



REVOLUÇÃO QUÍMICA E HISTORIOGRAFIA: UMA RELEITURA A PARTIR DA HISTÓRIA CULTURAL DA CIÊNCIA PARA O ENSINO DE QUÍMICA

Resumo

A Revolução Química possui diversas interpretações na historiografia da ciência, associadas ao desenvolvimento e às mudanças pelas quais passou a História da Ciência. Na literatura do ensino de química com viés histórico, trabalhos recentes defendem abordagem a partir das práticas científicas. Neste trabalho, buscamos apresentar a Revolução Química sob a interpretação da História Cultural da Ciência, apontando implicações e potenciais de mudança no ensino desse episódio na escola básica e como isso se articula com a abordagem baseada nas práticas científicas. Ao final, trazemos reflexões sobre o que essa reorientação historiográfica pode significar, de uma forma mais ampla, para a reaproximação entre História e ensino de Química.

Palavras-chave: história da química, revolução química, historiografia, história cultural da ciência, ensino de química

CHEMICAL REVOLUTION AND HISTORIOGRAPHY: A PERSPECTIVE FROM CULTURAL HISTORY OF SCIENCE FOR CHEMISTRY TEACHING

Abstract

The Chemical Revolution has several interpretations in the Historiography of Science, associated with the development and the changes which the History of Science has experienced over the years. In the literature of chemistry education with historical approach, recent works champion the idea of teaching chemistry based on scientific practices. In this work, we seek to present the Chemical Revolution under the interpretation of the Cultural History of Science, pointing out the implications and potential of change in the teaching of this episode in the elementary school and how does it articulate with teaching based in scientific practices. Also, we discuss what this historiographical reorientation might mean, more broadly, to the rapprochement between History of Chemistry and Chemistry Teaching.

Keywords: history of chemistry, chemical revolution, historiography, cultural History of Science, chemistry teaching

Autores: Tânia de Oliveira Camel¹, Cristiano Moura^{2*} y Andreia Guerra³

¹ Professora e Pesquisadora da Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio da Fundação Oswaldo Cruz (FIOCRUZ). Possui Graduação em Licenciatura em Química e Engenharia Química (UERJ), Mestrado e Doutorado em História das Ciências e das Técnicas e Epistemologia (UFRJ). FIOCRUZ, Brasil

² Professor do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca (CEFET-RJ). Possui Licenciatura em Química (UFRJ), Mestrado em Ciência, Tecnologia e Educação (CEFET-RJ); atualmente é doutorando do mesmo programa, com estágio de doutorado sanduíche na York University (Canadá). CEFET-RJ, Brasil. *Autor para correspondência: cristiano.moura@cefet-rj.br

³ Professora e pesquisadora do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca (CEFET-RJ). Possui Licenciatura em Física (UFRJ), Mestrado em Difusão de Ciência e Tecnologia na Engenharia de Produção (UFRJ) e Doutorado em História e Filosofia da Ciência na Engenharia de Produção (UFRJ). CEFET-RJ, Brasil.



REVOLUÇÃO QUÍMICA E HISTORIOGRAFIA: UMA RELEITURA A PARTIR DA HISTÓRIA CULTURAL DA CIÊNCIA PARA O ENSINO DE QUÍMICA

Introdução

Chamada Revolução Química (RQ) certamente pode ser considerada um dos temas mais abordados na área de didática da Química com viés histórico. As várias interpretações dadas ao longo dos anos para este evento (Filgueiras, 1995; Oki, 2004; Gallego Badillo, Pérez Miranda & Gallego Torres, 2015) estão estreitamente associadas à emergência e ao desenvolvimento da disciplina História da Ciência (HC) que, dada a pluralidade de correntes historiográficas que a habita, produz narrativas históricas que destacam alguns aspectos em detrimento de outros em cada uma dessas interpretações (McEvoy, 2010). O conflito entre versões e as crises de identidade não são novidades na dinâmica da História da Ciência. Os estudos historiográficos podem ajudar no entendimento das bases sobre as quais são construídas as narrativas produzidas por essa disciplina (Gavroglu, 2007), bem como ajudam os que se ocupam de reaproximar a História da Ciência da Didática da Ciência a entender de forma mais profunda como estabelecer essa conexão.

Nas últimas décadas, observa-se na educação científica uma crescente defesa da relevância de se estudar **sobre** as ciências pelo viés das práticas performadas e das representações produzidas pelas ciências (Alvim & Zanotello, 2014; Moura & Guerra, 2016). Propõe-se uma alternativa às chamadas abordagens metodológicas e estruturalistas da História das Ciências (McGuire & Tuchanska, 2013). Mesmo estudos que se pautam em Kuhn, que pode ser considerado um estruturalista, têm trazido novas interpretações, usando o conceito de exemplares¹ ao invés do de paradigmas (Daston, 2016). Acentuam-se, por exemplo, os aspectos de continuidade dentro das revoluções defendidas por Kuhn como modelo para entender a transformação da ciência ao longo do tempo (Chamizo, 2017).

As ideias sobre prática científica são diversas e não encontram na literatura um sentido hegemônico. No que concerne à vertente historiográfica da História Cultural da Ciência, a ideia de prática científica inclui performances relacionadas ao laboratório, práticas de comunicação e diversas outras interações sociais entre cientistas e não-cientistas, constituindo redes extensas de análise dessas práticas (Pimentel, 2010; Gavroglu, 2007). Diversas performances como ler, escrever trabalhos, coordenar grupos de pesquisa, engajar-se em debates públicos sobre temas de pesquisa também fazem parte do fazer científico, embora não exclusivamente dele (Mody, 2015). Como ideia central das práticas científicas está o fato de estas mudarem local e temporalmente, sendo assim um esforço infértil a tentativa de fixar um sentido final e estático ao conceito de prática científica. Moura e Guerra (2016), no entanto, sintetizam, a partir da literatura, que as práticas constituem um processo constante de avaliação e crítica de diversas performances, de atos concretos e do pensamento, que articulados a outras performances e práticas já consolidadas na ciência produzem novos significados. As práticas, dessa forma, são vistas como culturais e, portanto, próprias de um local e de uma temporalidade, não cabendo um olhar revolucionário para o desenvolver das ciências (Pimentel, 2010).

¹ A noção de exemplar segundo o pensamento de Thomas Kuhn pode ser definida como "um conjunto de problemas e de soluções-padrão, que materializam o consenso da comunidade científica, guiando sua prática num período de ciência normal e que são transmitidos pelos manuais durante a formação dos cientistas" (Abrantes, 1998: 63). Nesse sentido, o pensamento de Kuhn tem sido usado numa perspectiva menos normativa e demarcatória, na medida que esse conceito é suficientemente fluido para permitir análises mais amplas das práticas científicas, conforme Daston (2016).



Alinhados à vertente historiográfica da História Cultural das Ciências, entendemos o caminhar da HC não como uma sucessão de revoluções. A ciência se constrói a partir de disputas entre as perspectivas criadas pelos cientistas, das quais participam também não-cientistas, na qual o "novo" não é totalmente novo em relação ao passado e as perspectivas concorrentes não são antagônicas em todos os aspectos. Dessa forma, compreendemos a chamada Revolução Química como uma interação ou conflito entre culturas locais da química relativamente autônomas, cada qual com seus princípios, procedimentos e práticas (Klein, 2015).

Nesse artigo, analisamos as práticas científicas desenvolvidas no contexto sociocultural em que Priestley e Lavoisier construíram seus trabalhos e no qual envolveram-se numa controvérsia de diferentes níveis: epistemológico, empírico, metodológico, ontológico e teórico. Pautados em fontes primárias e secundárias, discutimos, à luz da História Cultural da Ciência, a produção científica desses dois atores no que diz respeito ao estudo dos ares. Ao destacarmos as diferenças e semelhanças entre os iluminismos inglês e francês, contextualizamos o ambiente e a atuação dos mesmos em sociedades e academias científicas na Inglaterra e na França. Aquelas sociedades e academias representavam não apenas um local de produção científica, mas, também, exerciam um papel fundamental na condução da escolha das questões, na validação e na difusão dos resultados da pesquisa. O olhar para as atuações de Priestley e de Lavoisier nesses contextos permite entender as práticas analíticas que os dois desenvolveram e, dessa forma, perceber convergências e divergências de práticas e culturas materiais presentes nas trajetórias desses dois atores. As convergências e divergências nas práticas adotadas e nas conclusões estabelecidas são, também, importantes para discutirmos a reinterpretação do ar e da água e a controvérsia em torno ao flogisto ali estabelecidas.

Com base nesse percurso, apresentamos uma proposta diferente dos trabalhos apresentados na literatura de História da Ciência e ensino sobre o estudo do episódio denominado Revolução Química. Nessa proposta, buscamos aproximar o ensino da Química da História Cultural da Ciência (Pimentel, 2010; Burke, 2008), ao discuti-la como uma mudança gradual, em algumas práticas da química da época, que deixa diversas áreas de pesquisa da disciplina intocadas (Klein, 2015). Ao nos debruçarmos sobre as práticas científicas, acabamos por questionar o protagonismo que é atribuído a Lavoisier nessa história, buscando apresentá-lo como um dos personagens em uma narrativa maior e mais complexa do que uma história do triunfo de seu programa de pesquisa. Em seguida, apontamos algumas das implicações e potenciais de mudança no ensino desse episódio na escola básica, e reflexões sobre o que essa reorientação historiográfica pode significar, de uma forma mais ampla, para a reaproximação entre História e ensino de Química.

Contextualizando a História: alguns antecedentes

Joseph Priestley (1733-1804) e Antoine-Laurent Lavoisier (1742-1794) são os dois personagens mais mencionados quando se fala da RQ. Eles estão situados no mesmo contexto científico, embora em contextos iluministas significativamente diferentes: o primeiro na Inglaterra e o outro na França (Soares, 2007). Na França, a sociedade dogmática religiosa e a iluminista se enfrentaram em um confronto claro, no qual uma elite intelectual buscava substituir um sistema hegemônico por outro. Nesse contexto, os filósofos naturais franceses viveram um ambiente de hierarquia intelectual, no qual se dedicaram à teorização e à sistematização de seus trabalhos em busca de avanços



epistemológicos (McEvoy, 2010). De acordo com Roy Porter (*apud* Soares, 2007), os pensadores ilustrados britânicos não enfrentaram os mesmos problemas da elite intelectual ilustrada continental. O movimento ilustrado em toda a Grã-Bretanha não teve a pretensão de estabelecer profundos “avanços epistemológicos”, mas “ele foi primeiramente a expressão de novos valores morais e mentais, novos padrões de gosto, estilos de sociabilidade e visões da natureza humana” (Soares, 2007: 20). Na Inglaterra do XVIII ocorreu uma dispersão de atividades e iniciativas racionais orientadas para a interpenetração entre teoria e prática. A iniciativa privada e o *laissez-faire* tomaram posse da economia cultural, antes que estes assumissem a economia de mercado (McEvoy, 2010).

Um fenômeno cultural típico do século XVIII britânico foi a proliferação das sociedades filosóficas, científicas e literárias por diversas cidades do interior. Muitas foram criadas como uma reação crítica à Royal Society de Londres. Entre essas sociedades destaca-se a Sociedade Lunar de Birmingham, uma sociedade informal, criada em torno de 1765, da qual Priestley foi membro. Integravam a Sociedade Lunar um grupo informal de intelectuais, filósofos naturais e industriais das províncias, que ofereciam suporte intelectual e financeiro às pesquisas e combinavam uma ampla curiosidade sobre a natureza com interesses pragmáticos. Seu apogeu coincide com a presença de Priestley nessa sociedade e corresponde ao período de 1781-1791 (Soares, 2007).

A Academia das Ciências de Paris fora criada no século XVII, no reinado de Luís XIV, por seu então ministro Jean-Baptiste Colbert. Seu objetivo era construir uma estrutura formal para a comunidade de filósofos naturais franceses e sua missão era praticar a ciência pura e aplicada. Funcionava internamente de modo meritocrático e, externamente, tinha a responsabilidade e a autoridade para validar ou desmerecer experimentos e teorias científicas novas. A academia desfrutava da proteção real e de certo apoio do tesouro nacional, mas com autonomia suficiente para não ser afetada pela política nacional.

O inglês Priestley, nascido em 1733, em Fieldhead, perto de Leeds na Inglaterra, era filho de calvinistas de uma igreja dissidente. Os membros de igrejas não alinhadas à igreja anglicana oficial encontravam uma série de dificuldades no acesso às universidades e instituições científicas. Assim, foram criadas academias na Inglaterra para tais dissidentes, que ofereciam um ensino rigoroso e que discutiam os estudos mais recentes em diversos campos do conhecimento. Priestley estudou numa dessas academias e lá conheceu a filosofia de Locke e Newton, as especulações dos neoplatônicos de Cambridge, a teologia das primeiras aulas de Boyle, e uma das traduções inglesas de *Elementa Chemicæ* de Boerhaave (Schofield, 2007).

Priestley iniciou sua carreira científica com a escrita da história da eletricidade, para qual teve apoio de estudiosos da época. Após exibir alguns dos seus experimentos aos seus patrocinadores, foi eleito membro titular da Royal Society, em 1766. Tornou-se pastor em Birmingham, grande centro fabril surgido no séc. XVIII, associando-se, logo em seguida, à Sociedade Lunar.

Nos primeiros dez anos de sua carreira, Priestley se afirmou como um dos mais proeminentes químicos pneumáticos à época. Leitura detalhada dos seus escritos científicos e de sua correspondência sugere que ele estava a par da literatura química contemporânea (Schofield, 2007). A partir de 1770, seus interesses experimentais centraram-se, sobretudo, no estudo dos diferentes tipos de ar. Em Leeds, residia ao lado de uma cervejaria, que usava cubas de fermentação. Essas liberavam dióxido de carbono (ar fixo) no processo de conversão de açúcares em baixo teor alcoólico. Na sua primeira publicação em Química, Priestley discorreu sobre as instruções para saturar a água com o



ar fixo de modo que adquirisse “o espírito e a virtude” das águas medicinais de Pymont. Esse trabalho teve ampla divulgação, foi recebido favoravelmente e traduzido para o francês, resultando na Medalha Copley da Royal Society.

Priestley apresentara à Royal Society seu *Observações sobre os diferentes tipos de ar* em março de 1772, no qual relatava suas pesquisas pneumáticas desde 1770, incluindo o isolamento e a identificação do ar nitroso, do vapor nitroso, entre outros. Nesse artigo, anunciou um novo método, para testar a salubridade do ar, derivado do isolamento do ar nitroso (NO) e de sua observação posterior de que esse gás tinha a propriedade de absorver o ar desflogisticado (Priestley, 1772). Por essa combinação entre ar nitroso e ar desflogisticado era fácil verificar com precisão a diminuição da quantidade do segundo no ar comum. O volume de ar comum diminuía proporcionalmente à quantidade de ar desflogisticado que continha. Uma conclusão possível era que uma pequena diminuição do ar comum após a reação denotava a presença de uma pequena quantidade de ar desflogisticado e conseqüentemente a insalubridade do ar.

Para desenvolver sua pesquisa, Priestley projetou muitos equipamentos. Um inventário de seus aparelhos destruídos durante os “Tumultos de Birmingham” em 1791, revela um laboratório bem equipado, com aparelhos sofisticados e uma variedade de reagentes. Na maioria dos experimentos que construiu, adotou uma abordagem qualitativa e seu trabalho quantitativo foi volumétrico e não gravimétrico, como priorizou Lavoisier. Essa escolha moldou os resultados que obteve, revelando aspectos diferentes em relação aos aspectos investigados por Lavoisier. Isto não significa inferioridade de métodos, técnicas e equipamentos utilizados, mas concepções e algumas práticas distintas a respeito do quê e de como deveria ser investigado.

Priestley realizou muitos experimentos. Foram tantos que seus escritos tomaram a forma de livro em três volumes publicados em 1774, 1775 e 1777. Em 1779, Priestley começou uma nova série - *Experimentos e Observações relacionadas a vários ramos da filosofia natural*. Esses trabalhos foram suplementados por artigos na *Philosophical Transactions* e por uma extensa correspondência com outros filósofos naturais na Grã-Bretanha e no continente. Dentre esses artigos se insere seu trabalho de 1775, sobre o ar desflogisticado. Priestley encontrou Lavoisier durante sua estada em Paris, em outubro de 1774. É relevante destacar que Priestley e Lavoisier pertencem à mesma temporalidade e trocaram informações.

Juntamente com Louis Guyton de Morveau (1737-1816), Antoine Fourcroy (1755-1809) e Claude Bertholet (1748- 1822), Lavoisier publicou seus trabalhos em dois livros: o *Método de Nomenclatura Química*, em 1787 e o *Tratado Elementar de Química*, em 1789, além de criar uma revista de divulgação científica para trabalhos dos antiflogistianos. O *Tratado Elementar de Química* é uma obra abrangente, pois aborda teoria e prática.

Lavoisier foi membro da Academia das Ciências de Paris e de diversas sociedades, enquanto Priestley, além da Sociedade Lunar e da Royal Society, foi membro de quase vinte outras sociedades científicas como as de Boston, da Filadélfia, de Estocolmo e de São Petersburgo. Foi eleito, em 1784, um dos oito estrangeiros associados da Real Academia das Ciências de Paris, o que demonstra a atuação de ambos na mesma prática. Priestley e Lavoisier eram proeminentes pesquisadores de sua época, estavam associados a importantes instituições e, portanto, estavam a par do que se pesquisava na época. Embora em países e contextos iluministas diferentes, como ressaltamos anteriormente, havia, em alguma medida, trocas entre os dois contextos. Relacionado a isso, por exemplo, temos o fato de que o laboratório de Priestley acabou sendo alvo da insurreição em 1791, porque ele era pertencente aos chamados dissidentes, apoiadores



da tomada da Bastilha na França. Outra evidência é que os usos da lente para operações de aquecimento, bem como do eudiômetro eram comuns às duas culturas materiais.

Essa convergência de práticas e contextos não elimina diferenças. Lavoisier e colaboradores agiram em direção ao estabelecimento de uma nova nomenclatura para a química atada à teoria do oxigênio. Priestley reconheceu esse atrelamento e o considerou um impeditivo para a aceitação da nova nomenclatura proposta por Lavoisier e colaboradores. Para ele, era difícil aceitar uma nomenclatura que estava apoiada em princípios ainda não certificados, qual seja, a proposta teórica de Lavoisier. Assim, designou seu próprio uso dos termos para garantir a permanência de uma linguagem científica ancorada “nos fundamentos epistêmicos dos fatos, ao invés de hipóteses e conjecturas” (McEvoy, 2010: 251) como se observa na nomeação do novo ar como *ar desflogisticado*.

Ar de fogo, Ar desflogisticado ou Oxigênio?

A teoria do flogisto permitia uma explicação qualitativa das reações químicas e representava o que havia de mais moderno na década de 1760. George Ernest Stahl (1659-1734) considerava que o flogisto liberado nas queimas era absorvido pelas plantas e árvores e por isso a madeira era tão combustível. A teoria explicava uma série de observações empíricas, o que contribuiu para que vários químicos do século XVIII a adotassem e a defendessem. Rapidamente a teoria se estabeleceu nos países germânicos e em 1770 já era bastante conhecida tanto na França como na Inglaterra.

Em relação ao *modus operandi*, cabe salientar que os testes usados por Priestley para distinguir os ares que produzia eram variados e se tornaram abrangentes, incluindo técnicas de eudiometria, observação da cor e do tamanho da chama em gases que queimavam. Em paralelo, pesar substâncias e investigar elementos era a prática recorrente de Lavoisier nas pesquisas químicas. Seu método estava relacionado diretamente à sua prática na *Ferme Générale*: controlar toda a produção pesando e contando para comprovar que nada se perdesse entre a entrada e saída de uma mercadoria, assegurando a arrecadação do imposto correspondente.

Para melhor discutirmos as questões referentes à obtenção do oxigênio, é relevante introduzir aqui o trabalho de Carl Wilhelm Scheele (1742-1786). Scheele nasceu em 9 de dezembro de 1742 na Pomerânia (na época, parte da coroa sueca), tornou-se aprendiz de boticário aos 14 anos. De botica em botica, se estabeleceu definitivamente em Köping em 1775 como um químico renomado e membro da Academia Real das Ciências da Suécia. Scheele reconheceu que o ar era composto de dois fluidos, um que não atraía o flogisto e outro que atraía, o qual chamou de ar de fogo. Scheele realizou uma série de experiências de decomposição de substâncias que resultavam na obtenção do seu ar de fogo, entre elas a decomposição do óxido de mercúrio (Calado, 2015).

Priestley, em 1774, foi recebido pelo casal Lavoisier na própria residência. Nesse encontro, Priestley relatou ao casal e a outros químicos presentes sobre o gás que obtivera a partir do óxido de mercúrio. Inicialmente Priestley o tomou por ar nitroso.

Em abril de 1775, após uma série de novos experimentos, Priestley afirmou que identificara um ar seis vezes melhor do que o ar comum, a partir do uso de uma lente para aquecer a cal de mercúrio (óxido de mercúrio). Rotineiramente se aquecia a cal com carvão – rico em flogisto, assegurando a liberação do flogisto pelo carvão na restauração do metal. O uso da lente assegurava a ausência do flogisto no processo. Priestley explicou



e nomeou seu novo ar, tendo como referência a teoria do flogisto: o novo ar foi chamado por ele de *ar desflogisticado* e seu trabalho foi publicado no mesmo ano.

A teoria do flogisto não havia sido definida a partir de dados quantitativos. Filósofos naturais, como Lavoisier, aspiravam que o conhecimento na Química, a exemplo de na Física newtoniana, de grande importância na época, também fosse formulado com base em dados quantitativos. Foi em relação a esse aspecto que Lavoisier questionou a teoria do flogisto: se na calcinação ocorre perda de flogisto, como explicar então, que o produto formado pese mais que o reagente? A queima do estanho, do mercúrio e do fósforo, por exemplo, produzia materiais sólidos mais pesados do que os originais.

Na época, se supunha que o flogisto tivesse um peso, porém ninguém havia conseguido pesá-lo e o aumento de peso de uma substância que havia perdido flogisto não estava de acordo com a ideia de conservação da matéria que Lavoisier tinha em mente pelo menos desde 1768 (Filgueiras, 2002). Foi nessa linha que a pesquisa de Lavoisier se estabeleceu. Em 1º de novembro de 1772, ele entregou suas anotações com o seguinte título: *Sobre a causa do peso ganho por metais e diversas outras substâncias quando calcinadas* ao secretário da Academia das Ciências, na qual explicava o aumento de peso pela fixação do ar durante a combustão. O artigo completo foi lido na Academia em 21 de abril de 1773.

Lavoisier continuou realizando experimentos de calcinação até outubro de 1773, quando chegou à conclusão de que alguma espécie de fluido elástico contido no ar era o princípio fixado nos corpos e responsável pelo aumento de peso. Esse fluido elástico só veio a ser identificado e diferenciado do ar fixo (gás carbônico) com as experiências com a cal de mercúrio (óxido de mercúrio) na ausência de carvão, ou seja, com o uso de lentes, como fizera Priestley. Nessas circunstâncias, se formaria o fluido elástico, o *ar eminentemente respirável* que Lavoisier denominou posteriormente de oxigênio e que já havia sido anunciado pelo britânico Priestley como *ar desflogisticado* e pelo sueco Scheele como *ar de fogo*.

Em 26 de abril de 1775, Lavoisier anunciou à Academia de Ciências de Paris que o princípio que se unia aos metais durante a calcinação era o próprio ar. Todavia, Lavoisier também mencionou que o novo gás era *mais puro e respirável* do que o ar da atmosfera. Sua palestra foi publicada no mês seguinte com o título: *Sobre a natureza do princípio que se combina com metais durante calcinações e aumenta seu peso*.

Lavoisier tinha conhecimento dos experimentos de Priestley e daqueles de C. W. Scheele. Scheele havia isolado e descrito as propriedades do oxigênio, seu *ar de fogo*, em 1771, contudo só publicou seu *Tratado sobre o fogo e o ar* em 1777. No fim do século XIX, foi descoberta uma carta de Scheele para Lavoisier do ano de 1774, na qual ele sugeria que o *ar de fogo* fosse produzido usando as lentes ardentes. Scheele não reivindicou a precedência a que fazia jus sobre a descoberta do oxigênio. Priestley reagiu à publicação de Lavoisier, reivindicando para si a descoberta do oxigênio, e continuou fiel a Teoria do flogisto até a sua morte em 1804.

O ar e a água reinterpretados

No sistema aristotélico, o ar era um dos quatro elementos e, portanto, não se decomporia. Quando se iniciou o estudo dos gases com Jean Baptiste van Helmont (1580-1644), o ar foi considerado um agente das misturas químicas, diferente, portanto, da perspectiva aristotélica². No início do século XVIII, a doutrina geralmente adotava o ar, a água e o fogo como agentes da mudança física. Nessa época, alguns

² A teoria dos quatro elementos foi formulada por Empédocles de Agrigento e adotada por Aristóteles. Os elementos água, terra, fogo e ar eram conhecidos por suas qualidades: frio, quente, úmido e seco. Não correspondiam ao que denominamos atualmente de água, terra, fogo e ar, correspondiam a tipos e não substâncias. A terra representava as coisas sólidas como as rochas, a água as coisas líquidas, e o ar era válido para todos os gases, e, portanto, mais próximos das qualidades dos estados físicos que conhecemos.



estudiosos já haviam sugerido que o ar e a água não eram elementos, mas a explicação formulada se referenciava na Teoria do Flogisto. Na concepção de Priestley, o ar não era um elemento indestrutível e inalterável, mas uma composição. Foi provavelmente ao tomar conhecimento das experiências de Priestley que Lavoisier, entre 1776 e 1777, descreveu a composição do ar como constituído por dois "ares". Ele chamava o oxigênio de *ar desflogisticado de M. Priestley*, porém, na memória de 5 de setembro de 1777, ele designou o "ar eminentemente respirável no estado de fixidez ou combinação" com um nome grego - *princípio oxygine*. Na memória de 25 de novembro de 1780, Lavoisier empregou a expressão *ar vital* para o *ar desflogisticado* de Priestley.

Para Lavoisier, o oxigênio seria a combinação do princípio oxigênio e a hipotética matéria do fogo e do calor denominada *calórico*. Na calcinação, o *calórico* se perderia e o princípio oxigênio seria incorporado pelo metal, formando a cal. Várias dessas coisas eram ácidas e decorre dessa observação a ideia de Lavoisier de que todos os ácidos seriam substâncias oxigenadas.

As ideias de Lavoisier se baseavam sempre em medidas ponderais, as mais precisas que os melhores aparelhos da época permitiam. Seu método consistia em fazer experiências e estabelecer experimentalmente a prova contrária. Por exemplo, Lavoisier realizou experiências de síntese e de decomposição da água. Em 24 de junho de 1783, através da síntese, mostrou que a água não era elementar e sim constituída de dois princípios, sendo um deles o princípio oxigênio. Em 1784, Lavoisier e Jean Baptiste Meusnier (1754-1793) foram indicados pela academia para aperfeiçoar os aeróstatos (balões de ar quente ou de hidrogênio). Eles fizeram pesquisas sobre métodos de produção de hidrogênio, nome dado por Lavoisier, em grandes quantidades e tentaram obtê-lo pela decomposição da água. Utilizaram para esse fim um cano de fuzil de ferro levado à incandescência. A água escorria gota a gota pelo cano se decompondo em hidrogênio e oxigênio. O hidrogênio era recolhido enquanto o oxigênio reagia com o ferro, oxidando-o.

Durante o período de 27 de fevereiro a 12 de março de 1785, Lavoisier, juntamente com Meusnier, realizou a decomposição e a síntese da água. Os volumes dos gases empregados foram medidos com precisão na presença de um grande número de convidados. Outros filósofos naturais da época, como Henry Cavendish (1731-1810), já haviam sintetizado a água, explicando-a a partir da teoria do flogisto. Lavoisier demonstrou que o ar e a água são compostos por princípios. Sua demonstração, entretanto, se apoiou na rejeição à teoria do flogisto e em dados quantitativos, de modo que seus resultados pudessem ser expressos em linguagem matemática.

A pesquisa de Priestley era direcionada por uma metodologia mais qualitativa. Seu trabalho quantitativo se restringia a medidas de volumes e não de massas como priorizava Lavoisier e tampouco tinha o mesmo objetivo. Essa abordagem por parte de Priestley determinou diferenças, mas não inferioridade no tipo de aparelhagem, técnicas e metodologias empregadas.

Cabe refletirmos sobre qual imagem de ciência estava sendo produzida nesse contexto e locais específicos e sobre qual das duas teorias se ajustava melhor a essa imagem. Ou ainda, sobre qual critério de cientificidade estava sendo gestado e o que seria aceito como explicação naquele contexto.

A dialética entre Priestley e Lavoisier envolveu um complexo padrão de acordos e desacordos relativos a questões teóricas entre flogistianos e antiflogistianos, debates metodológicos entre indutivistas e hipotético-dedutivistas, avaliações epistemológicas divergentes; disputas linguísticas sobre a relação entre fato, teoria e linguagem; argumentos sobre o papel dos parâmetros qualitativos e quantitativos no desenvolvimento



da química; mudanças ontológicas de doutrinas tradicionais de “princípios genéricos” e “formas substanciais” para a noção de “substâncias simples”. (McEvoy, 2010: 246)

Uma outra história para a Revolução Química: algumas considerações para o ensino de Química

No que tange à abordagem no ensino de Química na educação básica, há diversos apontamentos que podem ser feitos em relação ao episódio descrito. O primeiro e mais evidente é que Lavoisier não esteve sozinho na construção de diversos conceitos e procedimentos que hoje são associados a seu nome. Ao nos debruçarmos sobre as práticas desenvolvidas encontramos Lavoisier dialogando com outros atores, como Meusnier e Priestley no desenvolvimento de práticas analíticas propriamente dita, e com Fourcroy, Morveau e Bertholet no desenvolvimento de práticas de difusão do conhecimento, como a das publicações. Além disso, o aporte da História Cultural das Ciências ao relevar o como se deu o desenvolvimento da Química naquele tempo e espaço e não os produtos de tais estudos, permite-nos afirmar que Lavoisier e Priestley não são totalmente opostos. Compartilharam métodos de análise, instrumentos como as lentes e o eudiômetro, e participaram de um longo processo de dissolução ontológica das formas de pensar o mundo até então, no qual a Terra, o Ar, a Água e o Fogo foram destituídos da categoria de elementos. Esses desenvolvimentos culminaram na definição operacional de elemento por Lavoisier como *o produto final da análise*³ e coincidiram com a caracterização de Priestley de substâncias materiais como *coisas que são objetos de nossos sentidos, sendo visível, tangível e com peso* (Priestley, 1794).

³ Conceção já presente em Boyle, em 1661.

Com base no estudo histórico das práticas científicas, a troca de correspondência entre os cientistas, assim como, os encontros estabelecidos nos possibilitam perceber que algumas práticas performadas por Priestley foram usadas por Lavoisier, como é o caso do uso de lentes para operações de aquecimento de reações, num processo tal que não podemos identificar o trabalho de um sem mencionar o do outro.

Essa abordagem diverge das abordagens metodológicas da ciência (McGuire & Tuchanska, 2013) pois admite a troca, o diálogo e não assevera antagonismos absolutos entre o que Lakatos chamaria de “programas de pesquisa” concorrentes ou o que Fleck classificaria como “estilos de pensamento”. Além disso, esse olhar histórico problematiza a concepção de Revolução kunhiana, ao não considerar apenas as proposições e teorias estabelecidas e, sim, concentrar a atenção nas práticas científicas e como as mesmas se desenvolveram. Nesse sentido, alinha-se a pesquisas recentes que afirmam o interesse dos estudantes pelos detalhes da “ciência tal qual se faz” (AUTORES, 2016), isto é, detalhes e pormenores de como os cientistas se comunicam, publicam suas pesquisas, interagem para fazer ciência. Tal mudança de ênfase, conforme explorado por outras publicações (AUTORES, 2017), pode auxiliar no diálogo com a ciência contemporânea, na medida que as práticas são mais exploradas do que os atores que as performaram e do que as teorias formuladas.

Apesar de pontos em comum, a formação acadêmica e a orientação epistemológica de Lavoisier diferem das de Priestley. No caso das orientações epistemológicas, ambas se assentam em interpretações díspares do “método de análise”. O método analítico e “baconiano” empregado por Priestley privilegiava a coleção de fatos, sendo derivado de orientação empirista de indução, que contrastava com o procedimento racionalista da análise matemática subjacente à pesquisa experimental e às conclusões teóricas de



Lavoisier. Ambos atentaram para a prática de nomear as substâncias de acordo com uma estrutura teórica e elegeram critérios com vistas a esse objetivo. Lavoisier julgou necessário criar uma nova nomenclatura que banisse da Química nomes que pudessem ter referências religiosas e místicas e, com essa intenção publicou, em 1787, juntamente com seus colaboradores iluministas, o Método de Nomenclatura Química, apoiado na teoria do oxigênio. Soma-se a essa intenção aquela de estabelecer uma nomenclatura sistemática vinculada a uma teoria específica, o que revela seu caráter ideológico. Logo no início dessa obra Lavoisier escreveu:

“...É tempo de desembaraçar a Química dos obstáculos de toda espécie que retardam seu progresso; de introduzir nela um verdadeiro espírito de análise, e nós estabelecemos suficientemente que era pelo aperfeiçoamento da linguagem que esta reforma deveria operar-se”. (Lavoisier et al, 1787: 16)

Priestley apesar de defender a ideia de uma nova nomenclatura longe de referências religiosas e místicas para a química não aceitou a proposta de Lavoisier, porque não aceitava a teoria do oxigênio, como princípio formador dos ácidos. Lavoisier e Priestley desenvolveram práticas científicas próprias ao contexto em que trabalharam e, assim, fizeram experimentos semelhantes como o aquecimento do óxido de mercúrio na presença e na ausência de carvão, projetaram equipamentos de laboratório para atender as suas metodologias e participaram de sociedades científicas igualmente atuantes e importante à época.

Tais diferenças e semelhanças estão em diálogo com os contextos vividos por cada um dos pesquisadores. Priestley, cuja formação se deu no contexto de um país que vive o iluminismo de uma forma mais pragmática, optou por práticas mais indutivas. Diferentemente, Lavoisier, que além de participar da *Ferme Générale*, atividade que se refletiu na sua tendência em quantificar reagentes e produtos, viveu um contexto iluminista propício à teorização. Considerava a análise quantitativa como um caminho e buscou construir bases que afastassem o pensamento científico dos dogmas religiosos. Nesse sentido, as biografias dos participantes dessa história tomam uma outra conformação que busca não superestimar determinados atores em detrimento de outros e nem determinar relações de causa e efeito para as escolhas desses atores. Visa, contudo, explorar o contexto e as práticas que esses atores desenvolveram para compreender os rumos tomados por cada um.

Como Klein (2015), entendemos que apesar de ambos trazerem para a química práticas e teorias novas, o desenvolvimento da química do século XVIII não se constitui numa Revolução em que um passado é apagado e um novo incomensurável é construído. Dessa forma, também não encontramos nesse episódio o estabelecimento de uma nova tradição disciplinar, cujo fundador seria Lavoisier, mas sim uma mudança gradual em diversas práticas de uma área que já vinha se estabelecendo academicamente.

A História Cultural da Ciência nos permite compreender que os atores estavam imersos numa cultura e que, como agentes dessa cultura realizaram práticas em diálogo com o que já existia, mas da mesma forma, empreenderam o novo. Com esse olhar é possível problematizar visões que apontem rupturas e heróis, o que acaba por ofuscar a complexidade da construção das ciências e por desvincular o conhecimento científico de sua localidade e temporalidade.



Considerações Finais

Neste breve ensaio teórico, apontamos, como Pimentel (2010), para a importância de escrever e contar uma História das Ciências que esteja cada vez mais atenta não apenas às ideias e à “palavra escrita e à teoria”, mas ao que os cientistas fazem em seu dia-a-dia, como elaboram significado a partir de suas práticas, “como se realizou tal e qual experimento”, apresentando os encontros e desencontros entre os personagens da história e como circulou o conhecimento em um dado período. Trata-se de uma narrativa, em que “agentes e atividades antes considerados menores resultam agora de grande interesse” (Pimentel, 2010).

Conforme apontado na discussão, diversas características das práticas científicas desenvolvidas naquele contexto são fundamentais para o entendimento da chamada RQ. Entender que Priestley e Lavoisier vêm de escolas de formação distintas, possuindo contextos culturais e materiais distintos é fundamental para perceber a atitude científica de ambos nesse episódio histórico. Ambos tiveram grande projeção acadêmica e o reconhecimento dos seus pares e, mais do que a ação individual de cada um, as colaborações, desacordos e concordâncias em teorias, linguagem e métodos – não só entre ambos, mas com todos os demais personagens da narrativa, como Scheele, Meusnier e outros citados – foram fundamentais para o desenvolvimento da ciência da época.

Defende-se que a abordagem aqui apresentada, que enfatiza as continuidades e discontinuidades desse processo, é mais efetiva do que as chamadas abordagens metodológicas, representadas por Kuhn, Lakatos, Fleck, entre outros, quando se trata de perceber a complexidade do processo de construção da ciência e de entender sua conexão com os diversos contextos nos quais ela é produzida. Essa mudança de perspectiva pode permitir a superação das narrativas históricas de vitoriosos e derrotados, afastando a possibilidade de enxergar cientistas como gênios isolados ou a ciência como um processo linear e cumulativo. Como trabalhos futuros, apontamos a necessidade de desenvolver sequências didáticas nas quais tal perspectiva seja adotada, apontando seus impactos no entendimento dos estudantes sobre o processo de construção da ciência.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq pelo financiamento às pesquisas do grupo e aos avaliadores pela revisão cuidadosa e pelas sugestões. A primeira autora agradece à FIOCRUZ pela liberação para realizar estágio de pós-doutoramento no CEFET-RJ e o segundo autor agradece ao CEFET-RJ pela liberação das funções de ensino para cursar o Doutorado.

Referências

- Abrantes, P. (1998). Kuhn e a noção de exemplar. *Principia (Florianópolis)*, 2(1), 61-102. Recuperado de: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/principia/article/view/18826/17399>.
- Alvim, M. H., & Zanotello, M. (2014). História das ciências e educação científica em uma perspectiva discursiva: contribuições para a formação cidadã e reflexiva. *Revista Brasileira de História da Ciência*, 7(2), 349-359. Recuperado de: www.sbh.org.br/arquivo/download?ID_ARQUIVO=1967



- Bell, M. S. (2007). *Lavoisier no Ano Um - O nascimento de uma nova ciência numa era de revolução*. São Paulo: Companhia das letras.
- Braga, M, Guerra, A. & Reis, J. C. (2005). *Breve História da Ciência Moderna, volume 3: das luzes ao sonho do doutor Frankenstein*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar.
- Burke, P. (2008). *O que é história cultural? rev. e ampl.* Rio de Janeiro: Jorge Zahar.
- Calado, J. (2015). *Haja Luz – Uma história da química através de tudo*. Lisboa: IST Press.
- Chamizo, J. A. (2017). The fifth chemical revolution: 1973–1999. *Foundations of Chemistry*, 19(2), 157-179. Recuperado de: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10698-017-9280-9>
- Daston, L. (2016). History of science without structure. In: Richards, R. J. Daston, L. (eds.) *Kuhn's' Structure of Scientific Revolutions' at Fifty: Reflections on a Science Classic*, Chicago: University of Chicago Press, 115-131.
- Filgueiras, C. A. L. (1995). A Revolução Química de Lavoisier: uma verdadeira revolução? *Química Nova*, 18(2), 219 – 224. Recuperado de: http://quimicanova.sbq.org.br/detalhe_artigo.asp?id=4819
- Gallego Badillo, R., Pérez Miranda, R., & Gallego Torres, A. P. (2015). Del modelo científico del flogisto al modelo de la oxidación. El concepto de frontera. *Educación Química*, 26(3), 242-249. Recuperado de: <https://dx.doi.org/10.1016/j.eq.2015.03.001>
- Gavroglu, K. (2007). *O passado das ciências como história*. Lisboa: Porto Editora.
- Ihde, A. (1970). *The Development of Modern Chemistry*. New York: Harper & Row.
- Klein, U. (2015). A Revolution that never happened. *Studies in History and Philosophy of Science - Part A*, 49, 80-90. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.shpsa.2014.11.003>
- Lavoisier, A. L., Bertholet C., Morveau L. B. G., & Fourcroy, A. F. Adet, P. A., Hassenfratz J. H. (1787). *Méthode de Nomenclature Chimique*, Paris: Chez Cuchet.
- Lavoisier, A. L. (2007). *Tratado Elementar de Química*. São Paulo: Madras.
- Leicester, H. M. (1971). *The Historical Background of Chemistry*. New York: Dover.
- McEvoy, J. G. (2010). *The Historiography of the Chemical Revolution: patterns of interpretation in the History of Science*. London: Pickering & Chatto.
- McGuire, J. E., & Tuchanska, B. (2013). Da ciência descontextualizada à ciência no contexto social e histórico. *Revista Brasileira de História da Ciência*, Rio de Janeiro, 6(2), 151-182. Recuperado de: www.sbhq.org.br/arquivo/download?ID_ARQUIVO=1097
- Mody, C. (2015). Scientific practice and science education. *Science Education*, 99(6), 1026-1032. Recuperado de: <https://doi.org/10.1002/sce.21190>
- Moura, C. B. & Guerra, A. (2016). História Cultural da Ciência: Um caminho possível para a discussão sobre as Práticas Científicas no Ensino de Ciências? *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 16(3), 725-748. Recuperado de: <https://seer.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/2859>
- Oki, M. C. M. (2004). Paradigmas, crises e revoluções: A História da Química na Perspectiva Kuhniana. *Química nova na Escola*, 20(1), p. 32-37. Recuperado de: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc20/v20a06.pdf>
- Pimentel, J. (2010). ¿ Qué es la historia cultural de la ciencia?. *Arbor*, 186(743), 417-424. Recuperado de: <https://doi.org/10.3989/arbor.2010.743n1206>
- Priestley, J. (1772) Observations on different kinds of air. *Philosophical Transactions*, 62, 147-264. Recuperado de <http://rstl.royalsocietypublishing.org/content/62/147.full.pdf+html>



- Priestley, J. (1794). *Heads of Lectures on a Course of Experimental Philosophy, Particularly Including Chemistry*, Delivered at the New College at Hackney. London: J. Johnson.
- Schofield, R. E. (2007). John Priestley. In: C. Benjamin (Ed.) *Dicionário de Biografias Científicas – Volume 3*. Rio de Janeiro: Contraponto, 2299-2308.
- Soares, L.C. (2007). *A Albion Revisitada – ciência, religião, ilustração e comercialização do lazer na Inglaterra do século XVIII*. Rio de Janeiro: 7letras / FAPERJ.