

COMO OS ESTUDANTES CONCEBEM O ESTADO DE EQUILÍBRIO QUÍMICO

Andréa Horta Machado
Rosália Maria Ribeiro de Aragão

A seção “O aluno em foco” traz resultados de pesquisas sobre concepções alternativas de estudantes, sugerindo formas de lidar com essas concepções ao se ensinar conceitos científicos.

Este artigo discute concepções de alunos do nível médio sobre equilíbrio químico, com base em dados obtidos numa investigação realizada no contexto de sala de aula. Na análise, são destacadas as idéias que relacionam o estado de equilíbrio químico à ausência de alterações nos sistemas e as que consideram reagentes e produtos em recipientes separados. Também é analisada a dificuldade em se diferenciar o que é igual do que é constante no estado de equilíbrio químico e são discutidas concepções relacionadas à constante de equilíbrio.

18

► equilíbrio químico, concepções de estudantes, constante de equilíbrio ◀

Esta seção de *Química Nova na Escola* tem discutido aspectos sobre as concepções dos estudantes em relação a conceitos químicos. Essas discussões têm se mostrado importantes como material de referência para a reflexão de professores de química e ciências, não só porque oferecem pistas sobre o pensamento de nossos alunos, mas também porque possibilitam a oportunidade de rever o que nós, professores, pensamos e fazemos em nossas salas de aula.

O conceito de equilíbrio químico tem sido apontado por muitos autores — e também por muitos professores — como problemático para o ensino e a aprendizagem (Maskill & Cachapuz, 1989).

Ao que parece, esse conceito tem grande riqueza e potencial para o ensino de química, uma vez que articula muitos outros temas, tais como reação química, reversibilidade das reações, cinética etc. Em geral, as abordagens encontradas nos livros didáticos, bem como as observadas em salas de aula do ensino médio, tendem a enfatizar

aspectos quantitativos (matemáticos) relacionados ao conceito, em detrimento de uma abordagem qualitativa. Ou seja, percebe-se que ao final do estudo desse assunto muitos alunos são capazes de calcular constantes de equilíbrio a partir das concentrações de reagentes e produtos e conseguem prever se “o equilíbrio se desloca no sentido de favorecer a formação de reagentes ou de produtos”. Mas uma investigação mais detida, que buscasse perceber como compreendem o que ocorre em um sistema no estado de equilíbrio no nível atômico-molecular, provavelmente revelaria que essa compreensão fica muito comprometida. A mera execução mecânica de cálculos, sem o estabelecimento de relação com os aspectos observáveis e mensuráveis, bem como com aqueles aspectos relacionados aos modelos para a constituição das substâncias, dificulta e, em alguns casos, pode impossibilitar a compreensão dos aspectos fundamentais do conhecimento sobre o estado de equilíbrio químico.

Neste artigo, vamos apresentar um estudo realizado com o objetivo de

perceber como os estudantes compreendem, a nível atômico-molecular o que ocorre em um sistema em estado de equilíbrio químico. As concepções aqui apresentadas resultam de uma investigação¹ que envolveu uma classe da segunda série do ensino médio de uma escola da rede municipal de Belo Horizonte, constituída por 37 alunos.

Para termos acesso às idéias dos alunos, realizamos, durante dois meses, o acompanhamento das aulas da turma em questão, registrando-as em fitas cassete. Além disso, realizamos entrevista com os alunos, solicitamos que realizassem atividades envolvendo a representação de sistemas no estado de equilíbrio e que respondessem por escrito a algumas questões. Examinamos também o material produzido por eles, como avaliações e trabalhos propostos pelo professor.

O que os alunos sabem sobre equilíbrio?

Na escola, o ensino do conceito de equilíbrio químico está restrito apenas à disciplina de química. Entretanto, quando esse conceito é introduzido em sala de aula, os estudantes já trazem consigo concepções e experiências relacionadas à idéia de equilíbrio, o que pode ocasionar dificuldades na aprendizagem do conceito científico.

Ao que parece, as concepções de equilíbrio manifestadas pelos alunos advêm de experiências com algumas situações tais como andar de bicicleta, observar uma balança ou, ainda, de estudos formais envolvendo tal conceito que têm lugar, sobretudo, na disciplina de física. Tais idéias, de natureza macroscópica e sensorial, apresentam-se associáveis apenas ao mundo cotidiano concreto e não ao abstrato. Em consonância com essas experiências, as concepções de equilíbrio aparecem associadas à idéia de

igualdade, apresentando também dimensões relacionadas às características estáticas que envolvem esses tipos de equilíbrio.

O que os alunos aprenderam sobre equilíbrio químico?

Ao analisarmos as idéias dos estudantes sobre o estado de equilíbrio químico, foi possível perceber que muitas dessas idéias estavam associadas ao que eles entendiam sobre equilíbrio em geral. Nesse sentido, muitos alunos relacionam o estado de equilíbrio químico à ausência de alterações no sistema, o que inclui a concepção de que a reação não acontece mais. Os alunos tendem a conceber o equilíbrio como um estado no qual nada mais ocorre, ou seja, uma concepção de equilíbrio limitada ao 'equilíbrio estático' (Gorodetsky & Gussarsky, 1987).

Alguns aspectos são essenciais para a compreensão do estado de equilíbrio químico: a igualdade das velocidades das reações de formação de produtos e de reconstituição de reagentes; a reversibilidade das reações; a coexistência de reagentes e produtos em um mesmo recipiente; o dinamismo que envolve a reorganização constante das espécies reagentes e produtos da reação. Vamos analisar mais detidamente esses aspectos e como eles se relacionam com as concepções dos estudantes.

A concepção de igualdade apareceu relacionada, muitas vezes, à percepção por parte do aluno de que 'algo' no equilíbrio químico é igual. Isso pode ser observado nas seguintes manifestações, selecionadas a partir das entrevistas com os estudantes: *o equilíbrio é quando se igualam as forças* ou *no equilíbrio a setinha do produto e do reagente são [sic] do mesmo tamanho* ou ainda *a reação está em equilíbrio, ou seja, a velocidade, ou pressão, ou temperatura, ou concentração estão iguais*.

Essa questão pode ainda ser percebida na consideração de que no estado de equilíbrio as quantidades de reagentes e produtos, ou suas concentrações, são iguais. Parece haver uma dificuldade em se diferenciar o

que é *igual* do que é *constante*, no estado de equilíbrio químico.

A reversibilidade das reações de formação dos produtos e de reconstituição dos reagentes foi outro aspecto que se evidenciou problemático. Para muitos alunos, no estado de equilíbrio químico não existem mais espécies reagentes. Para outros, a reversibilidade é até possível, mas para que os reagentes sejam formados ao longo da reação é preciso, primeiramente, que todos tenham se transformado em produtos. Apenas a partir da formação dos produtos, envolvendo o consumo total dos reagentes, é possível que esses sejam reconstituídos.

Ao representarem o estado de equilíbrio químico por meio de modelos, muitos alunos utilizaram formas análogas às das equações químicas. A representação a seguir exemplifica bem o que se quer apontar.

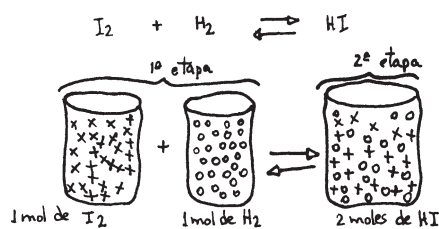


Figura 1: Representação para o estado de equilíbrio químico em forma análoga à de uma equação química para o sistema $I_2 + H_2 \rightleftharpoons 2HI$.

A representação dos alunos para o estado de equilíbrio, na maioria dos casos, parece conter a idéia de que as espécies químicas se encontrariam em recipientes separados. Isso evidencia que os alunos tendem a não diferenciar o fenômeno da reação química de sua representação, a equação química². Outros alunos também concebem reagentes e produtos compartimentalizados, sem contudo aproximar seu desenho ao de uma equação química. Na Figura 2, apresenta-se um exemplo de representação feita por um aluno, onde se revela tal concepção. De qualquer modo, a maioria dos alunos investigados representam reagentes e produtos em recipientes separados.

A visualização de sistemas em equilíbrio como dois sistemas separa-

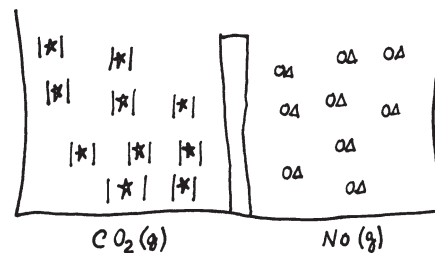


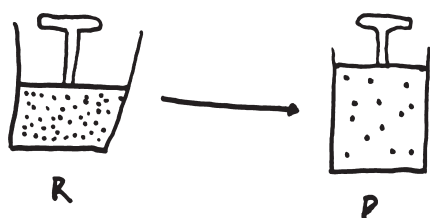
Figura 2: Representação do estado de equilíbrio químico para o sistema $CO_2 + NO \rightleftharpoons CO + NO_2$, evidenciando a concepção de reagentes e produtos em recipientes separados.

dos também foi observada por Johnstone (1977) e Gorodetsky e Gussarsky (1987). O primeiro autor atribui a origem de tal concepção à abordagem usualmente encontrada nos materiais instrucionais utilizados para trabalhar o conceito de equilíbrio químico, que levaria os alunos a adquirir essa visão compartimentalizada dos sistemas em equilíbrio. Segundo o autor, os alunos trazem consigo o conceito de equilíbrio derivado de experiências mecânicas e físicas nas quais os sistemas, em geral, constituem-se de dois compartimentos, como por exemplo uma balança. Além disso, o uso das equações químicas tendo a dupla seta separando reagentes de produtos, bem como o de diagramas de energia, sem o estabelecimento de relações entre essas representações e os fenômenos, podem contribuir para que os alunos adotem a visão compartimentalizada do sistema em equilíbrio químico. Essa visão pode resultar da consideração de que as espécies químicas nos dois lados da dupla seta, na representação da reação química, são entidades separadas. Conceber dessa forma os sistemas em equilíbrio pode levar os alunos a pensar, por exemplo, que:

- é possível alterar a concentração só dos reagentes ou só dos produtos;
- as colisões têm lugar apenas entre os reagentes ou entre os produtos;
- é possível alterar a pressão ou a temperatura em apenas um dos 'lados' do equilíbrio.

Pode-se observar claramente a idéia de que é possível alterar a pressão em apenas 'um dos lados' do

equilíbrio' em uma representação feita por um dos alunos (Figura 3).



Um pistom (sic) está pressionando as moléculas dos reagentes.

Figura 3: Representação de um aluno mostrando que, para ele, é possível alterar a pressão apenas dos reagentes.

Vale destacar que é muito comum a utilização da expressão "o equilíbrio se desloca para a direita (ou para a esquerda)" quando se discute com os alunos o Princípio de Le Chatelier. Tal expressão, utilizada também em muitos exercícios propostos nos livros didáticos, reforça a concepção da existência de reagentes e produtos em recipientes separados.

A tendência a não diferenciar o fenômeno de sua representação se faz presente também na confusão do conceito de equilíbrio químico com a operação de acertar os coeficientes estequiométricos das equações. Tal confusão recebe influência também da freqüente referência ao balanceamento das equações como: *...vamos equilibrar esta equação...*

A baixa freqüência de associação de características dinâmicas ao conceito de equilíbrio químico pôde também ser observada, pois a maioria dos alunos entrevistados não evidenciou a compreensão do equilíbrio químico como um estado dinâmico. A dificuldade na compreensão dos aspectos dinâmicos do equilíbrio químico foi também detectada por Gorodetsky e Gussarsky (1987) e Maskill e Cachapuz (1989).

Concepções sobre a constante de equilíbrio

Em relação à constante de equilíbrio, parece que esta é concebida como uma 'entidade matemática' capaz de influenciar diretamente o fenômeno da transformação química, como nos revelam as falas de alguns alunos:

a constante de equilíbrio é um valor numérico aplicado a uma reação desequilibrada para que o equilíbrio seja atingido

ou

a constante de equilíbrio é um valor no qual a reação atinge o equilíbrio

Ao que parece, os estudantes não atribuem à constante de equilíbrio significados que lhes possibilitem, por exemplo, relacionar seu valor numérico ao que este pode estar representando em termos de concentração de reagentes e produtos, e, portanto, em termos da extensão da reação.

Algumas reflexões sobre o ensino do conceito de equilíbrio químico

As idéias dos alunos em relação ao conceito de equilíbrio químico, discutidas neste artigo, evidenciam uma deficiência na compreensão de aspectos importantes desse conceito, como por exemplo, o aspecto dinâmico do equilíbrio químico, o significado da constante de equilíbrio e a diferença entre fenômenos e suas representações. Isto parece ter origem na forma como o conceito é abordado nas aulas de química e nos livros didáticos, com pouca ênfase em aspectos conceituais e qualitativos. Parece não ser suficiente abordar o conceito a partir de sua definição e da realização de exercícios quantitativos.

Além disso, as idéias dos alunos discutidas neste artigo parecem colocar-nos uma questão em relação à abordagem de conceitos químicos em nossas salas de aula: a importância de se mudar de foco. Isto significa desfocar um pouco o quadro negro ou a lousa, desfocar um pouco a palavra onipotente do professor, o profundo domínio do livro didático. Significa, então, focalizar o fenômeno. Trazer o fenômeno para o centro de nossa sala de aula, observá-lo. Dar a palavra a nossos alunos e alunas e tentar perceber o que eles pensam sobre o que observam e como podem explicar o que observam utilizando modelos para a constituição das substâncias. Dis-

cutir com os alunos as relações entre o fenômeno, os modelos atômico-moleculares e as representações. Essas orientações parecem simples, mas não são. Exigem de nós, professores, um trabalho constante para superarmos nossas próprias dificuldades e inseguranças para compreender os fenômenos.

Andréa Horta Machado é bacharel e licenciada em química pela Universidade Federal de Minas Gerais, mestre e doutoranda em educação pela Universidade Estadual de Campinas, professora do Colégio Técnico da UFMG, Belo Horizonte - MG. **Rosália Maria Ribeiro de Aragão** é licenciada em letras, livre-docente em educação e docente do Departamento de Metodologia de Ensino, Faculdade de Educação, Unicamp, Campinas - SP.

Notas

¹ Esta investigação resultou na elaboração da dissertação de mestrado intitulada "Equilíbrio químico: concepções e distorções no ensino e na aprendizagem", defendida no Departamento de Metodologia de Ensino da Faculdade de Educação da UNICAMP, em 1992, por Andréa H. Machado e orientada pela Professora Rosália Maria Ribeiro de Aragão.

² Sobre esta questão leia também o artigo "Transformações: concepções de estudantes sobre reações químicas", no n. 2 de *Química Nova na Escola*.

Referências bibliográficas

- GORODETSKY, M. & GUSSARSKY, E. The roles of students and teachers in misconceptualization of aspects in chemical equilibrium. *Proceedings of the Second International Seminar of Misconception and Educational Strategies in Science and Mathematics*, Nova Iorque: Cornell University, 1987, v. III, p. 187-193.
- JONHSTONE, A.H. Chemical equilibrium and its conceptual difficulties. *Education in Chemistry*, n. 14, p. 169-171, 1977.
- MASKILL, R. & CACHAPUZ, A.F.C. Learning about the chemistry topic of equilibrium: the use of word association tests to detect developing conceptualizations. *International Journal of Science Education*, v. 11, n. 1, p. 57-69, 1989.

Para saber mais

Veja os trabalhos de PEREIRA, M.P.B.A. Dificuldades de aprendizagem em equilíbrio químico I e II, publicados em *Química Nova*, v. 12, n. 2 e 3, 1989.