

R(εαζδ)Σ_s ⇌ Qμί[M_{icas}]

fenômeno, transformação e representação

Alice Ribeiro Casimiro Lopes

A seção “Conceitos Científicos em Destaque” engloba artigos que abordam de forma nova e/ou crítica conceitos químicos ou de interesse direto dos químicos.

Neste artigo, tratamos das reações químicas — dos fenômenos e de suas representações, as equações químicas.

► reação química, equação química, fenômeno ◀

Em nossa linguagem cotidiana, fenômeno significa acontecimento extraordinário, não corriqueiro. Dentro do campo científico, fenômeno assume significado oposto: cientistas trabalham cotidianamente com fenômenos ou transformações variadas. E mais: a forma de concebermos o fenômeno científico associa-se diretamente a nossa própria concepção de ciência.

Quando consideramos fenômeno tudo aquilo que acontece na natureza, associamo-nos a uma concepção filosófica que entende o processo de fazer ciência como observar fenômenos, constatar suas regularidades, elaborar experimentos capazes de reproduzi-los, formular hipóteses e concluir leis que descrevam esses fenômenos e/ou teorias que os expliquem. Dentro dessa concepção, denominada genericamente empírico-positivista, a objetividade do cientista é tão maior quanto menor for sua interferência sobre o objeto de estudo, ou seja, quanto maior for a separação sujeito—objeto.

Na ciência contemporânea, essa concepção se modifica radicalmente. Cientistas já não são meros contempladores da natureza, aqueles e aquelas que estudam os fenômenos dados pela natureza. Hoje em dia, cientistas *constroem* fenômenos que sequer existem naturalmente, transcendendo ao objeto dado. Isso é facilmente constatado na química: químicos produzem substâncias sintéticas

com propriedades completamente novas, constroem moléculas com características apropriadas a determinados fins. Esse processo de construção se faz por uma dupla via, instrumental e teórica: há um instrumento mediando a relação sujeito—objeto e uma teoria capaz de permitir a compreensão do fenômeno e do instrumento.

Analisaremos neste artigo como essa concepção de fenômeno é capaz de nos fazer repensar as tradicionais classificações dos fenômenos em físicos e químicos, evidenciando suas limitações, bem como permitindo a melhor compreensão das reações químicas e das formas como as representamos e classificamos.

Reações químicas

Alguns livros didáticos permanecem com uma classificação antiga, distinguindo os fenômenos em reversíveis (físicos) e irreversíveis (químicos). Isso porque os fenômenos físicos são considerados ‘superficiais’, transformações ligeiras, e os fenômenos químicos ‘profundos’, transformações mais definitivas.

Essa diferenciação mostra-se equivocada, porque a reversibilidade não é um critério científico de distinção dos diferentes fenômenos. Dobrar uma barra de ferro ou rasgar uma folha de papel, por exemplo, não são atos que impliquem a constituição de novas

substâncias e tampouco são reversíveis. Por outro lado, a reação química:



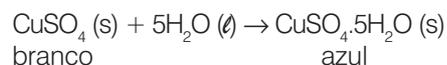
tem sua reversão com a variação da temperatura facilmente observada, já que é endotérmica.

Outra forma que muitos livros didáticos utilizam para distinguir fenômenos físicos e químicos é a variação de propriedades macroscópicas das substâncias. Também aí podemos encontrar problemas. A vaporização da água e a dissolução de açúcar em água acarretam grandes diferenças nas propriedades macroscópicas e no entanto

não costumamos classificar as mudanças de fase e as dissoluções como fenômenos químicos.

Se essas e outras formas de classificação se mostram equivocadas, porque nos

prendemos a elas? Deixamos de perceber que, mesmo do ponto de vista energético, os limites entre os fenômenos comumente classificados como físicos e químicos não são nada rígidos. Por exemplo, o processo de hidratação do sulfato de cobre, em que há passagem do branco ao azul intenso, é um fenômeno físico ou químico?



Além do mais, de maneira geral trabalhamos com processos tradicionalmente classificados tanto como químicos quanto como físicos, muitas

vezes acontecendo conjuntamente. Na reação do hidróxido de sódio sólido com ácido clorídrico aquoso há dissolução, reação e hidratação de íons. Em outros processos também ocorrem, paralelamente, mudanças de fase.

Assim sendo, torna-se muito mais importante que os alunos compreendam a multiplicidade de fenômenos com que trabalhamos, sabendo reconhecê-los, descrevê-los e explicá-los com base em modelos científicos, ao invés de se prenderem a classificações mecânicas (o artigo apresentado na seção "Aluno em foco", neste número de *Química Nova na Escola*, apresenta outros argumentos que reforçam essa conclusão).

Com esses pressupostos, podemos compreender que na ciência contemporânea a reação química não é apenas o fenômeno químico que ocorre naturalmente, produzindo novas substâncias: é também um *programa artificial* de produção de novas substâncias. O químico pesquisa quais reações serão capazes de produzir substâncias com as propriedades desejadas. E o processo reacional só pode ser compreendido mais claramente se associamos as transformações das substâncias às transformações energéticas, de forma dinâmica, evitando a abordagem mecânica — mero jogo de armar que normalmente conferimos ao ensino das reações através de suas representações: as equações químicas.

Representação das reações químicas: as equações

A equação molecular tem sido ensinada a nossos alunos dos níveis fundamental e médio quase como uma profissão de fé: ela é a base para as usuais classificações das reações em síntese, análise, dupla troca e simples troca (ou deslocamento). Mas por que assim procedemos, se comumente trabalhamos com reações em solução aquosa?

Algumas pistas para responder a essa questão encontramos na origem histórica desse modelo. Em 1812, Berzelius apresenta uma concepção, influenciada pelo mecanicismo newtoniano, que visa comparar a força da afinidade química com a força mecâ-

nica. Seu objetivo maior era um dia poder expressar as afinidades dos elementos nas substâncias tal como se expressavam forças mecânicas.

Quando utilizamos as equações químicas e suas classificações indistintamente para meio aquoso e não-aquoso, estamos simplesmente seguindo Berzelius, sem atentar para desenvolvimentos posteriores da química

Berzelius desenvolve o sistema dualístico dos compostos químicos, tendo por base sua visão de afinidade e sua teoria eletroquímica. A ligação química é concebida como tendo natureza elétrica, e as substâncias são representadas por pares em que uma das partes é eletricamente positiva e a outra eletricamente negativa. Exemplo: Na_2SO_4 era o $\text{Na}_2\text{O}.\text{SO}_3$, cujas unidades podiam ser mais uma vez divididas em componentes eletropositivo e eletronegativo.

Com essa teoria, Berzelius explica claramente as reações de dupla troca ($\text{AB} + \text{CD} = \text{AD} + \text{CB}$) ou de deslocamento ($\text{AB} + \text{C} = \text{CB} + \text{A}$), nas quais a polaridade elétrica se encontra mais bem neutralizada nos produtos. Como ele estabeleceu uma escala de eletropositividade¹ das substâncias, a partir de experimentos eletrolíticos, podia-se concluir logicamente quais reações deveriam ocorrer.

Hoje, quando utilizamos as equações químicas e suas respectivas classificações indistintamente para meio aquoso e não-aquoso, estamos simplesmente seguindo Berzelius, sem atentar para desenvolvimentos posteriores da química, como por exemplo a teoria da dissociação eletrolítica de Arrhenius e as teorias da ligação química.

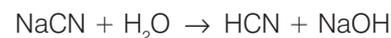
Senão, vejamos: a reação de neutralização do NaOH pelo HCl é considerada de dupla troca, quando em solução aquosa deveria ser considerada como síntese da água, a partir de hidrônio² e hidroxila. Isso porque a solução aquosa de NaOH é uma solução contendo íons Na^+ e OH^- dissociados e a solução aquosa de

HCl é uma solução contendo íons H_3O^+ e Cl^- . Assim sendo, a reação se dá apenas entre hidrônio e hidroxila. Os íons Na^+ e Cl^- permanecem dissociados.

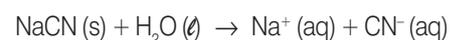
Da mesma forma, a reação de deslocamento entre Zn^0 e CuSO_4 deveria ser considerada uma oxirredução em solução aquosa, uma troca de elétrons entre o metal zinco e os íons Cu^{2+} , formando Zn^{2+} e cobre metálico. Os íons sulfato não participam da reação, permanecendo dissociados.

Em resumo, não há 'trocas' ou 'deslocamentos' quando tratamos de íons dissociados em solução aquosa. E mesmo que no nível fundamental não trabalhe com teorias de dissociação, perde o sentido nos preocuparmos com classificações que não têm utilidade nem na vida prática nem no campo científico.

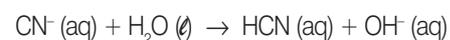
Com isso, não apenas mantemos nossos alunos com um conhecimento obsoleto, mas dificultamos sua compreensão das espécies iônicas e dos processos de equilíbrio. Por exemplo, quando repetimos o grande erro de muitos livros didáticos ao expressarem equações como:



Nesse caso, os livros didáticos levam alunos a pensar nesse processo como sendo uma possibilidade de formação do NaOH. A dissolução em água do cianeto (comumente conhecido como cianureto, veneno letal que origina o gás cianídrico, utilizado nas câmaras de gás para execução de condenados) expressa dessa forma desconsidera que este é a soma de dois processos com extensões diversas: a dissolução do sal NaCN (tendendo a 100%)



e a protonação³ do cianeto pela água (extensão mínima)



Considerações finais

Em face das discussões apresentadas acima, percebemos que precisamos nos preocupar menos com

certos formalismos que enfatizam as classificações em detrimento do desenvolvimento dos conceitos.

Em seus primeiros contatos com a química, uma aluna ou um aluno precisa compreendê-la como o estudo das reações químicas, reações essas que definem as propriedades químicas das substâncias. É importante, não só para o entendimento da química mas também para a formação do pensamento científico de alunos e de alunas de maneira mais ampla, desenvolvermos a noção de propriedade como fruto de uma relação entre substâncias, como foi discutido no artigo "O mito da substância", no primeiro número desta revista.

Para tanto, a conceituação de fenômeno, sem considerar classificações limitadas em fenômenos físicos e químicos, permite que encaremos a transformação no sentido mais amplo; não apenas natural, não apenas observável, mas

produzida, programada, construída pela via experimental e teórica.

Talvez seja difícil mudar — é assim que fomos ensinados e é assim que pensamos até hoje, mas a clareza racional e a melhor aprendizagem de nossos alunos certa-

Notas

1. Trata-se de um conceito que se diferencia de nossa atual concepção de eletropositividade. Para Berzelius, a eletropositividade era medida a partir de processos eletrolíticos, estando mais próxima do conceito que hoje temos para potencial de eletrodo. Para conhecer com mais detalhes essa escala de eletropositividade de Berzelius, bem como sua teoria eletroquímica, sugerimos a leitura do livro de Rheinboldt, citado na bibliografia.

2. O hidrônio é representado simplificada-mente como H_3O^+ , mas o próton atrai mais moléculas de água, podendo formar o $H_9O_4^+$.

3. Protonar significa receber o próton, o íon hidrogênio (H^+), da água ou de outra espécie que atue como ácido de Bronsted-Löwy.

mente compensarão as dificuldades iniciais.

Alice Ribeiro Casimiro Lopes é professora de físico-química na Escola Técnica Federal de Química - RJ e doutoranda em educação na Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Referências Bibliográficas

LOPES, ALICE R.C. *Livros didáticos: obstáculos ao aprendizado da ciência química*. Dissertação (Mestrado em Educação) Rio de Janeiro: IESAE, FGV, 1990.

RHEINBOLDT, H. *História da balança e a vida de J.J. Berzelius*. São Paulo: Nova Stela/EDUSP, 1988.

Para saber mais

LOPES, A.R.C. A concepção de fenômeno no ensino de química brasileiro através dos livros didáticos. *Química Nova*. São Paulo, v. 17, n. 4, p. 338-341, jul. 1994.

OLIVEIRA, R.J. de. O mito da substância. *Química Nova na Escola*. São Paulo, n. 1, p. 8-11, mai. 1995.

EVENTOS EM REVISTA

18ª Reunião Anual da SBQ em Caxambu

É comum entre os professores ouvirmos a distinção entre "fazer pesquisa em química" e "trabalhar com ensino de química", como se fosse impossível "trabalhar com pesquisa" em ensino de química. Entretanto, há o "fazer pesquisa em ensino de química", que embora historicamente recente (veja artigo em *QNE*, 1995, nº 1, p. 27-31) possui espaço na SBQ, através da Divisão de Ensino. Nesse sentido, uma seção do livro de resumos da Reunião Anual da Sociedade é dedicada especificamente ao ensino de química (EQ).

Realizada de 30 de maio a 2 de junho de 1995, a 18ª Reunião Anual da SBQ teve parte de sua programação especialmente voltada ao ensino da química. As atividades organizadas pela divisão de ensino incluíram uma conferência proferida pela profa. Isabel Martins, da Universidade de Aveiro, Portugal; uma sessão coordenada; a Assembléia Geral da Divisão;

duas sessões de painéis, onde foram apresentados 49 dos 51 trabalhos inscritos, e a solenidade de lançamento da revista *Química Nova na Escola*, certamente o mais marcante acontecimento da reunião. O primeiro número da nova revista da SBQ teve uma tiragem de 19 mil exemplares, enviados gratuitamente à grande maioria dos professores de química do país, estimados em aproximadamente 15 mil.

O expressivo número de trabalhos apresentados reforça a certeza de que temos condições de melhorar nosso trabalho em sala de aula, a partir de subsídios que a pesquisa em ensino nos oferece. Esta revista representa mais um espaço para que nós, professores de química, melhoremos o processo ensino-aprendizagem em química sob nossa responsabilidade.

Nos trabalhos apresentados foi possível identificar linhas de pesquisa na área que muito nos interessam.

Podemos sintetizá-las como: a) pesquisa sobre o processo de ensino e aprendizagem de química; b) formação e educação continuada de professores; c) concepções de alunos e professores; d) resolução de problemas teóricos e práticos em química; e) avaliação de livros didáticos; f) vestibular; g) materiais e recursos didáticos no ensino da química; h) currículos e programas; i) o papel da experimentação no ensino de química; j) avaliação de aprendizagem em química.

Com certeza, todos os que atuam como professores de química encontrarão nos resumos da 18ª Reunião Anual da SBQ ricas fontes para aprimorar seu trabalho docente, bem como colaborar com sua vivência para subsidiar os demais colegas no esforço comum de educar através da química. A revista *Química Nova na Escola* pretende colaborar igualmente nesse esforço! (Ricardo Gauche, UnB)