

**FICHA CATALOGRÁFICA**  
**Preparada pelo Serviço de Biblioteca e Informação**  
**do Instituto de Física da Universidade de São Paulo**

Baldinato, José Otavio

A química segundo Michael Faraday: um caso de divulgação científica no século XIX. São Paulo, 2009.

Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo. Faculdade de Educação, Instituto de Física, Instituto de Química e Instituto de Biociências.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Alves Porto

Área de Concentração: Ensino de Química

Unitermos: 1. Química (Estudo e ensino); 2. História da ciência; 3. Ensino e atividades correlatas; 4. Divulgação de ciências; 5. Ensino de Ciências.

USP/IF/SBI-071/2009

## Capítulo III Faraday como divulgador da ciência

### Michael Faraday e *A história química de uma vela*

Como já era de costume, entre os últimos dias de 1860 e os primeiros do ano seguinte, o auditório principal da *Royal Institution* teve seus assentos tomados por um público bastante diversificado. Isso a despeito dos pequenos impressos com o programa do curso indicarem que o ciclo de *Christmas lectures* era especificamente adaptado ao público jovem.<sup>53</sup>

Em seis sessões, Faraday reciclaria suas anotações do curso *A história química de uma vela*, proferido originalmente em 1848. Logo no início do primeiro encontro, o palestrante manifesta uma admiração pessoal ao justificar sua escolha por um tema não inédito. Segundo ele, o estudo de uma vela desperta tão grande interesse e permite a abordagem de tantos domínios da filosofia, que “preferiria repeti-lo quase cada ano”, em vez de selecionar um tema novo que, embora pudesse até igualar-se a este, não poderia superá-lo (FARADAY, 2003, p. 25).

Não há porta melhor nem mais aberta para que os senhores possam iniciar o estudo da filosofia natural do que o exame dos fenômenos físicos de uma vela.

(*Ibid.*)

Ainda nas apresentações, Faraday também explicita seu enfoque, atentando para o direcionamento do público-alvo das palestras. O palestrante ressalta sua intenção de abordar o tema de modo honesto, sério e filosófico, mas sem se preocupar com a parcela da audiência composta por adultos:

Quero o privilégio de poder falar para os jovens e da forma como um jovem faz. Tenho feito isto em outras ocasiões e, se permitirem, vou fazê-lo novamente. Apesar do fato de que eu apareço aqui como quem tem o conhecimento das palavras que devem ser oferecidas ao mundo, isto não me deve impedir de falar de modo coloquial com aqueles que pretendo que estejam mais próximos de mim nesta ocasião.

(*Ibid.*)

*A história química de uma vela* é dividida em seis palestras, e a sequência escolhida para a abordagem dos tópicos já revela traços da linha de argumentação utilizada por Faraday. A história começa com uma visão geral e cotidiana da vela, e segue com: (Palestra I) a chama, suas fontes, estrutura, mobilidade e brilho;

---

<sup>53</sup> Alguns programas impressos das palestras de Faraday permanecem arquivados na *Royal Institution*. O Anexo B apresenta dois deles (ROYAL INSTITUTION, 2004).

(Palestra II) o ar necessário à combustão, o brilho da chama e os produtos da combustão; (Palestra III) a água da combustão, a natureza da água e o início do estudo da sua composição, o hidrogênio; (Palestra IV) o hidrogênio na vela, sua transformação em água mediante a combustão e a outra parte da água, o oxigênio; (Palestra V) o oxigênio presente no ar, a natureza da atmosfera, suas propriedades, outros produtos da vela, o ácido carbônico e suas propriedades; (Palestra VI) o estudo do carbono ou carvão, o gás carbônico, a respiração e sua analogia com a combustão da vela; conclusão.

Depois de apresentados o tema e o enfoque, Faraday passa diretamente para a análise da vela. O discurso começa já muito próximo do cotidiano do público, com observações sobre as velas que se encontravam no comércio da época. Fala-se da confecção de velas de imersão e das moldadas, sejam elas de sebo, estearina, spermacete, cera ou parafina. Também se comenta a evolução das velas à lâmpada de Davy, que trouxe maior segurança ao trabalho dos mineiros.

Utilizando-se de armações e exemplares de velas, de vários tipos e formatos, Faraday ilustra seu tema ao público, destacando não apenas os produtos finais, mas também seus modos de produção.

É interessante o “gancho” feito pelo palestrante para levar a narrativa dos meios de produção à análise do funcionamento das velas. Ele o faz por meio de comentários acerca do luxo que se pode encontrar nelas. Apresentando algumas velas com detalhes ornamentados e coloridos, Faraday destaca como a beleza de tais artefatos se contrapõe à sua utilidade.

[...] nem tudo o que é refinado e belo é útil. Essas velas caneladas, por mais bonitas que sejam, são ruins; são ruins por causa de sua forma externa.

(FARADAY, 2003, p. 30)

Associando a forma à eficiência de uma vela, Faraday simula um processo investigativo, questionando como se dá cada detalhe do seu funcionamento. Após aceso o pavio, Faraday chama a atenção para a concavidade que surge no topo da vela, formada pela corrente ascendente de ar. É essa concavidade horizontal que possibilita ao combustível líquido alcançar a ação química, que ocorre na chama. Em séries de perguntas e reflexões, o palestrante destaca como cada detalhe do funcionamento de uma vela contribui para os demais: ao se aproximar da vela acesa, o ar “é deslocado para cima pela força da corrente que o calor dela produz”; essa circulação faz com que as bordas da vela permaneçam mais frias que o seu

topo, onde a parafina derrete, dando origem ao côncavo citado; o líquido formado e armazenado no côncavo pode então subir pelo pavio, por efeito de capilaridade; reduzida a uma pequena quantidade que permeia o pavio, a parafina líquida se vaporiza e, na chama, alcança a temperatura necessária para manter a combustão, até que toda a parafina seja consumida, num processo tão perfeito que se encerra sem deixar vestígios.

Todos esses pormenores do funcionamento das velas são ricamente ilustrados pelo palestrante com experimentos, demonstrações e analogias. E as considerações sobre o mecanismo de queima das velas se encerram quando Faraday retoma o citado contraponto entre o belo e o útil. Devido ao seu formato irregular e intermitente (como o das velas em forma de rosas), as velas mais bonitas são incapazes de produzir um côncavo adequadamente horizontal, e assim permitem que o combustível líquido escorra, comprometendo seriamente a sua utilidade.

Espero que percebam que a perfeição de um processo – isto é, a sua utilidade – é o que há de mais belo nele. Não é a aparência mais bonita, e sim a mais funcional, que é mais proveitosa para nós.

(FARADAY, 2003, p. 32)

Entendido o funcionamento geral das velas, Faraday prossegue em sua abordagem, agora de modo mais descritivo que investigativo, concentrando-se sobre a chama e utilizando diagramas e experimentos simples para ilustrar suas regiões, além do caráter dinâmico de sua forma.

Quando se propõe a observar mais atentamente a chama, Faraday se depara com o problema do vento dentro do auditório, e destaca com bastante admiração “uma invenção inteligente, feita por algum verdureiro ou barraqueiro do mercado para proteger suas velas nas noites de sábado”. Tratava-se de um vidro apoiado em uma estrutura que envolvia a vela, estabilizando a chama e resolvendo um importante problema científico, “pois quem pode estudar um assunto, quando existem no caminho dificuldades que não lhe dizem respeito”? Em outras palavras, impedindo-se a instabilidade da chama, seria possível estudá-la melhor (*Ibid.*, p. 31).

Assim como havia começado, o primeiro encontro sobre a história química de uma vela se encerra bem próximo à vida cotidiana do público, com a mobilidade da chama explicada pelo exemplo de uma tradicional brincadeira inglesa da época de

Natal, o *snapdragon*, em que crianças pegavam passas ou ameixas de uma travessa com conhaque incandescente. Tudo dentro do clima das *Christmas lectures*.

O segundo encontro do curso ainda se inicia com uma abordagem bem geral da vela, tratando das regiões da chama e da sua interação com o ar atmosférico. Mas, aos poucos, Faraday começa a direcionar o olhar do público para as transformações químicas ligadas ao processo de queima. Reconhecendo neste encontro a existência de produtos da combustão, Faraday justifica o interesse de que, nas próximas palestras, fosse considerada a composição dos constituintes da vela e do ar necessário ao processo.

A argumentação é retomada com considerações sobre o estado vaporoso do combustível da vela, e sobre a necessidade do ar para que se processe a queima. Um diagrama de distribuição do calor nas diferentes regiões da chama é usado para ilustrar como o vapor combustível se forma na parte mais interna, enquanto a queima efetiva, com maior reflexo sobre o calor da vela, só ocorre na parte externa da chama, onde o combustível entra em contato com o ar.

Num experimento bastante chamativo, Faraday utiliza um tubo de vidro dobrado para recolher parte do vapor de parafina produzido na chama, fazendo-o queimar na outra extremidade do tubo, como mostra a Figura 6, retirada das ilustrações do próprio livro.

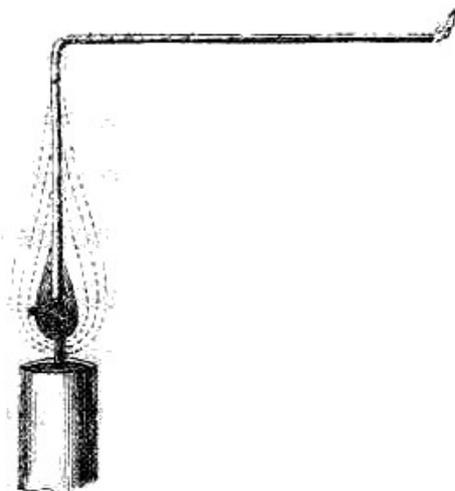


Figura 6 – Ilustração de experimento com a vela.  
(FARADAY, 2003, p. 45)

A discussão sobre a composição dos materiais começa com a análise do ar necessário às combustões. A vela precisa de “ar puro” para queimar, mas à medida que queima, ela muda a composição desse ar, que se torna menos adequado à

continuidade do processo. A demonstração é feita cobrindo a vela com um frasco cheio de ar: A chama se mantém por um tempo, até que é alongada para cima, num último suspiro, e se extingue.

Por que se apaga? Não é meramente por lhe faltar ar, pois o frasco continua tão cheio quanto antes; mas lhe falta ar puro, ar fresco. O frasco está cheio de ar, parcialmente modificado e parcialmente não modificado, mas não tem uma quantidade suficiente do ar puro necessário à combustão de uma vela.

(FARADAY, 2003, p. 46)

A esta altura, Faraday conta explicitamente que seu público já é capaz de perceber as semelhanças entre os processos, e se permite tomar a queima de uma lamparina como análoga à de uma vela. A lamparina em questão é munida de uma válvula, que permite controlar a entrada de ar no sistema. Com pequenos ajustes no posicionamento desta, Faraday ilustra não apenas a necessidade do ar à combustão, mas também as condições em que se dão a combustão perfeita, que não resulta em produtos diretamente visíveis, e a imperfeita, que libera uma fumaça preta rica em fuligem, decorrente do suprimento insatisfatório de ar ao local da queima. Essas diferentes condições de queima levam a considerações sobre a composição e sobre a origem dos seus produtos.

É quando fala da fuligem que Faraday traça os primeiros paralelos entre o que chamaríamos de “produtos” e “reagentes” de um processo.

Mas, que vem a ser esta substância negra? Ora, trata-se do mesmo carbono que existe na vela. E como é que ele sai da vela? É evidente que existia nela. Caso contrário, não o teríamos aqui. [...] Os senhores mal poderiam supor que todas aquelas substâncias que voam por Londres, sob a forma de fuligem e sujeira, são a própria beleza e vida da chama [...].

(FARADAY, 2003, p. 49-50)

Percebe-se claramente a influência dos trabalhos de Lavoisier sobre a linha argumentativa de Faraday. Quando se fala do carbono presente na fuligem da vela, a lógica de conservação dos elementos na formação de compostos é tratada como algo “evidente”. Faraday não se detém em maiores considerações a respeito das teorias que orientam sua abordagem, mas como perceberemos ao longo do curso, a regularidade com que o palestrante recorre a esta linha de pensamento em suas interpretações faz com que, aos poucos, ela se torne previsível, chegando ao ponto de permitir que o público a utilize no delineamento de algumas conclusões, como mencionaremos mais à frente.

Tratando na sequência do brilho liberado nos processos de queima, Faraday apresenta pela primeira vez ao público os gases hidrogênio e oxigênio, ainda sem vinculá-los diretamente à vela ou à água, mas antecipando que seu público logo saberia tudo sobre aquelas substâncias. A queima do hidrogênio, assim como a de diversos outros combustíveis, é utilizada para ilustrar como muito do brilho produzido se deve à presença de partículas sólidas entre os produtos de uma combustão.

O segundo encontro do curso se encerra em tom de mistério. Muito se falou sobre a existência de produtos, ou seja, sobre a liberação de substâncias específicas a partir do processo de queima. Mas além do carvão, que outras substâncias seriam estas? É esta a dúvida que Faraday instiga no público e o faz levar para casa. O palestrante chega a sugerir alguns experimentos simples, que os mais curiosos poderiam realizar em casa, antecipando-se às revelações da próxima palestra, mas o pleno entendimento da história química de uma vela ainda dependeria em muito da condução teórica do hábil conferencista.

A terceira parte do curso começa exatamente no ponto em que havia terminado a segunda. Faraday retoma a questão dos produtos da combustão, mas agora dirige o olhar do público à parte condensável desses produtos, composta por água.

A caracterização da identidade da água é obtida de modo dramático. Faraday utiliza um pedaço de potássio metálico para verificar “uma ação muito visível da água”, que serve como “teste para verificar a sua presença”. Ao entrar em contato com a água de uma vasilha, o público pode ver o potássio “se iluminar e boiar, queimando com uma chama violeta” (FARADAY, 2003, p. 58). Realizando o mesmo teste com a parte condensável dos produtos da vela, Faraday obtém resultados análogos, com o potássio se inflamando sobre a superfície do líquido. Assim, caracteriza-se o produto condensável da chama como nada mais, nada menos, que água.

Faraday provavelmente opta por este método de identificação da água em decorrência da sua rapidez e praticidade, além do forte apelo visual que torna mais simples sua verificação por parte do público. Mas a escolha não é trivial e, de modo um pouco mais crítico, não poderia ser tomada como demonstração definitiva da identidade de um composto. Para tanto, além de aceitar a reação com o potássio como uma propriedade essencial da água, Faraday também teria de admitir que nenhuma outra substância responderia daquela forma à presença do potássio, o que

poderia não ser verdadeiro. O fato é que testar essas hipóteses poderia ser complicado ou demorado demais, e Faraday sabe que vários outros testes apenas reforçariam a mesma conclusão. Assim, ele aparentemente se vale de sua confiabilidade para que esse pormenor metodológico passe despercebido.

O palestrante se alonga então no estudo das propriedades deste composto familiar, a água, que “é a mesma em toda parte, seja ela produzida pelo oceano ou pela queima de uma vela” (FARADAY, 2003, p. 64). São discutidos e ilustrados os estados físicos, assim como a variação de volume da água vinculada às transições entre estados. Sem comprometer a identidade do composto, os experimentos ilustrativos dessa variação de volume servem para explicar fenômenos comuns ao cotidiano do público, como o fato do gelo flutuar sobre a forma líquida da água, enquanto sua forma vaporosa é capaz de empurrar para cima a tampa de um frasco, preenchendo todo o seu volume, mesmo se produzida a partir de pequena quantidade do líquido aquecido.

Em seguida, Faraday passa a considerações sobre a composição da água, associada à sua origem no processo de queima da vela.

Onde está, portanto, essa água que obtemos da vela? [...] É evidente que ela vem, em parte, da própria vela. Mas, será que estava dentro da vela antes disso? Não, ela não estava na vela, nem tampouco no ar em torno da vela, que é necessário para sua combustão. Não está em uma coisa nem em outra. Provém da ação conjunta das duas: em parte, da vela, em parte, do ar. Agora temos de examinar isso [...].

(*Ibid.*)

Examinando a composição da água, Faraday conduz seus argumentos por uma linha de raciocínio que passa longe do óbvio, mas é interessante notar a preocupação manifestada pelo palestrante de que o público assumisse uma postura ativa nesta investigação. Ainda que tal participação seja meramente idealizada, Faraday solicita aos seus espectadores que associem os vários fatos aos quais haviam sido recentemente apresentados para que, de modo estruturado, lhes fosse possível delinear conclusões.

As demonstrações e argumentos que se sucedem envolvem metais, a água e as combustões. Repete-se o experimento do potássio agindo sobre a água, e Faraday destaca como o metal “queima lindamente, criando uma lâmpada flutuante, ao usar a água em vez do ar”. Numa analogia um tanto quanto difícil, Faraday coloca um pouco de limalha de ferro na água e observa que ela enferruja, e “embora com grau de intensidade diferente”, “a limalha atua sobre a água do mesmo modo que o

potássio”. Faraday pede que o público relacione mentalmente esses fatos, e apresenta outro metal, o zinco, também combustível, mas cuja ação sobre a água é de grau intermediário entre a do ferro e a do potássio. A série de experimentos norteadores do raciocínio se encerra com a combustão de lascas de ferro atiradas em uma chama. O palestrante mostra como as raspas queimam e ressalta que “aos poucos, fomos aprendendo a modificar a ação dessas substâncias diferentes e fazê-las dizerem o que queremos saber” (FARADAY, 2003, p. 64-65).

A relação entre todos estes experimentos começa a se delinear quando Faraday reproduz um experimento descrito por Lavoisier (1790, p. 83-85), em que faz vapor de água atravessar o interior de um cano de metal contendo raspas de ferro aquecidas ao rubro, como mostra a Figura 7.

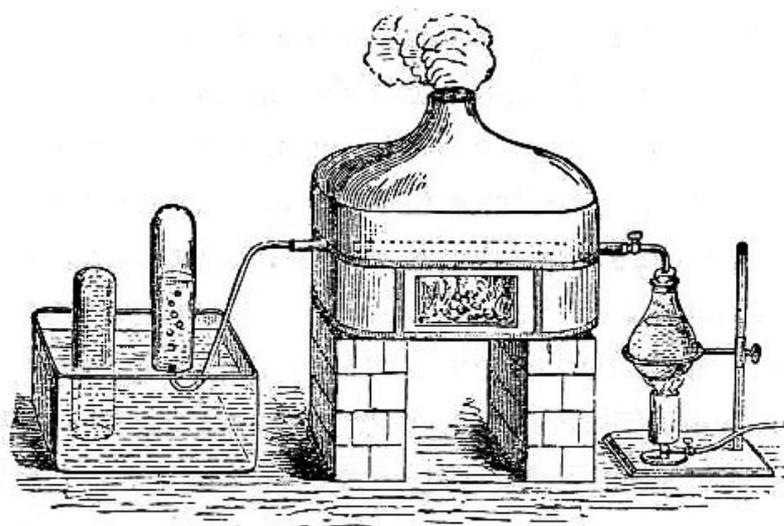


Figura 7 – Experimento de Lavoisier utilizado por Faraday para demonstrar a decomposição da água. (FARADAY, 2003, p. 66)

Faraday observa que, à medida que o vapor de água atravessa o cano, recolhe-se na outra ponta um gás, que passa por um tubo e fica armazenado num recipiente emborcado em água. Como este gás não se condensa ao ser resfriado na saída do sistema, constata-se que não se trata de vapor de água, ou seja, pela extremidade final do cano, sai um gás que decorre da interação entre o vapor de água e as lascas de ferro aquecidas que se encontravam dentro do tubo. Faraday afirma que o peso das lascas de ferro aumenta mediante este contato com o vapor, e que após o experimento elas são recolhidas “num estado muito parecido com o da limalha depois de ser queimada” (*Ibid.*, p. 67).

O gás recolhido, por sua vez, também apresenta propriedades notáveis. Trata-se de um material combustível, que queima emitindo um estampido particular, além de ser “uma substância muito leve”, que se mantém no interior de um frasco invertido e que, se soprada por um cachimbo contendo água e sabão, produz bolhas que se movem sempre para cima, em oposição às bolhas comuns, de ar, que se dirigem para baixo tão logo são sopradas (FARADAY, 2003, p. 67).

Faraday ressalta que este gás singular pode ser obtido “tanto da água produzida pela vela quanto de qualquer outra fonte”, e conduz novos experimentos ilustrando como a ação do zinco e do potássio sobre a água também permitem o recolhimento desta substância (*Ibid.*). Juntam-se então algumas peças do quebra-cabeça que relaciona indiretamente o gás produzido à vela, pois o gás se obtém da água, e esta, por sua vez, decorre da queima da vela. Assim, além do carbono, outro princípio estaria ligado à sua composição, o hidrogênio, mas novos experimentos e evidências ainda seriam expostos nas próximas palestras.

Faraday recorre novamente aos trabalhos de Lavoisier para classificar o hidrogênio “entre as coisas que, na química, chamamos de elementos, por não podermos extrair mais nada delas” (*Ibid.*, p. 69).<sup>54</sup> E deste ponto até o final da palestra, procede com experimentos que exploram as propriedades desta substância elementar, com particular ênfase sobre a sua queima, que traz apenas a água como produto.

Diferente de Jane Marcet em seu *Conversations on Chemistry*, Faraday não vincula nominalmente os conceitos que aborda aos pesquisadores que contribuíram com seu desenvolvimento. No conjunto das seis palestras do curso, são citados apenas os nomes de Joseph Black, associado à denominação do ácido carbônico como “ar fixo”, e Humphry Davy, responsável pela descoberta do potássio e pelo desenvolvimento das lâmpadas de segurança utilizadas em mineração. Apesar disso, é nítido que a maior parte dos argumentos de Faraday considera a obra de Lavoisier, seja em relação à nomenclatura de compostos, ao conceito de elemento ou à noção de conservação de massa nos processos químicos.

Pela experiência adquirida nas duas primeiras palestras do curso, era de se esperar que Faraday também encerrasse essa terceira adiantando algo de muito curioso a ser abordado no próximo encontro. Ele o faz apresentando ao público uma

---

<sup>54</sup> Ver nota 41 (p. 66).

potente pilha voltaica. Ao juntar os terminais da pilha, Faraday maravilha sua audiência com um clarão, reflexo daquilo que é “equivalente ao poder de vários raios e trovoadas” (FARADAY, 2003, p. 73).

O palestrante utiliza a pilha para queimar um pedaço de palha de ferro, e diz que no próximo encontro aplicará o dispositivo sobre a água, com vias de aprofundar o estudo da sua composição.

A quarta parte da história de uma vela começa com uma breve retomada de raciocínio, seguindo a linha que definira o foco das palestras anteriores: da vela à água; da água ao hidrogênio; do hidrogênio ao que mais deveria estar presente na água.

Rapidamente, Faraday rememora o público quanto à pilha elétrica, “um arranjo de força, ou potência, ou energia química, ajustado de maneira a nos transmitir seu poder por estes cabos” (*Ibid.*, p. 75). O palestrante já havia anunciado que utilizaria a pilha para decompor a água, mas antes disso ele se propõe a demonstrar o que decorre da ação daquele dispositivo sobre diferentes substâncias, e novamente se utiliza de analogias que não podemos considerar tão simples.

Para que os senhores possam compreender o caráter e o uso deste instrumento, façamos um ou dois experimentos [...] vamos juntar algumas substâncias, sabendo o que elas são, e em seguida ver o que o instrumento faz com elas.

(*Ibid.*)

Faraday mergulha cobre numa solução de ácido nítrico, e pede que seu assistente mantenha o recipiente debaixo de uma chaminé enquanto ocorre a ação, para que o público não seja incomodado pelo “belo vapor vermelho” que se desprende no processo.<sup>55</sup>

Enquanto testa o circuito da pilha e dá novas demonstrações do poder daquele instrumento, Faraday aguarda que a solução resultante do cobre com ácido nítrico fique azul, o que ocorre quando boa parte do metal já não é mais visível. Reposicionando parte da aparelhagem, Faraday dá sequência aos experimentos.

Cada terminal da pilha é conectado a uma placa de platina, e as duas juntas são imersas no líquido azul. Nota-se que uma das placas permanece intacta e limpa,

---

<sup>55</sup> Faraday executa uma versão do experimento descrito por Jane Marcet em *Conversations on Chemistry*. Logo na primeira conversa do texto, a Sra. B. explica as combinações e decomposições químicas às suas alunas, Emily e Caroline. A ilustração se dá com a destruição de uma placa de cobre em ácido nítrico, seguida de sua recomposição sobre uma lâmina de ferro imersa na solução. Vide página 71.

enquanto a outra é revestida de uma capa avermelhada de cobre metálico. Faraday inverte as placas, trocando os terminais da pilha, e nota que “o que era antes uma chapa acobreada sairá limpo, enquanto a chapa que estava limpa sairá revestida de cobre” (FARADAY, 2003, p. 78). Conclui-se que a ação da pilha é capaz de restaurar o cobre que originalmente havia formado um composto azulado com o ácido nítrico. Analogamente, Faraday se propõe a testar a ação da pilha sobre a água, pensando em restaurar os constituintes que originalmente se combinariam para sua formação.

Procede-se com a eletrólise da água em dois experimentos que utilizam montagens diferentes. A primeira delas é bem complicada e não permite a separação dos gases coletados em cada eletrodo. Ainda assim, Faraday faz a montagem do equipamento diante do público e explica a função de cada parte dele (Figura 8). Os eletrodos se fixavam à parte de baixo do frasco contendo água – com um pouco de ácido (C), “apenas para facilitar a ação” – e os contatos com a bateria incluíam duas cubas pequenas, cheias de mercúrio, que se conectavam às pontas dos fios ligados aos eletrodos (A e B). A parte de cima do frasco era tampada por uma rolha perfurada, transpassada por um tubo de vidro dobrado (D), que levava a mistura de gases coletados até a base de um segundo frasco (F), contendo água e emborcado sobre uma cuba maior, também cheia de água. A boca deste segundo frasco era munida de uma válvula de controle de vazão (H), que permitia a passagem da mistura de gases para um funil (G) equipado com fios elétricos (I e K). Ao final do experimento, a faísca elétrica produzida por uma garrafa de Leyden (L) provocava a queima da mistura de gases coletados. Descrevendo a montagem desse complicado aparelho, Faraday explicita sua preocupação de que o público acompanhe cada etapa do processo (*Ibid.*, p. 78-79).

Apesar do fato de que eu estou fazendo este experimento de maneira muito apressada, ainda assim prefiro deixar que vejam tudo a prepará-lo de antemão.

(FARADAY, 2003, p. 78)

Ao ligar os terminais da pilha, recolhe-se no final do sistema uma mistura do gás hidrogênio com alguma outra substância, que o permite queimar mesmo na ausência de ar. Como desta queima resulta novamente a água, Faraday conclui que “portanto, a água deve conter aquela outra substância que a vela extrai do ar e que, ao se combinar com o hidrogênio, produz água” (*Ibid.*, p. 81). Neste ponto, julgamos apropriado destacar como Faraday se utiliza da mesma lógica de Jane Marcet para explicitar um aspecto fundamental da ciência química: o de operar pela via das

separações e recombinações de constituintes para alcançar o entendimento sobre as substâncias.

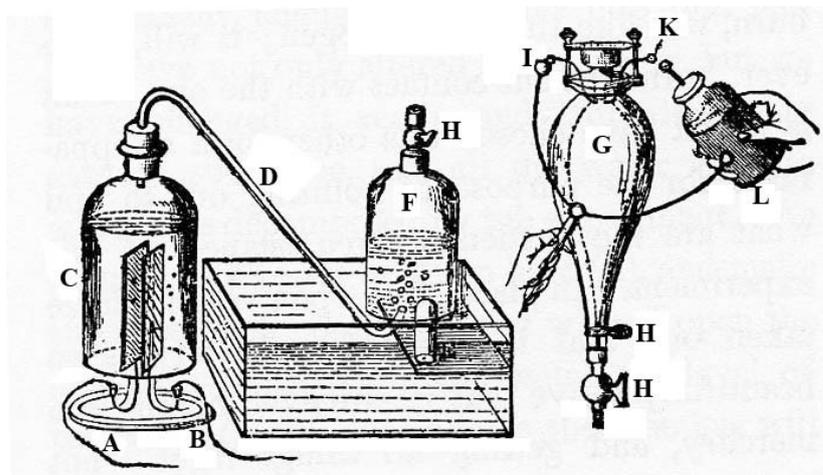


Figura 8 – Aparelho para eletrólise da água.  
(FARADAY, 2003, p.79)

A segunda montagem para eletrólise da água é bem mais simples: uma cuba grande e dois frascos cheios de água, emborcados, um sobre cada eletrodo conectado à pilha. Ao ligar o aparelho, a água dentro de cada frasco dá espaço a um dos gases advindos da decomposição da água. Nota-se que um dos frascos se enche mais rápido que o outro. Faraday efetua uma série de testes e reconhece, neste primeiro gás, todas as qualidades do hidrogênio. No frasco que demora mais para encher, o palestrante coloca uma lasca de madeira acesa e nota como a combustão é intensificada. Faraday reforça então a sua proposição de que a água é formada pelo hidrogênio e pela mesma substância que, no ar atmosférico, permite que os materiais queimem. Essa substância recebe um nome “com um toque de distinção” – trata-se do oxigênio (FARADAY, 2003, p. 83).

Faraday explica que há outras formas de se obter oxigênio. Aquecendo uma mistura de óxido de manganês e clorato de potássio numa retorta, ele coleta oxigênio suficiente para ilustrar como o gás é capaz de aumentar o brilho e a intensidade de qualquer queima, seja a de uma vela, lamparina, madeira, ferro, enxofre ou fósforo, pois

tudo o que é passível de queimar no ar queima com intensidade muito maior no oxigênio, o que os levará a pensar que talvez a própria atmosfera deva todo o seu poder de combustão a este gás.

(*Ibid.*, p. 87)

Depois de trabalhar algumas medidas quantitativas, utilizando-se de diagramas para ilustrar as proporções e pesos relativos do hidrogênio e oxigênio, e de um último experimento bastante lúdico, com bolhas de sabão feitas da mistura explosiva desses gases, Faraday parece confiar que o público se encontra pronto para acompanhá-lo em algumas conclusões decisivas, sobre tudo o que se apresentou até então.

Por que um pedaço de potássio decompõe a água? Porque encontra oxigênio nela. O que é liberado quando introduzo água, como vou fazer novamente? Ela libera hidrogênio, que se queima, mas o potássio em si combina-se com o oxigênio. Este pedaço de potássio, ao decompor a água – a água, dirão os senhores, derivada da combustão da vela –, retira o oxigênio que a vela tirou do ar e, deste modo, libera o hidrogênio.

(FARADAY, 2003, p. 89)

Como indicamos alguns parágrafos acima, Faraday faz uso constante desta lógica de sínteses e decomposições para ilustrar como o conhecimento químico se constrói a partir do estudo da Natureza. Aos poucos, mesmo o ouvinte leigo nas teorias da ciência pode se acostumar com os termos e com a linha de raciocínio seguida pelo palestrante. Isso não garante que o público se torne efetivamente capaz de entender as conclusões apresentadas, mas pode contribuir para que ele tenha essa impressão, e deixe o teatro com a sensação de que domina os assuntos abordados.

Faraday parece satisfeito com toda a manipulação efetuada sobre aquelas substâncias e, tendo exposto ao público a natureza íntima de tantas substâncias por meio de testes e experimentos incomuns, planeja voltar-se agora para a Natureza e seus processos como são vistos no cotidiano. É este o tom das duas últimas palestras do curso sobre a história química de uma vela.

Logo no início da quinta palestra, Faraday questiona porque o oxigênio apresenta propriedades semelhantes às do ar atmosférico, mas realçadas em sua intensidade. Pela argumentação e pelos experimentos que se seguem, logo se percebe que a pergunta de Faraday, na verdade, seria: mas então, além do oxigênio, o que mais há no ar atmosférico?

Os primeiros experimentos envolvem duas garrafas, uma contendo oxigênio puro, e a outra, ar atmosférico. Como visualmente é impossível a distinção dos dois gases, Faraday lança mão de um “gás de teste” que, ao entrar em contato com o oxigênio, produz um novo gás, de tom avermelhado bem marcante (FARADAY,

2003, p. 92).<sup>56</sup> Faraday faz entrar um pouco do gás de teste em cada garrafa e destaca a formação do gás avermelhado em ambas, mas de modo mais intenso na garrafa que continha o oxigênio puro. Como esse gás avermelhado é solúvel em água, Faraday faz a dissolução do produto formado em cada garrafa, antes de injetar nova porção do gás de teste, obtendo misturas de um vermelho mais claro a cada repetição do processo, até que a garrafa com ar atmosférico não apresenta mais mudança de cor frente ao contato com o gás de teste. Neste ponto, Faraday diz que acabou o oxigênio daquela amostra de ar, mas outro componente gasoso ainda é abundante.

O ar atmosférico seria formado então por dois componentes: o oxigênio, necessário às combustões e detectável pelo óxido nitroso; e outro gás, que “não tem cheiro, não é azedo, não se dissolve na água, não é ácido nem um álcali, e é tão indiferente a todos os nossos órgãos quanto uma coisa pode ser”: o nitrogênio. Faraday apresenta uma descrição bastante utilitária para justificar a existência e o estudo do nitrogênio: “O nitrogênio controla o oxigênio e o torna moderado e útil para nós”, ou seja, uma atmosfera de oxigênio puro seria perigosa demais. Além dessa atenuação das propriedades do oxigênio, o nitrogênio também seria responsável pela dispersão dos fumos atmosféricos e, de algum modo, estaria ligado ao “sustento da vegetação” (FARADAY, 2003, p. 94).

Em seguida, Faraday apresenta diagramas escritos e faz novas comparações quantitativas entre os pesos dos gases, passando então a considerar efeitos ligados ao peso do ar. Neste momento, o palestrante expõe uma opinião pessoal, de que “devemos mostrar aos senhores, jovens, experimentos que lhes seja possível fazer em casa”, e se utiliza de ventosas, bexigas, taças de vinho e tubos simulando espingardas de ar comprimido, em várias analogias mecânicas que ilustram não apenas o peso, mas também a elasticidade do ar, sua permeabilidade e a tendência dessa mistura de gases a se difundir e ocupar espaços previamente evacuados (*Ibid.*, p. 100).

Retornando ao estudo da vela, Faraday direciona o raciocínio para a composição do ar, questionando se não haveria algum outro produto gasoso proveniente do processo de queima. Pelo adiantado da hora, o palestrante acelera o passo enquanto dirige uma série de experimentos e interpretações, mas ainda assim

---

<sup>56</sup> Trata-se do óxido nitroso que, ao reagir com oxigênio, produz o referido gás de tom avermelhado.

não permite que alguns resultados ou fatos curiosos passem despercebidos do público. Primeiro, ele posiciona uma vela sobre uma base elevada, que permite a entrada de ar por baixo do sistema enquanto os produtos gasosos da combustão são forçados a atravessar uma chaminé de vidro. Nota-se a já esperada condensação do vapor de água nas paredes internas da chaminé, mas Faraday chama a atenção para uma propriedade do gás que sai pela extremidade do duto: ele é capaz de extinguir uma chama, como mostra a Figura 9.

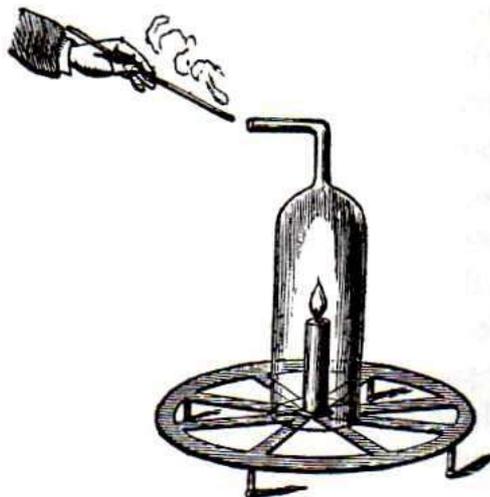


Figura 9 – Experimento sobre as propriedades dos produtos gasosos da combustão.  
(FARADAY, 2003, p. 103)

Faraday ressalta que tal efeito não se deve ao nitrogênio presente no ar e que não participa da combustão, mas sim a um novo produto, que seria caracterizado na sequência pela sua ação diferenciada sobre a água de cal. O palestrante alega ter uma boa quantidade de água de cal previamente preparada para as ilustrações, mas novamente prefere despender um pouco mais de tempo preparando o reagente na hora, aos olhos do público. Faraday dissolve cal viva em água comum e filtra a solução resultante. Ao colocar o líquido filtrado em contato com o gás proveniente da vela, nota que o sistema fica turvo, com aparência leitosa, e o mesmo não ocorre ao dissolvermos ar atmosférico na água de cal. O produto esbranquiçado é reconhecido por Faraday como giz, e sua formação se daria pelo contato da água de cal com aquele novo produto gasoso da vela, o ácido carbônico.<sup>57</sup>

O palestrante afirma existirem várias outras fontes de ácido carbônico. Ele estaria presente em materiais sólidos, como “todos os tipos de giz, todas as conchas

---

<sup>57</sup> Vide nota 42 (p. 68).

e todos os corais” e, por se fixar a essas rochas, fora chamado de “ar fixo” por Joseph Black (FARADAY, 2003, p. 104). O gás é obtido por Faraday em abundância, mediante a ação dos ácidos muriático e sulfúrico sobre mármore e giz, respectivamente. Com essa grande quantidade do gás à disposição, Faraday se permite o estudo de suas propriedades, concentrando-se no peso, bem maior que o do ar comum, e na sua já reconhecida capacidade de extinguir o fogo.

A conversa sobre o ácido carbônico se prolonga, ocupando também a primeira parte da sexta e última palestra do curso. Para entender “plenamente e com clareza, a história química desta substância”, Faraday propõe a mesma abordagem que utilizou ao investigar a natureza da água:

Vimos os produtos e sua natureza ao saírem da vela. Decomposemos a água em seus elementos e agora temos que ver quais são os elementos do ácido carbônico que a vela fornece; alguns experimentos nos mostrarão isso.

(*Ibid.*, p. 110)

Faraday lembra que “a vela produz fumaça quando a combustão é ruim, mas não há fumaça quando ela queima bem” (*Ibid.*). Assim, entende-se que a fuligem é, na verdade, o carbono, que caso fosse completamente queimado, seria liberado na forma de ácido carbônico. A fim de ilustrar esse ponto, Faraday procede à queima de carbono, sob a forma de carvão comum, pulverizado, e mostra que o mesmo queima de modo característico, com fagulhas, mas sem chama.

Depois de queimar lascas de madeira e blocos de carvão para ressaltar as peculiaridades destes processos, Faraday se atém às proporções com que o oxigênio e o carbono se combinam na produção do ácido carbônico. Entendida e verificada a síntese do composto, passa-se ao processo inverso.

Sendo um corpo composto, feito de carbono e oxigênio, o ácido carbônico é um corpo que devemos poder decompor. E podemos. Assim como fizemos com a água, podemos fazer com o ácido carbônico – separar as duas partes. A maneira mais simples e rápida de fazê-lo é agir sobre o ácido carbônico com uma substância capaz de atrair o oxigênio que existe nele, deixando para trás o carbono.

(FARADAY, 2003, p. 113)

Se a necessidade do palestrante era remover o oxigênio de um composto, o potássio era certamente a solução mais promissora, já que essa substância fora capaz de separar o oxigênio do hidrogênio quando posta em contato com a água. Como o ácido carbônico apresenta a propriedade de extinguir as chamas, Faraday precisa iniciar o processo de queima do potássio em contato com o ar atmosférico,

isto é, fora do recipiente contendo o gás a ser decomposto. Encontramos um registro raro neste ponto da história química de uma vela: o experimento não correu como Faraday esperava ou, em termos mais claros, falhou! Ao aquecer o primeiro pedaço de potássio, ele explodiu. Diante de tal imprevisto, Faraday seguiu criteriosamente seus próprios apontamentos, e não se desculpou. Deu sequência aos experimentos de modo a impedir que o público se concentrasse naquela falha.

Às vezes, pegamos um pedaço ruim de potássio, que explode, ou coisa parecida, ao entrar em combustão. Apanharei outro pedaço e, agora que está aquecido, vou introduzi-lo no frasco.

(FARADAY, 2003, p. 113-114)

A segunda tentativa deu certo, e o potássio inflamado foi colocado no frasco com o ácido carbônico. Em contato com o gás, a queima do potássio sofre uma previsível redução de intensidade, mas não se extingue, revelando a vivaz capacidade que aquela substância tem de retirar o oxigênio do composto. Ao mesmo tempo, o carbono é liberado na forma de pequenas partículas negras, que se tornam visíveis no final do processo. Conclui-se então a “comprovação completa da natureza do ácido carbônico como composto de carbono e oxigênio” (*Ibid.*, p. 114).

As considerações sobre o carbono se encerram com novas demonstrações da admiração do palestrante para com seu tema de estudo. Segundo Faraday, é notável que o carbono seja a única substância elementar por ele conhecida que, mesmo sendo sólida, ao queimar se dispersa como um gás, e nos permite desfrutar do calor e da comodidade de uma lareira sem termos de recolher pilhas de resíduos sólidos, como os que decorreriam da queima do ferro ou do chumbo.

Na segunda metade dessa última palestra, o discurso de Faraday muda de tom. Gradualmente, o direcionamento do raciocínio passa das minúcias da análise de compostos para a contemplação mais ampla dos processos naturais e das suas interconexões.

Faraday apresenta a respiração animal como análoga à combustão de uma vela. Vários experimentos ilustram como o ar expirado, ao sair dos pulmões, guarda todas as propriedades do ácido carbônico, sendo capaz de turvar a água de cal ou mesmo de extinguir a chama. A analogia se estende até o calor associado aos processos de queima. Tendo os alimentos como combustível, os animais fariam a

sua combinação com o oxigênio do ar inspirado para produzir energia, num processo particularmente importante para os seres de sangue quente.

Pensa-se em como é séria a questão do ar, já que trocamos sua composição por meio do simples ato de respirar. Então Faraday eleva o entendimento do público, com nítida inspiração de natureza religiosa, chamando a atenção para como, à semelhança das partes que se integram na combustão de uma vela, toda a criação interage de modo a tornar útil cada processo e cada transformação.

À medida que queima, o carvão transforma-se em vapor e passa para a atmosfera, que é o grande veículo, o grande transportador que o leva para outros lugares. E o que acontece com ele? É maravilhoso descobrir que a mudança produzida pela respiração, que parece tão nociva para nós (pois não podemos respirar duas vezes o mesmo ar), é a própria vida e o esteio das plantas e vegetais que crescem na superfície da Terra.

(FARADAY, 2003, p. 123)

Louvando a integração dos reinos animal e vegetal, que se colocam “subservientes um ao outro”, Faraday traz ao olhar do público uma simples planta, posta ali para representar todas aquelas que

estão retirando seu carbono da atmosfera, doado por nós sob a forma de ácido carbônico, e vão crescendo e vicejando. [...] Assim, somos dependentes não apenas dos nossos semelhantes, mas dos outros seres que convivem conosco, estando toda a natureza ligada por leis que fazem com que uma parte conduza ao bem de outra.

(*Ibid.*)

Por último, Faraday também encontra evidências de uma sabedoria divina ao considerar a parte imaterial necessária à combustão, que é o calor. Cada combustível só começa a queimar quando encontra uma quantidade específica de calor. Assim, uma vela pode permanecer guardada por séculos antes de entrar em ação, e manuscritos grafados sobre matéria carbonada podem atravessar vastos intervalos de tempo, mesmo em contato com a atmosfera que dispõe dos recursos para a sua destruição. A interpretação dada pela filosofia natural a fatos tão maravilhosos é chamada por Faraday de “afinidade química” (*Ibid.*, p. 124).

O encerramento da história química de uma vela é emblemático, com a expressão de um desejo pessoal do palestrante: de que seu público esteja apto a se comparar a uma vela, isto é, que percebam cada um de seus atos como parte de um sistema maior, agindo de maneira honrada e eficaz “no cumprimento de seu dever para com os seus semelhantes” (*Ibid.*, p. 126).