à teoria do flogisto" (Thagard, 2007, p.278-280), então é pouco provável que o flogisto exista. Portanto, de acordo com Thagard, substituir a teoria do flogisto foi simultaneamente propor uma nova alternativa explicativa. Mas note-se que não estamos a falar do flogisto em si, mas da teoria que o abriga.¹¹

Perceber o encadeamento destes três momentos pode ser iluminador para compreendermos o debate realismo/antirrealismo e suas implicações para o ensino. É possível perceber que o episódio sugere muito mais a ocorrência de uma luta por explicações dos fenômenos do que a ocorrência de disputas ontológicas. Lavoisier evita declarar a inexistência do flogisto; e mesmo quando isso é sugerido, tem-se em vista a superioridade explicativa da teoria rival à flogística (Thagard, 2007, p.278). Assim, a história da química revela de fato uma disputa – mas qual a natureza desta disputa? Novamente a história do episódio nos socorre. Uma das resistências ao sistema de Lavoisier não se deu no campo propriamente experimental, pois não se questionava que os metais não ganhavam peso durante a combustão – somente no período em que a teoria do flogisto de fato fenecia é que houve questionamento experimental, com a declaração de que o flogisto tinha peso negativo (Thagard, 1978, p.78). Questionava-se a importância do conceito de peso para explicar o que deveria ser explicado, o que é uma estratégia plenamente justificada do ponto de vista metodológico (Laudan, 1977, p.84). Ou seja, era possível que os teóricos do flogisto conduzissem a disputa não para o terreno experimental, mas para o domínio metodológico.

O que é importante registrar é que a introdução do conceito de oxigênio por parte de Lavoisier não foi a introdução de uma entidade isolada; antes, tal entidade teve de ser assimilada no interior de uma 'nova' rede teórica (Kuhn, 1970). Mesmo porque o conceito de oxigênio, por si, poderia ser interpretado – como de fato foi por Priestley – como um conceito da teoria do flogisto, pois as evidências poderiam ser assimiladas por essa teoria. A verdade é que Lavoisier necessitava de princípios teóricos robustos o bastante para constituir uma forma teórica alternativa à teoria do flogisto. Ele precisava tecer uma rede teórica que rivalizasse com a teoria do flogisto e lhe impusesse padrões metodológicos e explicativos inatingíveis.¹² Talvez isso tenha sido mais decisivo para o sucesso de Lavoisier do que suas realizações experimentais e metodológicas, que eram na verdade a reprodução do trabalho experimental de outros químicos (Partington, 1937, p.122). Mesmo a sua demanda por uma abordagem quantitativa na química era derivada de outros químicos, como Robert Boyle e Joseph Black (Partington, 1937, p.124), e fora já adotada por Cavendish (Ladyman, 2002, p.7). Lavoisier construiu uma nova teoria explicativa, podendo ser considerada uma nova 'forma' de explicação, pois os novos conceitos introduzidos por ele não apenas substituíam os velhos (como flogisto), mas igualmente estabeleciam novas conexões entre toda a rede teórica que seria estruturada para fornecer a explicação de calcificação e combustão (Thagard, 2007, p.184). Para ficar apenas num exemplo: na teoria do flogisto, o próprio flogisto e os óxidos eram componentes dos metais, ao passo que, na teoria de Lavoisier, oxigênio e metal constituíam os óxidos; com isso se percebe que, além da eliminação de alguns conceitos (como flogisto), houve igualmente uma nova montagem para a estrutura. Em outras palavras, não foi o caso de se dizer que o oxigênio e os óxidos eram componentes dos metais, o que significaria a simples substituição de flogisto por oxigênio.

Pareceria um equívoco pensar que, com o abandono da teoria do flogisto, nos livramos de uma sobrecarga metafísica na química. Naturalmente, dada a implementação do novo programa de Lavoisier, é cômodo afirmar que o conceito de flogisto nada representou ‘empiricamente’; porém ele possuía, em sua época, um significado científico, dado que estava contido numa teoria que, para os padrões de então, era explicativa. Por certo, os defensores da teoria do flogisto não pensavam sua substância central como algo metafísico; e, em seus laboratórios, compreendiam que as chamas resultantes da queima eram manifestações materiais da ação de uma substância que tinha como propriedade ‘ser inflamável’ – o flogisto. E, se foi possível criticar a hipótese de que as chamas estavam a se desprender por causa do flogisto, isso ‘não’ se deu pelo fato de que alguém tivesse dito: “isto não é por causa da ação do flogisto, mas por outra razão”. De fato, não estava em jogo apenas uma substituição ontológica (ou flogisto ou outra substância), mas uma mudança explicativa: a combustão é explicada sem referência a flogisto, mas com referência a outros processos muito diferentes dos descritos pela teoria do flogisto. Mas o ponto mais importante a ser destacado é que toda a questão do oxigênio e do flogisto está localizada no centro de uma revolução científica: Lavoisier está propondo um novo esquema conceitual. Nesse novo esquema se apresenta uma igualmente nova nomenclatura química, se enfatiza a busca por explicações que sejam de natureza quantitativa etc. Não é, portanto, apenas uma questão de saber algo sobre o flogisto ou o oxigênio.

A natureza da ciência e as dificuldades da produção científica

Já foi dito por muitos que a ciência é uma construção humana, e não há razões para se negar esse consenso. Como humanos, tendemos a desejar explicações para os fenômenos, e, como humanos, fornecemos explicações (Psillos, 2002, p.1). Por exemplo, dizemos que a causa do *tsunami* é a agitação de placas tectônicas. Também dizemos que a causa da queda dos corpos é a gravidade e que a causa da combustão é a ação do oxigênio. O problema é que todos esses exemplos são apresentados por meio de formas linguísticas inadequadas para expressar o que parece realmente ocorrer na ciência.¹³ Não é exatamente correto afirmar que “a causa da queda dos corpos é a gravidade”. Seria quem sabe mais correto afirmar que há uma teoria mecânica – constituída por leis, conceitos e princípios, entre eles a gravidade – que explica, entre outras coisas, a queda dos corpos. A aceitação de grandes teorias científicas bem-sucedidas (as que são ensinadas nas escolas e figuram nos livros didáticos) se dá sobretudo pela razão de que elas explicam séries de fenômenos, e não fenômenos isolados. Em todo caso o importante não é a correção de nossa forma de expressão, mas sim a percepção de que, no que diz respeito à explicação científica, as teorias científicas ocupam um papel fundamental. E aqui está o problema, pois seríamos certamente iludidos se nos fosse contada a história da revolução química como a ‘sucessão’ das descobertas de Lavoisier (e de outros) em busca da resolução de certos problemas. Como vimos, muito cedo Lavoisier descobre que os metais ganham peso durante a combustão. Porém tudo leva a crer que a explicação dessa descoberta era apenas parte de um imenso trabalho que deveria ser realizado. Lavoisier não precisava apenas ‘mostrar’ o acréscimo de peso; antes, deveria ‘explicá-lo’. Como a explicação é função não dos experimentos, mas sim de uma teoria, deveria ele então construir a sua. E, como

uma (grande) teoria não é apenas a explicação de um fenômeno, outros também devem ser explicados – o que gradualmente complica o processo como um todo. Em termos claros: Lavoisier não tem de explicar apenas a combustão.

O processo se complica ainda mais quando levamos em consideração outras dinâmicas importantes da explicação. No caso de Lavoisier, ele não apenas forneceu certas explicações para os fenômenos; em vez disso, ele apresentou uma ‘nova forma’ de explicação – o que, no seu caso, significou construir uma nova química. Isso revela claramente como a emergência de uma nova forma de explicação científica é um processo bem mais complexo do que simplesmente mostrar que o mercúrio fica mais pesado após o aquecimento. Ao propor uma nova forma de explicação, Lavoisier não apenas precisa mostrar os resultados do aquecimento, mas igualmente ‘convencer’ seus interlocutores de que uma metodologia matematizada é uma boa forma de se compreender, entre outras coisas, a familiar combustão. Disso decorre uma certa imagem de ciência. Não temos mais ‘apenas’ o cientista em seu laboratório pesando o chumbo. Temos também o teórico (que precisa construir redes explicativas) e o retórico (que precisa convencer seus pares da pertinência de pesar os elementos). Essa imagem de ciência nos apresenta a construção do conhecimento científico de uma forma tal, que respostas ‘sim’ ou ‘não’ começam a perder um pouco de sua força; e, principalmente, essa imagem nos apresenta as dificuldades que os grandes cientistas enfrentaram e enfrentam para propor novas formas de dialogar com a realidade. Acreditamos que a percepção dessas dificuldades, por parte dos professores, dificilmente poderia deixar de ser considerada uma forma de se compreender algo sobre a natureza da ciência.

E o interessante é que, ao apresentar tais dificuldades, o professor de química estaria fornecendo um notável exemplo histórico de como a ciência realmente funciona. Claro, nesse novo quadro, Lavoisier não é o experimentador que exclui da química a velha e incômoda bagagem metafísica representada exemplarmente pelo flogisto. No novo quadro Lavoisier tem dúvidas, hesita, aguarda o momento que julga certo para divulgar suas ideias etc. Da mesma forma, seus adeptos não são homens que decretam que o oxigênio existe e que o flogisto não existe. São antes cientistas que veem nas teorias de Lavoisier uma oportunidade para o estabelecimento de uma nova agenda científica para a química, agenda essa que expressou o desejo de uma nova forma de explicação científica para processos químicos. Na nova trama, o flogisto já não é mais um personagem desejável. Mas note: não se trata de dizer que o flogisto não existe.¹⁴ O que houve foi que, desde Lavoisier, os esforços não se concentraram em mostrar que o flogisto não existia, mas em desenvolver a nova química proposta por Lavoisier. O que é importante divulgar é que faz parte da natureza da ciência eleger certos problemas e renunciar a outros. Naturalmente uma historiografia aprofundada deveria tentar evidenciar ‘por que’ são eleitos certos problemas. Mas isso conduz a discussões que fogem ao objetivo deste artigo, sobretudo tendo em vista que a admissão de problemas científicos possui uma dinâmica que não é apenas científica, mas também social. Quando a química de Lavoisier toma a cena, muito rapidamente desaparecem as referências ao flogisto, mesmo não tendo sido declarado inexistente. Desse modo, não é mais um problema saber se o flogisto possui certas propriedades, não pelo fato de que o flogisto ‘não existia mais’, mas porque as perguntas científicas haviam mudado.

Douglas Allchin produziu um estudo de caso em uma aula de ciências usando o conceito de flogisto. Ao final dessa intervenção Allchin (1997, p.486) relata que, após os estudantes terem utilizado o conceito de flogisto, eles teriam propensão menor em considerar que as ideias passadas eram erradas e as atuais eram autoevidentes. O interessante é que o artigo de Allchin chama a atenção para a construção da compreensão de um conceito que faz parte do passado da história, mas sem fazer referências a problemas de natureza ontológica. Em vez disso, propõe a compreensão do conceito em seu contexto de produção.

Compreender a natureza da ciência é também compreender a dinâmica da produção de certos problemas científicos, uma vez que, em tal dinâmica, acabamos por assumir a existência (ainda que suposta) de certas entidades. Mas, se elas são assumidas por força da necessidade de teorias, então é preciso admitir tal necessidade.

Educação científica e a natureza da ciência

Pode ser tentador, ao educador científico, aderir a uma proposta pedagógica que indique a importância do debate realismo/antirrealismo para um ou mais tópicos de sua disciplina. Porém a apresentação desse debate sem menção a uma história sofisticada do assunto pode acabar por distorcer a própria história do assunto, além, é claro, de fornecer uma imagem de ciência comprometedor para uma compreensão adequada da natureza da ciência.

No caso em questão, seria tentador apresentar Lavoisier como o homem que (a) não acreditava na existência do flogisto e que, além disso, (b) mostrou sua inexistência. Já vimos que há registros historiográficos que negam (b) e que mostram que (a) parece ser irrelevante. E por que seria tentador? Porque, apresentado desse modo, Lavoisier se acomoda ao nosso senso comum historiográfico; se acomoda à nossa imagem popular de ciência, sobretudo à sua natureza progressiva. Além disso pode piorar as coisas apresentar a discussão enfatizando o aspecto experimental da pesquisa de Lavoisier e posteriormente contrastando esse aspecto com as dificuldades dos químicos em descobrir as propriedades do flogisto. O quadro de contrastes que daí emergiria seria mais ou menos o seguinte: por um lado tínhamos Lavoisier com suas teorias testáveis mediante a experiência; por outro tínhamos os teóricos do flogisto que defendiam teses não passíveis de confirmação empírica. Esse quadro é ao mesmo tempo historicamente enganoso e filosoficamente indefensável.

Do ponto de vista histórico é enganoso, pois (a) não se pode deduzir da impossibilidade de experimentação direta de um item da química (no caso, o flogisto) a conclusão de que toda a teoria do flogisto não era passível de testes empíricos; (b) não se pode sonegar a informação histórica de que, a despeito dos problemas com a referencialidade do conceito de flogisto, a tradição de investigação na química anterior a Lavoisier produziu uma considerável soma de resultados empíricos; e (c) não se pode esquecer de que, apesar de Lavoisier ter de fato proposto uma nova forma de dialogar com a natureza, muitos resultados empíricos (como por exemplo as pesquisas sobre a natureza dos ares) da estrutura conceitual do flogisto foram importantes para o próprio Lavoisier. Portanto uma coisa é registrar os problemas de referencialidade de um (conquanto aparentemente central¹⁵) conceito de uma teoria; outra, bem diferente, é assinalar que a teoria como um todo possuía problemas de referencialidade. Do ponto de

vista filosófico é inaceitável, pois não há teoria filosófica a respeito da ciência que exija que todos os conceitos de uma teoria científica possuam referência empírica.

Nesse sentido, contar a história a partir do ponto de vista do ‘vencedor’, ainda que quase inevitável, é sempre decididamente problemático. No caso da história da qual estamos a tratar, o ‘perdedor’ apostou suas fichas no inobservável flogisto. E quanto a histórias nas quais o ‘vencedor’ apostou em inobserváveis como seleção natural, dupla-hélice do DNA, força gravitacional etc.? Será realmente que o ‘perdedor’ perdeu porque seu inobservável não existia, e o ‘vencedor’ venceu porque seu inobservável existia? Essa é uma resposta que este artigo se empenhou em mostrar como problemática. Outra resposta é a de que os ‘vencedores’ venceram não porque foram felizes em apresentar as referências de todos os seus conceitos, mas porque construíram redes teóricas explicativas que satisfaziam certas demandas científicas consideradas importantes.¹⁶ Se essa resposta for aceita, dela emerge também uma imagem de ciência que poderia ser apresentada pelos professores em seus cursos.

No final das contas, talvez seja no máximo uma petulância filosófica afirmar solenemente que elétrons, léptons e genes não existam, mas certamente é uma contribuição filosófica investigar como constituímos nossas crenças na existência dessas entidades e processos científicos tão complexos. Complexidade que é repassada para o momento de sua reconstrução historiográfica.

Diante de toda essa complexidade, como deve comportar-se o professor de química que decidir incorporar ao seu programa uma reflexão acerca da natureza da ciência a partir do debate realismo/antirrealismo? Um historiador devota uma vida inteira para esclarecer um ou dois episódios científicos; um filósofo devota uma vida inteira para estruturar o debate realismo/antirrealismo; como, em uma ou duas aulas, sintetizar o que há de historiograficamente relevante num episódio e discuti-lo com propriedade histórico-filosófica?

Uma sugestão seria acomodar o episódio escolhido no quadro tradicional: mostrar a superação de uma teoria por outra. Essa sugestão é interessante na medida em que não se exigia dos professores um preparo historiográfico maior. Outra alternativa seria os professores apresentarem aos alunos as dificuldades que grandes cientistas – como Lavoisier – tiveram que superar a fim de fazer valer suas ideias. Essa superação, ao menos no caso específico de Lavoisier, não foi simplesmente a superação do experimentador, mas também a do teórico, do retórico, do cientista enfim. Ao exibir essas dificuldades, estaríamos diante de uma nova imagem de ciência, que apontaria para a inevitável complexidade da construção científica. Isso está de pleno acordo com a proposta de Matthews (1994, p.5), para quem a ciência é importante na formação do conhecimento do aluno também por conta de seus fracassos. Narrar os fracassos (ou dificuldades) da ciência é, de certo modo, apresentá-la de forma mais rica e real. Assim, narrar as dificuldades de Lavoisier na sua assimilação do conceito de oxigênio é apresentar uma imagem de ciência que em certa medida reflete o que é realmente a ciência.

Ora, poderia ser objetado que a alternativa acima é demasiadamente simplista. Que tipo de conhecimento histórico o aluno obterá a partir de uma exposição das dificuldades enfrentadas por Lavoisier? Por certo, é preciso admitir, o aluno teria diante de si um número reduzido de informações históricas. Por outro lado, ele estaria diante do que poderíamos denominar ‘propedêutica historiográfica’, diante de um modo pelo qual ele poderá, caso

deseje compreender a história de um assunto científico, adentrar de modo qualificado a própria história.

Para finalizar, acreditamos que a segunda alternativa não é a ideal. De fato o ideal seria que os professores de ciências possuíssem um preparo historiográfico-filosófico suficiente para narrar com autoridade a história dos principais episódios de sua disciplina científica. Também seria ideal que as grades curriculares reservassem espaço para a história e a filosofia da ciência nas disciplinas científicas, mas talvez não seja inoportuno pensarmos em alternativas mais modestas.

Considerações finais

A princípio não é possível saber o que teria acontecido à química se a teoria do flogisto não tivesse sido substituída pela teoria do oxigênio, mas a história exhibe a substituição e, portanto, a substituição deve ser compreendida. Uma forma de compreendê-la se dá no interior do debate realismo/antirrealismo, especificamente no domínio ontológico do debate: a discussão entre Lavoisier e seus rivais foi a respeito da 'existência' de certos processos e entidades. Mas, como vimos, a história desse episódio pode receber outra interpretação: a discussão entre Lavoisier e seus rivais foi a respeito da melhor forma de explicação para certos fenômenos.

Ora, se o que foi argumentado possui alguma plausibilidade, então a adoção de uma atitude filosófica a respeito da existência de entidades científicas não passa exclusivamente por discussões de natureza ontológica. Evidentemente não se nega aqui que saber se uma entidade existe ou não é uma discussão importante; entretanto, tal discussão não pode estar localizada exclusivamente no domínio da ontologia. A dimensão explicativa deve igualmente ser levada em consideração.

Por outro lado, num domínio mais amplo, levar em consideração o aspecto explicativo da ciência é perceber o quanto ela é complexa e o quanto devemos ser humildes em nossas tentativas de compreendê-la. A ciência não deve ser considerada falível apenas pelo fato de que novas descobertas são feitas, mas porque, quando aparece, a novidade não é absoluta. Ela já não é absoluta na origem, e não apenas porque outra novidade inevitavelmente aparecerá. Isso é da natureza da ciência.

NOTAS

¹ Não me deterei aqui numa apresentação do falibilismo, em geral atribuído ao filósofo Karl Popper, tendo em vista que os aspectos mais gerais de sua posição filosófica são conhecidos por todos que se dedicam às questões deste artigo. Sugiro, entretanto, o clássico *The logic of scientific discovery* (Popper, 1959), para uma apresentação até hoje utilizada de sua filosofia.

² Ou seja: as entidades que as teorias assumem como existentes. Ontologia, portanto, diz respeito a saber o que as teorias precisam assumir como existente.

³ Esse argumento é conhecido como o argumento da 'indução pessimista' e foi celebrado por Laudan (1981).

⁴ É uma questão polêmica a de denominar 'inobserváveis' entidades que atualmente fazem parte do patrimônio científico, tais como gene e elétron. Em geral é pretendido, ao se predicar uma entidade como 'inobservável', que tal entidade não se apresente diretamente aos sentidos, necessitando de instrumentos científicos sofisticados para sua percepção. Uma polêmica atual que exemplifica de forma notável a situação é a do conceito de gene. Porém, da perspectiva deste artigo, se pretende que tais polêmicas ontológicas não ofereçam compreensão adequada do modo de utilização de tais entidades.

⁵ Essa forma de apresentação do debate é esquemática e serve aos propósitos deste artigo. Para referências acerca de formas sofisticadas de apresentação da controvérsia, ver Lipton (1991), Psillos (1999), Boyd (1984) e Van Fraassen (1980).

⁶ Não será aqui apresentada em detalhes a proposta de Matthews.

⁷ Reconhecemos a limitação desse enfoque internalista, visto que a ciência é uma atividade altamente determinada por fatores externos à sua própria dinâmica, tais como fatores sociais. Entretanto é feita aqui a opção metodológica pelo enfoque internalista, que deverá futuramente ser complementado por uma abordagem mais compreensiva para o entendimento da discussão sobre a natureza da ciência.

⁸ Essa seção não pretende fornecer uma história, mesmo sintetizada, do episódio. O que nela se pretende é simplesmente, partindo dos resultados de alguns historiadores, discutir certos desdobramentos filosóficos possíveis de determinados momentos da revolução na química. Os historiadores aqui mencionados são excelentes fontes para aqueles que desejarem compreender a história do período: Leicester (1971); Partington (1937), Kim (2008) e Thagard (2007).

⁹ Sobre esse ponto sugerimos a leitura de Quine (1980, p.217).

¹⁰ Aqui fazemos uma síntese reconstrutiva de Thagard (2007), cujo artigo remete igualmente a fontes históricas importantes acerca do episódio, que não serão aqui mencionadas. Para discussões do autor acerca de outros episódios da história da ciência, ver Thagard (1992).

¹¹ Já para Kim (2008), o flogisto tornou-se alvo de uma campanha retórica de Lavoisier menos por problemas a respeito de sua estabilidade referencial do que pelo fato de que ele não se encaixava no novo sistema químico quantitativo que Lavoisier estava a propor. Segundo Kim, o flogisto não foi assimilado na nova química de Lavoisier não porque não fosse real, pois para o químico francês o flogisto era tão 'real' quanto qualquer outra substância química. O que ocorreu foi que a mudança epistemológica no modo de investigação química estava associada a uma mudança ontológica. Kim rejeita a concepção de Thagard de que houve uma disputa entre duas teorias explicativas; para ele, o flogisto não fornecia uma estrutura explicativa, senão que era apenas uma entidade da química. Entretanto, para o ponto deste artigo, é suficiente mostrar a interpretação de Kim como uma sustentação da ideia de que o flogisto não foi abandonado por problemas de natureza ontológica. Já de acordo com Allchin (1997, p.487) o conceito de flogisto, em seu contexto e em seu domínio de aplicação, era confiável e garantido.

¹² Não só uma rede teórica, mas igualmente uma forma de sustentação social (ou seja, no interior da comunidade científica da qual fazia parte) para suas pesquisas. O esclarecimento conceitual dessa estrutura social, porém, foge aos propósitos deste artigo.

¹³ Um dos filósofos que chama a atenção para a utilização inadequada das expressões científicas é George Berkeley. Em seu *De motu*, de 1720 (versão em português em Berkeley, 2006), ele já alertava para o uso inadequado de certas expressões. Outro filósofo que discute esse ponto é Thomas Kuhn (1970).

¹⁴ Sobre esse ponto é fundamental a leitura de Quine (1980). Para ele, as questões de referência empírica de conceitos científicos devem ser tratadas a partir de uma verificação da 'necessidade' de um conceito para uma teoria científica. Como vimos, o flogisto não era necessário na nova química.

¹⁵ Acerca da questão se o flogisto era ou não um conceito central da química anterior a Lavoisier, ver Kim (2008).

¹⁶ Um filósofo que trabalhou com essa questão, numa perspectiva antirrealista, foi o já mencionado George Berkeley (2006). Para ele, a mecânica de Newton era bem-sucedida, e esse sucesso explicava por que os conceitos científicos usados por Newton estavam estabelecidos. Mas do sucesso da mecânica de Newton não se seguia que esses conceitos representassem objetos empíricos bem definidos.

REFERÊNCIAS

ACEVEDO, J.A. et al. Mitos da didática das ciências acerca dos motivos para incluir a natureza da ciência no ensino das ciências. *Ciência e Educação*, Bauru, v.11, n.1, p.1-15. 2005.

ALLCHIN, Douglas. Rekindling phlogiston: from classroom case study to interdisciplinary relationships. *Science & Education*, Dordrecht, v.6, n.5, p.473-509. 1997.

BERKELEY, George. *De motu. Scientiae Studia*, São Paulo, v.4, n.1, p.115-137. 2006.

BOYD, Richard. The current status of scientific realism. In: Leplin, Jarret (Ed.). *Scientific realism*. Berkeley: University of California Press. 1984.

- CANTOR, Geoffrey.
The rhetoric of experiment. In: Gooding, David; Pinch, Trevor; Schaffer, Simon (Ed.). *The uses of experiment*. Cambridge: Cambridge University Press. 1989.
- FEYERBEND, Paul.
Matando o tempo. São Paulo: Edunesp. 1996.
- FOUREZ, Gérard.
Crise no ensino de ciências? *Investigações em Ensino de Ciências*, Porto Alegre, v.8, n.2, p.109-123, 2003. Disponível em: http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo_ID99/v8_n2_a2003.pdf. Acesso em: 18 fev. 2009. 2003.
- KIM, Mi Gyung.
The 'instrumental' reality of phlogiston. *Hyle*, Berlin, v.14, n.1, p.27-51. Disponível em: <http://www.hyle.org/journal/issues/14-1/kim.htm>. Acesso em: 24 fev. 2009. 2008.
- KUHN, Thomas.
The structure of scientific revolutions. Chicago: University of Chicago Press. 1970.
- LADYMAN, James.
Understanding philosophy of science. London: Routledge. 2002.
- LAUDAN, Larry.
Progress and its problems. London: Routledge. 1977.
- LAUDAN, Larry.
A confutation of convergent realism. *Philosophy of Science*, Chicago, v.48, n.1, p.19-49. 1981.
- LEICESTER, Henry.
The historical background of chemistry. New York: Dover. 1971.
- LEWONTIN, Richard.
Realidades y ficciones en las ciencias naturales. In: Barahona Echeverría, Ana; Martínez, Sergio. *Historia y explicación en biología*. México: Fondo de Cultura Económica. 1998.
- LIPTON, Peter.
Inference to the best explanation. London: Routledge. 1991.
- LONSBURY, Justin, ELLIS, James.
Science history as a means to teach nature of science concepts: using the development of understanding related to mechanisms of inheritance. *Electronic Journal of Science Education*, Texas, v.7, n.2. Disponível em: <http://wolfweb.unr.edu/homepage/crowther/ejse/lonsbury.pdf>. Acesso em: 18 fev. 2009. 2002.
- MATTHEWS, Michael.
Science teaching. London: Routledge. 1994.
- OKI, Maria; MORADILLO, Edilson.
O ensino de história da química: contribuindo para a compreensão da natureza da ciência. *Ciência e Educação*, Bauru, v.14, n.1, p.67-88. 2008.
- PARTINGTON, James.
A short history of chemistry. New York: Dover. 1937.
- POPPER, Karl.
The logic of scientific discovery. London: Hutchinson. 1959.
- PRAIA, João; GIL-PÉREZ, Daniel; VILCHES, Amparo.
O papel da natureza da ciência na educação para a cidadania. *Ciência e Educação*, Bauru, v.13, n.2, p.141-156. 2007.
- PSILLOS, Stathis.
Causation and explanation. Montreal: McGill-Queens's University Press. 2002.
- PSILLOS, Stathis.
Scientific realism: how science tracks truth. London: Routledge. 1999.
- QUINE, Willard Van Orman.
Sobre o que há. In: Ryle, Gilbert et al. *Ensaio*. Seleção de textos de Oswaldo Porchat de Assis Pereira da Silva. São Paulo: Abril Cultural. 1980.
- SCHEID, Neusa; FERRARI, Nadir; DELIZOICOV, Demétrio.
Concepções sobre a natureza da ciência num curso de ciências biológicas: imagens que dificultam a educação científica. *Investigações em Ensino de Ciências*, Porto Alegre, v.12, n.12, p.157-181, 2007. Disponível em: http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo_ID166/v12_n2_a2007.pdf. Acesso em: 18 fev. 2009. 2007.
- SMITH, Peter.
Realism and the progress of science. Cambridge: Cambridge University Press. 1981.
- THAGARD, Paul.
A estrutura conceitual da revolução química. Trad. Marcos Rodrigues da Silva e Miriam Giro. *Princípios*, Natal, v.14, n.22, p.265-303. 2007.
- THAGARD, Paul.
Conceptual revolutions. Princeton: Princeton University Press. 1992.
- THAGARD, Paul.
The best explanation: criteria for theory choice. *Journal of Philosophy*, New York, v.75, n.2, p.76-92. 1978.
- VAN FRAASSEN, Bas.
The scientific image. Oxford: Clarendon Press. 1980.

