

A REVOLUÇÃO QUÍMICA DE LAVOSIER: UMA VERDADEIRA REVOLUÇÃO?

Carlos A. L. Filgueiras

Departamento de Química - UFMG - 31270-901 - Belo Horizonte - MG

Recebido em 4/5/94; aceito em 26/7/94

From 1989, when the bicentennial of publication of Lavoisier's "Traité Élémentaire de Chimie" was celebrated, until the present year, when the two-hundredth anniversary of the French chemist's death is being commemorated, much has been said and written on his life and oeuvre. The present work aims at discussing the theme of scientific revolutions in the light of several current models, applying the concepts to the chemical revolution of the late 18th century. Conceptual and historical aspects of the phenomenon are discussed, trying to relate it to other movements of similar magnitude within or without the scientific field.

Keywords: Lavoisier; chemical revolution.

A publicação em 1962 do livro de Thomas Kuhn *The Structure of Scientific Revolutions*¹ desencadeou uma verdadeira torrente de trabalhos versando sobre a natureza do progresso da ciência. A idéia de paradigmas que se opõem e se sucedem, inerente à obra de Kuhn, deitou por terra a noção de progresso científico gradual, cumulativo e constante, como sustentava George Sarton². Mais recentemente, no entanto, o conceito kuhniano de revoluções científicas em que novos paradigmas se sucedem, eliminando inexoravelmente os sistemas anteriores também tem sido amplamente questionado, e novas formulações têm enriquecido sobremaneira o debate³.

O conceito de revolução científica está arraigado e faz parte da linguagem corrente. Por isto é conveniente discuti-lo e, numa comunidade química, examinar sua aplicabilidade à chamada revolução química de Lavoisier, neste ano em que se comemora o bicentenário de morte do químico francês. O que é, no entanto, uma revolução científica e por que a expressão poderia ser aplicada à obra lavoisieriana?

O conceito de revolução tem variado ao longo da história. A palavra inexistia entre os autores clássicos, tendo surgido no latim tardio, como *revolutio*, significando um simples movimento de uma coisa de um lugar para outro⁴. Seu uso só se difundiu a partir do ocaso da Idade Média, quando vários autores italianos, como Maquiavel, usaram a palavra *rivoluzione* para indicar qualquer desordem política, como um sinônimo de tumulto⁴. Uma grande mudança ocorreu no século 16 quando Copérnico utilizou o termo no título de seu livro *Das Revoluções dos Orbes Celestes*, consagrando-o no sentido que ele ainda conserva em astronomia. Todavia, o século 16 também era uma época em que a astrologia gozava de grande prestígio; o desejo de associar os eventos celestes aos da terra não poderia deixar de trazer a palavra em sua acepção copernicana até a vida dos homens⁴. Neste sentido, por exemplo, a crença religiosa da segunda vinda de Cristo e a restauração da humanidade em seu estado de graça anterior à queda original adequava-se bem à acepção de recorrência da palavra revolução.

Neste mesmo tom, já no século 17, Thomas Hobbes deu sua definição clássica de revolução ao analisar os eventos da guerra civil inglesa, com a execução do rei Carlos I, o governo de Cromwell e a subsequente restauração da monarquia sob Carlos II. Assim escreveu Hobbes no *Behemoth: Eu vi nesta revolução um movimento circular do poder soberano passando por dois usurpadores, a partir do finado rei até seu filho. Pois [o poder] passou do rei Carlos I ao Longo Parlamento e em seguida à Cauda do Parlamento; desta última para Oliver*

*Cromwell, e de Richard Cromwell de volta à Cauda do Parlamento; daí ao Longo Parlamento, e deste para o rei Carlos II; possa ele mantê-lo por muito tempo*⁴.

Nas décadas seguintes as duas acepções da palavra revolução coexistiram nos escritos dos pensadores europeus, até à definição proposta por Diderot na Enciclopédia: *uma mudança considerável acontecida no governo de um estado*⁴. Este foi também o sentido que permeou desde então o uso do termo em sua aplicação às mudanças nas ciências naturais: um processo de rejeição ou ruptura de um sistema existente (ou paradigma, na fraseologia kuhniana) e sua substituição por outro, capaz de fazer avançar o conhecimento naquela dada ciência. Este processo pressupõe tanto um aspecto teórico, isto é, a construção de um arcabouço lógico consistente e consonante com a experiência e a observação, assim como sua aplicação a problemas práticos, conciliando teoria e dados empíricos.

É interessante comparar os fenômenos revolução científica e revolução social ou política. Os autores destas últimas têm plena consciência de serem revolucionários desde seu engajamento no processo, de planejarem desde o início um rompimento com o *status quo*; nas revoluções científicas, ao contrário, isto nem sempre ocorre. Planck, por exemplo, não se imaginava um revolucionário ao fundar a mecânica quântica no início do presente século. Evidentemente o mesmo não se poderia dizer de Lênin. No entanto, ambos foram revolucionários em grande escala.

O revolucionário político acredita no estabelecimento de uma nova ordem social e política diversa da anterior, e caminha conscientemente nesse sentido. Ao contrário, a consciência de estar implantando um novo sistema (ou paradigma) muitas vezes está ausente na formulação do mesmo pelos protagonistas das revoluções científicas, como no caso de Planck mencionado acima.

Tanto na área social como na científica ocorrem revoluções ou tentativas de revoluções que malogram ou são abortadas antes mesmo de se manifestar: no primeiro caso estão as revoluções de 1848 por toda a Europa ou a Inconfidência Mineira. Na área científica pode-se apontar a tentativa de Boyle em causar uma revolução que substituisse a alquimia moribunda por uma química moderna; malgrado todas as grandes realizações de Boyle, sua obra não teve a magnitude e a abrangência que alcançaria mais tarde Lavoisier. A química do flogisto ou a química de coordenação de Jørgensen⁵ também são exemplos de malogros em estabelecer com êxito novos paradigmas, embora tivessem tido uma voga relativa.

Os exemplos citados remetem-nos à consideração de que há revoluções de grande ou de menor monta. Assim se classificariam, respectivamente, as duas revoluções russas de 1917 e de 1905, bem como o estabelecimento da mecânica quântica com Planck e o desenvolvimento da espectroscopia a partir de Bunsen e Kirchhoff⁶. Este último caso foi notável como exemplo do que se poderia melhor chamar talvez de uma pré-revolução, pois expandiu consideravelmente o conhecimento da química ao possibilitar a descoberta de inúmeros elementos novos e sua análise espectroscópica. Esta levou à espetacular descoberta de um novo elemento, o hélio, no sol, em 1868, muitos anos antes que Ramsay o descobrisse na terra⁶. Todavia, por mais importantes que tenham sido os resultados da espectroscopia no século 19, ela não constituiu um novo paradigma, embora encerrasse muitos dos componentes essenciais à construção da revolução quântica que se seguiu. Com efeito, foi a espectroscopia atômica que levou à idéia, expressa primeiramente na equação de Balmer, de que existem certos estados discretos de energia nos átomos, e apenas esses, e que, conseqüentemente, as variações de energia nos átomos não são contínuas. Este é um aspecto fundamental da mecânica quântica. Todavia, o estudo da espectroscopia no século 19 era essencialmente empírico, faltando-lhe o importante componente teórico que caracteriza a mecânica quântica.

As grandes revoluções científicas trazem em seu bojo o germe de um componente ideológico de enormes conseqüências. Elas têm o potencial de extravasar do domínio meramente científico e afetar profundamente o homem. Assim, enquanto a chamada revolução copernicana retirou o homem do centro do universo, a revolução de Darwin fê-lo sentir-se não mais que uma das tantas espécies que habitam o planeta. A revolução freudiana abalou a arraigada noção de pecado e a possibilidade de reduzir todos os processos do cérebro humano a um caráter puramente racional.

No caso da revolução quântica (ou quântico - relativística), uma conseqüência importante diz respeito à confiança nos próprios paradigmas científicos. O abalo sofrido pelo grande e aparentemente indestrutível edifício da física newtoniana gerou uma semente de dúvida a partir da qual mesmo as teorias mais bem estruturadas e supostamente inexpugnáveis passam a não mais ter qualquer caráter de verdade acabada, mas sim de que representam a percepção da natureza nas circunstâncias e na época em que a teoria foi formulada.

Cohen⁷ considera a necessidade de dois critérios para chamar um fenômeno de revolução científica: um critério externo (houve uma mudança) e outro interno (o grau de profundidade dessa mudança). O mesmo autor salienta uma grande diferença entre a revolução de Lavoisier e a copernicana (que na realidade foi mais kepleriana e galileana).

A revolução de Lavoisier foi a primeira na história a ser assim percebida e proclamada por seu protagonista principal e por seus contemporâneos, ao passo que a copernicana só veio a ser reconhecida como tal bastante tempo após ocorrer.

Lavoisier escreveu em suas notas de laboratório de 20 de fevereiro de 1773⁸, a propósito de seus trabalhos na química dos gases: *a importância do tema me obrigou a voltar a este trabalho que, no meu entender, está fadado a provocar uma revolução no terreno da física e da química*⁹. Esta intuição prematura de uma verdadeira revolução que se avizinhava foi mais tarde reafirmada em carta de 1791 a Chaptal, portanto quase duas décadas após a observação inicial: *todos os cientistas jovens adotam a nova teoria e daí eu concluo que a revolução na química está realizada*⁹. No ano anterior, em carta a Benjamin Franklin, ele havia escrito: *Ocorreu uma revolução numa parte importante do conhecimento humano após sua saída da Europa (...) Eu considerarei esta revolução como tendo progredido consideravelmente e mesmo completamente realizada se o senhor se posicionar ao nosso lado*. O trecho seguinte o leva da revolução científica à revolução política em

curso havia um ano: *após tê-lo posto a par do que está acontecendo na química, seria interessante falar de nossa revolução política. Nós a consideramos como executada e sem qualquer possibilidade de retorno à velha ordem*⁷.

Contemporaneamente à revolução química de Lavoisier, desenrolava-se na Grã-Bretanha a chamada revolução industrial. Todavia, o termo revolução só viria a ser consagrado para descrever este fenômeno no século seguinte, notadamente por Engels e por Marx¹⁰. Nem mesmo Adam Smith, o teórico da revolução industrial, que publicou *A Riqueza das Nações* em 1776, chegou a usar a expressão. Isto torna ainda mais notável a presciência de Lavoisier em sua anotação de 1773 e na certeza que o acompanhou ao longo dos anos em estar criando uma nova química. Há uma diferença de qualidade entre esta postura de Lavoisier e a proclamação de vários filósofos do século 17, como Bacon, em torno da necessidade de desenvolver a ciência de modo a torná-la a preocupação maior da mente humana. Lavoisier foi muito além: ele observou e experimentou, separou as variáveis, e construiu racionalmente a nova ciência química usando essencialmente o mesmo método que se emprega hoje: uma combinação de indução com dedução e experimentação rigorosa.

Há quem afirme que, na realidade, Lavoisier não encabeçou uma revolução, mas sim o processo de criação de uma nova ciência, pois aquilo que o precedera não seria química no sentido moderno do termo¹¹. Ao contrário, a criação da física newtoniana um século antes teria sido uma verdadeira revolução, pois havia previamente uma ciência física reconhecida como tal mesmo no sentido moderno.

Esta é uma posição exagerada que ecoa os panegíricos de Charles-Adolphe Wurtz a Lavoisier em 1869: *A química é uma ciência francesa. Ela foi constituída por Lavoisier de imortal memória*¹². Como ressalta Crosland, *a química existia bem antes de Lavoisier. Ela possuía mesmo em meados do século 18 várias teorias, o que mostra que ela podia já pretender ser uma ciência. Uma dessas teorias era a das afinidades químicas que, de uma certa maneira, lembrava as leis newtonianas de atração entre dois corpos do sistema solar e entre as partículas de matéria ordinária*¹². Várias outras teorias poderiam ser também aduzidas, sem que se esqueça que por muitos séculos havia vigorado o paradigma alquímico que, embora diferindo fundamentalmente da química por basear-se na crença na transmutação elementar, tinha sido a doutrina corrente que tratava dos fenômenos químicos.

Qual foi então a importância da obra de Lavoisier e em que consistiu ela? O termo "revolução" será adequado para descrevê-la? Em primeiro lugar, Lavoisier não foi um descobridor de novas substâncias, o que às vezes surpreende muitas pessoas. Ele foi o grande sistematizador e quantificador da ciência química. Como bem resumiu Frederic L. Holmes, seu trabalho científico englobou *a substituição de um sistema químico por outro baseado numa nova teoria geral da combustão; um novo método de análise química baseada na convicção de que nada é ganho ou perdido numa operação química; uma nova definição de acidez; uma definição pragmática de um elemento químico e novos princípios de composição química; a calorimetria e os fundamentos de uma futura físico-química; o delineamento de uma futura química orgânica; uma teoria da respiração e um entendimento do efeito das plantas sobre a atmosfera; uma teoria da fermentação incluindo a equação química prototípica*¹³. Seu trabalho com a química dos gases levou à derrocada da teoria do flogisto e ao estabelecimento da química moderna. O flogisto era um conceito desenvolvido por Stahl por volta de 1700 e largamente aceito pelos químicos do século 18. De acordo com esse ponto de vista o flogisto seria o princípio da combustibilidade: toda vez que uma substância arde, ela perde flogisto. Assim um metal contém flogisto e sua cal (o produto da combustão, que hoje chamamos de óxido) seria o metal desprovido de flogisto. O

carvão seria riquíssimo em flogisto, pois queima facilmente deixando pouco resíduo. Além disso, o carvão tem o poder de, quando aquecido com uma cal, regenerar o metal original, devolvendo à cal o flogisto perdido na combustão. Isto é o que chamaríamos hoje de redução de um óxido. A teoria teve enorme sucesso porque foi a primeira teoria química capaz de explicar satisfatoriamente um grande número de reações. No entanto havia uma grande dificuldade: quando o carvão queima, seu resíduo pesa menos que o material original; quando um metal passa a cal o oposto acontece. Então, a perda de flogisto, uma substância material, às vezes fazia diminuir e outras vezes aumentar a massa da substância original. Mesmo considerando qualquer confusão entre os conceitos de massa e peso, a situação era de conciliação difícil: como explicar que um mesmo material teria ora massa (ou peso) positiva, ora negativa? Todavia esta pergunta parecia irrelevante para muitos dos químicos da época, como argumentou Richard Watson em seus *Chemical Essays* de 1781: *Certamente os senhores não esperam que a química seja capaz de apresentar-lhes um punhado de flogisto separado de um corpo inflamável; isto seria tão razoável como pedir um punhado de magnetismo, eletricidade ou gravidade extraído de um corpo magnético, elétrico ou pesado; existem poderes na natureza que não podem absolutamente tornar-se objetos dos sentidos, a não ser pelos efeitos que eles produzem, e o flogisto é deste tipo*¹⁴. A questão girava então em torno de o flogisto ser corpóreo ou incorpóreo.

A insistência de Lavoisier no uso de balanças sensibílimas e em medidas quantitativas rigorosas acabou por levá-lo à conclusão de que a teoria do flogisto estava equivocada: quando um corpo arde ocorre sempre a incorporação de alguma coisa a ele, o que Lavoisier viria mais tarde a chamar de oxigênio. A massa de todos os componentes (sólidos, líquidos e gasosos) após a combustão de um corpo é sempre maior que a massa do corpo antes de arder. Assim assinala McKie no prefácio à edição Dover do *Traité Élémentaire de Chimie* de Lavoisier: *Como Boyle em seu "Químico Céptico" de 1661, ele (Lavoisier) criticou destrutivamente a teoria química corrente; mas, contrariamente a Boyle, pôs em seu lugar uma teoria melhor*¹⁵.

Vale a pena parar um momento e tentar entender como se terá dado o processo de mudança conceitual encabeçado por Lavoisier. O livro recente de Paul Thagard, *Conceptual Revolutions*, é extremamente valioso neste sentido³. Ao descrever reações químicas por meio do sistema atual de equações, usando-se os conceitos de Stahl (flogisto) e de Lavoisier (oxigênio), pode-se bem aquilatar a diferença conceitual entre os dois. Assim se descrevem os processos de calcinação de um metal (I) ou da combustão do hidrogênio (II):

I) Stahl: metal → cal + flogisto (metal = composto)
Lavoisier: metal + oxigênio → cal (metal = elemento)

II) Stahl: ar inflamável → água + flogisto (ar inflamável = composto)
Lavoisier: hidrogênio + oxigênio → água (hidrogênio = elemento)

Evidentemente, o hidrogênio de Lavoisier é o mesmo ar inflamável dos adeptos da teoria do flogisto.

Vê-se, pelos exemplos acima, o enorme fosso conceitual que separa os dois sistemas, envolvendo a noção de substâncias elementares e compostas. Uma mudança conceitual seria, na linguagem de Kuhn, uma mudança de paradigma. Esta mudança consistiria, como diz Thagard, em olhar o cubo da Fig. 1 e ver inicialmente o quadrado ABCD como sendo a face anterior, para depois passar a ver o quadrado EFGH na frente e ABCD atrás.

O próprio Lavoisier levou anos para passar pela mudança conceitual, como já foi minuciosamente descrito por Lucia Tosi em *Química Nova*¹⁶.

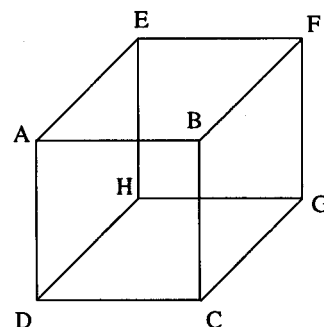
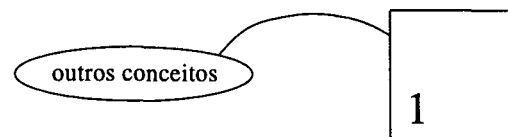


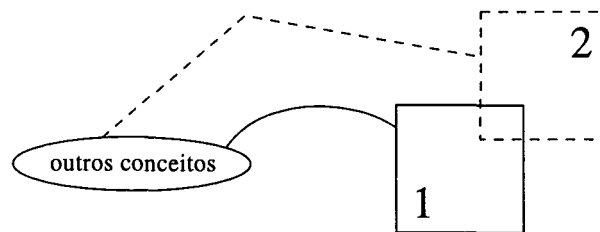
Figura 1. No cubo, tanto ABCD ou EFGH podem ser consideradas como a face anterior.

Como se dá, todavia a substituição de um conceito por outro? Para Kuhn a ruptura é total. Thagard, por outro lado, sugere uma rota alternativa, exemplificada pelo esquema descrito pela Fig. 2:

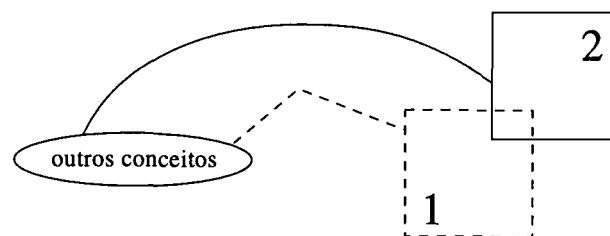
- representa o sistema conceitual antigo (1), com ligações com outros conceitos;
- representa a formação parcial do sistema novo (2), também ligado a outros conceitos, assim como (1). Embora Priestley e Lavoisier divergissem quanto aos sistemas do flogisto versus oxigênio, ambos compartilhavam muitos outros conceitos químicos;
- representa o novo sistema (2) plenamente desenvolvido e ocupando a posição frontal, enquanto o sistema (1) tende a desaparecer na retaguarda.



(a) rede conceitual antiga



(b) nova rede conceitual em construção



(c) nova rede conceitual suplantando a rede antiga

Figura 2. A mudança conceitual: uma nova rede é construída e suplanta a antiga.

A questão importante aqui é: o que faz o sistema (2) vir para a frente e ocupar o lugar de (1)? Uma das hipóteses é que os sistemas possuem regras, as quais têm "forças" que variam no tempo dependendo do grau com que elas contribuem para o desempenho do sistema. Então o sistema (1), do flogisto, tem regras que competem em força com aquelas do sistema (2), do oxigênio. A força das regras do sistema (2) é maior que aquela das regras do sistema (1). Conseqüentemente, o sistema (2) é capaz de explicar e prever um número maior de fenômenos e resolver problemas não resolvíveis no sistema anterior. É interessante notar que o gás oxigênio era para Lavoisier composto do *princípio oxigênio* e do *calórico*, este último o elemento do fogo e do calor¹⁶. Embora a ciência posterior viesse a modificar esse conceito, a interpretação lavoisieriana da combustão poderia admitir essa mudança sem necessitar uma alteração conceitual tão drástica e revolucionária como no abandono da teoria flogística. Deve-se salientar aqui que uma crítica que freqüentemente se lê a respeito da teoria do flogisto, de que este princípio tivesse massa zero ou mesmo negativa, quase não se fazia ao imponderável calórico de Lavoisier. Priestley bem o notou em 1796¹⁷. Considerações desta natureza conduzem ao conceito de coerência do sistema conceitual. Não só a força das regras teria importância no processo em que um sistema sobrepuja o outro. A coerência do sistema de Lavoisier levava a uma abrangência de explicações muito mais ampla que aquela do sistema flogístico. Isto permitiria relevar no conjunto a presença de algumas regras de pouca força.

Lavoisier não foi o descobridor do famoso princípio que leva o seu nome: havia muito que os químicos trabalhavam com a suposição implícita da conservação da matéria. Lavoisier foi, porém, aquele que o explicitou de maneira clara e inequívoca, em seu *Traité* de 1789: *podemos estabelecer como um axioma que, em todas as operações da arte e da natureza nada se cria; uma quantidade igual de matéria existe antes e depois do experimento; a qualidade e a quantidade dos elementos permanecem precisamente as mesmas; e nada ocorre além de variações e modificações na combinação dos elementos. Deste princípio depende toda a arte de executar experimentos químicos: devemos sempre supor uma igualdade exata entre os elementos do corpo examinado e aqueles dos produtos de sua análise*¹⁸.

O que era exatamente que se conservava numa transformação química? Evidentemente aquilo que se poderia medir nas balanças precisas que Lavoisier fez construir, mas também o calor, representado pelo calórico, uma substância sem massa, mas mensurável nas transformações químicas. Neste ponto Lavoisier divergia de Newton, para quem o calor não era material, mas simplesmente um movimento vibratório das partículas de um corpo¹⁹. Neste aspecto o desenvolvimento subsequente da ciência viria a dar razão a Newton.

A grande ênfase lavoisieriana na importância da análise química rigorosa levou mesmo Berthelot a escrever que Lavoisier considerava a química como a ciência por excelência da análise²⁰. Assim, a síntese seria apenas uma comprovação dos resultados analíticos. A obra de Lavoisier é por demais extensa para ser descrita aqui. Recomenda-se ao leitor interessado consultar o excelente artigo já citado de Lucia Tosi, em que a autora faz uma análise pormenorizada da vida e da obra do grande químico¹⁶.

É importante ressaltar, porém, a dívida de Lavoisier para com o importante e pioneiro trabalho da escola inglesa no campo da química dos gases. De fato, a revolução de Lavoisier deve muitíssimo a essa escola, e a seus predecessores no continente, no que diz respeito aos estudos dos gases, do calor e das afinidades químicas.

Os trabalhos de Hales, Black, Cavendish e Priestley vieram mostrar que os gases são tão materiais como os líquidos e sólidos, diferindo dos chamados incorpóreos, como calor, luz gravidade ou éter. A famosa experiência de Priestley, hoje corriqueira para qualquer iniciante em química, de fazer encontrar ao

longo de um tubo de vidro dois gases, o cloreto de hidrogênio e a amônia, e verificar a formação de um sólido branco, o cloreto de amônio, marcou época. Tinha sido definitivamente demonstrado que não existe qualquer diferença fundamental no comportamento químico de gases em comparação com líquidos ou sólidos²¹.

O trabalho de Lavoisier mostrando pela primeira vez a composição do ar atmosférico e da água foi fundamental na sistematização que ele veio a fazer de toda a química, e que foi descrita no *Traité*. Antes, porém, foi necessária uma outra sistematização, a da nomenclatura química, que até então se apresentava num estado de completo caos. Assim é que em 1787 veio à luz o *Méthode de Nomenclature Chimique*, de autoria de Guyton de Morveau, Lavoisier, Berthollet e Fourcroy²². O livro abre com a memória lida por Lavoisier em 18 de abril de 1787 na Academia Real das Ciências. Nessa memória ele afirma que *será necessário rejeitar a nomenclatura ou seguir irresistivelmente a rota que ela terá marcado*. E mais adiante: *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 devia operar-se*²³.

A introdução da nova nomenclatura revela uma sagacidade notável de Lavoisier e seus colaboradores. Nessa obra ele sistematiza a linguagem química e usa os termos por ele inventados de hidrogênio, oxigênio, etc. Ora, quem aceitasse esses termos estaria aceitando, *ipso facto*, a teoria de Lavoisier da composição da água, dos ácidos, do ar, etc. A nomenclatura tinha assim um conteúdo ideológico importantíssimo e, como tal, foi o carro-chefe da revolução lavoisieriana, dois anos antes da publicação do *Traité*, sua obra principal²⁴. Este aspecto foi prontamente notado pelo arguto Cavendish, para quem qualquer nomenclatura sistemática seria imprópria, porque apareceriam tantas nomenclaturas quantas fossem as teorias da química²⁵. O formato utilizado para estabelecer a nova nomenclatura química, que em grande parte é a nomenclatura ainda hoje usada, revela o poder de sistematização de Lavoisier. Sintomaticamente ele utilizou um sistema análogo ao de Lineu na botânica: a classificação em família, gênero e espécie poderia ser comparada na sequência ácido (família), ácido de enxofre (gênero) e ácido sulfúrico (espécie).

Como um cientista prático, Lavoisier não quis especular sobre aquilo que a ciência de seu tempo ainda não permitia tratar, como os átomos. A este respeito, eis o que ele tem a dizer no *Traité*: *deste modo, à medida que a química avança em direção à perfeição, dividindo e subdividindo, é impossível dizer onde ela terminará; e estas coisas que nós no presente julgamos simples poderão logo ser demonstradas não o serem. Tudo o que nós ousamos afirmar de qualquer substância é que ela deve ser considerada como simples no estado presente de nosso conhecimento, e até o ponto em que a análise química foi capaz de mostrar até agora*²⁶.

A publicação do *Traité Élémentaire de Chimie* em 1789 teve um êxito extraordinário. Basta notar que entre 1789 e 1805 apareceram 23 edições integrais da obra em 7 países, sendo 7 edições apenas na França. Além dessas houve mais 3 edições parciais, uma delas no Novo Mundo, mais precisamente no México, em 1797²⁷.

Na edição inglesa, publicada em 1790, o tradutor Robert Kerr alude, logo no início de seu prefácio, *à grande revolução que, na opinião de muitos químicos excelentes, ele efetuou na teoria química (...)*²⁸.

Nem todos porém converteram-se à nova química de Lavoisier. O caso mais conhecido, já mencionado, é o de Priestley, que continuou como o último adepto da teoria do flogisto até sua morte em 1804.

Nos manuscritos de Lavoisier existentes nos Arquivos da Academia das Ciências de Paris, vê-se que Lavoisier imaginava

seu programa de trabalho como uma reconstrução da química²⁹. Seu colega Fourcroy aponta como ponto de partida da revolução química a doutrina pneumática, levando-o, em consequência, a descrever corretamente o processo como um empreendimento coletivo, e não o fruto do trabalho de um único grande homem. Já Chaptal, que além de químico viria também a ser ministro de estado e industrial, apresenta uma visão bastante diversa. Para ele o nascimento da química moderna surgiu de dois fatores principais em ação na França setecentista: o entusiasmo pela química despertado na sociedade em conferências públicas dadas por expositores brilhantes, e o papel do governo exercendo o que hoje chamaríamos de ação de fomento. Chaptal foi por vezes meticuloso ao extremo em suas críticas a Lavoisier; deve-se a ele a criação do termo *nitrogênio*, em substituição ao nome *azoto*, inventado por Lavoisier e considerado por Chaptal impróprio e em desacordo com a nova nomenclatura²⁹.

Um dos críticos contemporâneos mais importantes de Lavoisier foi Georg Christoph Lichtenberg, professor de matemática e física em Göttingen. Sua crítica não se baseava, como a de Priestley, numa aderência à velha teoria do flogisto, de que ele discordava, mas sim naquilo que ele chamava de *desordem francesa* introduzida na química. Lichtenberg não concordava que a natureza apresentasse uma proliferação tão grande de elementos como a química de Lavoisier fazia crer. Para ele, a situação era análoga à proliferação de epíctos que infestara a astronomia ptolemaica. Assim escreveu ele que *se a química não tiver logo o seu Kepler ela será sufocada pelo imenso número de epíctos*³⁰. Sua ânsia pela simplicidade era também entremeada de um certo antigalicismo: *a França não é o país de onde nós estejamos acostumados a esperar princípios científicos duradouros. Onde está a física cartesiana agora, que foi tão valorosamente defendida pelos Bernoullis?*³⁰.

Lichtenberg teve um papel importante como um precursor de Thomas Kuhn. Ele chegou a desenvolver até mesmo um esquema de paradigmas, embora num sentido diferente daquele de Kuhn. Seus paradigmas seriam mais como os paradigmas gramaticais, partes da ciência, assim como estes são partes da língua. No entanto ele às vezes tem um sabor kuhniano quando escreve: *de um catolicismo melhorado de acordo com as suas regras fundamentais, jamais poderia surgir o protestantismo, nem a filosofia kantiana de uma filosofia popular esmerada. De uma física cartesiana gradualmente aperfeiçoada nunca se poderia desenvolver a verdadeira física newtoniana. Os maiores matemáticos viraram e dobraram os vórtices para fazê-los funcionar. Mas não adiantou, pois estes vórtices tiveram que ser empurrados enquanto a gravidade universal ascendia ao trono e agora reina da Via Láctea ao Sol, e reinará até o final dos tempos*³¹.

Um crítico acerbo de Lavoisier e pouco conhecido como tal foi Auguste Comte. Para ele, o verdadeiro autor da revolução química tinha sido Berthollet, e não Lavoisier. Esta é uma opinião surpreendente de encontrar no fundador do positivismo, uma vez que Berthollet foi o principal opositor da lei das proporções definidas de Proust, e o grande advogado das idéias de afinidade química, estas constituindo o que poderia ser chamado um conceito metafísico, e a lei aludida um conhecimento positivo, de acordo com a evolução comteana do conhecimento segundo os graus teológico, metafísico e positivo.

Comte havia estudado química na Escola Politécnica com Thénard, grande admirador de Berthollet. O livro deste último, *Essai de Statique Chimique* calou fundo no espírito do filósofo por sua insistência na redução da química a leis gerais de caráter preditivo. A lei de partição de Berthollet representava para Comte um princípio fundamental, perto do qual o trabalho de Lavoisier na combustão era completamente secundário³². Pela lei de partição, quando um ácido, por exemplo, fosse adicionado a um sal neutro, a base presente se combinaria com os dois ácidos em proporção a suas respectivas quantidades.

Este poder de predição e quantificação das reações químicas era de importância capital segundo Comte. Na verdade, os conhecimentos de química de Comte eram bastante limitados. Muito influiu em sua admiração por Berthollet o fato de este dizer na *Statique Chimique* que a afinidade química era análoga à atração gravitacional, a teoria científica por excelência para Comte. Berthollet era também um antivitalista, para quem não havia qualquer diferença entre química *in vitro* ou *in vivo*, o que para Comte era evidência de um espírito positivo, despojado de idéias teológicas ou metafísicas. Além disso, o livro de Berthollet delineava a evolução da química a partir da alquimia, o que caía como uma luva na concepção comteana da evolução do espírito humano tal como enunciada em sua lei dos três estados³².

O equívoco da apreciação da revolução de Lavoisier pelo fundador do positivismo não teve grandes seguidores entre os pensadores do século 19. Já no prefácio do segundo volume de *O Capital* de Marx, escrevia Engels, em 1884: *Priestley e Scheele haviam produzido oxigênio sem saber o que tinham nas mãos. Eles permaneceram prisioneiros das categorias flogísticas que herdaram. O elemento que estava destinado a refutar todos os pontos de vista flogísticos e a revolucionar a química permanecia estéril em suas mãos. Mas Priestley havia comunicado seu achado a Lavoisier em Paris, e Lavoisier, por meio desta descoberta, analisou toda a química flogística (...) Assim ele foi o primeiro a pôr toda a química de pé, que em sua forma flogística tinha estado de cabeça para baixo. E embora ele não tivesse produzido oxigênio simultânea e independentemente dos outros dois, como mais tarde sustentou, ele, não obstante, é o descobridor real do oxigênio com respeito aos outros que apenas o tinham produzido sem saber o que tinham. Marx permanece na mesma relação quanto a seus predecessores na teoria da mais-valia como Lavoisier esteve em relação a Priestley e Scheele*³³.

Ao final do século 19 surgiu a muito citada obra de Berthelot, *La Révolution Chimique - Lavoisier*⁸. Berthelot era então secretário perpétuo da Academia das Ciências de Paris, e trabalhou com o intuito de resgatar de vez a memória do ilustre químico, cuja morte infamante jamais tinha sido desagravada desde 1794 por seus colegas e sucessores na Academia. É justamente Berthelot quem vem dar à luz as notas de laboratório de Lavoisier defendendo não só o caráter revolucionário de sua obra científica, mas também a plena consciência desse caráter que o acompanhou em toda a sua trajetória profissional.

AGRADECIMENTOS

O autor agradece ao Prof. Luiz Otávio F. Amaral as várias e frutíferas discussões travadas ao longo da redação deste ensaio.

REFERÊNCIAS

1. Kuhn, T. S.; *The Structure of Scientific Revolutions*, 2nd Edition, enlarged, The University of Chicago Press, Chicago (1970).
2. Cohen, I. B.; *Revolution in Science*, Harvard University Press, Cambridge, (1985), p. 22.
3. Thagard, P.; *Conceptual Revolutions*, Princeton University Press, Princeton, (1992).
4. Gilbert, F.; *Revolution*, em *Dictionary of the History of Ideas*, 5 volumes, Charles Scribners Sons, N. York, (1973), Vol. 4, pp. 152-167.
5. Kauffmann, G. B.; *Sophus Mads Jørgensen*; *J. Chem. Educ.*, (1959), 36, 521.
6. Pearson, T. H.; Ihde, A. J.; *Chemistry and the Spectrum Before Bunsen and Kirchhoff*; *J. Chem. Educ.* (1951), 28, 267; Ihde, A. J., *The Development of Modern Chemistry*, Harper & Row, N. York, (1964), pp. 369-374.
7. Ref. 2, p. 8.

8. Berthelot, M.; *Una Revolución en la Química - Lavoisier*, Editorial Losada, Buenos Aires, (1942), p. 54. Esta é uma tradução por Apugliese, M., do livro publicado originalmente em francês em 1890.
9. Ref. 2, p. 230: em sua transcrição das notas de Lavoisier, Berthelot se enganou quanto ao ano, que foi 1773, e não 1772.
10. Iglesias, F.; *A Revolução Industrial*, Editora Brasiliense, S. Paulo, (1981), pp. 16-17.
11. Hankins, T. L., *Science and the Enlightenment*, Cambridge University Press, Cambridge, (1985), p. 81.
12. Crosland, M.; *Lavoisier, Le Mal-aimé; La Recherche*, (1983), **14**, 785.
13. Holmes, F. L.; *Lavoisier's Conceptual Passage*, Osiris, (1988), 4 (second series), 82.
14. Toulmin, S. e Goodfield, J.; *The Architecture of Matter*, The University of Chicago Press, Chicago, (1982), p. 214.
15. McKie, D.; Introdução à Edição Dover do *Traité Élémentaire de Chimie*, de Lavoisier, traduzido como *Elements of Chemistry*, Dover, N. York, (1965), p. XXIV.
16. Tosi, L.; *Lavoisier: Uma Revolução na Química; Quím. Nova*, (1989), **12**, 33.
17. Ref. 3, p. 59.
18. Lavoisier, A. L.; *Elements of Chemistry*, Dover, N. York, (1965), pp. 130-131.
19. Ref. 14, p. 211.
20. Ref. 8, pp. 137, 141.
21. Hartley, H.; *Studies in the History of Chemistry*, Clarendon Press, Oxford, (1971), p. 8.
22. Guyton de Morveau, L. B., Lavoisier, A. L., Berthollet, C. L.; de Fourcroy, A. F.; *Méthode de Nomenclature Chimique*, 1787, edição facsimilar, American Chemical Society, Washington, (1987).
23. Ref. 22, pp. 12, 16.
24. Christie, J. R. R.; Golinski, J. V.; *The Spreading of the Word: New Directions in the Historiography of Chemistry 1600-1800; Hist. Sci.*, (1982), **20**, 236.
25. Crosland, M. P.; *Historical Studies in the Language of Chemistry*, Dover, N. York, (1978), p. 196.
26. Ref. 18, p. 177.
27. Ref. 15, p. XXV, XXVII.
28. Ref. 18, p. V.
29. Bensaude-Vincent, B.; *A View of the Chemical Revolution through Contemporary Textbooks: Lavoisier, Fourcroy and Chaptal; Brit. J. Hist. Sci.*, (1990), **23**, 435.
30. Ref. 2, p. 517.
31. Ref. 2, p. 518-519.
32. Crosland, M.; *Comte and Berthollet - a Philosopher's View of Chemistry*, XII^{ème} Congrès International d'Histoire des Sciences, Paris, 1968, Actes, Tome VI, Albert Blanchard, Paris, (1971), pp. 23-27.
33. Ref. 2, p. 516.