

CONFERÊNCIA

HISTÓRIA DA CIÊNCIA COMO ELEMENTO DO ESTUDO DE CRIATIVIDADE (*).

SHOZO MOTOYAMA

do Departamento de História da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo.

INTRODUÇÃO.

A criação científica é o centro polarizador, a aspiração suprema dos esforços do cientista. Não seria exagero da nossa parte afirmar que a atividade deste dirige-se sempre para aquele como objetivo final.

Juntamente com a originalidade científica, e em estreita conjugação com a mesma, ela se constitui na verdadeira medida da capacidade e qualidade do cientista. Por isso, tornou-se moda falar ou discutir criatividade. Principalmente dentro da educação, a sua importância foi reconhecida e sublimada. Estado de coisas fácil de se entender se levarmos em consideração o *background* social dos nossos dias — uma sociedade altamente tecnocrata e cientificista.

Mas é preciso não esquecer que a criatividade até há pouco tempo se constituiu num tabu — um enigmático entre intocável. A maioria dos educadores e cientistas não se abalçavam nesses domínios proibidos. Os tímidos ensaios em torno do assunto não trouxeram nada de conclusivo. E hoje, se o mutismo foi quebrado, no entanto, continua a falta de dados essenciais. Embora novos aspectos e conhecimentos continuem enriquecendo a literatura sobre o assunto, praticamente estamos na estaca zero.

Dentro desse panorama, qual seria o papel da História da Ciência como elemento de criatividade? É claro que tendo um substrato inde-

(*) — Conferência proferida nas dependências da FUNBEC, Cidade Universitária, no dia 29 de agosto de 1973, a convite do IBECC (*Nota da Redação*).

finido, não se pode esperar respostas categóricas a respeito. Mas trabalhar com o desconhecido, com variáveis ainda não determinadas são características inalienáveis do cientista e o historiador da ciência não pode fugir à regra. A sua função nesse estágio inicial de pesquisas estaria em colocar as balizas, os marcos orientadores do caminho a ser trilhado. Não deixar o fluir dos pensamentos ao acaso. Mostrar onde as idéias possam alicerçar-se, separar a boa perspectiva da má.

Nesse sentido, a História da Ciência é um elemento importantíssimo não ainda da criatividade propriamente dita, mas do seu estudo. Por outro lado os trabalhos do passado parecem ter servido muitas vezes como fonte de inspiração para a atividade criadora. Basta olhar a História para confirmar. Está aí um veio rico ainda quase inexplorado. Permita nos, entretanto, discutir este assunto numa outra oportunidade. Hoje gostaríamos de trazer alguns subsídios à primeira parte, ou seja, ao estudo da criatividade, sem contudo esquecermos da complementaridade desta com a própria criatividade. Para isto, vamos analisar os trabalhos de Lavoisier. Este, sem a menor sombra de dúvida, foi um dos gênios mais criativos da história da Química. Nesse aspecto, o estudo da sua obra parece-nos adequado e profícuo para o objetivo que temos em mente.

*

AS TEORIAS SOBRE A CONSTITUIÇÃO DA MATÉRIA DOS SÉCULOS XVII E XVIII.

Para compreendermos a posição de Lavoisier dentro da evolução da Química, precisamos conhecer a época que ele viveu. Evidentemente, numa perspectiva mais profunda seria necessário ambientá-lo dentro do contexto sócio-econômico. Entretanto, devido à falta de tempo, limitaremos à nossa exposição somente ao desenvolvimento interno da Química.

No século XVII, a Química ainda não havia conseguido alcançar os foros de Ciência. Depois de um lento processo evolutivo iniciado nos tempos pré-históricos, ziguezagueando no marasmo do método de ensaios e erros durante milênios, ela nunca conseguira impressionar os eruditos. Não passara de um conjunto de técnicas de utilidade reconhecida apenas pelos artesãos, objeto de desprezo pelos donos da cultura.

Porém no século considerado, com o desenvolvimento de indústrias de vidro, de tinturas e da metalurgia, as coisas começaram a modificar-se. Socialmente o artesão químico continuava desprezado.

Entrementes, devido à grande procura pagava-se bem ao trabalho dele. Isso aumentou o número de químicos. Em consequência, os conhecimentos relativos a essa matéria tornaram-se mais amplos e precisos.

Destarte, no século XVIII conhecia-se um número razoável de substâncias tais como ácido clorídrico, ácido nítrico, ácido sulfúrico, ácido acético, e outros ácidos, soda cáustica, potassa cáustica, água de amônia, cal virgem e outros alcalinos, ouro, prata, ferro, chumbo, estanho, zinco, mercúrio, antimônio, bismuto, platina, cobalto, etc. Em contrapartida, as teorias em torno da constituição delas não ultrapassavam um nível primário e simplesmente imaginário.

Na química teórica é fundamental a importância da teoria da constituição da matéria. Enquanto não se conseguiu a formulação correta desta não se conseguiu desenvolver aquela. Nesse sentido, as mais fundamentais são as teorias de substância simples e a teoria atômica.

No século XVIII, as teorias de substâncias simples mais aceitas eram “a teoria dos quatro elementos” (nesse tempo chamavam-se as substâncias simples de elementos) e a “teoria de flogístico”. A “teoria dos quatro elementos” tem uma origem muito remota. Ela foi proposta pela primeira vez por Empédocles na antiga Grécia e considerava a terra, a água, o ar e o fogo como elementos primordiais. Todas as outras substâncias seriam constituídas pela reunião desses elementos em diversas proporções. Da combinação e da dispersão dessas substâncias simples, resultariam os chamados fenômenos químicos.

O fogo é na realidade o estado de matéria em combustão (oxidação) com a emissão da luz e do calor. A água é o resultado da combinação de hidrogênio e oxigênio.

Os gases, principalmente oxigênio e nitrogênio compõem o ar. A terra é um composto químico complexo cujas constituintes principais são substâncias oxidadas. Como se pode ver nenhum dos quatro elementos são substâncias simples. Por que razão foram considerados elementos primordiais, a nós só é dado condições para especular — não existe nenhuma evidência conclusiva.

Um pouco antes, isto é, durante o século XVII, uma outra teoria, a dos “3 elementos”, desfrutava de bom prestígio. Ela foi proposta por Paracelso (1493-1541) no século XVI. Segundo esse iatroquímico, os elementos primordiais seriam o mercúrio, enxofre e sal. Os dois primeiros têm uma longa tradição alquímica e o terceiro foi introduzido por Paracelso. No entanto, no alvorecer do século XVIII, essa teoria já estava em declínio.

A “teoria de flogístos” foi iniciada por um outro iatro-químico alemão chamado G. E. Stahl (1660-1734). A base da teoria de Stahl está em Paracelso. Ele substituiu o enxofre que refletia a propriedade de combustão na “teoria de 3 elementos” por uma substância hipotética chamada “flogisto”. Flogisto (*flogiston*) vem da palavra grega *flogistos* (queimar). Essa substância hipotética seria a causa do fogo. Era constituída de partículas minúsculas difundidas por todo mundo animal, mineral e vegetal. Quando no estado puro, isolado de outras matérias essas partículas não impressionavam os sentidos. Todo material combustível encerrava no seu seio em quantidade maior ou menor o flogisto. A combustão era simplesmente a separação do flogisto da substância original. E como prova desta asserção os químicos da época enumeravam os seguintes fatos. Queimando a madeira ou o carvão sobrava no fim, cinzas. Logo aquela seria a soma desta com o flogisto que teria se libertado na combustão. A queima de enxofre resultava em ácido sulfúrico (mais corretamente em gás de dióxido de enxofre; mas na época esta não era conhecida e supunha-se que no caso produzia-se o ácido sulfúrico). Em consequência, o enxofre é um composto de ácido sulfúrico com flogisto. Aquecendo fortemente os metais, estas se transformam nas chamadas “cinzas metálicas”. Prova evidente de que, os metais são constituídos de flogisto e “cinzas metálicas”. Outrossim, essa teoria conseguia explicar convincentemente o fenômeno de redução dos metais. Nesse caso, o fornecimento de calor a um conjunto de “cinzas metálicas” e carvão dá origem aos metais. A explicação era esta: o flogisto libertado em grande quantidade do carvão combinava com as “cinzas” provocando o fenômeno de redução. Aqui está a chave para a compreensão do fato da maioria dos grandes químicos do século XVIII terem aceito a teoria de Stahl como correta. Esta não só explicava habilmente o fenômeno de combustão, como também mostrava que a Natureza se comportava de acordo com o esperado pela teoria, pois “cinzas” mais flogisto = metal, é uma consequência implícita da mesma. A habilidade não se resumia apenas nisto. Ela explicava a necessidade de ar na combustão pela necessidade de existir um meio suporte para receber as partículas emergentes de flogisto. Quando o meio estivesse saturado a combustão cessava de ocorrer.

Na época da sua proposição, a teoria de flogisto não angariou muitos adeptos. Entrementes, em torno de 1750, transformou-se na teoria dominante. Do nosso ponto de vista atual, ela é uma curiosa inversão dos fenômenos. Substâncias simples como enxofre e metais eram consideradas compostas e vice-versa, substâncias compostas como ácido sulfúrico e “cinzas metálicas” eram consideradas simples. É contudo prematuro supor a teoria de flogisto apenas errônea, e da-

nosa à história da Química. Torna-se necessário analisar com profundidade o seu papel histórico e isto não foi realizado ainda.

A teoria atômica nasceu também na Grécia [século IV e V a.C. com Leucipo e Demócrito (460-370 a.C.)]. Esses filósofos estabeleceram um limite inferior na divisibilidade da matéria. A esse limite deram o nome de átomo (o indivisível). Assim o Universo seria constituído de átomos e vazio. Os átomos estariam em contínuo movimento. Todos os fenômenos naturais seriam resultantes da reunião e desagregação dos mesmos. Os átomos de todas as espécies são feitas de uma mesma matéria. Elas diferem apenas na forma, tamanho e peso. Os átomos são indivisíveis, não pela sua pequenez mas pela sua dureza. Em consequência, alguns deles poderiam ser mesmo visíveis. Nadá se produz do nada e a matéria não se reduz ao nada. O aparente surgimento ou desaparecimento das coisas deve ser explicada pela agregação ou desagregação dos átomos. Todos os fenômenos naturais processam-se causalmente — o acaso não existe. Cem anos depois de Demócrito, Epicuro (341-270 a.C.), introduziu o átomo indivisível pela sua pequenez e não pela sua dureza. A teoria atômica é a expressão mais alta e elaborada da filosofia jônica.

Com a ascensão do platonismo e do aristotelismo a teoria democritica ficou relegada ao ostracismo por mais de 1.600 anos. Somente no século XVI, ela começa novamente a ganhar um lugar ao Sol. E desempenhou um papel importante no estabelecimento da Mecânica Clássica. Aos poucos ela vai se tornando na cosmovisão implícita dos cientistas juntamente com a teoria corpuscular de Descartes (1596-1650). Ou aceitava-se uma ou a outra. De qualquer modo, no século XVII era geral a idéia de ser o mundo constituído de partículas.

Era portanto com base nas propriedades destas que se explicavam os fenômenos químicos. Por exemplo, N. Lemery (1645-1715) atribuía à partículas de ácidos a propriedade de possuírem pontas. O gosto picante dos mesmos proviria da ação dessas partes pontiagudas sobre a língua. Outrossim, as partículas das substâncias alcalinas possuiriam orifícios. Ao se reunir alcalinos e ácidos verificaria-se o fenômeno de neutralização pelo fato das pontas ajustarem-se aos orifícios.

Os dois grandes trabalhos dos químicos modernos estavam pois em reconhecer e determinar as substâncias simples e com base nesse conhecimento dar uma urdidura científica a cosmovisão atomística e corpuscular.

COMBUSTÃO E QUÍMICA DOS GASES.

O reconhecimento do oxigênio como substância simples seria fundamental no processo da destruição da “teoria de flogisto” ou no de descrédito àquela de “quatro elementos”. Até o século XVIIIe, conhecia-se como única substância gasosa, o ar. E considerava-se este como uma substância simples. O primeiro passo está portanto em mostrar que ele é composto de vários gases — predominantemente oxigênio e nitrogênio. Por ser o nitrogênio inativo quimicamente, o interesse maior recai nas propriedades químicas do oxigênio. Ora, o fenômeno químico no qual o oxigênio do ar atmosférico desempenha um papel preponderante é o de combustão. Nesse sentido, o seu esclarecimento significava na mesma medida a entrada à uma nova química.

Mas o interesse pela combustão vinha desde Antiguidade. Curiosamente, a maioria das teorias conhecidas até os meados do século XVIII, consideravam-na como emissão de alguma coisa a partir da substância queimada. Essa “alguma coisa” conforme a época foi chamada de “fogo”, “de enxofre” ou de “flogístico”.

Boyle (1627-1691), na segunda metade do século XVII investigou também o fenômeno de combustão. E entre outras coisas verificou a impossibilidade da combustão no vácuo, a necessidade de oxigênio no fenômeno e a possibilidade da combustão no próprio vácuo no caso de presença de nitrato de potássio (KNO_3). Mayow (1643-1676), realizou uma série de experiências relativas ao papel do ar na respiração e na combustão. E concluiu existir no ar uma substância também existente no nitrato de potássio. Ele previu dessa maneira a existência do oxigênio.

A calcinação (fenômeno de formação das cinzas metálicas) pode ser considerada uma espécie de combustão. Ao se aquecer fortemente alguns metais, tais como estanho, chumbo, mercúrio, zinco, antimônio e ferro, eles se transformam em cinzas ou seja, em óxidos metálicos. O fato destes pesarem mais que os metais originais já era conhecido desde há muito tempo. O mais antigo registro sobre esse acréscimo data dos primeiros anos do século XVI. Dentre as explicações tentadas, a mais célebre é a de Boyle. Ele realizou a calcinação de estanho e chumbo dentro de um frasco de vidro constatando o aumento de peso. Para ele este ocorreria em virtude das minúsculas partículas de fogo atravessarem as paredes de vidro para combinarem com as cinzas metálicas. Para Boyle, o fogo é uma matéria concreta ponderável.

Os adeptos do flogístico tinham duas explicações para este acontecimento. A primeira, era, na sua essência, a mesma de Boyle. De-

pois do aparecimento das cinzas metálicas pela separação do flogito, processava-se a combinação com as partículas de fogo ou calor e em consequência dava-se o aumento de peso. A segunda, atribuía ao flogístico, um peso negativo responsável pela diminuição do peso na combinação. Embora estranha, essa explicação não era de todo inaceitável. Muito pelo contrário, para os homens daquele tempo, até que era convincente. Assim, um químico coadunado com as idéias de Stahl, fazia a seguinte analogia. Se colocarmos dentro da água dois pesos de chumbo em equilíbrio e se amarrarmos um pedaço de rolha a um deles, apesar deste ter agora mais matéria, o seu peso diminui. O mesmo acontece com o flogito. Por esse motivo o metal é mais leve e as cinzas metálicas mais pesadas.

Nesse ínterim, os avanços do conhecimento experimental propiciavam o surgimento da química dos gases. Para poder descobrir outros gases diferentes do ar atmosférico tinha de haver o aperfeiçoamento do aparelho para separar e coletar gases. Mayow mergulhou de ponta-cabeça num frasco de vidro com a forma de uma lâmpada elétrica cheio de ácido sulfúrico dentro de uma cuba cheia do mesmo ácido. E no gargalo do frasco colocou 2 ou 3 bolinhas de aço. Como resultado da reação química entre o aço e o ácido sulfúrico formou-se o gás de hidrogênio. Este foi recolhido no frasco. Apesar de simples, este aparelho de Mayow é bastante eficiente e seria usado muito frequentemente no século XVIII.

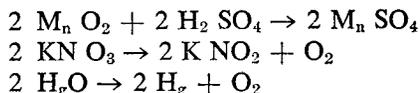
Hales (1677-1761), botânico inglês utilizou um aparelho interessante. Ciente do fato das plantas libertarem gases, ele mediu a quantidade dos mesmos. Colocou as diversas plantas no cano de um fuzil e aqueceu dentro de uma fornalha. Os gases produzidos eram recolhidos num recipiente de vidro depois de atravessarem um conjunto contendo água. Não se contentando apenas com as plantas, realizou experiências com animais e minerais. Devido à diversidade dos materiais usados, Hales deve ter coletado um número grande de diferentes gases. No entanto, não tendo preocupações químicas, para ele todo os gases eram do mesmo tipo ou seja o ar. Deste modo, ele deixou passar a oportunidade de ser considerado como descobridor da maioria dos gases.

Estes seriam identificados aos poucos. Black (1728-1799) obteve em 1756 o gás carbônico pela ação do ácido sobre magnésia branca (carbonato básico de magnésia). Conseguiu o mesmo resultado pelo aquecimento da mesma substância. Ao gás libertado deu o nome de "ar fixo". Nessas experiências Black introduziu o método quantitativo na Química. Ou seja, pela pesada das substâncias antes e depois da reação tenta-se conhecer a natureza do processo. Este método, será posteriormente empregado em larga escala por Lavoisier.

Cavendish (1731-1810) descobriu em 1766 o hidrogênio. A este ele deu o nome de “ar combustível”. Cavendish não só caracterizou o hidrogênio como estudou as suas propriedades. Salientou o fato do hidrogênio não ser solúvel nem na água, nem nos líquidos alcalinos, determinou a densidade como sendo 10/108 e confirmou a propriedade explosiva do mesmo quando misturado com ar.

Rutherford (1749-1819) queimou carvão e vela dentro de um recipiente fechado. Quando o ar já não sustentava mais a combustão, retirou o gás carbônico através de líquidos alcalinos ou ainda com água de cal e obteve um gás extremamente venenoso (na realidade uma mistura de gases com marcada predominância do nitrogênio). A esse gás ele chamou-o de “ar venenoso”. Estava descoberto o Nitrogênio no ano de 1772.

O oxigênio foi descoberto independentemente por Priestly (1773-1804) e por Scheele (1742-1786). Scheele, natural de Suécia, conseguiu obter o oxigênio de muitos modos. Ele usou dióxido de manganês e ácido sulfúrico concentrado, nitro e óxido de mercúrio segundo as reações.



Ao gás descoberto, ele deu o nome de “ar de fogo”. Apesar de viver num país afastado dos maiores centros científicos da época, Scheele foi pródigo em descobertas importantes. Ele constatou que o oxigênio e o nitrogênio são os componentes o ar. Demonstrou a possibilidade do oxigênio manter a respiração e a combustão. Descobriu o cloro e previu a existência de manganês.

Priestley teve uma formação eclesiástica e quando adentrou no campo das pesquisas químicas era um puro amador. Entrementes, cedo evidenciou-se ser um gênio. No ano de 1772, em menos de 2 anos depois de iniciado os seus estudos sobre os gases, ele anunciou a descoberta de nitrogênio, óxido de nitrogênio, bióxido de nitrogênio, ácido clorídrico gasoso, etc.

Ele obteve o nitrogênio retirando o oxigênio do ar usando como redutor uma mistura aquosa de enxofre e limalha de ferro. Com a reação de ácido nítrico com metal conseguiu coletar através da água o óxido de nitrogênio (ON).

Nomeou-o de “ar nitro”. A mistura dessa substância com o ar comum formou o bióxido de nitrogênio. Essa substância avermelhada recebeu o nome de “vapor de ácido nítrico”. Graças ao uso de

mercúrio, Priestley conseguiu o gás hidrocloreídrico. Em 1774, a série de descobertas continuou com as identificações de monóxido de dinitrogênio, gás de amônia e ácido sulfuroso gasoso.

A maior descoberta de Priestley foi sem dúvida a do oxigênio. Vejamos com detalhes os acontecimentos. Nos meados de 1774, ele estudava os gases obtidos do aquecimento de diversas substâncias. O aparelho usado por ele era semelhante àquele do Mayow. No dia 1º de agosto, ele obteve um gás pelo aquecimento de “cinzas de mercúrio” (HgO). Esse gás mantinha num grau excelente a combustão da chama de uma vela. Alguns historiadores de ciência consideram essa data como a da descoberta de oxigênio. Mas incorretamente. Priestley não percebera ainda naquela ocasião a novidade da substância descoberta. Confundi-a com o monóxido de dinitrogênio. As duas tinham em comum a propriedade de sustentar excelentemente a chama. Daí a confusão. No fim de agosto, Priestley viaja para a Europa Continental. E lá, em dezembro, numa festa oferecida a ele por Lavoisier (1743-1794), conta ao anfitrião sobre o gás obtido. Este fato irá ter importância no prosseguimento de pesquisas sobre a combustão por Lavoisier. Retornando a Londres em novembro, Priestley retoma as experiências com o mesmo gás. E verifica, surpreso a existência de uma grande diferença na solubilidade em água do mesmo com a do monóxido de dinitrogênio. A descoberta a 1º de março do ano seguinte de uma nova propriedade da substância faz pensar Priestley de que se trata do próprio ar. Essa propriedade é a da manutenção da respiração. No entanto, continuando as experiências ele constatou a diferença de grau nessa manutenção. Esta se dava muito melhor no gás desconhecido. Assim, finalmente, no dia 15 de março de 1775, Priestley convenceu-se de ter descoberto uma nova substância. A esta ele chamou-a de “ar desflogisticado”. Era o oxigênio.

*

LAVOISIER.

Lavoisier iniciou as suas pesquisas nesse ambiente de descobertas e predomínio da “teoria de flogístico”. É interessante notar como esta havia se imiscuido entre os químicos da época, mormente entre os mais notáveis. Na realidade, Priestley, Scheele, Cavendish, eram todos adeptos da teoria de Stahl. A única exceção é Lavoisier. Aliás, o principal trabalho deste será a destruição do flogisto e o estabelecimento da teoria correta sobre a combustão.

A fama já se associara ao seu nome em 1769, com a realização da experiência sobre o pelicano. Na segunda metade do século XVIII a “teoria de quatro elementos” gozava ainda de bom prestígio. Alguns químicos acreditavam na transmutação de um dos elementos (água) para outro (terra). Essa crença tinha raízes experimentais. Um bom número de químicos havia repetido um experimento sempre com os mesmos resultados. Este se referia a destilação de água em destiladores de vidro. Por mais que se destilasse a água, sempre surgia terra no fundo do destilador. Boyle chegou a repetir a destilação 200 vezes. A única explicação plausível era admitir a transformação da água em terra nesse processo. Era o que pensava pelo menos a maioria.

Em 1768, Lavoisier inicia as suas pesquisas a respeito e as conclui no ano seguinte. São as conhecidas experiências do “pelicano”. O “pelicano” é um destilador de origem alquímica. Caracteriza-se pela propriedade de poder repetir a destilação de um mesmo líquido várias vezes, pois o receptor está agregado em ciclo ao próprio destilador. Lavoisier colocou um pelicano de vidro cheio de água na fornalha durante 101 dias. Ele mediu cuidadosamente o peso do pelicano e da água antes e depois do aquecimento. E comparou estas medidas. Então constatou-se o seguinte. O peso do conjunto não se havia alterado. O peso da água também não. Ao contrário, o do pelicano havia diminuído exatamente igual ao da substância terrosa surgida. Esclareceu-se destarte, o mistério. A substância obtida era o resultado da fusão de uma parte do vidro. Assim caiu em descrédito a idéia da transmutação da água para a terra.

Na mesma ocasião, Scheele também chegava à mesma conclusão sobre o assunto. Deste modo, confirmava-se o resultado de Lavoisier. Salientemos porém que os métodos usados pelos dois diferiam radicalmente. Como vimos o método do francês era físico. O do sueco era inteiramente químico. Ele adicionou reagentes na água e pela análise qualitativa demonstrou a existência de componentes do vidro.

Atentemos para dois aspectos agora. Um é o método físico usado na Química. Ele será uma constante na vida científica de Lavoisier. O outro é alertarmos para a criatividade envolvida no caso. A primeira vista, salta a nossos olhos a parte destrutiva do trabalho — uma idéia acabou sendo prostrada por terra. A criação, no entanto, está presente e bem presente. Um relacionamento novo, de vidro-água-terra, oculto até então transpareceu e criou-se uma nova idéia em torno do assunto. É claro, não estamos falando do aspecto psicológico — esta existe sim, mas é matéria dos psicólogos. A nós cabe

apontar o uso sistemático do método físico e o resultado criativo. Parece existir aqui algo de fundamental.

Mas prossigamos na nossa jornada histórica.

A TEORIA DE COMBUSTÃO.

No início de 1772, Lavoisier começa a investigar, juntamente com mais três químicos, o problema de diamantes. Estes submetidos ao calor intenso acabam desaparecendo. A questão era saber se o desaparecimento ocorria em virtude da combustão ou da evaporação. Os quatro cientistas chegaram à conclusão de ser aquela a responsável pelo fenômeno. Esta investigação desperta o interesse de Lavoisier pela combustão.

As suas indagações em torno do assunto são iniciadas em setembro de 1772. Dois meses depois, os primeiros resultados são apresentados a Academia Real de Ciências da França. São relatados os aumentos de pesos na queima ao ar livre de fósforo e enxofre. Ele atribuiu esses incrementos a absorção do ar pelas referidas substâncias. Por outro lado, desconfiando de ser o mesmo responsável pelo aumento de peso na calcinação de metais, realiza experiências com óxido de chumbo. Isto é, ele o reduz com a madeira num recipiente fechado e constata a produção abundante de gás. Confundindo este com o ar, Lavoisier pensa ter confirmado as suas suspeitas. Este é um outro aspecto constante na vida de Lavoisier e de outros cientistas — o de errar com frequência. Não passa de mito a figura do gênio infalível de intuições sempre corretas. A diferença entre o medíocre e o grande cientista está em este saber tirar dos erros lições importantes para se chegar à verdade.

Se Lavoisier incorreu no grosseiro engano de confundir gás carbônico com o ar nessas experiências, percebeu com correção a importância de se esclarecer o fenômeno de combustão. Ele intuiu estar aí o estopim da revolução na Química. A sua ambição extravasava claramente nas páginas iniciais do seu “diário de experiências” datada de 20 de fevereiro de 1773, quando afirma as suas pretensões de realizar sozinho essa grandiosa tarefa. Para dar o passo seguinte, ele não o faz a esmo. Investiga primeiro as obras existentes sobre o assunto uma verdadeira incursão histórica, principalmente as dos químicos ingleses. Mas esse exame foi feito com espírito crítico, sem ser arrasado pela corrente maior da teoria do flogístico. Os resultados mais interessantes do ano de 1773 referem-se à calcinação de chumbo. Realizando esta sob uma quantidade fixa de ar, evidenciou-se a exis-

tência de um limite na produção do óxido de chumbo. Isto é, a partir de um certo momento, embora se continui o fornecimento de calor e exista chumbo na retorta, a calcinação deixa de prosseguir. Medindo o volume do ar depois do processo, verifica-se a sua diminuição numa quantidade proporcional ao óxido produzido. Em base a esses dois fatos, Lavoisier concluiu pela existência de um gás específico dentro do ar responsável pela calcinação. Este se combinaria com os metais para dar as “cinzas”. Terminando a quantidade da mesma, a calcinação deixava de prosseguir.

No início do ano seguinte, ele prova a falsidade da teoria de Boyle sobre as razões do incremento de peso observado na calcinação. O cientista inglês havia atribuído este a agregação de partículas de fogo. Lavoisier provocou a calcinação de estanho dentro de uma retorta fechada de vidro. Ele teve o cuidado de pesar o conjunto antes e depois do fenômeno. Constatou-se a inexistência do acréscimo de peso do conjunto. O aumento de peso no óxido dava-se em detrimento de alguma substância já existente na retorta e não em função de algo exterior (fogo) como queria Boyle. Em seguida, dando mostras de uma inequívoca criatividade, Lavoisier faz uma perfuração na retorta. Através dela, o ar externo penetrou no recipiente. Depois ele pesou de novo o conjunto. Desta vez, o peso havia aumentado exatamente na quantidade do acréscimo nas “cinzas”. Era a prova insofismável — uma parte do ar combinara com o metal. Mas como e qual era esta parte, ele não sabia ainda.

A visita de Priestley à Paris se deu justamente nessa época. A informação deste sobre o gás libertado na redução do óxido de mercúrio, parece ter influenciado muito Lavoisier no curso da identificação da misteriosa substância componente do ar. Porque ela veio resolver o problema da obtenção deste gás no seu estado puro. Recorde-se que isto até então não era possível, pois na redução é preciso acrescentar o carvão em grande quantidade. Ora, o aquecimento do carvão acarreta a formação de “ar fixo” (gás carbônico). Este mistura-se com o gás libertado pelas cinzas, impedindo o isolamento deste. Como a redução de óxido de mercúrio dispensa o carvão, o inconveniente apontado desaparece. Lavoisier realiza experiências com este óxido e estuda as propriedades do gás libertado. Como estas são muito parecidas com as do ar comum, ele incorre no erro de considerar o gás como sendo o próprio ar comum. É um retrocesso à sua antiga tese de considerar a calcinação como a combinação do ar comum com o metal.

Esses resultados são publicados em abril de 1775. Entrementes, no fim daquele ano, a notícia do descobrimento do oxigênio por Priestley surpreende Lavoisier. Este percebe rapidamente o seu erro. O

gás considerado não é o ar, mas uma nova substância — o oxigênio. Introduzido este conhecimento, determina-se o rumo das pesquisas. Ele acaba concluindo então pela existência de dois gases diferentes no ar — um mantém a combustão o outro não. Nesse labor, passam-se dois anos e os resultados só serão publicados em maio de 1777.

Talvez seja interessante destacar aqui como as diferenças de pontos de vista adotados são importantes na condução de pesquisas. É óbvia a diferença nesse aspecto entre Lavoisier e os adeptos da teoria de Stahl. Estes sempre consideraram a combustão como uma separação — a separação do flogístico de uma substância qualquer. O cientista francês, ao contrário, considerava-a como uma combinação — a combinação do “AR” com uma substância qualquer. Donde as interpretações dos experimentos serem radicalmente diferentes. Num primeiro nível, apenas qualitativo, as duas explicações equivalem-se. Assim, para explicar a redução de mercúrio, Priestley, adepto de Stahl, argumentava o seguinte. Não existe contradição em admitir a formação de um novo gás nesse processo de redução, pois este é o resultado da retirada das partículas do flogístico do ar. O que restou do ar constituiu o oxigênio. Tanto é que ele nomeou-o de “ar desflogisticado”. Há de se reconhecer a coerência desta explicação — não existe lapso lógico.

Contudo, num nível mais profundo e quantitativo, as coisas complicam para a “teoria de flogisto”. Como poderia explicar esta o aumento de peso do “ar” contido no recipiente depois da redução, embora esta tivesse perdido as partículas de flogístico? Já para Lavoisier, isto é uma decorrência natural, pois acrescenta-se o novo gás libertado ao ar comum. Aliás, as suas pesquisas por volta de 1780 são quase conclusivas nesse sentido. O mais célebre entre elas é o experimento da calcinação de mercúrio. Ele colocou a extremidade de um longo frasco em S numa fornalha, a outra extremidade está em comunicação com uma campânula de vidro cheia de ar. Este fica isolado do exterior através de uma cuba de mercúrio. Na extremidade sobre a fornalha. Lavoisier pôs uma quantidade definida de mercúrio. O sistema foi aquecido durante 12 dias. A partir do segundo dia, iniciou-se a formação de uma substância avermelhada na superfície do mercúrio. Esta substância continuou aumentando durante 4, 5 dias, mas depois, apesar de se continuar o processo de aquecimento, a sua quantidade manteve-se estacionária. Doze dias após, depois de resfriar ele mediu a quantidade de “ar” total e verificou a sua diminuição. Esse “ar” não sustentava mais a combustão — tratava-se, pois, de “ar venenoso” (Nitrogênio). Lavoisier aqueceu o óxido avermelhado obtido dentro de uma retorta. Libertou-se então um gás excelente na manutenção da chama numa quantidade exatamente igual a diminuída no “ar”. Ou

seja, adicionando a este o “ar venenoso”, obteve-se a quantidade do “ar inicial com todas as suas propriedades...”. Era a prova do ar comum ser constituído de oxigênio e nitrogênio (e outros gases em quantidade bem menores).

Foi portanto o uso sistemático do método quantitativo a razão do sucesso do gênio frances.

OXIGÊNIO E COMPOSIÇÃO DA ÁGUA.

A nova teoria de combustão de Lavoisier encontrou uma séria dificuldade logo na época do seu estabelecimento. Esta constituía-se na explicação do surgimento do “ar combustível” (hidrogênio) pela ação do ácido sobre o metal. Ao contrário, a “teoria de flogístico” conseguia explicar com perfeição o fenômeno. Segundo Cavendish, o ar combustível era o próprio flogístico. Portanto:

metal (cinzas metálicas + flogístico) + ácido →
sal (cinzas metálicas + ácido) + flogístico (hidrogênio)

Entretanto, a “teoria de Lavoisier” não conseguia explicar a razão do aparecimento do hidrogênio.

O mesmo Cavendish descobriu a composição da água. Esta foi obtida pela combinação do “ar combustível” com o “ar desflogisticado”. O artigo relatando esse fato só seria publicado em 1784. Nesse interim, em junho de 1783, de passagem por Paris, um auxiliar de Cavendish informou essa descoberta a Lavoisier. Este repetiu a experiência e constatou a veracidade da informação. Imediatamente, em novembro de 1783, publicou um artigo anunciando a descoberta da composição da água. E muito sutilmente deu a entender de que ele havia feito a descoberta antes do cientista inglês. Este episódio deslustra a brilhante carreira científica do gênio francês. Aliás, do ponto de vista moral, Lavoisier era muito permeável. Antes, no caso do oxigênio, ele já havia tentado apropriar-se da descoberta de Priestley. Mais ainda, na teoria de combustão, nem sequer chegou a citar a informação dada pelo cientista inglês (a formação de um gás na redução de óxido de mercúrio sem a presença de carvão) — e esta foi de suma importância para a consecução da mesma. Estes fatos constituem a prova da não identidade entre a qualidade científica e a moral — ser gênio nem sempre significa ser um modelo de virtudes.

De qualquer modo, a descoberta da composição da água foi providencial para a nova teoria de combustão. O fenômeno considerado poderia ser agora explicado segundo:

metal + ácido + água (oxigênio + hidrogênio) →
Sal [cinzas metálicas (metal + oxigênio) + ácido] + hidrogênio.

Por ser habilidosa, essa explicação foi aceita durante 30 ou 40 anos. Mas ela estava errada. A causa subjacente do erro residia na noção também errônea da função de oxigênio na formação de ácidos. Lavoisier imaginara os ácidos como resultantes da combinação de não metais e do gás responsável pela combustão. E nomeara esta de oxigênio. Esta palavra originariamente tem o significado de elemento formador de ácido. Na primeira metade do século XIX, graças aos estudos de Gay-Lussac, Davy e Liebig, esclareceu-se a questão. O oxigênio não tinha a função prescrita por Lavoisier. O ácido é uma substância contendo hidrogênio e este tem a propriedade de ser substituível por um metal.

O conhecimento da composição da água possibilitou a Lavoisier analisar os compostos orgânicos. A queima destes, resulta na produção de água e gás carbônico. Logo combinando as informações sobre as composições de água e de gás carbônico, ele conseguiu obter a composição química de álcool, óleo de oliva e outras substâncias orgânicas. O método usado é de novo quantitativo. Ele provocou a combustão dessas substâncias orgânicas em um volume determinado de ar ou oxigênio. Em seguida, ele absorveu o gás carbônico através de líquidos alcalinos e causticos e mediu o seu peso. Pela diferença deste com o peso da substância restante determinou o peso da água. Destarte, fixou a razão do carbono, hidrogênio e oxigênio dentro dos compostos orgânicos. Os resultados não apresentam ainda uma boa precisão, mas essas pesquisas serviram de fundamento para as análises químicas posteriores das substâncias orgânicas.

Lavoisier pesquisou também a respiração e esclareceu ser esta fundamentalmente um fenômeno de combustão. Mas hoje não entraremos em detalhes sobre as suas pesquisas nesse setor. Se tivermos oportunidade, faremos isto numa outra ocasião.

* * *

CONCLUSÃO.

Ao analisarmos a obra de Lavoisier, salta à nossa vista a sua permanente fidelidade ao método quantitativo e físico. O segredo do sucesso desta obra importantíssima, parece residir justamente nesse ponto. É que o cientista francês tinha consciência disto, basta atentar para o fato dele ter estabelecido a lei da conservação da massa—não só ter estabelecido mas ter lhe dado caráter fundamental. Essa lei

é uma premissa do método quantitativo e não uma consequência simples do seu uso. Isto é, ela não foi simplesmente resultado da indução os experimentos como muitos crêem. Justamente o contrário. Esses experimentos só têm os significados atribuídos quando interpretados à luz dessa premissa. A comprovação experimental sempre se faz na dependência de um *background* conceitual.

A nossa idéia é atribuir à criatividade de Lavoisier ao método empregado. Na realidade como vimos, a sua superioridade, ou seja na experiência de pelicano, ou nas da combustão, estava justamente no uso sistemático e habil do método físico. Toda a sua criatividade gira em torno de como empregar convenientemente o mesmo nos fenômenos estudados.

Num nível mais abstrato e lógico, o relacionamento método-criatividade é também compreensível. A criação, o ato de criar se desenvolve em estreita correlação com o método, forma de proceder o ato. A coerência sistemática em função da forma de proceder gera ou ajuda a gerar a criação. É claro, certamente, outras variáveis estão envolvidas no processo. A criatividade é um complexo de variáveis ainda não muito bem estabelecidas. Mas uma das mais importantes, senão a mais importante é o método. Pelo menos, no caso de Lavoisier, parece nos lícito afirmar tal. Se a conclusão pode ser generalizada, é um problema do futuro.

Com esse nosso trabalho, tentamos mostrar como o estudo da criatividade pode ser desenvolvido com o auxílio da História da Ciência. Mas as pesquisas sobre o assunto estão apenas começando. Inclusive o nosso resultado obtido não passa ainda de uma hipótese de trabalho-portanto um ponto de partida e não de chegada.