

DESCRIÇÃO DO PROGRAMA

O programa tem seiscentos comandos Fortran⁴, onze subrotinas e extensão total de 30 k bytes. Utiliza a técnica de provocar as respectivas extinções sistemáticas para cada elemento de simetria translacional adicionado no arquivo.

CONCLUSÃO

O estudante aprenderá a utilizar o simulador numa sequência auto instrutiva e a cada oportunidade conveniente poderá interromper a operação. O problema original pode ser reiniciado com os mesmos dados originais. A título de curiosidade incluíram-se também os elementos de simetria existentes em outros sistemas cristalinos.

A listagem do programa com exemplo de arquivo de entrada será enviada à pessoa interessada ou gravado em disquete de 5 e 1/4 fornecido pelo solicitante.

AGRADECIMENTO

O autor agradece ao PNUD pelo financiamento, projeto BRA 82/23.

Os agradecimentos são extensivos também ao pessoal do CPD-UFV pela assistência fornecida.

BIBLIOGRAFIA

- ¹ Stout, H.G.; Jensen, L.H.; "X-ray Structure Determination", The Macmillan Company, London (1972).
- ² Buerger, M.J.; "The Precession Method in X-ray Crystallography", John Wiley and Sons Inc., New York (1964).
- ³ Betejtin, A.; "Curso de Mineralogia", Mir, Moscou (1977).
- ⁴ Hehl, M.R.; "Sistema de Programação Fortran IV G-H", Mc. Graw-Hill do Brasil, São Paulo (1979).

HISTÓRIA DA QUÍMICA

LAVOISIER: UMA REVOLUÇÃO NA QUÍMICA

Lúcia Tosi

Departamento de Química - U.F.M.G.; 30161 - Belo Horizonte (MG)

(Recebido em 4/8/88)

ABSTRACT

Our aim, in writing this essay, is to emphasize Lavoisier's major role in the emergence of a new paradigm in chemistry, as a contribution to the bicentennial celebration of his *Traité Élémentaire de Chimie* in March 1989. A succinct biography is presented followed by a description of his most significant work, focusing his awareness about the confusion inherent to the phlogiston theory and the elaboration of his conceptual approach on combustion. Starting from his experiment on the nature of water we follow the course of Lavoisier's work and thought through his research on the combustion of phosphorus and sulphur, the reduction of calces to metal, the discovery of oxygen, and the numerous experiments on the synthesis and decomposition of water. Other aspects of Lavoisier's scientific endeavour related to the theory of combustion are mentioned, namely his work on calorimetry and respiration, on elemental analysis of organic matter as well as his theories on acids and caloric. The major contribution of the *Traité Élémentaire de Chimie* to define the problems and methods of chemistry and to lay the foundations of its practice is expounded. The paper closes with the description of Lavoisier's last years, his battle to save the Académie des Sciences, and his condemnation to death as a *fermier général*.

RESUMO

Este ensaio é uma homenagem à memória de Lavoisier na ocasião do segundo centenário da publicação de seu *Traité Élémentaire de Chimie* em março de 1989. O nosso objetivo é o de salientar a sua contribuição fundamental no surgimento de um novo paradigma na química. O ensaio começa com uma biografia sucinta, seguida pela descrição de suas contribuições mas significativas dando relevância à sua percepção das dificuldades da teoria do flogisto e mostrando a formação do seu esquema conceitual sobre a combustão. Começando com sua experiência sobre a natureza da água acompanhamos o seu trabalho experimental e o seu pensamento através das suas pesquisas sobre a combustão do fósforo e do enxofre, a redução das calces ao metal, a descoberta do oxigênio e as numerosas experiências sobre a síntese e decomposição da água. Mencionamos, também, os outros trabalhos de Lavoisier relacionados com a teoria da combustão: calorimetria e respiração, análise elementar de substâncias orgânicas e as suas teorias sobre os ácidos e o calórico. Além disso, mostramos a importante função do *Traité* ao estabelecer os fundamentos da química e ao definir a sua metodologia. O artigo termina com uma descrição dos últimos anos da vida de Lavoisier, sua defesa da

Academia e a sua condenação a morte como membro da "ferme générale".

A França se prepara para comemorar, no próximo ano*, o segundo centenário da Revolução Francesa, processo longo e muito dramático que começou em 14 de julho de 1789 e acabou com o golpe do 18 Brumário do ano VII (09 de novembro de 1799), com o qual Napoleão obteve plenos poderes. A burguesia afastava assim a ameaça de anarquia e consolidava a sua força. A transformação social que essa revolução provocou foi a mais violenta, a mais profunda de quantas ocorreram até então. Acabou com a hegemonia da aristocracia e elevou ao poder uma nova classe, a burguesia, cujo ímpeto revolucionário e cujos valores culturais marcariam profundamente a sociedade européia em seu conjunto. A violência do choque social foi extraordinária e a luta pelo poder entre grupos rivais, que defendiam concepções conflitantes, teve como consequência a instauração do *Terror*, período durante o qual muitas pessoas foram condenadas à guilhotina, sob a acusação de serem contra-revolucionárias e de pactuar com as potências estrangeiras.

Foi também nesse ano de 1789 que, no mês de março, apareceu a primeira edição do *Traité Élémentaire de Chimie*, de Lavoisier. No dizer de Thomas Kuhn esse livro, como a *Física* de Aristóteles, o *Almagesto* de Ptolomeu, os *Principia* e a *Ótica* de Newton, a *Eletricidade* de Franklin e a *Geologia* de Lyell, serviria, por muito tempo, para definir implicitamente os problemas e métodos legítimos de um campo de investigação para as gerações sucessivas de pesquisadores. Se o *Traité Élémentaire de Chimie* pôde desempenhar esse papel durante muito tempo foi por duas razões essenciais: "o seu empreendimento era suficientemente inaudito para atrair um grupo duradouro de adeptos e afastá-los de outras formas concorrentes de atividade científica. Simultaneamente, esse empreendimento era suficientemente aberto para deixar todo tipo de problema para ser resolvido pelo grupo redefinido de praticantes".¹ Ambas características definem o que Kuhn chama de *paradigma*, com base no qual se desenvolve a ciência normal. Toda vez que tem lugar uma revolução na ciência, há uma mudança de *paradigma*.

O *Traité Élémentaire de Chimie* representava na verdade, a conclusão, o fim de um empreendimento que Lavoisier realizara de maneira sistemática e persistente durante mais de quinze anos e que provocaria, como ele previra, uma verdadeira revolução na química.

BIOGRAFIA DE LAVOISIER

Antoine Laurent Lavoisier nasceu na segunda-feira, dia 26 de agosto de 1743, em Paris. Seu pai, Jean Antoine, advogado, era procurador no Parlamento dessa cidade; sua mãe, Emilie Punctis, faleceu quando Lavoisier contava 5 anos. Tinha uma irmã, dois anos mais jovem do que ele, que morreu com 15 anos. Na morte da mãe, seu pai foi viver com a sogra, Mme. Punctis e a tia materna, Constance, que proporcionaram ao jovem Lavoisier carinhos e cuidados durante a infância e a adolescência.

* O presente artigo foi escrito em 1988 (Nota dos Editores).

Tanto a mãe como o pai pertenciam a famílias de posses, de *grands bourgeois*, particularmente a primeira, que era muito rica, de forma que Lavoisier recebeu além de afeto, uma educação esmerada. Estudou no College Mazarin, famoso na época e, depois de finalizar brilhantemente seus estudos nessa instituição, entrou na universidade licenciando-se em direito em 1764.

Durante a sua vida universitária demonstrou, sobretudo, interesse pelas ciências, seguindo cursos de professores renomados: o botânico Bernard de Jussieu (1699-1777), o matemático Nicholas Louis de Lacleille (1713-1762), o químico Guillaume François Rouelle (1703-1770) e o geólogo Jean-Etienne Guettard (1715-1786), este último considerado um dos fundadores da geologia moderna. Outra figura relevante dessa época, que contribuiu notavelmente à sua formação, foi Etienne Bonnot de Marly de Condillac (1715-1780) cujos princípios de lógica Lavoisier adotou, valendo-se deles na construção do seu tratado.²

A influência preponderante na sua formação científica, nos primeiros anos da carreira, foi, no entanto, a que exerceu o famoso Guettard, que frequentava o salão de Mme. Punctis, a avó de Lavoisier, o qual devia sua fama às explorações geológicas do território francês. Lavoisier acompanhou-o em muitas dessas excursões, sendo especialmente notável uma efetuada em 1767 (Lavoisier tinha 24 anos) que se prolongou de junho até novembro. Nessas viagens Lavoisier efetuava todos os dias as observações meteorológicas, prática que continuou ininterruptamente durante toda a sua vida. Interessava-se também por todas as singularidades naturais, agrícolas ou industriais que encontrava e colecionava rochas e minerais.³

Em 27 de fevereiro de 1765 (com 22 anos) apresentou à Academia Real de Ciências uma memória sobre as diferentes espécies de gesso. Em 09 de abril de 1766 obteve uma medalha de ouro por uma "Memória sobre os diferentes meios que podem ser empregados para se iluminar uma cidade" apresentada em um concurso proposto pela Academia. Conta-se que Lavoisier fez cobrir de papel preto um quarto, no qual permaneceu durante seis semanas, para fazer seus olhos mais sensíveis à luz das diferentes lâmpadas. Contudo, o seu trabalho, não obteve o primeiro prêmio, mas foi muito apreciado.⁴

Em 1768 os membros da Academia propõem o nome de Lavoisier como cabeça de lista para um posto deixado vago com a morte do químico Baron. O Rei escolhe o mineralogista Jars, mas, tendo em conta os desejos dos acadêmicos, cria, excepcionalmente, um posto de acadêmico adjunto para Lavoisier até que surgisse um posto vago. Nesta proposta de Lavoisier como cabeça de lista, a influência de Guettard foi decisiva: os candidatos eram geralmente homens maduros, com um passado científico valioso ou que tivessem contribuído para o bem do Estado com uma obra prática. Jars tinha 36 anos e Lavoisier 24 quando foram propostos. Os dois novos acadêmicos foram empossados em 01 de junho de 1768. Tendo Jars morrido no ano seguinte, ficou regularizada a situação do jovem debutante.⁵ Toda a vida científica de Lavoisier está estreitamente associada à da Academia. Ligar-se-ia a ela com a seriedade, o entusiasmo e a dedicação que ele punha em tudo aquilo

que empreendia. Seria um dos seus maiores animadores e defensores até a supressão da mesma pela Revolução.

Nesse mesmo ano, em março de 1768, Lavoisier passa a fazer parte da *Ferme Générale*, também na qualidade de adjunto. Naquela época o Estado concedia a uma companhia privada, os *Fermiers Généraux*, a arrecadação dos impostos indiretos em troca de uma soma fixa que o concessionário devia pagar ao governo. O Estado assegurava dessa maneira a sua receita, e os *fermiers*, como compensação da máquina administrativa que deviam controlar, além dos seus gastos, obtinham apreciáveis lucros que o povo supunha serem quantiosos. Os *fermiers*, “*esses sanguessugas públicos*”, em número de 60 em 1768, pagavam ao Estado 90 milhões de libras e constituíam, na verdade, uma união de financistas e, às vezes, especuladores. A honestidade duvidosa de alguns fez parecer ainda mais odiosa a companhia.⁶ No mês de março de 1768, Lavoisier compra um terço da carga do *fermier général* Baudon por 340.000 libras.⁷ O pai dele endossa 180.000 libras por conta do seu filho, dos quais 5% de juros são pagos antecipadamente.

Essa decisão, que tão dramáticas conseqüências teria para Lavoisier, causou muita surpresa, para não dizer escândalo, entre os acadêmicos. Conta-se que um deles, o geômetra Fontaine, disse, para acalmar a emoção dos seus pares: “Se ele é mais rico, os jantares que oferecerá serão melhores”. O jovem Lavoisier parecia se preparar para uma vida puramente intelectual, mas ao se lançar nas finanças, demonstrava ambições menos desinteressadas. Para alguns, essa decisão se enquadrava perfeitamente dentro da decadência de valores morais própria desse século. Como dizia um comentarista da época: “Na minha juventude, os baixos empregos da finança eram recompensa para lacaios. Hoje encontram-se nela mais nobres do que plebeus”. Esse mesmo comentarista observava que na época da regência (no começo do século XVIII) a ambição de um *fermier général* era a de fazer do seu filho conselheiro no Parlamento, mas o pai de Lavoisier, que era membro do Parlamento, não pôs nenhum obstáculo, pelo contrário, à entrada de seu filho nas finanças.⁸

O trabalho de Lavoisier nessa companhia era enorme. Muitas vezes devia se ausentar de Paris durante vários meses. Mas ele sempre fez a sua tarefa com a dedicação, seriedade e esmero que o caracterizavam. E isso sem jamais descuidar as suas pesquisas ou as suas ocupações na Academia, que sempre solicitava de seus membros trabalhos específicos.

A incorporação à *Ferme*, por outro lado, o conduziu ao casamento. No dia 16 de dezembro de 1771 (com 28 anos) Lavoisier casou-se com Marie-Anne Pierrette Paulze, filha de outro *fermier*, a qual tinha na ocasião 14 anos. Foi um casamento negociado pelo pai da moça para livrá-la de outro, imposto pelo influente e poderoso tio dela, o *contrôleur général* (inspetor geral das finanças) Terray. Esse queria casá-la com um homem bem mais velho do que ela, conde, figura pouco recomendável e sem grande fortuna. Lavoisier era um excelente partido, jovem, rico, cheio de qualidades intelectuais, de rigor e honestidade. A noiva levava 80.000 libras de dote e Lavoisier 170.000 da parte da mãe e 250.000 do pai.⁸

Pelo que se sabe, o casal foi muito feliz. Marie-Anne completou a sua educação depois do casamento e, como não tiveram filhos, converteu-se na colaboradora de seu marido, acompanhando-o no seu trabalho. Foi ela a tradutora de importantes obras de químicos britânicos da época. Foi ela também a autora dos esplêndidos desenhos que ilustraram o *Traité Élémentaire de Chimie*. Madame Lavoisier era uma perfeita representante dessas mulheres do século XVIII que aunavam o amor pelo saber, o entusiasmo pelas novas idéias a um refinado sendo de sociabilidade. Até o fim da sua vida o seu salão foi freqüentado pelas personalidades culturais mais conhecidas e ilustres de sua geração.⁹

Em agosto de 1772, Lavoisier foi nomeado associado na classe de química na Academia.¹⁰ Em 1775 ingressa na *Régie des poudres et salpêtres* (Administração de pólvora e salitre). Nessa época a pólvora francesa era de má qualidade e, em período de guerra, insuficiente. Diz-se que um dos fatores que conduziram a França a acabar com a *Guerra dos Sete Anos*¹¹ e a aceitar condições desfavoráveis no tratado de paz, foi a falta de pólvora do exército francês. Lavoisier foi encarregado de apresentar um informe sobre os problemas relativos ao salitre e a pólvora, o que ele realizou com a sua acostumada perícia. Depois, em 1776, foi nomeado *régisseur* (administrador) e foi morar no Arsenal, onde permaneceu até 1791. Ali instalou o seu famoso laboratório que continha os aparelhos mais precisos da época. Ali se reuniam os sábios franceses e os estrangeiros de passagem por Paris, para presenciar as históricas experiências que ele fazia com os seus colaboradores. Nesse laboratório, estiveram famosos cientistas da época como Priestley, Watt e Blagden da Inglaterra, Ingenhousz da Holanda, Franklin dos EE.UU., Felice Fontana da Itália, etc.

A atuação de Lavoisier na *Régie des Poudres* foi, como sempre, de grande eficácia. Criaram-se nitreiras e a preparação cuidadosa e científica da pólvora fez desta uma das melhores da Europa, além de permitir o seu armazenamento em grandes quantidades. No dizer de Aldo Mieli: “Foi a boa qualidade dessa pólvora e a sua abundância que permitiram a heróica e vitoriosa resistência contra as nações reacionárias unidas, que esperavam derrotar a França Republicana, e que fez possível as conquistas realizadas em toda Europa pelos franceses, portadores daqueles princípios de liberdade, fraternidade e igualdade, que forjaram os espíritos do século XIX e, que nesta metade do século XX, os caudilhos totalitários propuseram-se, em vão, destruir”.¹²

Devem-se a Lavoisier as primeiras tentativas de preparar pólvoras com clorato de potássio, sintetizado nessa época por Berthollet. Em 1788, houve uma explosão na fábrica de Essones, na qual morreram duas pessoas (uma delas, o diretor do estabelecimento). Lavoisier, sua esposa e Berthollet, que assistiam às experiências, não pereceram por terem se trasladado a outro lugar da fábrica pouco antes da explosão.¹²

Além disso e, como se fosse pouco, ocupava-se da superintendência sobre os direitos de entrada em Paris. O contrabando era enorme nessa época e Lavoisier propôs construir um muro ao redor da cidade. Depois de alguma demora, o projeto foi aprovado e a execução foi encomendada a um arquiteto, Ledoux, que gastou mais de

30 milhões de libras nessa obra. Houve uma grande indignação popular porque, se dizia, o muro tirava a Paris a possibilidade de respirar ar puro.

Circulava entre a população o jogo de palavras:

*"Le mur murant Paris rend Paris murmurant."*¹³

e o quarteto:

"Pour augmenter son numéraire

Et raccourcir notre horizon

La ferme a jugé nécessaire

*De nous mettre tous em prison."*¹⁴

As lamentações e os impropérios não se limitavam à *Ferme*, havia também ataques diretos a Lavoisier. Em um opúsculo anônimo de 1787, pode-se ler: "Todo o mundo afirma que M. Lavoisier, da Academia de Ciências, é o patriota benfeitor a quem se deve a engenhosa e saudável invenção de encarcerar a capital dos franceses. Depois da morte deste acadêmico o colega encarregado do elogio do sábio deverá suprimir caritativamente este traço da sua história. A *Ferme* pode mandar fazer uma estátua sobre os muros que ele inventou, mas a Academia deveria se envergonhar de seu confrade". Contam que um marechal da França (o duque de Nivernais) a quem se perguntou a sua opinião sobre essa muralha respondeu: "Minha opinião é que o autor do projeto seja enforcado".¹⁵

Em outra ocasião, já em pleno período revolucionário (em 1789) Lavoisier fez trasladar certa quantidade de pólvora fora de Paris. Foi acusado de querer privar o povo de armas defensivas e houve começo de motim, mas logo tudo ficou esclarecido. O incidente, contudo, não contribuiu para a boa reputação de Lavoisier.

A OBRA CIENTÍFICA DE LAVOISIER

Primeiros trabalhos

Como dissemos acima, Lavoisier interessou-se pela química desde o fim dos seus estudos. Nessa época a física experimental tinha atingido grande desenvolvimento e gozava de grande popularidade entre a classe culta. Os laboratórios e os cursos de física e química estavam na moda e todos aqueles que tinham meios possuíam alguns aparelhos de demonstração e de experiência. Dentro desse ambiente geral de gosto e interesse pela ciência, Lavoisier tendo finalizado seus estudos de advocacia, e não tendo defendido senão uma causa, voltou-se para as ciências da natureza.

Seus primeiros estudos de geologia e mineralogia levaram-no a fazer várias análises químicas. Em 1766 faz algumas reflexões sobre a natureza dos quatro elementos de Aristóteles, e em 1768 a experiência do aquecimento da água em um pelicano¹⁶ com o fim de verificar a suposta transformação da água em terra, hipótese sugerida pela experiência de Van Helmont (1577-1644).

Este autor tinha conservado durante cinco anos uma planta em um vaso com terra previamente dessecada em um forno, à qual só tinha dado água de chuva ou água destilada e tinha comprovado que o peso da terra, de 200 libras, tinha diminuído só de duas onças¹⁷ e a árvore que começou com um rebento, pesava 169 libras, isso sem contar as folhas perdidas nos outonos. Deduziu então que a madeira, córtex e raízes da planta provinham somente de transformação da água. Daí a convicção dos químicos de que a água transformava-se em terra, convicção essa corroborada quando se fervia durante muitos dias água destilada em um recipiente de vidro e obtinha-se um resíduo sólido no fundo do mesmo.

Para sua experiência, Lavoisier utilizou uma balança de grande precisão e sensibilidade que tinha feito construir por Chemin, ensaiador da Casa da Moeda¹⁸, que dava um erro menor que um grão para um peso de 5 a 6 libras.¹⁹ Começou a experiência em outubro de 1768 e manteve a temperatura do banho constante ($\cong 70^\circ$ Réaumur)²⁰ durante 101 dias. Depois desse período, pesando o pelicano, comprovou que não havia variação de peso, o que demonstrava que (contrariamente à crença da época) a matéria do fogo não tinha penetrado no recipiente. Destilando a água observou que o resíduo terroso representava a perda de peso do pelicano.²¹ Nesse primeiro trabalho, Lavoisier mostra bem claramente quais as características de sua mente e da sua obra científica. Concentra a sua atenção nas correlações ponderais e adota como critério fundamental o princípio que depois seria chamado de conservação da massa. Contudo, esse princípio, que já servia de base implicitamente nas investigações de outros cientistas (Black e Cavendish) só seria enunciado explicitamente por Lavoisier no seu *Traité de Chimie*. Quando trata da fermentação vinosa, ele afirma: "Porque nada se cria, nem nas operações da arte nem nas da natureza e pode-se estabelecer, em princípio, que, em toda operação há uma quantidade igual de matéria antes e depois da operação..."²²

Com data de 20 de fevereiro de 1772, já dominando o seu ofício de experimentador e conhecendo, pelo que parece, a produção mais importante da época, Lavoisier deixa assentado nos seus registros qual haveria de ser seu programa de trabalho:

"Antes de começar a longa série de experiências que me proponho fazer sobre o fluido elástico que se desprende dos corpos, seja pela fermentação, seja por destilação, ou pelas diversas combinações, assim como (sobre) o ar absorvido na combustão de um grande número de substâncias, creio que devo formular aqui algumas reflexões por escrito com o objetivo de traçar para mim mesmo o plano que devo seguir.

É verdade que, em um grande número de circunstâncias, desprende-se dos corpos um fluido elástico, mas existem (vários) sistemas sobre a sua natureza. Alguns, como Hales e seus discípulos, pensaram que era o ar mesmo, o da atmosfera, o que se combina com os corpos, seja por obra da vegetação ou da economia animal, seja pelas operações da arte. Ele não pensou que esse fluido podia ser diferente do que respiramos com a dife-

rença de estar mais carregado de matérias nocivas ou benéficas, segundo a natureza dos corpos dos quais provém. Alguns dos físicos que sucederam a Hales notaram diferenças tão grandes entre o ar despreendido dos corpos e o que respiramos que pensaram que era uma substância diferente e o chamaram de ar fixo.

Um terceiro grupo de físicos pensou que a matéria elástica que se desprende dos corpos era diferente segundo as substâncias das quais havia sido extraída e chegou a conclusão que não era senão uma emanção das partes mais sutis dos corpos, das quais podiam distinguir-se uma infinidade de espécies.

Um quarto grupo de físicos...

Por mais numerosas que sejam as experiências de Hales, Black, Magbride (sic), Jacquin, Cranz, Priestley (sic) e Smeth (sic) sobre este tema, não são, contudo, suficientemente numerosas para formar um corpo de teoria completo. Constantemente, o ar fixo apresenta fenômenos muito diferentes do ar ordinário. Com efeito, aquele mata os animais que o respiram, enquanto este é essencialmente necessário para a sua conservação. Combina-se com grande facilidade com todos os corpos, enquanto que o ar da atmosfera, nas mesmas circunstâncias, combina-se com dificuldade e quiçá não se combina em absoluto. Estas diferenças serão desenvolvidas em toda a sua extensão quando eu escrever a história de tudo o que foi feito sobre o ar que se desprende dos corpos e que se fixa neles. A importância do assunto obrigou-me a retomar todo esse trabalho que me pareceu feito para ocasionar uma revolução na física e na química. Pensei não dever considerar tudo o que foi feito antes de mim senão como indicações; propus-me repetir tudo com novas precauções, com o objetivo de ligar o que já conhecemos sobre o ar que se fixa, ou que se desprende dos corpos, com os outros conhecimentos adquiridos, e formar uma teoria. Os trabalhos dos diferentes autores que acabo de citar, considerados desse ponto de vista, apresentaram-me porções separadas de uma grande cadeia, da qual eles uniram alguns elos, mas falta ainda realizar uma imensa série de experiências para estabelecer uma continuidade. Um ponto importante, descurado pela maioria desses autores, é o de atentar para a origem desse ar que se encontra em um grande número de corpos. Eles poderiam ter aprendido com Hales que uma das principais operações da economia animal e vegetal consiste em fixar o ar, em combiná-lo com a água, o fogo e a terra, e em formar todos os (corpos) combinados que conhecemos. Poderiam ter visto ainda que o fluido elástico que sai das combinações dos ácidos, seja com os álcalis seja com qualquer outra substância, provém também originariamente da atmosfera. De tudo isso teriam podido deduzir que esta substância é o ar mesmo, combinado com alguma parte valátil que emana dos corpos, ou, pelo menos, que é uma substância extraída do ar da atmosfera. Esse modo de considerar o meu tema fez-me sentir a necessidade de repetir primeiramente e de multiplicar as experiências que absorvem ar, para que, conhecendo a origem dessa subs-

tância, possa seguir seus efeitos nas distintas combinações.

As operações mediante as quais pode-se chegar a fixar o ar são a vegetação, a respiração dos animais, a combustão, em algumas circunstâncias a calcinação e, finalmente, algumas combinações químicas. É por essas experiências que eu pensei começar".²³

Esta linguagem, como observa Berthelot, lembra a de Descartes no Discurso do Método ao tentar a reforma da filosofia. Lavoisier procurava, como vimos, a revolução na química e previa desde o começo a importância do seu empreendimento.

A data de 1772 tem sido contestada porque o registro de laboratório prossegue com experiências realizadas em 1773. Supõe-se que houve erro, como acontece habitualmente no começo do ano. Contudo, Lavoisier fez vários trabalhos de calcinação e combustão em 1772 e nos mês de novembro ele já tinha a certeza de que o fósforo e o enxofre aumentam de peso ao queimar e, no dia 01 de novembro de 1772, apresentou à Academia um documento selado, que foi aberto e lido a 05 de maio do ano seguinte, contendo a declaração seguinte: "Há aproximadamente oito dias descobri que o enxofre, ao queimar, não perdia seu peso mas, ao contrário, o ganhava; que de uma libra de enxofre podia-se obter muito mais que uma libra de ácido vitriólico (ácido sulfúrico), abstração feita da umidade do ar; a mesma coisa acontece com o fósforo. Esse aumento de peso provém de uma quantidade prodigiosa de ar que se fixa durante a combustão e que se combina com os vapores. Esta descoberta que constatei com experiências que considero decisivas, fez-me pensar que o que se observa na combustão do enxofre e do fósforo podia também acontecer com todos os corpos que aumentam de peso com a combustão e a calcinação e me convenci de que o aumento de peso das cales metálicas tinha a mesma origem. A experiência confirmou completamente as minhas conjecturas. Fiz a redução do litargirio (PbO) em vasos fechados, com o aparelho de Hales²⁴, e observei que no momento da passagem da cal ao metal produzia-se uma quantidade considerável de ar, e que esse ar formava um volume mil vezes maior que a quantidade de litargirio empregado. Essa descoberta parece-me uma das mais interessantes que foram feitas desde Stahl, e como é difícil não deixar entrever aos amigos, durante a conversação, alguma coisa que possa mostrar-lhes o caminho da verdade, julguei necessário deixar o presente depósito nas mãos do secretário da Academia até publicar as minhas experiências".²⁵ Posteriormente, nas suas memórias, Lavoisier corrigiu a última frase, a partir de Stahl por: "...decidi assegurar minha propriedade fazendo o presente depósito nas mãos do secretário da Academia, para ficar secreto até o momento em que publique as minhas experiências."²⁶

No decorrer do ano de 1773, fez experiências com os carbonatos de cálcio e de metais alcalinos e com os óxidos metálicos. Estudou os fenômenos de efervescência dos carbonatos sob a ação dos ácidos, as precipitações dos sais metálicos pelos carbonatos ou hidróxidos alcali-

nos, a redução das cales metálicas (óxidos) pelo carvão, a formação dos óxidos por aquecimento dos respectivos metais sob uma campânula sobre mercúrio, a combustão do enxofre e do fósforo. Como consequência, presenciou o papel do carbono na redução dos óxidos e o de uma parte do ar atmosférico na oxidação do metal.²⁷

Todos esses resultados foram comunicados à Academia em abril e julho e publicados no mês de dezembro de 1773 sob o título: *Opuscules Physiques et Chimiques*. O volume começava com um resumo dos conhecimentos anteriores sobre os ares. Havia muita confissão a não ser no caso do gás carbônico, bem caracterizado por Black (1728 - 1799) e denominado *ar fixo*; os conhecimentos eram incertos. O hidrogênio, identificado por Cavendish, produzido pela ação do zinco, do ferro ou do estanho sobre o ácido sulfúrico, conhecido como *ar inflamável*, era confundido muitas vezes com os gases que se desprendem dos pântanos e de certas fermentações. Priestley, em uma memória lida na Royal Society em março de 1772, tinha dado algumas informações sobre o ar inflamável e o *ar fixo* e havia anunciado a descoberta do óxido nítrico ao qual chamou *ar nitroso*.

Na segunda parte dos *Opuscules*, Lavoisier descrevia suas experiências e expunha suas conclusões. Observava que embora o minio (Pb_3O_4) e o carvão aquecidos separadamente não produzissem fluido elástico, o fenômeno era observado, quando ambas as substâncias estavam misturadas. Então perguntava-se: “servem (o carvão e os materiais ricos nele), como pensam os discípulos de Stahl, para fornecer ao metal o flogisto que perdeu, ou entram na própria composição do fluido elástico?”²⁸

Nessa época a teoria aceita por todos os químicos, quase sem exceção, e que explicava os fenômenos da combustão, da calcinação, etc., era a teoria do *flogisto*, ou matéria do fogo, desenvolvida pelo médico alemão Stahl (1660-1734). A calcinação dos metais com formação da cal correspondente explicava-se, nessa teoria, como devida ao desprendimento de *flogisto*, e, de acordo com ela, os metais eram compostos por cal e *flogisto*, *flogisto* esse que perdiam ao ser calcinados e transformados em cal. De forma semelhante, considerava-se que os combustíveis, como o carvão e os materiais oleosos, eram ricos em *flogisto*, que cediam ao ar no momento da combustão. Quando um óxido era aquecido conjuntamente com esses combustíveis, eles cediam parte do seu *flogisto* à cal e obtinha-se o metal. O aumento de peso observado durante a calcinação não parecia criar grandes problemas no começo, apesar da importância crescente das medidas ponderais. Muitas vezes os químicos não faziam distinção entre a massa e a densidade, mas, com o acúmulo de dados, foram levados a atribuir *leveza*, e até peso negativo, ao hipotético *flogisto*.

Nos *Opuscules*, Lavoisier já questiona essa interpretação, embora pense que são necessárias novas experiências para se chegar a uma conclusão definitiva. Afirma, entretanto, “que assim como todas as vezes que uma cal metálica passa do estado de cal ao de metal, há desprendimento de fluido elástico, do mesmo modo, to-

das as vezes em que um metal passa do estado de metal ao de cal, há absorção desse mesmo fluido, e a própria calcinação é proporcional à quantidade dessa absorção”.²⁹ Mais adiante acrescenta: “várias circunstâncias pareceriam levar a crer que todo o ar que respiramos não é apto a se fixar para formar parte das cales metálicas, mas que existe na atmosfera um fluido elástico particular que se encontra misturado com o ar e que, no momento em que se esgota a quantidade desse fluido contido na campânula (onde se faz a reação), a calcinação não pode mais se realizar”.^{30a} Finalmente, Lavoisier demonstra experimentalmente nessa obra que o fluido elástico obtido pela redução do minio pelo carvão é idêntico ao *ar fixo* obtido por Black pela ação dos ácidos sobre a pedra calcária.^{30b}

A partir de abril de 1772, Lavoisier, conjuntamente com Macquer (1718-1784) e Cadet (1731-1799) fez experiências sobre a destruição do diamante, muitas delas com o *vidro ardente*.³¹ Esse dispositivo também foi utilizado nos estudos sobre a calcinação dos metais e a redução dos óxidos. Em julho de 1773 fez a redução do óxido de mercúrio precipitado de uma solução nítrica, mas não tirou conclusões precisas.³²

Em meados de 1774, Lavoisier tinha a certeza de que a oxidação dos metais por via seca ou úmida, assim como a combustão do fósforo, eram acompanhadas pela fixação de uma parte do ar e que existia uma relação constante entre o aumento de peso do metal ou do fósforo e a diminuição de volume do ar. Como consequência das numerosas experiências realizadas sobre a redução das cales metálicas pelo carvão e pela combustão do diamante, foi levado a crer que essa parte do ar fixado pelos metais era o *ar fixo* de Black. Contudo, certos fatos contradiziam essa suposição; a adição de gás carbônico ao gás residual, obtido depois da calcinação de um metal no ar, não restituía as suas propriedades combustíveis.³³

A DESCOBERTA DO OXIGÊNIO

Em fevereiro de 1774 o químico Pierre Bayen (1725 - 1798) publicou no periódico *Observations sur la Physique* os resultados das suas experiências com o *mercúrius precipitatus per se*, obtido por dissolução do metal em ácido nítrico e precipitado por diferentes álcalis (potassa, amônia e cal). Bayen notou que, aquecendo o óxido, obtinha-se o metal, sem necessidade de usar carvão, e a cal perdia peso no processo. Relacionou seus resultados com as observações publicadas por Lavoisier nos *Opuscules* citados acima.³⁴ Em um segundo artigo publicado na mesma revista dois meses depois, indicava que o gás obtido aquecendo o precipitado *per se* com carvão era solúvel em água e semelhante ao *ar fixo*. Dizia, também, que a cal aquecida sem carvão desprendia o mesmo gás. No segundo caso, Bayen se perguntava: de onde o metal tira o *flogisto*?³⁵ No dia 3 de setembro, Cadet comunica à Academia que o *mercurius precipitatus per se* podia ser reduzido ao metal sem adição de carvão. Esse fato

contradizia as afirmações de Baumé (1728-1804), que na sua *Chimie Expérimentale et Raisonnée*, dizia que essa cal não podia ser reduzida sem adição de *flogisto*. A Academia nomeou, então, uma comissão, da qual Lavoisier formava parte que repetiu as experiências e confirmou os resultados de Cadet.³⁶ O que indica que Lavoisier devia estar ciente desses fatos pelo menos nessa data; entretanto, o segundo artigo de Bayen, contribuiu para manter a confusão relativa à natureza do gás emitido.

Em 1º de agosto desse mesmo ano, Joseph Priestley (1733-1804), na Inglaterra, fez a mesma experiência utilizando o *mercurius calcinatus per se*, óxido obtido por aquecimento moderado do mercúrio na presença de ar. Utilizou uma lente particularmente forte e uma campânula sobre mercúrio. Verificou que o gás desprendido era insolúvel em água e acrescentava: “uma vela ardia nesse ar com uma chama notavelmente vigorosa muito parecida à chama larga com a qual uma vela arde no ar nitroso (NO) exposto ao ferro ou ao figado de enxofre (ou seja, o N₂O);³⁷ mas como não tinha obtido nada similar com este notável aspecto em nenhuma espécie de ar além dessa particular modificação do ar nitroso, e sabia que não fora usado ar nitroso na preparação do *mercurius calcinatus* estava completamente perplexo para dar conta desse fato.”³⁸ Repetiu então a experiência com o *mercurius precipitatus per se* com idêntico resultado e, como acreditava que o precipitado vermelho de mercúrio era diferente daquele obtido por calcinação do metal, admitiu que possivelmente esse último tinha tomado *um pouco de nitro* da atmosfera. Posteriormente obteve o mesmo resultado com outras amostras e com o minio, mas no último caso obtinha também o *ar fixo*.³⁹

Nesse ponto das suas experiências, quando ainda acreditava que o gás desprendido por aquecimento do óxido de mercúrio era o óxido nitroso, Priestley fez uma viagem a Paris em outubro de 1774 e relatou a Lavoisier suas observações. De volta à Inglaterra prosseguiu seus trabalhos utilizando o *mercurius calcinatus per se* fornecido por Cadet, de cuja pureza não tinha, agora, nenhuma dúvida. Em 19 de novembro de 1774, observou que uma vela acesa dava uma chama muito mais brilhante e duradoura no ar desprendido por aquecimento dessa cal de mercúrio que no óxido nitroso. Mas foi só em 1º de março de 1775 que aplicou a esse gás a prova de *bondade* do ar, inventada por ele, que o diferenciou definitivamente do óxido nitroso.⁴⁰

Lavoisier, de seu lado, começou a experimentar com o *mercurius precipitatus per se* a partir de novembro de 1774 utilizando o *vidro ardente*, mas foi só no fim de fevereiro e início de março de 1775 que realizou experiências mais precisas. Utilizou para esse fim uma pequena retorta cujo extremo imergia em uma campânula cheia de água, invertida sobre uma cuba também cheia de água. Começou por fazer a redução da cal de mercúrio com carvão para confirmar que esse produto era realmente um óxido e constatou que o gás desprendido era *ar fixo*. Repetiu, depois, a mesma experiência, nas mesmas condições, mas sem adicionar carvão, e obteve um

gás insolúvel em água, que não dava precipitado com água de cal nem se combinava com os álcalis. Fez a prova de sua *bondade* com óxido nítrico e verificou ser ele apto para manter a respiração e a combustão. Sobre esses resultados apresentou uma memória à Academia no dia 26 de abril de 1775, conhecida como *memória da Páscoa*, que foi publicada *in extenso* no periódico *Observations sur la Physique* de maio desse mesmo ano. Nesse texto Lavoisier declara: “Todas essas circunstâncias convenceram-me plenamente que esse ar era não somente ar comum, mas também que era mais respirável, mais combustível e, conseqüentemente, que era mais puro, ainda, que o ar no qual vivemos” e concluiu: “Parece provado do que precede que o princípio que se combina com os metais durante sua calcinação e que aumenta o seu peso, não é outra coisa senão a porção mais pura do mesmo ar que nos rodeia, que respiramos e que passa, nessa operação, do estado de expansibilidade ao de solidez; portanto, se ele é obtido no estado de ar fixo, em todas as reduções metálicas onde se emprega o carvão, é ao próprio carvão que é devido esse efeito e é muito possível que, se se pudesse reduzir todas as cales metálicas, sem adição (de carvão), como no mercúrio *precipitado per se*, elas produziram ar comum”.⁴¹

O volume da Academia contendo as memórias de 1775 só apareceu em 1778. Nele Lavoisier introduziu várias modificações, em particular no texto citado acima. Assim, ele dirá: “Todas essas circunstâncias convenceram-me plenamente que esse ar, longe de ser ar fixo, estava em um estado mais respirável, mais combustível e, por conseguinte, que era mais puro que o próprio ar no qual vivemos...” “Parece provado..., portanto, que se ele é obtido no estado de ar fixo em todas as reduções metálicas onde se emprega o carvão, é a combinação desse último com a porção pura do ar que é devido esse efeito e é muito possível que, se se pudesse reduzir todas as cales metálicas como se reduz o mercúrio *precipitado per se*, *sem adição (de carvão)*, obter-se-ia ar eminentemente respirável”.⁴²

Pelo que precede vê-se claramente que em 1775 Lavoisier não fazia ainda uma diferença nítida entre a *porção mais pura do ar* e o ar comum. Só posteriormente conseguiu perceber que o gás que se combinava com os metais durante a calcinação não era o ar atmosférico puro, mas uma espécie nova a qual denominou *ar eminentemente respirável*. Ele usa pela primeira vez essa expressão, assim como a de *mofeta atmosférica* para o nitrogênio em uma memória apresentada à Academia em 21 de março de 1777 e lida no dia 16 de abril.⁴³

Dado o atraso com que se faziam as publicações, a atualização dos textos pelos autores era hábito corrente nessa época. No caso específico da *memória da Páscoa*, Lavoisier não justificou tais mudanças, presumivelmente por considerá-lo desnecessário, tendo em conta que a memória original já tinha sido publicada.

A prioridade da descoberta do oxigênio tem dado lugar a muita controvérsia, controvérsia essa que teve como origem as queixas do próprio Priestley desejoso de fazer valer os seus direitos como descobridor desse

gás.⁴⁴ Ele pretendia ter dado informações valiosas a Lavoisier durante a sua visita a Paris. Contudo, essa reclamação parece não ter fundamento posto que, como já mencionamos, Priestley, nessa ocasião, acreditava ter obtido óxido nitroso a partir do óxido de mercúrio. Aparentemente, o diálogo que mantiveram não causou grande impressão a Lavoisier,⁴⁵ o qual, pelo que se sabe através de seus registros de laboratório, em 28 de fevereiro de 1775 ainda pensava ser gás carbônico o que se desprendia por aquecimento do *mercurius precipitatus per se*.³³ Tudo indica que, na sua mente, eram as experiências de Bayen as que lhe produziram uma impressão mais duradoura e que o levaram a trabalhar com o mesmo óxido de mercúrio utilizado por aquele. Contudo, não se pode eliminar a hipótese de ter sido influenciado, na sua escolha, pela entrevista com Priestley.

É preciso não esquecer que as experiências de Lavoisier referidas no documento selado de novembro de 1772, assim como as citadas posteriormente nos *Opuscles* levaram-no a ter uma percepção muito clara dos processos de calcinação e combustão. Antes da visita de Priestley a Paris, ele já tinha o seu esquema conceitual perfeitamente organizado. Faltava provar qual era esse “fluido elástico particular que se encontra misturado com o ar e que no momento em que se esgota... a calcinação não pode mais se realizar”.³⁰ Como ele diria depois na memória publicada em *Observations sur la Physique* (já mencionada): “...o ar, que se desprende das reduções metálicas pelo carvão, não é um ser simples, mas é de alguma maneira o resultado da combinação do fluido elástico desprendido do metal e daquele desprendido do carvão. Portanto, pelo fato de se obter esse fluido na forma de *ar fixo*, não se deve concluir que ele exista nesse estado na cal metálica, antes da combinação com o carvão. Essas reflexões fizeram-me sentir como era essencial, para esclarecer o mistério da redução das cales metálicas, orientar minhas experiências para as que são redutíveis sem adição (de carvão)”⁴¹ As cales de ferro tinham essa propriedade mas nenhuma se reduzia totalmente e, por essa razão, foi levado a ensaiar o *mercurius precipitatus per se*.⁴¹

É necessário destacar que Lavoisier, apesar de ter verificado que o produto da decomposição do óxido de mercúrio era “mais respirável, mais combustível e, por conseguinte, mais puro ainda que o ar no qual vivemos”, acreditava, no entanto, ser esse gás o próprio ar atmosférico. Evidentemente, nessa etapa crucial da sua pesquisa, o que ele precisava confirmar de forma irrefutável era a existência no ar de um *princípio*, que se combinava com os metais durante a calcinação e aumentava o seu peso. O fato de esse *princípio* ser o ar mais puro adequava-se perfeitamente à sua teoria. Não entrava ainda nas suas cogitações, nem parecia necessário, questionar a natureza elementar do ar. Foi, provavelmente, ao tomar conhecimento das experiências cuidadosas que Priestley realizara após a sua volta a Inglaterra, que Lavoisier descobriu, em pouco tempo (de 1776 a 1777), a verdadeira composição da atmosfera.

Segundo Priestley, o ar não era uma substância ele-

mentar simples indestrutível e inalterável mas uma *composição* “...porque o flogisto com o qual fica carregado, proveniente dos corpos que queimam nele, dos animais que o respiram e de outros vários processos químicos, o altera e corrompe de maneira a torná-lo completamente inadequado para a combustão, a respiração e outras finalidades para as quais é útil, e descobri que a agitação na água, o processo da vegetação e provavelmente outros processos naturais, ao extrair o flogisto supérfluo, restituem a sua pureza original. Mas eu mesmo não tinha idéia da possibilidade de ir mais além nessa direção e desse modo conseguir ar mais puro que o ar comum”.⁴⁶ Em consequência, chamou ao oxigênio *ar desflogisticado* e ao nitrogênio *ar flogisticado* pois era o ar residual, saturado de *flogisto*, que ficava depois da combustão e da calcinação dos metais. A fixação ou cessão de *flogisto* explicavam as variações de volume.

Lavoisier, nos seus registros, faz várias vezes constar a atenção particular que dava aos trabalhos de Priestley e usa freqüentemente a expressão *ar desflogisticado de M. Priestley* para o oxigênio. Mas é na memória apresentada em 5 de setembro de 1777 que ele dirá: “De agora em diante designarei o ar desflogisticado ou ar eminentemente respirável, no estado de combinação ou fixidez, pelo nome de *princípio acidificante* ou, se se preferir o mesmo significado com um nome grego pelo de *principe oxygine*”.⁴⁷ Posteriormente, em 25 de novembro de 1780 lê uma memória na Academia na qual emprega a expressão *ar vital* e diz: “é o nome que o historiador da Academia dá ao ar desflogisticado de M. Priestley”.⁴⁸

Como observa Kuhn, “a proposição *o oxigênio foi descoberto*, embora indubitavelmente correta engana por sugerir que descobrir alguma coisa é um ato simples, singular, assimilável a nosso conceito usual (e também questionável) de ver. É por isso que tão facilmente admitimos que descobrir, como ver ou tocar, deveria ser atribuível inequivocadamente a um indivíduo e a um momento no tempo. Mas esta última atribuição é sempre impossível e a primeira amiúde também... Entretanto, entre esses limites ou outros semelhantes, qualquer tentativa para datar a descoberta deve ser inevitavelmente arbitrária, porque a descoberta de um novo tipo de fenômeno é, necessariamente, um evento complexo que envolve o reconhecimento, tanto de *que algo é*, como o *que é*. Note-se, por exemplo, que se o oxigênio fosse para nós ar desflogisticado, deveríamos afirmar sem hesitação que Priestley foi o seu descobridor, embora ainda não soubéssemos exatamente quando. Mas se tanto observação como conceitualização, fato e assimilação à uma teoria, estão inseparavelmente ligados na descoberta, então a descoberta é um processo e deve levar tempo”.⁴⁹

Segundo a opinião de Kuhn, só é possível descobrir em um instante e sem esforço a existência de um fenômeno e a sua natureza, se as categorias conceituais estão prontas com antecedência e, nesse caso, o fenômeno não é de um gênero novo. Contudo, mesmo que a descoberta implique um processo longo de assimilação con-

ceitual, isso não implica necessariamente uma mudança de *paradigma*. No caso da descoberta do oxigênio, entretanto, foi justamente o que aconteceu. “O que Lavoisier anunciou em suas memórias, a partir de 1777, não foi tanto a descoberta do oxigênio como teoria da combustão pelo oxigênio. Essa teoria foi a pedra angular de uma reformulação da química tão vasta que é comumente chamada a revolução química. Na verdade, se a descoberta do oxigênio não houvesse sido parte integrante da emergência de um novo *paradigma* da química, a questão da prioridade, da qual partimos, nunca teria parecido tão importante”.⁵⁰

Pelo que o próprio Lavoisier deixou registrado, no documento selado de novembro de 1772, ele estava ciente do erro fundamental contido na teoria do flogisto, já que na combustão uma parte do ar da atmosfera era fixado pelos combustíveis. Como observa Kuhn “Essa conscientização apriorística das dificuldades deve ser uma parte significativa do que possibilitou que Lavoisier visse, em experiências similares às de Priestley, um gás que o próprio Priestley foi incapaz de ver. Inversamente, o fato de ser necessária uma inversão completa do paradigma, para ver o que Lavoisier viu, deve ser a razão principal pela qual Priestley, até o fim de sua longa vida, fosse incapaz de ver”.⁵⁰

Posteriormente, Lavoisier deu uma forma mais acabada à sua descoberta, unindo em uma mesma experiência a absorção de uma parte do ar pelo mercúrio ao ser calcinado e a regeneração do oxigênio por aquecimento do óxido obtido. Essa experiência figurará depois, no seu *Traité Élémentaire de Chimie*. Finalmente, misturando a *mofeta* (nitrogênio) com uma quantidade de *ar respirável*, obtido com a cal de mercúrio, e igual ao volume de ar absorvido previamente durante a sua oxidação, obteve o ar atmosférico.⁵¹

Concomitantemente, ele se interessa pelo papel desempenhado pelo oxigênio na formação dos ácidos. Em primeiro lugar, do ácido carbônico, como resultado da redução dos óxidos metálicos com o carvão. Demonstra, além disso, que a combustão do diamante no oxigênio produz somente ácido carbônico e as do enxofre e do fósforo nesse mesmo gás, os ácidos sulfúricos e fosfórico, respectivamente. A participação do *flogisto* na combustão ficava assim totalmente eliminada. Essas experiências e a interpretação dada a elas por Lavoisier eram completamente revolucionárias. É preciso não esquecer que todos os químicos da época consideravam de uma evidência indiscutível a demonstração feita por Stahl, que provava ser o enxofre constituído por ácido vitriólico e *flogisto*.⁵²

As idéias de Lavoisier baseavam-se sempre em medidas ponderais e volumétricas muito precisas, as mais precisas que os melhores aparelhos da época permitiam, e cada experiência era corroborada por uma demonstração inversa. Assim, a experiência inversa à da obtenção do ácido sulfúrico consistiu em produzir oxigênio. Pela ação do mercúrio sobre esse ácido e a decomposição do sulfato de mercúrio por aquecimento, obtinha-se gás sulfuroso, oxigênio e mercúrio.⁵³ Previamente, tinha repetido

a experiência de Priestley que consistia em dissolver o mercúrio em ácido nítrico e decompor o nitrato pelo calor. Pondo em contato o oxigênio e o óxido nítrico recolhidos obtinha novamente o produto de origem.⁵⁴ Dessa maneira foi levado a acreditar que os ácidos continham ou eram engendrados pelo mesmo *princípio* que, no começo, foi o próprio ar e que rapidamente percebeu ser um dos seus constituintes.

É interessante lembrar aqui que Priestley reclamava das interpretações dadas por Lavoisier às suas experiências dizendo que “a especulação é, na física, uma mercadoria de pouco valor, os fatos novos e importantes são muito mais escassos e, em consequência, mais preciosos”.⁵⁵ Lavoisier, de seu lado, na memória sobre a decomposição e recomposição do ácido nítrico citada acima, disse: “Antes de entrar na matéria, começarei por prevenir o público que uma parte das experiências contidas nesta memória não me pertencem; não há nenhuma da qual M. Priestley não possa reclamar a primeira idéia; mas como os mesmos fatos nos conduziram a consequências diametralmente opostas, espero que se me acusarem de ter tomado as provas das obras desse célebre físico, não se me negará, ao menos, a propriedade das consequências”.⁵⁴

LUTA CONTRA A TEORIA DO FLOGISTO

A partir de 1777 Lavoisier começa a sua luta, cada vez mais intensa, contra a teoria do *flogisto*, a qual se manifesta em três memórias apresentadas à Academia: *Memoire sur la combustion en général*, de 12 de novembro de 1777,⁵⁶ *Reflexions sur la calcination et la combustion, à l'occasion d'un ouvrage intitulé: Traité chimique de l'air et du feu*, de dezembro (01 a 07) de 1781⁵⁷ e *Reflexions sur le phlogistique pour servir de suite à la théorie de la combustion et de la calcination publiée en 1777*, de 28 de junho de 1785.⁵⁸

A primeira é uma exposição sistemática das suas idéias dessa época: “Arrisco hoje a propor à Academia”, diz, “uma teoria nova sobre a combustão, ou melhor, para me exprimir, com a reserva que me impus como lei, uma hipótese, pela qual se explicam muito satisfatoriamente todos os fenômenos da combustão, da calcinação e mesmo, em parte, os que acompanham a respiração dos animais. Já tinha lançado os primeiros fundamentos desta hipótese nos meus *Opuscules physiques et chimiques*, mas, confesso que, pouco confiante nas minhas próprias luzes, não ousava então proclamar abertamente uma opinião que podia parecer singular e que era diretamente contrária à teoria de Stahl e à de vários homens célebres que o seguiram”. Indica depois os quatro fenômenos principais nos quais baseia a sua teoria: 1) em toda combustão se libera matéria do fogo e da luz; 2) a combustão não pode realizar-se senão numa só espécie de ar, que ele designa *ar puro*. Em outros ares ou no vácuo os corpos em combustão se apagam; 3) em toda combustão há destruição ou decomposição do *ar puro* e o corpo queimado aumenta de peso tanto quanto

a quantidade de ar destruído ou decomposto; 4) em toda combustão na qual intervem esse ar a substância queimada transforma-se em um ácido característico: o enxofre em ácido vitriólico, o fósforo em ácido fosfórico, as substâncias carbonadas produzem ácido gredoso.⁵⁹ A calcinação dos metais está submetida às mesmas leis. Toda calcinação 1) produz a matéria do fogo; 2) não pode se produzir senão no *ar puro*; 3) corresponde à combinação desse ar puro com a substância calcinada. Nesse caso forma-se um composto particular, a cal metálica. Depois acrescenta: “esses fenômenos se explicam de maneira muito feliz com a teoria de Stahl, mas é preciso supor que existe matéria do fogo, o flogisto, nos metais, no enxofre e em todos os corpos combustíveis. Mas se se pede provar a existência do flogisto nessas substâncias aos partidários da teoria, eles caem num círculo vicioso: dizem que os corpos combustíveis contêm a matéria do fogo porque queimam e queimam porque contêm a matéria do fogo. Isso é explicar a combustão pela combustão. A existência da matéria do fogo, do flogisto, nos metais, no enxofre, etc., não é então senão uma hipótese. Mas se eu mostrar que esses fenômenos podem ser explicados de forma natural com a hipótese oposta, sem supor a existência do flogisto nos combustíveis, o sistema de Stahl será abalado até nos seus fundamentos”. Explica depois o que ele entende por matéria do fogo, à qual chamará depois de *calórico*. Considera-a um elemento e como tal aparecerá no seu *Traité de Chimie*. Segundo ele, “o ar está composto da matéria do fogo como dissolvente combinado com uma substância que lhe serve de base. Todas as vezes que essa base está na presença de uma substância com a qual tem mais afinidade, ela abandona seu dissolvente e a matéria do fogo aparece como calor, chama e luz. O ar puro... é então o verdadeiro corpo combustível, e possivelmente o único da natureza. Então, para explicar os fenômenos da combustão não é necessário supor que existam uma quantidade imensa de fogo fixada em todos os corpos que chamamos *combustíveis* e, pelo contrário, é provável que exista pouca nos metais. Compreende-se também porque não pode haver combustão nem no vácuo..., enfim, não estamos obrigados a admitir, como o faz Stahl, que os corpos que aumentam de peso, percam uma parte de sua substância”.

Ele conclui: “ao atacar a doutrina de Stahl não pretendo substituí-la por uma teoria rigorosamente demonstrada, mas somente por uma hipótese que acho mais provável, mais conforme às leis da natureza, que considero conter explicações menos forçadas e menos contraditórias”.

Na segunda memória, Lavoisier e Berthollet fizeram uma análise crítica da obra de Scheele, *Chemische Abhandlungen von Luft und Feuer*, traduzida por Dietrich. Na última memória, Lavoisier ataca com mais rigor a teoria do flogisto e diz: “Deduzi todas as explicações de um princípio simples; é que o ar puro, o ar vital, está composto por um princípio particular que lhe é próprio, que forma a sua base e que denominei *principe oxygene* combinado com a matéria do fogo e do calor.

Uma vez admitido esse princípio, as dificuldades principais da química parecem haver-se desvanecido e dissipado e todos os fenômenos se explicam com surpreendente simplicidade. Mas, se tudo se explica na química de uma maneira satisfatória sem recorrer ao flogisto, é infinitamente provável que esse princípio não exista, que seja um ser hipotético, uma suposição gratuita”.

Referindo-se aos esforços de *flogistas* da época, como Macquer e Baumé, que trataram de dar explicação racional às numerosas contradições da teoria de Stahl, Lavoisier diz: “Os partidários da doutrina de Stahl têm sempre os mesmos apertos. Quando se lhes pergunta o que acontece ao calcinar mercúrio no ar vital, os físicos ingleses respondem que, à medida que o flogisto se desprende do metal, combina-se com o ar no qual se está operando e o transforma em ar fixo ou ar flogisticado; esta afirmação é, entretanto, contrária aos fatos. Quando se opera sobre o ar vital absolutamente puro, pode-se absorvê-lo até a última gota, e, se a absorção é interrompida antes de que tenha sido completada, a porção do ar vital que fica não é alterada de forma alguma; ela contém exatamente a mesma quantidade de ar mefítico contida originariamente na totalidade do ar que foi empregada. O flogisto, nesta experiência, não se combinou, por conseguinte, com o ar, como o pretendem os físicos ingleses, e então é necessário admitir, como Macquer, que escapou na forma de fogo livre, da matéria da luz, através dos poros dos vasos. Se no momento da calcinação dos metais no ar vital, ele tem a propriedade de penetrar o vidro, se tem essa mesma propriedade na revivificação das cales de ouro, de prata e de mercúrio, porque não a tem com respeito às outras cales metálicas? Assim, os partidários da doutrina de Stahl depois de terem sido forçados a dizer que o flogisto ora pesa, ora não pesa, estão ainda obrigados a admitir que, mesmo em estado livre, ora penetra nos poros dos recipientes mais compactos, ora não penetra, qualidades essas incompatíveis em um mesmo ser e que provam mais e mais que se tem dado o mesmo nome a coisas muito diferentes”. Mais adiante acrescenta: “é hora de trazer a química para raciocínios mais rigorosos, de despojar os fatos que enriquecem esta ciência todos os dias daquilo que acrescentam os raciocínios e os preconceitos; de distinguir o que é fato e observação do que é sistemático e hipotético; enfim, de fixar o ponto até o qual chegaram os conhecimentos químicos, para que aqueles que nos sucedam possam partir desse ponto e proceder com segurança ao progresso da ciência”.

Depois de outras considerações, Lavoisier acaba dizendo: “Nesta memória não tive outro objetivo que o de dar novos desenvolvimentos à teoria da combustão que publiquei em 1777, de fazer ver que o flogisto de Stahl é um ser imaginário cuja suposta existência nos metais, no enxofre, no fósforo e em todos os corpos combustíveis é gratuita: que todos os fenômenos da combustão e da calcinação se explicam de uma maneira muito mais simples e muito mais fácil sem flogisto que com flogisto. Não espero que as minhas idéias sejam logo adotadas; o espírito humano se aferra a uma maneira

de ver e aqueles que têm encarado a natureza sob um certo ponto de vista durante uma parte de sua carreira se adaptam com dificuldades às idéias novas; é hora, portanto, de conformar ou destruir as opiniões que apre-sentei. Entrementes, vejo com grande satisfação que os jovens que começam a estudar a ciência sem preconcei-tos, que os geômetras e os físicos, que têm a cabeça lim-pa para considerar as verdades químicas, não acreditam mais no flogisto no sentido apresentado por Stahl e olham toda essa doutrina como um andaime mais emba-raçoso que útil para contruir o edifício da ciência quími-ca”.

A COMPOSIÇÃO DA ÁGUA

A síntese de água, a partir de *ar inflamável* (hidrogê-nio)⁶⁰ e ar atmosférico, ou *ar desflogisticado*, foi feita por Cavendish (1731-1810), em 1781, utilizando o eu-diômetro, inventado por Volta (1745-1827), no qual se produzia uma fâsca elétrica num recipiente fechado contendo os gases. Como no caso da descoberta do oxigênio por Priestley os resultados, no começo, não foram muito claros: o produto da explosão parecia às vezes água pura, outras tinha reação ácida.

Antes de 1775, Priestley tinha queimado *ar inflamá-vel* com *ar desflogisticado*, mas foi, na verdade, Mac-quer o primeiro a observar a condensação de gotas de água no fundo de uma cápsula colocada sobre uma cha-ma de hidrogênio que ardia livremente no ar.⁶¹ Caven-dish, que havia estudado cuidadosamente o hidrogênio, no curso de seus trabalhos sobre as diversas maneiras de *flogisticar* o ar comum, decidiu repetir a experiência que Warltire realizara com o intuito de verificar se o calor era ponderável e que Priestley relatou em um dos seus li-vros.⁶² Fazendo explodir uma mistura de hidrogênio e ar em um recipiente de cobre, Warltire observava um de-crêscimo de peso e a formação de gotas de água. Caven-dish não conseguiu confirmar a perda de peso mas constatou a formação de água. Verificou que “quando se faz explodir uma mistura de ar inflamável e ar comum nas proporções adequadas, quase todo o ar inflamável e quase um quinto do ar comum, perdem a sua elasticida-de e se condensam em forma de orvalho. E por este ex-perimento parece que esse orvalho é água e, consequen-temente que quase todo o ar inflamável e aproximada-mente um quinto do ar comum são convertidos em água”.⁶³ Repetindo a mesma experiência com hidrogê-nio e oxigênio de diferentes origens, obtinha sempre água, contendo pequenas quantidades de ácido nítrico. Essa reação secundária impediu que chegasse a uma conclusão clara sobre a composição da água. A elucida-ção desse fenômeno parece ter sido a causa da demora na publicação de seus resultados, que só foram apresen-tados à Royal Society em janeiro de 1784. Nesse traba-lho ele dirá: “que o ar desflogisticado é na verdade nada mais do que água desflogisticada ou água desprovida de

seu flogisto, ou, em outras palavras, que a água consiste de ar desflogisticado unido ao flogisto; e que o ar infla-mável é ou flogisto puro, como supõem o Dr. Priestley e Mr. Kirwan, ou água unida ao flogisto posto que, de acordo com esta suposição, estas duas substâncias uni-das formam a água”.⁶³

Lavoisier havia-se interessado pela combustão do hi-drogênio desde 1774. Na sua opinião, nesse processo de- via se fixar uma parte do ar atmosférico e fez constar es-sa idéia no seu caderno de laboratório em março desse ano.⁶⁴ Segundo ele mesmo declarará posteriormente, seus primeiros ensaios sobre a combustão do hidrogênio datavam de 1776 ou 1777. Nessa época, desconhecendo a experiência de Macquer, acreditava que o produto da combustão devia ser ácido sulfúrico ou sulfuroso, en-quanto que para Bucquet tratava-se do *ar fixo*. Para es-clarecer essas dúvidas, ambos fizeram a experiência em uma garrafa aberta na presença de água de cal e não ob-tiveram precipitado. Contudo, esse resultado, que inva-lidava a hipótese de Bucquet, não permitia confirmar ou contradizer a sua. No inverno de 1781 a 1782 realizou, com Gingembre, uma nova experiência, na presença de água de cal, de álcali diluído, ou de água, na qual viram “com muito prazer o ar vital queimar no ar inflamá-vel”, sem observar nenhum indício de acidez. “Esses re-sultados”, dirá Lavoisier, “me surpreenderam, tanto mais que eu havia reconhecido anteriormente que, em toda combustão, se formava um ácido; que esse ácido era o ácido vitriólico, se se queimava enxofre, ácido fos-fórico, se se queimava fósforo, ar fixo, se se queimava carvão e a analogia tinha-me levado invencivelmente a concluir que a combustão do ar inflamável devia produ-zir igualmente um ácido” e acrescenta: “Contudo, nada se aniquila nas experiências; somente a matéria do fogo, do calor e da luz, tem a propriedade de passar através dos poros dos vasos; portanto, os dois ares, que são cor-pos pesados não podiam desaparecer; daí a necessidade de fazer as experiências com maior exatidão e em mais grande escala”.⁶⁵ Fez construir, então, uma caixa pneu-mática para o hidrogênio (já possuía uma para o oxigê-nio) e tubos e torneiras que permitiam uma melhor ma-nipulação dos gases.

Em junho de 1783, Charles Blagden, assistente de Ca-vendish, foi a Paris e relatou a Lavoisier as experiências daquele sobre a síntese da água.

Lavoisier fez a síntese da água, em 24 de junho de 1783, a partir do oxigênio e do hidrogênio obtido por ação do ácido sulfúrico diluído sobre o ferro. Observou a formação de água pura que não avermelhava a tinteura de tornassol. Constatou, contudo, que o peso de água obtido era menor que a soma dos pesos dos dois gases e comentou em suas notas: “Assim, deve-se supor uma perda de duas terceiras partes do ar ou uma perda de pe-so”. No dia seguinte Lavoisier e Laplace comunicaram a experiência à Academia nos seguintes termos: “A água não é uma substância simples, ela está composta, peso por peso, de ar inflamável e de ar vital”.⁶⁶

Nesse mesmo mês Monge (1746-1818) fez uma experiência similar, comunicada no mês de agosto à Academia por Vandermonde. Lavoisier disse mais tarde tê-la ignorado e reconheceu que “ele operou sem perdas, de forma que a sua experiência é ainda muito mais conclusiva que a nossa, e não deixa nada a desejar: o resultado que ele obteve foi água pura, cujo peso, encontrou-se aproximadamente igual ao dos dois ares.”⁶⁵

Como era prática comum nessa época, os autores de memórias apresentadas à Royal Society costumavam fazer correções ou adições ao texto antes da sua publicação.⁶⁷ De regresso à Inglaterra, Blagden acrescentou o seguinte parágrafo na memória de Cavendish, de janeiro de 1784, citada anteriormente: “Todos os experimentos precedentes sobre a explosão do ar inflamável com ar comum e com ar desflogisticado, exceto aqueles que se referem à causa (da presença) do ácido encontrado na água, foram feitos no verão de 1781 e comunicados por mim ao Dr. Priestley, o qual como consequência disso fez alguns experimentos da mesma espécie, como relata em um artigo publicado no volume precedente das *Transactions*. Durante o verão passado, um amigo meu deu alguma informação sobre eles a M. Lavoisier, como também sobre as conclusões tiradas deles, que o ar desflogisticado é somente água privada de flogisto; mas nessa época M. Lavoisier estava tão longe de pensar tal opinião justificada que, até se convencer repetindo ele mesmo o experimento, encontrou alguma dificuldade em crer que a quase totalidade dos dois ares podia converter-se em água. É de se notar que nenhum desses senhores encontrou ácido na água produzida na combustão; o que deve provir do fato de eles terem queimado os dois ares de maneira diferente da minha; e de o primeiro (Priestley) ter usado uma classe diferente de ar inflamável, isto é, o obtido do carvão (óxido de carbono) e, quicá, uma maior proporção do mesmo.”⁶³

Em novembro de 1783, Lavoisier leu uma memória na Academia, conhecida como a Memória de São Martinho, da qual foi publicado um resumo no número de dezembro da revista *Observations sur la Physique*. O redator anônimo declarava que, uma vez acabada a experiência, o peso da água recolhida era aproximadamente igual à soma dos pesos dos dois ares (oxigênio e hidrogênio) reunidos e que a água era tão pura como a destilada. Relatava também os resultados de Monge que tinham mostrado, por um método talvez mais exato, o mesmo resultado e acrescentava: “Finalmente, acabamos de saber por uma carta de M. Blagden a M. Berthollet, que M. Cavendish havia repetido ultimamente a mesma experiência por diferentes vias e que, quando a quantidade dos dois ares era bem proporcionada, obtinha constantemente o mesmo resultado”.⁶⁸

Nesse resumo descreve-se também a experiência feita por Lavoisier para decompor a água. Para isso ele introduziu um pouco de água e de limalhas de aço bem puras dentro de uma tigela invertida sobre mercúrio e observou a formação de óxido férrico e o desprendimento de hidrogênio. “Eis aí então a água que, nesta experiência,

diz o relator, se decompõe em duas substâncias distintas, o ar desflogisticado, que se une ao ferro e o converte em cal, e o ar inflamável que se separa; e, como de outro lado, reunindo e recombinaando essas duas mesmas substâncias, forma-se novamente a água, quase que invencivelmente somos levados a concluir que a água não é uma substância simples, um elemento propriamente dito, como se havia pensado sempre”.⁶⁸

O texto dessa memória só apareceu publicado em maio de 1784, no volume com data de 1781. Nele, Lavoisier, em nota de pé de página, declara ter feito várias adições ao texto primitivo relativas ao trabalho realizado conjuntamente com Meusnier.⁶⁵ Essa memória é uma das mais importantes escritas por Lavoisier e mostra, como no caso da descoberta do oxigênio, a sua perspicácia em descobrir em cada fenômeno o que é relevante. Faz referência às primeiras tentativas para decompor a água, que já relatara em novembro de 1783 na reabertura anual da Academia, e diz: “Fiz observar, nessa ocasião, que se realmente a água era composta, como indicava a combustão dos dois ares, da união do *principe oxygine* com o princípio inflamável aquoso, não se poderia decompô-la e obter separadamente um dos seus princípios, sem apresentar ao outro uma substância com a qual tivesse mais afinidade: tendo o princípio inflamável aquoso mais afinidade com o *principe oxygine* que com qualquer outro corpo, como o farei ver na minha memória sobre as afinidades, não era por esse *latus* que podia ser tentada a decomposição; era, portanto, o *principe oxygine* que deveria ser atacado”. Inspira-se, entre outros, nos trabalhos de Bergman sobre a ação da água destilada sobre as limalhas de ferro e acrescenta: “M. Laplace, que estava ao par das minhas experiências, que as havia compartilhado amiúde, e que me ajudava com os seus conselhos, havia-me repetido muitas vezes que não tinha dúvidas que o ar inflamável, que se desprende da dissolução do ferro e do zinco no ácido vitriólico e no ácido marinho (ácido clorídrico), era devido à decomposição da água” e mais adiante: “Enquanto me ocupava dessas experiências, M. Blagden, que estava em Paris, nos fez conhecer de uma maneira muito exata as experiências feitas por M. Priestley sobre a revivificação das cales metálicas no ar inflamável”. Descreve a experiência de Priestley que consistia em aquecer minio na presença de hidrogênio. A cal era colocada em um cadinho dentro de uma campânula cheia de gás, sobre água, e era aquecida por meio de uma lente. Priestley conseguia consumir a maior parte do hidrogênio e concluía que o ar inflamável combinava-se com o chumbo para revivificá-lo e que, por conseguinte, o ar inflamável e o *flogisto* eram a mesma coisa, como tinha anunciado Kirwan. Lavoisier, então, afirma: “Eu observei que M. Priestley não prestou atenção a uma circunstância capital que tem lugar nesta experiência; é que o chumbo, longe de aumentar de peso, diminui, ao contrário, de um duodécimo, desprende-se então uma substância qualquer; ora, esta substância é necessariamente o ar vital, do qual o minio contém perto de um duodéci-

mo. Mas, por outro lado, depois desta operação, não fica fluido elástico de nenhuma espécie; não somente não se encontra na campânula ar vital, mas mesmo o ar inflamável que enchia desaparece; portanto os produtos não estão mais no estado aeriforme; e, como, de outro lado, está provado que a água é um composto de ar inflamável e de ar desflogisticado, é claro que M. Priestley formou água sem perceber". Diz também: "Esta experiência me fez lembrar que, tendo feito revivificações da cal de chumbo com pó de carvão, em vasos fechados, eu havia obtido água. Registrei esse fato, do qual ignorava a explicação, no volume dos *Opuscles* que publiquei em 1774". Depois de detalhar as suas experiências quantitativas de revivificação dos óxidos de chumbo, estanho e ferro, passa a descrever a primeira que fez conjuntamente com Meusnier sobre a decomposição da água.⁶⁵

Nessa época, Lavoisier e Meusnier foram designados pela Academia, sob ordem do rei, para aperfeiçoar as máquinas aerostáticas, o que os levou a fazer pesquisas sobre o método mais econômico para produzir hidrogênio em grandes quantidades e a imaginar a maneira de obtê-lo pela decomposição da água. Utilizaram para esse fim um cano de fuzil aquecido até incandescência, através do qual se fazia gotejar água que se decompunha totalmente, obtendo-se assim o ar *ar inflamável*. Lavoisier e Meusnier fizeram novas experiências no inverno de 1783 a 1784 e apresentaram conjuntamente uma memória na Páscoa de 1784.⁶⁹

Como no caso do oxigênio, a descoberta da síntese da água foi objeto de grande controvérsia. Ela começou com Watt, o qual, em abril de 1784, reivindicou a prioridade pela interpretação que deu uma experiência de Priestley de março de 1783, através de uma carta dirigida a este último, no mês de abril desse ano, na qual dizia: "Não estamos autorizados a concluir que a água está composta de ar desflogisticado e de concluir que a água está composta de ar desflogisticado e de flogisto desprovido de seu calor latente ou elementar?"⁶⁷ Essa carta retida por Priestley (a pedido do próprio Watt) foi lida na Royal Society em 26 de abril de 1784 juntamente com outra (também de Watt), enviada ao secretário dessa sociedade, sobre idêntico assunto e datada de novembro de 1784.

Lavoisier, por seu lado, no texto da memória publicada em 1784 (correspondente à que foi apresentada em novembro de 1783) diz: "Foi em 24 de junho de 1783 que fizemos a experiência, M. de Laplace e eu, na presença de M.M. le Roi, de Vandermonde, de vários outros acadêmicos, e de M. Blagden, hoje secretário da Sociedade Real de Londres; este último informou-nos que M. Cavendish, em Londres, já hávia ensaiado queimar ar inflamável em vasos fechados, e que havia obtido uma quantidade de água muito apreciável".⁶⁵ Esta interpretação dos fatos foi contestada por Blagden muito posteriormente, em uma carta enviada a *Crell's Chemische Annalen* em 1786.⁶⁷ Nela ele manifestava: "Não se pode inculpar M. Lavoisier de haver declarado nada contrário à verdade, mas não se pode negar que escon-

deu uma parte desta, porque deveria haver reconhecido que lhe informei dos experimentos de M. Cavendish alguns dias antes, enquanto que a sua expressão *il nous apprit* (informou-nos) faz surgir a idéia de que não lhe havia informado antes daquele dia preciso. De maneira similar, M. Lavoisier, ocultou uma circunstância de importância extraordinária, ou seja, que o seu experimento efetuou-se como consequência do que eu lhe havia informado. deveria ter feito constar não só que M. Cavendish havia obtido uma quantidade de água muito apreciável, mas também que o peso da água era igual à soma dos dois ares. Devia, além disso, ter acrescentado que foi informado das conclusões tiradas por M.M. Cavendish e Watt, quer dizer, que a água, e não um ácido ou outra substância, é produzida pela combinação de ar inflamável e de ar desflogisticado. E são justamente essas conclusões que abriram a M. Lavoisier o caminho à sua teoria atual, que concorda perfeitamente com a de M. Cavendish, com a diferença de que M. Lavoisier a arranja com a sua velha teoria que nega o flogisto".⁷⁰

É interessante constatar que, sobre estas duas maneiras de relatar os fatos, alguns autores dão mais crédito às palavras de Blagden que às de Lavoisier, quando ambos deveriam merecer a mesma apreciação, sem por isso atribuir-se má fé a nenhum deles. Lavoisier não respondeu às acusações de Blagden e é fácil imaginar que, na sua ótica, isso parecia irrelevante, tendo em conta que, nessa época (1786), já havia dado um acabamento completo à teoria da combustão e derrubado praticamente a do *flogisto*, mesmo se ainda contasse com poucos adeptos.

Pode-se também levantar algumas dúvidas sobre o testemunho de Blagden. assim, pelo que se pode inferir através da carta dirigida a Berthollet, citada no resumo publicado em *Observations sur la Physique* em fins de 1783, Blagden ainda não parecia interessado em comunicar aos seus colegas franceses os verdadeiros resultados obtidos por Cavendish. Como este último demorasse a comunicá-los, Blagden, presumivelmente, só procurava assegurar-lhe a prioridade.⁷¹ Por outro lado é difícil imaginar que Lavoisier houvesse realizado a sua experiência de 24 de junho de 1783, na frente de vários acadêmicos e do próprio Blagden, de maneira improvisada, sem ter preparado com antecedência a aparelhagem adequada. Ele fez construir a primeira caixa pneumática, cujo princípio era de sua invenção, em 1782 e, provavelmente no começo de 1783, fez construir a segunda. Isso permitiu-lhe realizar a combinação dos dois gases, hidrogênio e oxigênio, por meio de um maçarico alimentado pelos mesmos e cuja chama ardia em uma campânula fechada.⁷² O problema de combustão do hidrogênio tinha necessariamente que interessar Lavoisier, pois esse era o último elo que faltava para completar a sua teoria. É verdade, também, que esperava descobrir um ácido e é bem possível que, ao ouvir Blagden falar em água (se é que ele falou desse fato antes da experiência do dia 24), Lavoisier tivesse rapidamente percebido a verdadeira natureza do produto da combustão do hidrogênio. Poder-se-ia também pôr em dúvida,

se não a boa fé de Blagden, pelos menos a sua memória. Teria ele relatado a Lavoisier a experiência de Cavendish antes de aquele fazer a sua? ou será que, tendo assistido à experiência de Lavoisier, considerou útil intercalar o parágrafo já citado no texto de Cavendish para assegurar a este a prioridade? São essas questões que ficarão, possivelmente, sem resposta definitiva. Esse é, em todo caso, um problema secundário que geralmente obnubila o primordial. Lavoisier, na verdade, nunca reivindicou a prioridade na descoberta da síntese da água e todo o debate em torno do assunto faz esquecer o fato crucial que é a interpretação dada aos resultados. Como no caso da combustão e da calcinação dos metais, foi a de Lavoisier a correta. Afirmar, como fizeram Cavendish e Watt, que o *ar desflogisticado é água desflogisticada* não implica questionar a natureza elementar da água. Para Lavoisier, a essa altura dos acontecimentos, aquela proposição não podia concordar, em hipótese alguma, com “a sua velha teoria que negava o flogisto”. Demonstrar que a água não era um elemento passou a ser, então, um objetivo de importância fundamental para o acabamento dessa teoria e foi com o intuito de assentá-la sobre bases sólidas e incontrovertíveis que consagrou-se, durante vários anos a esse problema.

Depois de um longo trabalho de preparação, realizado conjuntamente com Meusnier, fez a decomposição e a síntese da água. Nessas experiências utilizou os primeiros gasômetros concebidos pelo seu colaborador e construídos por Megnié, famoso construtor de aparelhos de precisão da época. Esses gasômetros, acabados de construir em fins de 1783, permitiram medir com muita precisão os volumes dos gases empregados.⁷² As experiências decisivas sobre a síntese e a decomposição da água foram realizadas em grande escala por Lavoisier e Meusnier no Laboratório do Arsenal de 27 de fevereiro a 12 de março de 1785, na presença de um grande número de convidados e de comissários designados pela Academia. Em primeiro lugar decompunha-se uma grande quantidade de água fazendo-a passar através de um cano de fusil inclinado e incandescente. Depois sintetizava-se a água partindo do hidrogênio recolhido e de oxigênio (obtido do *mercurius precipitatus per se*), os quais se faziam entrar em um balão tarado onde se realizava a combustão.⁷³

Essas experiências foram de grande valor tanto pela qualidade e perfeição do material utilizado, como pela realização em grande escala e pelas conclusões que foram inferidas. Os resultados apareceram em um breve artigo, que continha uma ilustração dos aparelhos utilizados, publicado em uma revista de vida efêmera, o *Jornal polytype*⁷⁴. Os cadernos de laboratório de Lavoisier contêm os resumos das diversas operações de controle, rubricados pelos comissários da Academia. Mas as narrações circunstanciadas das experiências, confiadas a Meunier, em vista da sua publicação posterior, foram consideradas perdidas durante muito tempo e só redescobertas, em 1956, por D.I. Duveen. Atualmente elas se encontram na Biblioteca da Cornell University. Nessas

notas os resultados são discutidos do ponto de vista puramente matemático e revelam o desejo de Lavoisier de demonstrar que as conclusões obtidas apoiavam-se em cálculos matemáticos rigorosos⁷³.

Entre os químicos comissionados pela Academia, presentes nessas experiências, encontrava-se Berthollet (1748-1822) o qual, em 19 de março, escreveu a Bladgen. “Nestes últimos tempos, ocupamo-nos muito com a bela experiência de M. Cavendish sobre a composição da água. M. Lavoisier tratou de aportar a esse tema toda a exatidão de que ela é susceptível”⁷³. Nessa carta, Berthollet descrevia brevemente a parte experimental, os pesos das diversas substâncias envolvidas, mas não se manifestava sobre a natureza da água. Poucas semanas depois, em 6 de abril de 1785, ele aderiu definitivamente às idéias de Lavoisier, o que foi uma conversão importante, dado o seu prestígio. Outros acadêmicos presentes, contudo, como Cadet, Baumé e Sage permaneceram intransigentes⁷³.

No inverno de 1786-87, a síntese da água foi repetida por Lavoisier, com a colaboração de Laplace com o objetivo de determinar o seu calor de formação⁷³. Em 1789 Seguin, fazendo uso dos aparelhos usados por Lavoisier e Meusnier, fez uma nova experiência utilizando oxigênio obtido a partir de clorato de potássio, com o intuito de eliminar a formação de ácido nítrico. Vários acadêmicos, entre os quais, Lavoisier, Meusnier e Laplace, apresentaram um relatório à Academia que não foi aprovado por D’Arcet e Baumé⁷⁵.

Com respeito às prioridades do descobrimento, tanto do oxigênio como da água, é bom assinalar que Lavoisier não pretendeu ter feito mais do que ele fez. Assim, se bem que no seu *Traité Élémentaire de Chimie* ele diz, a respeito do oxigênio: “este ar, que descobrimos quase ao mesmo tempo M. Priestley, M. Scheele e eu”, o que é verdade, em uma memória apresentada à Academia em 5 de junho de 1782, escreve: “este ar que M. Priestley descobriu quase ao mesmo tempo que eu e, creio, mesmo antes do que eu”⁷⁶. No que se refere à síntese da água, no relatório mencionado acima pode-se ler: “M. Cavendish parece ter sido o primeiro que notou que a água produzida nesta combustão é o resultado da combinação de dois gases, cujo peso é igual à soma dos pesos dos outros dois. Várias experiências, feitas em grande escala, de uma maneira precisa, por M.M. Lavoisier, Meusnier, Monge e por M. Lafèvre-Pineau confirmaram esta importante descoberta”⁷⁵.

É preciso não esquecer que no período que vai de 1774 a 1785, Lavoisier, em luta contra todos os químicos da sua época, tratava, não somente de destruir a teoria do *flogisto*, como de impor a sua própria. Mais tarde, com o sucesso obtido por esta última, pôde, certamente, avaliar melhor a sua contribuição e a dos outros. Assim, nas suas memórias escritas a partir de 1792, depois de suprimida a *Ferme Générale* e de ter desocupado o seu laboratório no Arsenal, Lavoisier escreveu: “Comparando esta primeira notícia (a do documento selado de 1772) com a que tinha apresentado no dia 20

de outubro precedente sobre a combustão do fósforo, com a memória que li na Academia na sessão pública da Páscoa de 1775 e, finalmente, com as que publiquei sucessivamente, é fácil ver que eu havia concebido, desde 1772, todo o conjunto do sistema que publiquei posteriormente sobre a combustão. Esta teoria, à qual dei numerosos desenvolvimentos em 1777 e que levei, já naquela época, quase ao mesmo estado que apresenta hoje, só começou a ser ensinada por Fourcroy no inverno de 1786 a 1787; não foi adotada por Guyton-Morveau senão em uma época posterior; enfim, em 1785, Berthollet escrevia ainda no sistema do flogisto. Esta teoria não é, portanto, como ouço dizer, a teoria dos químicos franceses, ela é minha e essa é uma propriedade que reclamo dos meus contemporâneos e da posteridade. Outros, sem dúvida, acrescentaram novas etapas de aperfeiçoamento mas não poderão me contestar, espero, toda a teoria da oxidação e da combustão; a análise e a decomposição do ar pelos metais e os corpos combustíveis; a teoria da acidificação; conhecimentos mais exatos sobre um grande número de ácidos, especialmente dos ácidos vegetais; as primeiras idéias sobre a composição das substâncias vegetais e animais; a teoria da respiração, na qual Seguin colaborou comigo".⁷⁷

Na verdade, um dos primeiros químicos franceses a adotar a teoria de Lavoisier foi Chaptal (1756-1832), professor de química em Montpellier, que o fez através de uma carta dirigida a Lavoisier em junho de 1784.⁷⁸ Posteriormente, outros químicos famosos foram aderindo também. O exemplo mais notável foi o de Richard Kirwan (1733-1812), um dos mais sérios defensores da teoria do flogisto, autor de *Essays on phlogiston and the constitution of acids*, publicado em 1788, que tivera grande impacto. Esse texto foi traduzido para o francês por Mme. Lavoisier, embora aparecesse, como era prática nessa época, em se tratando de produção feminina, como de autor anônimo. O livro continha também contribuições críticas de Guyton de Morveau (1737-1816), Lavoisier, Laplace, Monge, Berthollet e Fourcroy (1755-1809). Em 1791 Kirwan escrevia a Berthollet: "Enfim, deponho as armas e abandono o flogisto... Escreverei eu mesmo uma refutação do meu ensaio".^{79a} Outra adesão importante foi a de Joseph Black que em uma carta a Lavoisier, publicada em *Annales de Chimie* em 1791, dizia: "Passei trinta anos crendo na teoria do flogisto e ensinando-a... experimentei durante muito tempo um grande afastamento do novo sistema, que apresentava como um erro o que eu considerava uma doutrina sã; contudo, esse afastamento, que não provinha senão da força do costume, tem diminuído gradualmente, vencido pela clareza e a solidez do vosso método...".^{79b} Outras conversões importantes foram as de Klaproth (1743-1817) na Alemanha, Spallanzani (1729-1799), Volta e Felice Fontana (1729-1805) na Itália e Proust (1754-1826), nessa época professor em Madri. Em Portugal, o químico brasileiro Vicente de Seabra Telles, aderiu explicitamente à teoria, em um pequeno livro *Dissertação sobre a fermentação em geral, e suas espécies*, publicado em 1787.⁸⁰

OS ÁCIDOS

Como vimos acima, os trabalhos de Lavoisier sobre a formação do ácido carbônico pela combustão do carvão e do diamante, assim como as do ácido sulfúrico e fosfórico pela do enxofre e fósforo demonstraram a presença de oxigênio nesses ácidos e levaram-no a acreditar na existência de um princípio acidificante ou "princípio oxigênio". Sua opinião estava em franca oposição com a teoria de Stahl admitida por todos seus contemporâneos, mas mesmo assim não deixava de encaixar-se dentro das concepções da química da sua época. O princípio ácido que, desde longa data, os químicos pretendiam isolar e que identificavam a um dos componentes da "tria prima" de Paracelso, o mercúrio, apresentava-se a Lavoisier como real e fácil de identificar.

Na memória apresentada à Academia em 5 de setembro de 1777, referida anteriormente⁴⁷, Lavoisier faz um resumo das suas idéias sobre os ácidos, que já tinham sido apresentadas parcialmente em trabalhos precedentes, e estabelece: "1.º) que o princípio acidificante ou oxigênio, combinado com a matéria do fogo, do calor e da luz, forma o ar mais puro, o que Priestley chamou ar desflogisticado; esta primeira proposição, na verdade, não está rigorosamente demonstrada e é possível que não seja demonstrável; 2.º) que o princípio acidificante ou oxigênio, combinado com as substâncias carbonadas ou carvão, forma o ar gredoso ou ar fixo; 3.º) que, com o enxofre, forma o ácido vitriólico; 4.º) que, com o ar nitroso, forma o ácido do nitro; 5.º) que, com o fósforo de Kunckel, forma o ácido fosfórico; 6.º) que, com as substâncias metálicas, em geral, forma as sales metálicas, salvo as exceções das quais falarei nesta memória ou nas seguintes".

Fala também do ácido sacarino (ácido oxálico) descoberto por Bergman (1735-1784) pela ação do ácido nítrico sobre o açúcar e diz: "Em diferentes memórias, proponho-me a fazer ver, sucessivamente, que, por processos análogos, pode-se unir esse mesmo princípio ao chifre dos animais, à seda, à linfa animal, à cera, aos óleos essenciais, aos óleos obtidos por pressão, ao maná, à cera, ao amido, ao arsênico, ao ferro e, provavelmente, a um grande número de substâncias dos três reinos e convertê-los em verdadeiros ácidos". Pelos seus registros, pode-se constatar, contudo, que essa parte do trabalho era mais complexa do que ele previa, em particular, no que se refere à oxidação do açúcar.⁸¹

EXPERIÊNCIAS CALORIMÉTRICAS

Um grande número de trabalhos realizados por Lavoisier, como as experiências calorimétricas e as relacionadas com a respiração, estão fortemente vinculadas ao desenvolvimento e aprimoramento da sua nova teoria química. As primeiras, ele fez conjuntamente com Laplace e ambos os autores apresentaram várias memórias à Academia entre 1782 e 1783. Nesses trabalhos utilizaram um calorímetro muito mais aperfeiçoado que o de

Black (que já definira os conceitos de calor específico e calor latente) e mediram as quantidades de calor pela massa de gelo fundido durante o processo. Esse método havia sido ensaiado anteriormente pelo físico sueco Johan Carl Wilcke (1732-1796) mas com pouco sucesso.

No dia 18 de junho de 1783, Laplace leu a primeira memória sobre o calor feita conjuntamente com Lavoisier, na qual estavam relatadas as experiências realizadas no inverno precedente. O trabalho começa com uma exposição das suas teorias sobre a natureza do calor aceitas na época: "Os físicos estão em desacordo sobre a natureza do calor. Alguns o consideram como um fluido expandido por toda a natureza, o qual se encontra em todos os corpos por haver penetrado mais ou menos neles. Pode combinar-se com eles e, nesse estado, deixa de atuar sobre o termômetro e de se comunicar de um corpo a outro... Outros físicos pensam que o calor não é senão o resultado de um movimento insensível das moléculas da matéria. Sabemos que todos os corpos, mesmo os mais densos, estão cheios de um grande número de poros, de pequenos vazios. Esses espaços vazios deixam às suas partes insensíveis a liberdade de oscilar em todo sentido; é natural pensar, então, que essas partes estão em contínua agitação e que, se esta aumenta até certo ponto, pode chegar a desuni-las e a decompor os corpos. É esse movimento interno o que, segundo os físicos que mencionamos, constitui o calor".⁸²

Os autores aplicam à teoria do calor o princípio de conservação das forças vivas, na qual o calor é considerado como a força viva resultante dos movimentos insensíveis das moléculas. Deduzem daí o princípio da conservação do calor na mistura dos corpos e o da invariabilidade da soma dos calores desprendidos e absorvidos, quando se retorna ao estado inicial depois de uma série de combinações, ou mudanças de estado. Não se pronunciam, contudo, por nenhuma das duas hipóteses, acrescentando que possivelmente ambas possam se verificar. A memória prossegue com a descrição das medidas efetuadas que compreendem, não somente a determinação de calores específicos, como também o calor de dissolução e de reações químicas, como a combustão do carvão, do hidrogênio e do fósforo, o calor de detonação do salitre com o carvão e o enxofre, e o calor desprendido por uma cobaia durante dez horas.

EXPERIÊNCIAS SOBRE A RESPIRAÇÃO

Nas experiências que o levaram à descoberta do *ar desflogisticado*, Priestley tinha observado que a respiração dos animais "deteriorava o ar atmosférico" e que a *bondade* do ar podia ser restaurada pelos vegetais. Black, por seu lado, estudando o *ar fixo*, tinha constatado que o mesmo estava presente no ar expirado pelos animais. Mas foi Lavoisier que estabeleceu sobre bases sólidas a comparação entre respiração e combustão. Na sua memória já citada, sobre a respiração dos animais lida na Academia no dia 3 de maio de 1777, Lavoisier chega às seguintes conclusões: "1.º) que a respiração só

tem ação sobre a porção de ar puro, o ar eminentemente respirável, contido no ar atmosférico; que o excedente, ou seja, a parte mefítica, é um meio puramente passivo, que entra no pulmão e sai praticamente como entrou, quer dizer, sem mudanças e sem alteração; 2.º) que a calcinação dos metais em uma quantidade dada de ar atmosférico não acontece, como já disse muitas vezes, senão até que a porção de ar verdadeiro, de ar eminentemente respirável, contida nele, tenha sido esgotada e combinada com o metal; 3.º) que, da mesma maneira, encerrando os animais em uma quantidade dada de ar, eles morrem uma vez absorvida e convertida em ácido gredoso aeriforme a maior parte da porção respirável do ar, e quando este último é reduzido ao estado de mofeta; 4.º) que a espécie de mofeta que fica depois da calcinação dos metais não difere em nada, de acordo com todas as experiências que fiz, da que fica depois da respiração dos animais, contanto que esta última tenha sido despojada, pela cal ou pelos álcalis cáusticos, de sua parte fixa, ou seja, do ácido gredoso aeriforme que continha; que essas duas mofetas podem ser substituídas uma pela outra em todas as experiências, e que podem ser ambas transformadas em ar atmosférico por uma quantidade de ar eminentemente respirável igual à que perderam".⁵¹

Na memória sobre o calor, realizada com Laplace, ambos os autores diziam que a respiração era uma combustão muito lenta, inteiramente semelhante à do carvão; que se efetuava no interior dos pulmões, sem originar luz porque a matéria do fogo liberada era imediatamente absorvida pela umidade desses órgãos e que o calor produzido nessa combustão era transmitido ao sangue que atravessava os pulmões e dele a todo o animal.⁸² Essa última conclusão seria contestada por Hassenfratz em 1791.⁸³ Posteriormente, em uma memória lida na Société de Médecine Lavoisier diria: "independentemente da porção de ar vital convertida em ácido carbônico, uma porção do que entrou nos pulmões não volta a sair no mesmo estado; do que se deduz que, na respiração, ou uma porção do ar vital se une ao sangue, ou se combina com uma porção do hidrogênio para formar água."⁸⁴

A partir de 1789, Lavoisier voltou a trabalhar sobre o mesmo tema conjuntamente com Seguin (1765-1835). Trabalharam com cobaias e o próprio Seguin prestou-se a algumas experiências "por mais penosas, desagradáveis ou mesmo perigosas que fossem". Utilizaram, também, misturas de hidrogênio e oxigênio para demonstrar que o nitrogênio não participava na respiração. Madame Lavoisier deixou dois desenhos em que aparecem os dois experimentadores, além de outras pessoas, e ela mesma tomando notas. Mediram as variações de consumo do *ar vital* e dos produtos expirados. Distinguiram a perda de vapor de água pelos pulmões da que se faz pela superfície da pele, mostrando que ambos os processos regulam a temperatura do corpo humano ou animal. Estudaram a influência das condições fisiológicas: digestão, trabalho mecânico, variações da temperatura externa, etc. Em 13 de novembro de 1790, Lavoisier apresen-

tou à Academia uma memória sobre essas experiências, na qual os autores dizem “esse tipo de observações leva a comparar empregos de forças entre as quais não pareceria existir nenhuma relação”. Equiparam, então, os efeitos físicos e mecânicos produzidos pelo trabalho de um operário e o de um intelectual e terminam fazendo considerações morais e sociais, de acordo com os sentimentos que caracterizavam essa época.⁸⁵ Uma segunda memória sobre o assunto foi lida na Academia em 4 de maio de 1791 e publicada parcialmente por Seguin nos *Annales de Chimie* em 1814.⁸⁶ Três últimas memórias sobre a transpiração e a respiração dos animais foram lidas na Academia nos dias 1.º de junho, 12 de novembro e 23 de dezembro de 1791, as duas primeiras por Lavoisier e a terceira por Seguin.⁸⁷ Essas foram as últimas contribuições originais de Lavoisier à Academia, embora continuasse participando em outras atividades.

Lavoisier foi também o criador da análise elementar das substâncias orgânicas. Valiosas contribuições sobre esse tema encontram-se na sua memória sobre a combustão do álcool e outros compostos orgânicos, publicadas no volume da Academia correspondente a 1784.⁸⁸ Observações adicionais sobre esse assunto apareceram posteriormente no seu *Traité de Chimie* enquanto que muitas outras ficaram inéditas e só foram conhecidas anos depois. Na memória citada mostra que muitas substâncias orgânicas estão compostas só de carbono e hidrogênio, que outras contêm também oxigênio, nitrogênio e fósforo. Utiliza a combustão das substâncias na presença de oxigênio para determinar a composição. Trata também da fermentação do vinho, indicando que é o açúcar que se decompõe produzindo *espírito de vinho* com grande desprendimento de gás carbônico. O açúcar é então um composto de carbono, hidrogênio e oxigênio, ao qual chama *água carbonatada*.

Lavoisier participou, também, de maneira preponderante na elaboração da nova nomenclatura química, proposta por Guyton de Morveau no *Journal de Physique* em maio de 1782.⁸⁹ Essa nomenclatura encontrou na teoria de Lavoisier as bases sobre as quais haveria de se estabelecer. Foi ele o encarregado da parte introdutória das comunicações feitas à Academia sobre o tema.⁹⁰ Como resultado da atividade conjunta de vários pesquisadores, foi publicada em 1787, sob os auspícios da Academia, a obra *Méthode de Nomenclature Chimique Proposée par MM. de Morveau, Lavoisier, Bertholet (sic) et de Fourcroy*.

Como vimos, Lavoisier ocupou-se das máquinas aerostáticas, inventadas nessa época pelos irmãos Montgolfier e fez várias comunicações sobre métodos mais baratos para obter o hidrogênio que era usado para encher esses balões. Além disso, realizou pesquisas importantes em agricultura para cujo fim comprou uma propriedade e estabeleceu nela um laboratório. Foi considerado uma autoridade em questões agrícolas, sendo nomeado membro da *Société d'Agriculture*.

Fez parte do *Comité des Poids et Mesures* (Comissão de Pesos e Medidas) criado pela Academia em 1791, nas funções de secretário e tesoureiro. Sua contribuição foi

considerável devido às cuidadosas experiências relativas ao peso de um pé cúbico de água a diferentes temperaturas e às determinações de coeficientes de dilatação de régua de platina. A balança utilizada no primeiro caso, fabricada por Fortin, pertencia ao próprio Lavoisier.

O TRAITÉ ÉLÉMENTAIRE DE CHIMIE

Segundo uma crença, fomentada pelo próprio Lavoisier, tendo este destruído definitivamente a teoria do *flogisto* e convertido à sua nova teoria uma grande parte dos sábios da sua época, decidiu acabar sua obra com a publicação de seu *Traité Élémentaire de Chimie, présenté dans un ordre nouveau et d'après les découvertes modernes*. No prefácio, depois de citar os princípios expostos por Condillac na sua *Lógica* em que diz que “a arte de raciocinar se reduz a uma língua bem feita”, Lavoisier acrescentava: “enquanto eu pensava em me ocupar somente de nomenclatura, enquanto que não tinha outro objetivo que o de aperfeiçoar a linguagem da Química, minha obra transformou-se imperceptivelmente entre as minhas mãos, sem que fosse possível evitá-lo, em um tratado elementar de química”.⁹¹

Na verdade, Lavoisier pensou em redigir um tratado de química quando sua teoria ainda não estava totalmente acabada, ao que parece entre 1778 e 1780 e começou a preparar a sua obra entre 1780-1781. Embora não sendo professor, sentiu desde cedo a necessidade de transformar o ensino da química, expondo a matéria de maneira completamente diferente da tradicional e indicando o método racional a seguir. Em notas que ficaram inéditas ele relembra as suas primeiras impressões sobre o ensino da química: “quando comecei a estudar um curso de química pela primeira vez, ainda que o professor escolhido por mim (*de La Planche* do Collège Mazarin) fosse considerado o mais claro e mais ao alcance dos iniciantes, surpreendeu-me ver, de quanta escuridão estava rodeadas as primeiras abordagens da ciência”. Depois de se referir à forma racional e rigorosa dos cursos de física e matemática que seguiu, acrescentava: “Na química o caminho era completamente diferente. Desde os primeiros passos começava-se por supor em vez de provar, apresentavam-me palavras que não (se sabia) definir ou, pelo menos, que só se podia definir empregando conhecimentos que eram-me absolutamente desconhecidos e que não podia adquirir senão pelo estudo de toda a química. Assim começavam a ensinar-me a ciência supondo que eu já a sabia”.⁹²

É preciso ter presente que, excetuando o livro de Macquer (1718-1784), *Les Éléments de Chimie Théorique* de 1749, todos os outros utilizados nessa época tinham um traço comum. A teoria apresentada no começo, não era utilizada na descrição dos métodos gerais da química ou das operações feitas, não tinha nenhuma repercussão sobre a obra, nem sobre a classificação dos corpos, nem mesmo sobre a sua preparação. Em 1778 Lavoisier começou a redigir o segundo volume dos

Opuscules Physiques et Chimiques, projeto depois abandonado em benefício de um tratado em colaboração com Bucquet. Previu que, para a redação do mesmo, um número considerável de experiências, feitas até essa data, deviam ser revistas sob uma luz completamente nova. A morte de Bucquet, ocorrida em janeiro de 1780, fez interromper o projeto. A partir de 1781 Lavoisier preparou dois projetos deferentes. Aparentemente, depois da redação definitiva de seu tratado, que faria em 1788, ele já tinha planejado publicar, posteriormente, uma obra mais completa.⁹³

Os dois projetos diferem tanto pela repartição de temas entre os capítulos como pelo conteúdo. O *Traité Élémentaire de Chimie* tal como foi publicado em 1789 começa com o conhecido *Discours préliminaire* (discurso preliminar), inspirado nos ensinamentos de Condillac. Esse discurso contém também algumas passagens que figuram na *Nomenclature*. A primeira parte do livro está consagrada à exposição do seu sistema e tem como título *Da formação dos fluidos aeriformes e de sua decomposição, da combustão dos corpos simples e da formação dos ácidos*. No primeiro capítulo trata do calórico. Se na memória sobre o calor de 1783,⁸² Lavoisier e Laplace parecem não concordar sobre a natureza do calor e por isso expõem as duas teorias vigentes, no seu *Traité* Lavoisier adere definitivamente à noção de fluido e ao tratar das variações de temperatura diz: “É difícil conceber esses fenômenos sem admitir que são o efeito de uma substância real e material, de um fluido muito sutil, que se insinua através das moléculas de todos os corpos e as separa”^{94a} Mais adiante dá a definição de gás, que se enquadra perfeitamente dentro do pensamento tradicional dos químicos: “O gás é então para nós um nome genérico, que designa o último grau de saturação de uma substância qualquer pelo calórico, é a expressão de uma maneira de ser dos corpos”^{94b}

A continuação trata do papel desempenhado na química pelo oxigênio, dos ácidos, da água, da combustão das matérias minerais e orgânicas, das fermentações e dos sais neutros.

A segunda parte contém 45 tabelas, nas quais apresenta de maneira sistemática, e com importantes observações, a composição de todas as substâncias conhecidas então. Na terceira, descreve os aparelhos e as operações da química. É interessante ressaltar a tabela das substâncias simples, ou seja, dos elementos, que é de grande valor histórico, por ser a primeira desse tipo. Nella Lavoisier distribui os elementos em quatro classe: 1) os cinco fundamentais, entre os quais inclui os imponderáveis, luz e calórico; 2) os elementos não metálicos, oxidáveis e acidificáveis; 3) os elementos metálicos, oxidáveis e acidificáveis; 4) os elementos térreos salificáveis, entre os quais inclui a cal, a magnésia, a barita, a alumina e a sílica, mas diz: “não podemos, portanto, assegurar que o que consideramos hoje como simples o seja realmente; tudo o que podemos dizer é que uma dada substância é o limite atual a que chega a análise química e que não pode mais subdividir no estado atual dos nossos conhecimentos”... “pode-se supor que, em bre-

ve, as terras deixarão de figurar entre as substâncias simples, elas são as únicas, de toda esta classe, que não têm nenhuma tendência a se unir ao oxigênio, o que me faz crer que esta indiferença pelo oxigênio é devida ao fato de já estarem saturadas desse gás”, e acrescenta: “Não inclui nessa tabela os álcalis fixos como a potassa e a soda, porque essas substâncias são, evidentemente, compostas, mesmo que ainda se ignore a natureza dos princípios que entram na sua combinação”⁹⁵

No que se refere às afinidades, Lavoisier considerou que os conhecimentos sobre esse tema ainda requeriam novas experiências e advertia no prefácio do *Traité*: “Esta lei rigorosa, da qual não devia afastar-me, de não concluir nada mais além do que as experiências apresentam, e de jamais preencher o silêncio dos fatos, não me permitiu incluir nesta obra a parte da química mais susceptível, talvez, de tornar-se um dia uma ciência exata: é a que trata das afinidades químicas ou atrações eletivas”⁹⁶

Os três capítulos da terceira parte, que tratam da determinação de pesos específicos e balanças, gazometria e calorimetria, constituem uma verdadeira novidade nas obras de química dessa época e mostram a importância dada por Lavoisier aos métodos quantitativos. Os outros capítulos são mais clássicos, embora os consagrados aos aparelhos fabricados por Meugnié e Fortin para Lavoisier sejam de particular interesse. O livro contém, no fim, 13 pranchas de belíssimas ilustrações feitas por Mme. Lavoisier.

LAVOISIER E A REVOLUÇÃO FRANCESA

Quando começou a revolução francesa, Lavoisier tinha chegado ao ponto mais elevado da sua carreira científica, sendo reconhecido no seu país e no estrangeiro como um dos maiores sábios da França; seu laboratório do Arsenal era o ponto de reunião dos cientistas e intelectuais da época. Sua competência administrativa e financeira era admitida por todos, até o ponto de ter-lhe sido oferecido pelo rei, um junho de 1792, o cargo de ministro das contribuições públicas, cargo que ele rejeitou. Lavoisier, ainda que nobre,⁹⁷ como quase todos os intelectuais da sua época, era homem de idéias democráticas e progressistas. Assim, em 1788, escreveu um longo memorando sobre os *Etats Généraux*⁹⁸ destinado ao primeiro ministro, no qual defendia firmemente o *Terceiro Estado*.⁹⁹ Propunha para este, tantos representantes quanto para a nobreza e o clero reunidos e que o voto fosse individual. Atacava as *lettres de cachet*, que permitiam enviar as pessoas à prisão da Bastilha sem processo e proclamavam a necessidade de absoluta liberdade de opinião e de imprensa. Conjuntamente com outros espíritos liberais, constitucionalistas moderados, como Condorcet, Bailly, Monge, André Chénier, Dupont de Nemours, Mirabeau, etc., formou parte do clube *La Société de 1789*, que teve grande influência no primeiro período revolucionário e cuja importância decresceu com a aparição de sociedades mais radicais co-

mo a dos jacobinos, seus membros chegando a ser acusados até de ser contra-revolucionários.

A partir de 1787 formou parte da Assembléia provincial da região de Orléans e nessa ocasião fez propostas avançadas, como a abolição do trabalho pessoal obrigatório e gratuito, a instituição de regulamentações que favorecessem liberdade de comércio, a fundação de uma caixa de seguros destinada a proteger o povo na miséria e na velhice. Posteriormente, como suplente, Lavoisier não teve oportunidade de participar nos *Etats Généraux*, nem na Constituinte, mas em setembro de 1789 foi eleito membro da Assembléia de representantes do município de Paris. Exerceu outros cargos administrativos, no Banco de Descontos, na Comissão de Moedas, na Comissão de Pesos e Medidas já mencionada. Essas tarefas acabaram por afastá-lo de toda atividade científica.

O primeiro ataque pessoal contra Lavoisier veio de Jean Paul Marat, seu coetâneo, nascido na Suíça, filho de um médico da Sardenha (Giovanni Mara), médico ele mesmo, jornalista revolucionário, porta-voz do jacobinismo, que fundara o jornal *L'Ami du Peuple*, no qual denunciava os que considerava inimigos do povo e da causa revolucionária. Tinha estudado em Bordéus e Paris, doutorando-se depois na Universidade de St. Andrews na Inglaterra. De regresso à França foi nomeado médico do Conde *d'Artois* (posteriormente Carlos X da França). Escreveu vários livros científicos e nas suas *Recherches Physiques sur le feu* de 1780 não só combatia Newton como também emitia uma teoria da combustão contrária à de Lavoisier. Dizia que uma vela acesa, em um ambiente fechado, apagava por efeito do aumento da pressão do gás. No dia 10 de junho de 1780 Lavoisier leu na Academia um artigo do *Journal de Paris* onde se apresentavam, como tendo sido aprovado pelos acadêmicos, as observações que Marat havia feito e nas quais teria tornado visível o *elemento do fogo*. Lavoisier chamou a atenção sobre o fato de a dita informação não se ajustar à realidade.¹⁰⁰ Nas obras completas de Lavoisier não existe mais nada referente a Marat, mas não há dúvida que este último nunca esqueceu a pouca importância que o maior químico francês da época deu à sua obra. Assim, uma vez fundado *L'Ami du Peuple*, lançou os seus anátemas contra a Academia e principalmente contra Lavoisier. "Denuncio-vos, dizia, o corifeu dos charlatães, o tal Lavoisier, aprendiz de químico,¹⁰¹ *fermier général*, administrador de pólvora e salitre, que encarcerou Paris e interrompeu a circulação do ar com uma muralha, administrador do Banco de Descontos, membro da Academia de Ciências".¹⁰² Marat o acusou também de adulterar o tabaco com água. A *Ferme Générale* controlava o processamento do tabaco e as taxas impostas sobre o seu comércio; Lavoisier introduziu a prática de umedecê-lo até um certo grau para fazer a folha menos quebradiça. Como era vendido com base no conteúdo de matéria seca, a acusação de Marat não tinha fundamento. Também se deveu a este, a confusão sobre a transferência da pólvora do Arsenal para fora de Paris que mencionamos no começo.

O FIM DA ACADEMIA

Em 1785, Lavoisier foi nomeado diretor da Academia de Ciências, cargo esse de intensa atividade administrativa, que ele desempenhou com a sua reconhecida eficiência. Nessa ocasião realizou a reforma que ele já vinha propondo desde muito tempo e que entrou em vigor a partir de 1786. Foram assim introduzidas a física geral, as ciências naturais, a geologia, a metalurgia e a agricultura e foi suprimida a classe dos adjuntos.

Nos primeiros tempos da Revolução, a douta assembléia teve o seu prestígio e influência aumentados devido ao fato de uma grande parte de seus membros haver contribuído à criação do ambiente intelectual, propício às idéias revolucionárias. Uma das principais tarefas que lhe foram encomendadas pelo governo revolucionário foi a relativa ao estabelecimento de um novo sistema de pesos e medidas. Foram criadas várias subcomissões e Lavoisier, conjuntamente com Haüy (1743-1822), devia determinar a unidade de peso, o que foi feito em janeiro de 1792. Entre 24 de maio e 5 de junho de 1792, com a colaboração de Borda (1733-1799), fez o estudo da dilatação térmica das régua de platina, destinadas pela Comissão de Pesos e Medidas à medição de bases para a triangulação.¹⁰³

A partir dessa data, começam a se fazer sentir os primeiros ataques contra a Academia, devidos a Fourcroy (antigo colaborador de Lavoisier na elaboração da *Méthode de Nomenclature Chimique*, já citada) membro da Convenção,¹⁰⁴ na qual chegou a possuir muita influência. Assim, na sessão da Academia de 25 de abril de 1792, propôs que, seguindo o exemplo da Sociedade de Medicina, se excluíssem os acadêmicos suspeitos de *incivismo*, ou seja, de opiniões contra-revolucionárias. A Academia adiou a deliberação até o dia 29 e decidiu submeter a lista dos seus membros à consideração do governo para que ele mesmo fizesse a depuração. O governo aprovou uma lista modificada, mas como as instituições do antigo regime eram mais e mais alvo de críticas, os membros da Academia acharam conveniente se apresentar à Convenção para fazerem uma exposição dos seus trabalhos, em particular os relativos à Comissão de Pesos e Medidas, e apresentaram o último volume das suas memórias. A Academia foi bem recebida e até elogiada, mas três dias depois foi-lhe proibido eleger novos membros nos postos deixados vagos pelos que foram eliminados.

Começa então um período de lutas, no qual Lavoisier desenvolveu uma atividade intensa para salvar a instituição, não só contribuindo para ajudar economicamente aqueles acadêmicos que só tinham os honorários da Academia quando o governo cessou seus pagamentos, como também procurando apoio entre os membros da Convenção. Encontrou um decidido defensor em Lakanal (1762-1845), deputado na Convenção, membro da Comissão de Instrução Pública e reformador do sistema educacional durante a Revolução.

Em 25 de maio de 1793, Lakanal obteve algumas resoluções favoráveis, mas no dia 8 de agosto do mesmo ano a Convenção decidiu suprimir todas as sociedades científicas. A Comissão de Instrução Pública propôs que a Academia fosse excluída do decreto até a criação de uma nova instituição que continuasse a sua tarefa. Mas o famoso pintor Dávid, que era membro da Convenção, se opôs firmemente alegando que “as funestas academias não podiam subsistir em um regime livre”,¹⁰⁵ parecer que contou com a aprovação da Convenção. Lavoisier, contudo, conseguiu, através de Lakanal, que no dia 14 de agosto a Convenção Nacional emitisse um decreto permitindo aos acadêmicos continuar as suas reuniões no local da Academia para “ocupar-se especialmente dos assuntos que têm sido ou poderão ser enviados a eles pela Convenção Nacional”.¹⁰⁵ Estipulava-se, também, que os honorários dos acadêmicos seriam pagos como no passado. Esse decreto, no entanto, foi ignorado, devido à oposição de Fourcroy, cuja influência na Comissão de Instrução Pública era cada vez maior. No dia 17 de agosto as portas da Academia foram seladas. Depois, por iniciativa do próprio Fourcroy, decretou-se em 9 de setembro, a criação temporária de uma Comissão de Pesos e Medidas, da qual Lavoisier tomava parte. Contudo, no dia 14 de setembro a casa de Lavoisier foi perscrutada pela primeira vez. Nesse mesmo dia, entrou para a *Société Philomatique*, associação criada em 1789 com o objetivo de fundar um centro científico independente e da qual participariam, entre outros, Berthollet e Fourcroy. A douta companhia, entretanto, renasceu por decreto de 25 de outubro de 1795 com o nome de *Institut de France* e nele seriam reincorporados todos os antigos acadêmicos que não morreram até então e os que não foram executados.

O PROCESSO DOS *FERMIERS GÉNÉRAUX* E MORTE DE LAVOISIER

Não foi, contudo, por ter defendido a Academia, que Lavoisier morreu no cadafalso, mas por ter sido *fermier général*.

A Assembléia Constituinte acabou com o contrato da *Ferme* em março de 1791, com efeito retroativo a 1º de julho de 1789. Uma comissão de nove *fermiers*, entre os quais não figurava Lavoisier, foi encarregada de preparar um informe sobre as suas atividades até o dia 1º de fevereiro de 1793. Quase ao mesmo tempo, Lavoisier teve que deixar o seu cargo de administrador da pólvora, mas foi autorizado a continuar morando no Arsenal e a conservar o seu laboratório. Finalmente, em 17 de agosto de 1792, depois de várias peripécias, Lavoisier abandonou precipitadamente sua casa e laboratório e foi morar no *Boulevard de la Madeleine*. Evitou assim ser preso, o que aconteceu com os outros administradores que permaneceram nos seus postos.

O informe dos *fermiers* não foi acabado na data prevista. A Convenção, então, suprimiu a comissão mencionada e ordenou que fossem registrados e selados to-

dos os papéis dos *fermiers*. Foi nessa ocasião que se fez a primeira perquisição na casa de Lavoisier. Os *fermiers* deviam apresentar as suas contas em 1º de abril de 1794. Mas em 24 de novembro de 1793 ordenou-se o seu encarceramento. Lavoisier, contando obter a suspensão da ordem de detenção, tendo em conta os trabalhos oficiais que realizava, escondeu-se por alguns dias e escreveu uma carta à Comissão de Instrução Pública, presidida então por Guyton de Morveau, o qual não fez nada em favor do seu colega. Lavoisier escreveu outra carta à Comissão de Salvação Pública com igual resultado. Então, entregou-se às autoridades. No dia 17 de dezembro a sua casa foi selada; mais tarde, em 8 de janeiro de 1794, os aparelhos, pertencentes à Comissão de Pesos e Medidas, que Lavoisier utilizava na sua casa foram retirados. Na ocasião, o prisioneiro foi conduzido entre dois policiais à sua casa, na presença dos membros da Convenção encarregados de fazer a requisição, entre os quais figuravam: Guyton de Morveau, Fourcroy, Berthollet e Vendermonde; “Quem nos descreverá (dirá mais tarde Grimaux, biógrafo de Lavoisier) os olhares que trocaram o prisioneiro e os convencionais? Que sentimentos deviam agitar esses que viam diante de si, na condição humilhante de um criminoso, o antigo diretor da Academia, o opulento *fermier général*, o ilustre sábio do qual tantas vezes solicitaram o apoio e a aprovação?”¹⁰⁶

No dia 18 de dezembro a Comissão de Pesos e Medidas solicita à Comissão de Segurança Geral que Lavoisier “possa retornar aos trabalhos importantes que sempre realizou com tanto zelo quanto entusiasmo”. A carta estava assinada corajosamente por Borda e Haüy que, com esse pedido, arriscavam a vida: Borda era um antigo nobre e Haüy um padre *non assermanté*.¹⁰⁷

A resposta a essa carta veio, na verdade, na forma de uma resolução da Comissão de Salvação Pública de 23 de dezembro, na qual se dizia: “A Comissão de Salvação Pública, considerando que é importante, para o melhoramento do espírito público, que os encarregados do governo não deleguem funções, nem concedem missões, senão a homens dignos de confiança pelas suas virtudes republicanas e o seu ódio pelos reis, depois de consultar os membros da Comissão de Instrução Pública, ocupados especialmente na operação de pesos e medidas (entre os quais estava Guyton de Morveau), decreta que Borda, Lavoisier, Laplace, Coulomb (1736-1806), Brisson e Delambre (1749-1802), cessarão de ser membros da Comissão de Pesos e Medidas a partir desta data”.¹⁰⁸

Entre os sábios da época, que inspiraram toda confiança à Comissão de Salvação Pública, encontravam-se Monge, Berthollet, Fourcroy, Guyton de Morveau e Vauquelin. Posteriormente, na época do I Império, todos eles receberam títulos de nobreza: os três primeiros de conde, o quarto de barão e o último de cavaleiro.

Houve outras tentativas para salvar Lavoisier. Cadet e Baumé, ainda adversários declarados da teoria química daquele, fizeram declarações muito favoráveis ao seu respeito. O *Bureau de Consultation des Arts et Métiers* (Secretaria de Artes e Ofícios) fez um informe assinado

por Lagrange, presidente, e Coulomb, Servières e Hallé, no qual se expunha com grande destaque o valor dos trabalhos científicos de Lavoisier. Contudo, em 24 de dezembro de 1793 os *fermiers* foram transferidos ao *Hôtel des Fermes* (Palácio da Arrecadação), onde deviam preparar as contas relativas à sua administração. Uma última tentativa de Mme. Lavoisier junto ao acusador Antoine Dupin, também não deu resultado. Seu comportamento digno e os argumentos que utilizou para demonstrar que as acusações contra os *fermiers* eram falsas não fizeram senão irritá-lo. Os *fermiers* apresentaram as suas contas, certos de que a sua inocência ficaria provada, particularmente no que se referia às fraudes e roubos de que eram acusados. Mas isso não convenceu nem aos comissários revisores nomeados pela Convenção, nem a Dupin. Uma das principais imputações foi a relativa ao umedecimento do tabaco, o que ficou depois célebre na história das injustiças judiciais. Com esta operação, se dizia, os *fermiers* tinham vendido água ao preço de tabaco, culpando-os de deverem ao Estado 130 milhões de libras. A outra acusação importante foi a de cumplicidade com as potências estrangeiras. No dia 5 de maio, Dupin apresentou o seu requerimento à Convenção e, no mesmo dia, os *fermiers* foram conduzidos à presença do Tribunal Revolucionário. Naquela noite os acusados foram transferidos à *Conciergerie*.¹⁰⁹ Ali, Lavoisier escreveu a sua conhecida carta a seu primo Auger de Villers. "Tive", dizia, "uma carreira razoavelmente longa, sobretudo muito feliz, e creio que a minha memória será acompanhada de algum pesar, possivelmente de alguma glória. Que poderia ter desejado de mais? Os acontecimentos nos quais me encontro envolvido me evitarão, provavelmente, os inconvenientes da velhice. Morrerei inteiro, é outra vantagem que devo adicionar às que já tive. Se experimento algum sentimento doloroso é o de não ter feito mais pela minha família, é o de estar totalmente desprovido de tudo e de não poder dar a ela e a vós nenhuma prova de meu apego e de meu reconhecimento. É verdade, então, que o exercício de todas as virtudes sociais, os serviços importantes dados à pátria, uma carreira utilmente empregada no progresso das artes e dos conhecimentos humanos não bastam para preservar-nos de um fim sinistro e de morrer como culpados! Vos escrevo hoje, porque possivelmente amanhã não me será mais possível fazê-lo e porque é um doce consolo ocupar-me de vós e das pessoas que me são caras nestes últimos momentos. Lembrai-me junto às pessoas que se interessam por mim e que esta carta seja também para elas. É certamente a última que vos escrevo".^{110a}

Em 7 de maio os acusados foram examinados separadamente. No dia seguinte, ao amanhecer, os condenados foram conduzidos ante o Tribunal Revolucionário. O presidente Coffinhal começou fazendo o interrogatório sobre as identidades dos acusados. Três *fermiers*, protegidos de Robespierre, receberam ordem de libertação trazidas por comissários da Convenção e em seguida foi feito o requerimento do fiscal Liendon. Deu-se muito pouco tempo à defesa, tendo Hallé mencionado o infor-

me elogioso do *Bureau de Consultation* sobre Lavoisier. Atribuiu-se a Coffinhal a famosa frase, que não parece ter sido pronunciada: "A república não necessita de sábios, é necessário que a justiça siga o seu curso". Coffinhal insistiu sobre a acusação de cumplicidade com as potências estrangeiras, delito esse punido de morte. Nessa época, do auge do *Terror*, a execução devia se realizar no máximo 24 horas após o veredito. Na tarde do dia 8 de maio começaram a cair as cabeças. A de Lavoisier foi a quarta e foi precedida pela de seu sogro. No dia seguinte, conta-se que Lagrange disse a Delambre: "Não necessitaram senão de um momento para fazer cair essa cabeça e cem anos, não serão suficientes para reproduzir outra semelhante".^{110b}

AGRADECIMENTO

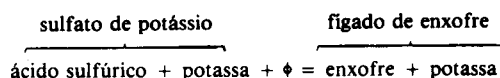
Agradeço aos professores Heloisa Beraldo, Luiz Otávio Amaral e Carlos A. Filgueiras a inestimável colaboração prestada seja na correção do texto, seja pelas inúmeras conversas e intercâmbio de idéias, seja no estímulo proporcionado na realização deste ensaio.

Notas e Referências

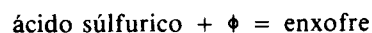
- 1 Thomas S. Kuhn — *The Structure of Scientific Revolutions*, 2nd ed., The University of Chicago Press, p. 10 (1970).
- 2 Aldo Mieli — *Lavoisier y la Formación de la Teoría Química Moderna*, Espasa - Calpe Argentina, Buenos Aires, p. 16 (1944).
- 3 Maurice Daumas — *Lavoisier*, Gallimard, Paris, p. 44 (1941).
- 4 Marcellin Berthelot — *La Révolution Chimique. Lavoisier*, Felix Alcan, Paris p. 11 (1980).
- 5 Maurice Daumas — Ref. 3, p. 46.
- 6 *Ibidem*, p. 47.
- 7 A libra, na origem, representava uma libra de prata e menos de 5 g deste metal em 1805.
- 8 Maurice Daumas. Ref. 3, p. 55-59.
- 9 Denis I. Duveen — *Madame Lavoisier 1758-1836, Chymia*, 4:13-29 (1953).
- 10 A *Académie Royale des Sciences* compunha-se de doze membros honorários pertencentes à aristocracia, aos quais estavam reservadas a presidência e a vice-presidência. Seguiam depois doze pensionários, os quais conjuntamente com os doze anteriores dirigiam as tarefas da Companhia. Vinham depois doze associados e doze adjuntos.
- 11 Na Guerra dos Sete Anos (1756-1761) a França perdeu o seu império colonial na América. Surgiram a Grã-Bretanha como a maior potência colonial do mundo e a Rússia como a grande potência européia.
- 12 Aldo Mieli — Ref. 2, p. 27-28.
- 13 O muro que mura Paris torna Paris murmurante.

- 14 Para aumentar o seu numerário e encurtar o nosso horizonte, a *ferme* julgou necessário nos pôr todos em prisão.
- 15 Aldo Mieli — Ref. 2, p. 25-26.
- 16 O pelicano era um balão provido de uma cucúrbita, da qual saíam dois tubos que comunicavam com o primeiro. Fechado hermeticamente permitia aquecer líquidos a refluxo durante muitas horas.
- 17 Uma libra francesa (480,50 g) tinha 16 onças.
- 18 Maurice Daumas — *Lavoisier. Théoricien et Expérimentateur*. Presses Universitaires de France. Paris, p. 132 (1955).
- 19 Uma libra francesa tinha 9216 grãos.
- 20 1° Réaumur equivale a 1,25° Celsius.
- 21 Aldo Mieli — Ref. 2, p. 28-31.
- 22 Antoine Laurent Lavoisier — *Oeuvrés*. Tome I. Imprimerie Impériale. p. 101. (1864).
- 23 Marcellin Berthelot — Ref. 4, p. 46-49.
- 24 O aparelho de Hales é a cuba hidropneumática que, na verdade, parece ter sido inventada por Moitrel d'Elément em 1719.
- 25 Oeuvres de Lavoisier. Correspondance. Receuillie et annotée par René Fric, Fascicule II, 1770-1775. Paris, p. 389-390 (1957).
- 26 Esta última é a versão citada geralmente pelos diversos autores. Ver a esse respeito: Henry Guerlac - A curious Lavoisier episode - *Chymia*, 5, 103-108 (1959).
- 27 Maurice Daumas — Ref. 18, p. 8.
- 28 *Opuscules Physiques et Chimiques*. Lavoisier, Oeuvres, op. cit. Tome I, p. 612.
- 29 Ibidem, p. 614.
- 30 Ibidem, a) p. 620; b) p. 634.
- 31 Lente que concentrava a luz do sol, a lente do Palais Royal, de cerca de 90 cm de diâmetro, pertencia à Academia.
- 32 Maurice Daumas — Ref. 18, p. 31.
- 33 Sidney J. French — The chemical revolution. The second phase. *J. Chem. Ed.*, 27:83-89 (1950).
- 34 Essai d'expériences chimiques faites sur quelques précipités de mercure, dans la vue de découvrir leur nature. Par M. Bayen, apothicaire-majon des Camps et Armés du Roi — *Observations sur la Physique, sur l'Histoire Naturelle et sur les Arts*. Tome II. Février, 129-145 (1774).
- 35 Ibidem, Seconde partie, Avril, 280-295 (1774).
- 36 Rapport sur une contestation entre M.M. Cadet et Baumé sur le précipité *per se*. Do 19 de novembro de 1776. Lavoisier, *Oeuvres*, op. cit. Tome IV, 188-190.
- 37 O óxido nítrico (NO) na presença de ferro ou de *figado de enxofre* (obtido por fusão de potassa e enxofre) é reduzido a óxido nítrico (N₂O).
- 38 Joseph Priestley — *Experiments and observations on different kinds of air*. Volume II. Section III. London p. 29-48 (1775) in H.M. Leicester and H.S. Klickstein. *A Source Book in Chemistry*, p. 116.
- 39 Ibidem, p. 117. Segundo comentário do próprio Priestley, ele já tinha observado anteriormente a presença de *ar fixo* no minério, devido, certamente à presença de carbonatos nas amostras.
- 40 Ibidem, p. 119. A *bondade* do ar foi *medida* por Priestley em 1772. Esse método consistia em misturar um dado volume de ar com *ar nitroso* (NO) sobre água, medindo a contração de volume devida à combinação deste com o oxigênio e a dissolução na água do NO₂ formado.
- 41 Mémoire sur la nature du principe qui se combine avec les métaux pendant leur calcination, et qui en augmente le poids. *Observations sur la Physique*. Lu à la rentrée de l'Académie le 1 a 26 Avril par M. Lavoisier. Tome V. 429-433, Mai 1775. Na nota de pé de página, Lavoisier escreveu: "As primeiras experiências relativas a esta memória foram feitas faz mais de um ano; as do mercúrio *precipitado per se* foram tentadas com o vidro ardente no mês de novembro de 1774 e feitas depois com todas as precauções e cuidados necessários no laboratório de Montigny, conjuntamente com M. Trudaine em 28 de fevereiro, 1 e 2 de março deste ano; finalmente foram repetidas novamente em 31 de março último, na presença do duque de la Rochefoucault, de M. de Trudaine, de M. de Montigny, de M. Macquer e de M. Cadet.
- 42 Mémoire sur la nature du principe qui se combine avec les métaux et en augmente le poids. Mémoire lu à la rentrée publique de Pâques 1775, relu le 8 août 1778. Mémoires de l'Académie des Sciences, année 775, p. 520. Lavoisier - *Oeuvres* - Op. cit., Tome II. p. 122-128. (1862).
- 43 Mémoire sur la combustion du phosphore de Kunkel et sur la nature de l'acide qui résulte de cette combustion. Lavoisier - *Oeuvres* - Op. cit., Tome II, p. 139-152(1862).
- 44 Na verdade, a prioridade na descoberta do oxigênio deve ser atribuída a Scheele (1742-1786), que o obteve, por diversos métodos, entre 1770 e 1773 e o denominou *ar do fogo*. Seus trabalhos só foram conhecidos em 1777, mas ele descreveu seus resultados em uma carta enviada a Lavoisier em setembro de 1774, in Aaron S. Ihde - *The Development of Modern Chemistry*. Dover Publications. New York. p. 62 (1964)
- 45 Pelo que se sabe, Priestley falava mal francês e Lavoisier falava e compreendia mal inglês, mas contava com uma boa tradutora: Mme. Lavoisier.
- 46 Priestley - Ref. 38, p. 114.
- 47 Considérations générales sur les acides et sur la manière dont ils sont composés. Memória apresentada à Academia no dia 5 de setembro de 1777. Lida a partir do dia 17 de novembro de 1779. Lavoisier - *Oeuvres*, op. cit., Tome II, p. 248-260 (1862).
- 48 Mémoire sur quelques fluides que l'on peut obtenir à un degré de chaleur peu supérieur à la température moyenne de la terre. Lavoisier, *Oeuvres*, op. cit., Tome II, p. 261-270 (1862).
- 49 Thomas S. Kuhn - Ref. 1, p. 55.
- 50 Ibidem, p. 46.

- ⁵¹ Expériences sur la respiration des animaux et sur les changements qui arrivent à l'air en passant par leur poumon. Memória lida na Academia no dia 3 de maio de 1777. Lavoisier - *Oeuvres*, op. cit., Tome II, p. 174-183 (1862).
- ⁵² De acordo com Stahl o enxofre queima no ar dando ácido sulfúrico e eliminando *flogisto* (φ). Em 1697 esse autor demonstrou a operação inversa: aquecendo o sulfato de potássio com carvão (rico em flogisto) resulta uma massa escura idêntica ao *figado de enxofre*. Pode-se escrever então a seguinte equação:



Daí resulta:



- ⁵³ Mémoire sur la dissolution du mercure dans l'acide vitriolique et sur la résolution de cet acide en acide sulfureux aériforme et en air éminemment respirable. Memória apresentada à Academia por Lavoisier e Bucquet em 5 de setembro de 1777. Lavoisier - *Oeuvres*, op. cit., Tome II, 194-198 (1862).
- ⁵⁴ Mémoire sur l'existence de l'air dans l'acide nitreux et sur les moyens de décomposer et récomposer cet acide. Memória lida na Academia no dia 20 de abril de 1776. Lavoisier - *Oeuvres*, op. cit., Tome II, p. 129-1338 (1862).
- ⁵⁵ Marcellin Berthelot, Ref. 4, p. 74.
- ⁵⁶ Lavoisier - *Oeuvres*, op. cit. Tome II, 225-233 (1862).
- ⁵⁷ Ibidem, 391-402.
- ⁵⁸ Ibidem, 623-655.
- ⁵⁹ Lavoisier emprega pela primeira vez a expressão *acide crayeux aériforme* (ácido gredoso aeriforme) para o gás carbônico na memória da referência 51.
- ⁶⁰ Nessa época o nome *ar inflamável* era utilizado para designar indiscriminadamente o hidrogênio, o óxido de carbono, o metano e outros hidrocarbonetos. Habitualmente indicava-se a origem. Cavendish o obtinha a partir dos ácidos sulfúrico e clorídrico.
- ⁶¹ Pierre J. Macquer - *Dictionnaire de Chimie*, Paris, vol. 1, 583 (1778).
- ⁶² Joseph Priestley. *Experiments and observations relating to various branches of Natural Philosophy*. Birmingham (1781).
- ⁶³ Henry Cavendish. *Experiments on air*. Read January 15, 1784. Philosophical Transactions 74, 119-153 (1784) in H.M. Leicester and H.S. Klichstein, op. cit. p. 142-153.
- ⁶⁴ Maurice Daumas. Ref. 18, p. 32.
- ⁶⁵ Mémoire dans lequel on a pour objet de prouver que l'eau n'est point une substance simple, un élément proprement dit, mais qu'elle est susceptible de décomposition et de récomposition. Mémoire lu à la rentrée publique de la St. Martin de 1783. Mémoires de l'Académie de Sciences, année 1781 (publicadas em 1784), p. 468. Lavoisier - *Oeuvres*, op. cit., Tome II, p. 334-359 (1862).
- ⁶⁶ Maurice Daumas - Ref. 18. p. 48-49. A expressão *peso por peso* (poids pour poids), deve ser interpretada como: a soma dos pesos dos gases combinados deve ser igual ao peso da água formada, o que era necessário provar. Ibidem, p. 139.
- ⁶⁷ Sidney M. Edelstein - The water controversy, *Chymia*, 1: 123-134 (1948).
- ⁶⁸ Extrait d'un mémoire lu par M. Lavoisier à la séance publique de l'Académie Royale des Sciences le 12 Novembre, sur la nature de l'eau, et sur les expériences qui paraissent prouver que cette substance n'est point un élément proprement dit, mais qu'elle est susceptible de décomposition et récomposition. *Observations sur la Physique*. Tome XXIII (2) 452-455 (1783).
- ⁶⁹ Mémoire ou l'on prove, par la décomposition de l'eau, que ce fluide n'est point une substance et qu'il y a plusieurs moyens d'obtenir en grand l'air inflammable qui y entre comme principe constituant. Par MM. Meusnier et Lavoisier. Lu le 21 Avril de 1784. Mémoires de l'Académie des Sciences, année 1781, p. 269. Lavoisier - *Oeuvres*, op. cit. Tome II, p. 360-372 (1862).
- ⁷⁰ Aldo Mieli, Ref. 2, p. 95.
- ⁷¹ Maurice Daumas, Ref. 18, p. 85.
- ⁷² Ibidem, p. 143-146.
- ⁷³ Maurice Daumas and Denis I. Duveen. Lavoisier's relatively unknown large-scale decomposition and synthesis of water, february 27 and 28, 1785. *Chymia*, 5: 113-129 (1959).
- ⁷⁴ Developpement des denières expériences de la décomposition et récomposition de l'eau, faites par M.M.Lavoisier et Meusnier, de l'Académie des Sciences. *Journal Polytypé*, 1: 21-44 (1784) in *Oeuvres de Lavoisier. Correspondance*. Fascicule IV, 1784-1786. Annexe IV. Editions Belin. Paris, p. 305-309 (1986).
- ⁷⁵ Rapport sur une nouvelle experience relative à la formation de l'eau, du 28 août 1789. Lavoisier - *Oeuvres*, op. cit. Tome II, p. 515-518 (1862).
- ⁷⁶ Mémoire sur un moyen d'augmenter considérablement l'action du feu et la chaleur dans las opérations chimiques. 28 août 1789. Lavoisier - *Oeuvres*, op. cit., Tome II, p. 423-431 (1862).
- ⁷⁷ Lavoisier, *Oeuvres*, op. cit., Tome II, p. 104 (1862).
- ⁷⁸ Lavoisier, *Correspondance*, Ref. 74, p. 308.
- ⁷⁹ a) Aldo Mieli, Ref. 2, p. 119; b) Annales de Chimie; VIII (3) 225-229 (1791).
- ⁸⁰ Carlos A. Lombardi Filgueiras, Pioneiros da Ciência no Brasil, *Ciência Hoje*, 8, N° 44, 52-58 (1988).
- ⁸¹ Marcellin Berthelot, Ref. 4, p. 77.
- ⁸² Mémoire sur la chaleur, publicada no volume de 1780. Lavoisier, *Oeuvres*, op. cit., Tome II, p. 283-333 (1862).
- ⁸³ Hassenfratz, que fora auxiliar de Lavoisier e que, nessa época, colaborava com Lagrange, refere-se à opinião deste último, em um trabalho publicado

- nos *Annales de Chimie IX*, 225-229 (1791). De acordo com ela o calor resultante da economia animal deveria produzir-se em todas as partes do corpo por onde circula o sangue.
- ⁸⁴ Aldo Mieli, Ref. 2, p. 107.
- ⁸⁵ Mémoire sur la respiration des animaux, Lavoisier, *Oeuvres*, op. cit., Tome II, p. 688-703 (1862).
- ⁸⁶ Maurice Daumas, Ref. 18, p. 64.
- ⁸⁷ Ibidem, p. 65.
- ⁸⁸ Mémoire sur la combinaison du principe oxygène avec l'esprit de vin, l'huile et différents corps combustibles. Lavoisier, *Oeuvres*, op. cit., Tome II, p. 586-600 (1862).
- ⁸⁹ Mémoire sur les dénominations chimiques, la nécessité d'en perfectionner le système et les règles pour y parvenir in Aldo Mieli, Ref. 2, p. 115.
- ⁹⁰ Mémoire sur la nécessité de réformer et de perfectionner la nomenclature chimique. Memória lida na Academia em 18 de abril de 1787. Lavoisier, *Oeuvres*, op. cit., Tome V, p. 354.
- ⁹¹ Lavoisier, *Oeuvres*, op. cit. Tome I, p. 1.
- ⁹² Maurice Daumas, Ref. 18, p. 93.
- ⁹³ Ibidem, p. 99-107.
- ⁹⁴ a) Lavoisier, *Oeuvres*, op. cit., Tome I, p. 19; b) Ibidem, p. 47.
- ⁹⁵ Ibidem, p. 137.
- ⁹⁶ Ibidem, p. 5.
- ⁹⁷ A nobreza de Lavoisier era muito recente. Seu pai havia comprado um título hereditário em 1772.
- ⁹⁸ Mémoire sur la convocation des Etats Généraux, in Aldo Mieli, Ref. 2, p. 129-130.
- ⁹⁹ Os Etats Généraux (Estados Gerais) eram uma assembleia que o rei convocava e que se compunha de representantes dos três *estados*: nobreza, clero e *terceiro estado* (pequena burguesia: comerciantes, artesãos e camponeses) em partes iguais. Esses *estados* não se reuniam desde 1614 e o rei foi obrigado a convocá-los em 1788, reunindo-se pela primeira vez em 5 de maio de 1789. Com a revolução, transformaram-se rapidamente em *Assemblée Nacional* e depois em *Assemblée Constituante*.
- ¹⁰⁰ Remarque sur une assertion de M. Marat. Lavoisier, *Oeuvres*, op. cit. Tome IV, p. 360 (1868).
- ¹⁰¹ Wohlard, em 1868, diria de Lavoisier que havia sido um rico financista que executava, nas horas vagas, alguns trabalhos de amador de segunda ordem. Maurice Daumas, Ref. 18, p. 71.
- ¹⁰² Aldo Mieli, Ref. 2, p. 134.
- ¹⁰³ Maurice Daumas. Ref. 18, p. 66.
- ¹⁰⁴ No dia 10 de agosto de 1792 houve uma sublevação popular, que foi chamada *a segunda Revolução Francesa*. A Comuna (municipalidade) de Paris, em poder dos insurretos, tomou o poder e o rei foi preso na *Tour du Temple*. A *Convenção Nacional*, escolhida por sufrágio universal, tomou posse no dia da batalha de Valmy (20 de setembro). Nessa, pela primeira vez, as tropas revolucionárias derrotaram a coligação monárquica sob o comando dos prussianos. A história dessa assembleia foi marcada pela luta entre girondinos e jacobinos. Com a prisão e execução dos girondinos, os jacobinos ficaram donos do poder. A 10 de outubro de 1793, a *Convenção* decretou que o governo da França seria *revolucionário*, isto é, de exceção até a paz. Segundo as palavras de Robespierre: "O governo revolucionário deve dar prova de uma energia incomum, precisamente por se achar em estado de guerra... O governo revolucionário está obrigado a proteger os bons cidadãos, porém, para os inimigos do povo, só resta uma coisa: a morte". O novo regime caracterizou-se pela criação de um executivo com vastos poderes, divididos em dois órgãos responsáveis perante a *Convenção*: O *Comité de Salut Public* (Comissão de Salvação Pública) e o *Comité de Sureté Générale* (Comissão de Segurança Geral). O primeiro iria governar ditatorialmente a França e salvá-la da invasão estrangeira.
- ¹⁰⁵ Aldo Mieli, Ref. 2, p. 138.
- ¹⁰⁶ Ibidem, p. 140.
- ¹⁰⁷ Os padres *assermantés* eram os que tinham jurado fidelidade à Revolução.
- ¹⁰⁸ Aldo Mieli, Ref. 2, p. 141.
- ¹⁰⁹ A *Conciergerie*, situada no atual Palácio da Justiça, era o lugar aonde se enviavam os presos antes de serem julgados pelo Tribunal Revolucionário.
- ¹¹⁰ a) Aldo Mieli, Ref. 2, p. 144; b) Ibidem, p. 145.