

TRANSFORMAÇÕES

CONCEPÇÕES DE ESTUDANTES SOBRE REAÇÕES QUÍMICAS

Eduardo Fleury Mortimer
Luciana Campos Miranda

A seção “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 as concepções alternativas de adolescentes sobre fenômenos envolvendo transformações dos materiais, reunindo resultados de pesquisas realizadas em diferentes partes do mundo e que foram confirmados por nós entre estudantes da 8ª série do ensino fundamental e da 1ª do ensino médio. Esses resultados mostram que os alunos muitas vezes se prendem aos aspectos perceptivos das transformações, apresentam dificuldades em transitar entre os níveis fenomenológico e atômico-molecular na explicação desses fenômenos e não reconhecem a conservação da massa em todos eles.

► concepções alternativas, reações químicas ◀

No primeiro número de *Química Nova na Escola* discutimos as concepções atomistas de estudantes e como elas interferem na aprendizagem sobre a natureza atômica da matéria. Neste artigo abordaremos as *reações químicas*, também um conceito central para o aprendizado da química e cujo entendimento depende do reconhecimento de que a matéria é formada por átomos e que esses átomos são conservados nessas transformações químicas.

Vários estudos, disponíveis na literatura, mostram que os alunos têm, sobre os diversos fenômenos classificados como reações químicas, concepções bem diferentes daquelas aceitas pela comunidade científica. Os estudantes nem sempre reconhecem as entidades que se transformam e as que permanecem constantes, e tendem a centrar suas explicações nas mudanças perceptíveis que ocorrem com as substâncias, sequer fazendo referência às mudanças em nível atômico-molecular. Os raciocínios de conservação da massa, mesmo quando já utilizados para outros fenôme-

nos, não são automaticamente transferidos para as situações envolvendo reações químicas.

Uma das maiores dificuldades que os alunos do ensino médio e fundamental enfrentam ao estudar as reações químicas está relacionada à grande extensão e generalidade desse conceito. Estudantes dificilmente reconhecem similaridades entre fenômenos que têm aspectos perceptivos bem diferenciados. Afinal, o que pode haver em comum entre fenômenos tão diferentes como a combustão de uma vela, o enferrujamento de um prego ou a dissolução de um comprimido antiácido?

Essa dificuldade em ultrapassar os aspectos perceptivos faz com que os alunos muitas vezes não reconheçam o papel de reagentes e produtos não tão perceptíveis, como por exemplo os gases. Estudantes tendem, também, a generalizar algumas explicações válidas para mudanças de estado, ou

mesmo a confundir uma transformação química com uma mudança de estado. Assim, muitos estudantes não conseguem perceber que, na combustão de uma vela, a parafina ou estearina é o combustível que está sendo queimado. O fato de parte da parafina (estearina) se fundir no processo leva o estudante a pensar que o que queima é o pavio, enquanto a parafina apenas ‘derrete’. Da mesma forma, alguns alunos tendem a tratar a ferrugem como um tipo de “mudança de estado do ferro”, em que “o ferro virá pó”. Nesse último caso, o estudante tende a ignorar a alteração de massa que ocorre no sistema, afirmando que o prego enferrujado pesa o mesmo que o prego sem ferrugem,

pois “ferro e ferrugem são a mesma coisa, em formas diferentes”.

É muito comum, também, que o estudante recorra a uma espécie de transmutação para explicar as transformações químicas. Segundo esse

tipo de explicação, não apenas um tipo de substância pode ser transmutado em outra como também a matéria pode ser transmutada em energia. Assim, “a madeira queimada vira carvão, cinza e energia”, ou “o ferro vira ferrugem”. Nesse tipo de explicação, a transformação não é vista como resultado da interação entre diferentes substâncias que resultam em substâncias diferentes, mas como a realização de uma certa ‘potencialidade’ da substância transmutada. Assim, o ferro vira ferrugem porque “o ferro tem uma tendência natural a se enferrujar”.

O que há em comum entre fenômenos tão diferentes como a combustão de uma vela, o enferrujamento de um prego ou a dissolução de um comprimido antiácido?

A mesma idéia de potencialidade é usada, por exemplo, para explicar porque os ácidos reagem com metais. Segundo essa idéia, “o ácido é capaz de queimar e de corroer”, por isso “corrói o metal”.

Um outro tipo de explicação utilizada pelos estudantes é a animista, em que se atribui comportamentos típicos dos seres vivos às substâncias. A transformação é muitas vezes vista como a realização de uma certa ‘vontade’ da substância. Uma experiência usada para demonstrar que o oxigênio é consumido nas combustões, muito comum em livros de ciências, consiste em fixar uma vela num prato, ao qual se adiciona um pouco de água. Quando se coloca um copo sobre a vela acesa, ela se apaga em pouco tempo e o nível da água dentro do copo fica mais alto. Ao explicar porque isso ocorre, um estudante afirmou que “o fogo puxa a água do prato sobre o qual está o copo na esperança de encontrar oxigênio, pois dentro dele o oxigênio acabou”.

Mesmo quando o estudante reconhece que a causa da transformação pode ser atribuída a interações entre as substâncias reagentes, ele pode atribuir diferentes *status* aos reagentes. Nesse sentido, transformações são freqüentemente causadas por um agente ativo que atua sobre um objeto passivo. Assim, na reação entre zinco e ácido clorídrico, o ácido é visto como o agente ativo, aquele que “ataca o metal”, enquanto o zinco é o agente passivo que é “atacado pelo ácido”. É importante assinalar que essa idéia pode ter sua origem na forma como professores e livros didáticos se referem a essas transformações. Ao usarmos esse tipo de linguagem para descrever processos químicos podemos estar, inconscientemente, ocultando o fato de que todos os reagentes tem o mesmo *status* numa transformação química, e que esta é o resultado da interação entre os reagentes,

não da ação de um, ativo, sobre o outro, passivo.

A dificuldade em perceber que as mudanças observadas nas transformações químicas são consequência de rearranjos dos átomos leva estudantes a não usarem adequadamente o raciocínio de conservação de massa, muitas vezes já empregado com facilidade em relação a outros fenômenos, como mudanças de estado e dissoluções. Muitos estudantes tendem a prever que uma reação de precipitação ocasiona um aumento de massa do sistema, pois “um sólido foi formado, e os sólidos são mais pesados que os líquidos”. O estudante que desenvolve esse tipo de idéia provavelmente confunde densidade com massa. De maneira semelhante, há uma tendência a prever a conservação da massa na reação entre carbonato de cálcio e ácido clorídrico, mesmo quando essa é realizada em sistemas abertos. “A massa será a mesma, pois o gás não pesa nada.”

Um outro tipo de dificuldade envolvendo a aplicação dos raciocínios de conservação da massa às transformações químicas ocorre quando o estudante não percebe o papel de reagentes gasosos, como no caso do oxigênio

na queima de um pedaço de lã de aço (‘bombril’). A tendência é afirmar que a massa não se altera porque “o bombril virou pó, mas tem o mesmo peso”. Mais uma vez, a dificuldade em prever as mudanças de massa no sistema está relacionada a uma generalização de raciocínios de conservação válidos para mudanças de estado mas não para transformações químicas.

Consequências para o ensino

O ensino de química tem privilegiado o uso de equações para a repre-

sentação de reações químicas, equações que podem levar à classificação das reações por um sistema já bastante desatualizado (veja o artigo “Reações químicas: fenômeno, transformação e representação”, neste número de *Química Nova na Escola*). O estudo dos fenômenos envolvendo transformações químicas é relegado a segundo plano. Essa ênfase nas representações em detrimento dos fenômenos pode fazer com que o aluno mantenha as concepções que discutimos neste artigo, apresentando dificuldades em relacionar as transformações que ocorrem a nível fenomenológico com as explicações no nível atômico-molecular.

Uma das formas de lidar com essas dificuldades e promover uma evolução na concepção dos alunos é discutir as explicações que eles fornecem a algumas transformações químicas bem simples, que podem ser realizadas numa sala de aula comum: a queima de uma vela em sistemas aberto e fechado; a formação de ferrugem; a precipitação de iodeto de chumbo (sólido amarelo) a partir da reação entre soluções aquosas de iodeto de potássio e nitrato de chumbo; a reação entre ácido clorídrico e um pedaço de zinco em sistemas aberto e fechado; a dissolução de um comprimido antiácido efervescente em água, em sistemas aberto e fechado; queima de lã de aço. Uma forma de fazer com que esses fenômenos contribuam para explicitar as idéias dos alunos é a utilização de questões a serem respondidas para cada fenômeno:

- 1: Que substância ou substâncias se transformam?
- 2: De que para que elas se transformam?
- 3: Por que acontece a transformação?
- 4: A massa do sistema antes da transformação (m_1) é maior, igual ou menor que a massa do sistema depois da transformação (m_2)? Por quê?

A primeira dessas perguntas se refere às entidades envolvidas na

transformação e pode contribuir para explicitar a correspondência entre as evidências macroscópicas e as mudanças no nível atômico-molecular. A segunda pergunta auxilia o aluno a pensar sobre o que mudou em consequência da transformação, e a terceira vai ajudar a explicitar os tipos de explicação que o estudante aplica às transformações, entre os quais podem estar incluídas uma ou mais das idéias discutidas neste artigo. A quarta pergunta permite a identificação dos raciocínios de conservação usados pelos alunos, bem como a discussão da relação entre evidências macroscópicas e mudanças no nível atômico-molecular. É desejável que as hipóteses surgidas sobre a conservação da massa sejam testadas, o que pode ser feito mesmo que não se disponha de balança: basta improvisar uma balança usando um arame preso a um suporte por uma linha, como mostrado na Fig. 1. Pratinhos de plástico ou de alumínio podem ser usados como pratos da balança.

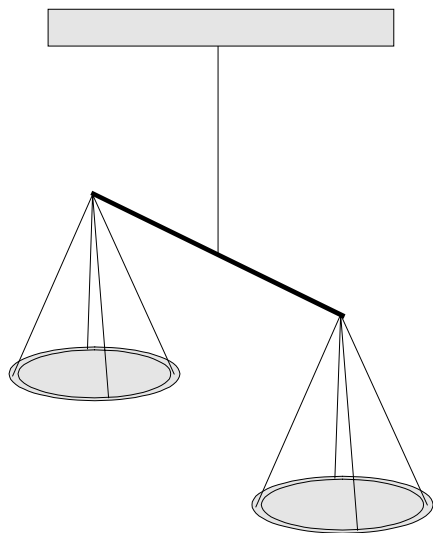


Figura 1: Improvisando uma balança para testar a conservação da massa.

A importância de se testarem as hipóteses dos alunos sobre a conservação (ou não) da massa está no fato de que com base nesses testes poderão ser discutidos tanto os raciocínios de conservação usados como as substâncias levadas em consideração na formulação desses raciocínios. O

teste da conservação da massa na 'queima' da lâ de aço refuta a idéia de que qualquer queima acarreta diminuição da massa do sistema que está sendo 'queimado'. Isso possibilita a discussão do papel do oxigênio em diferentes reações, verificando de que forma ele se combina com outros reagentes em cada processo. O fato de o produto dessa combinação ser gasoso, como no caso da queima da vela, ou sólido, no caso da 'queima' da lâ de aço, não é evidenciado pela simples observação do fenômeno. É através da discussão dos resultados obtidos nos testes e das hipóteses sobre conservação da massa que os alunos poderão, com o auxílio do professor, perceber o que de fato ocorre, explicando a verificação experimental de que a massa do sistema reagente varia de maneira diferente em cada caso.

Por todos esses aspectos, a conservação da massa talvez seja a principal via de que o professor dispõe para conduzir seus alunos na passagem do nível fenomenológico para o atômico-molecular. Os raciocínios de conservação de massa usados pelos alunos ("nada saiu e nada entrou no frasco", "não se acrescentou nem tirou nada") podem ser reinterpretados pelo professor em termos atômico-moleculares. Assim, "não entrou nem saiu nada" pode ser traduzido para "os átomos presentes no sistema inicial são os mesmos presentes no sistema final". Ao fazer essa 'tradução', o professor estará ajudando os estudantes a estabelecer relações entre suas observações e interpretações para o fenômeno e a explicação deste no nível atômico-molecular. É claro que o estabelecimento dessas relações depende inicialmente da interferência do professor, e seria ingênuo pensar que o aluno pudesse chegar a formulá-las sozinho. À medida que o processo se desenrola, esse auxílio do professor pode ir sendo removido

A conservação de massa talvez seja a principal via que o professor dispõe para conduzir seus alunos na passagem do nível fenomenológico para o atômico-molecular

paulatinamente, de modo a tornar os estudantes cada vez mais autônomos no uso dessas relações entre os níveis fenomenológico e atômico-molecular.

É importante salientar que as questões sugeridas neste artigo contribuem não só para explicitar as idéias dos estudantes, mas também para orientar a discussão dos fenômenos para uma descrição adequada das reações químicas, o uso

de um raciocínio de identidade/transformação, com o reconhecimento do que muda e do que permanece constante na transformação, tanto no nível fenomenológico como no atômico-molecular, é

essencial nessa descrição. Nesse sentido, a explicitação das concepções dos alunos não é um fim em si mesmo, mas um ponto de partida para a construção de idéias científicas sobre as reações químicas. Ao responder às questões, o aluno deve ser orientado a analisar o conceito do ponto de vista científico, não do de suas concepções alternativas.

Representação

Antes de representar as reações químicas através de equações, é importante discutir algumas características desse tipo de transformação, como o fato de que as reações envolvem trocas de energia e que elas podem ocorrer em diferentes taxas², o que depende de fatores como temperatura, estado físico, superfície de contato e concentração dos reagentes, entre outros. Essa discussão deve ser bem introdutória, pois esses temas são normalmente abordados com mais detalhes no estudo de termoquímica, cinética e equilíbrio. Também aqui podem ser usados fenômenos bem simples para evidenciar essas características. Por exemplo, a dissolução do comprimido antiácido efervescente usando água a diferentes temperaturas e o comprimi-

do inteiro ou em pó são experimentos simples que permitem evidenciar alguns desses fatores.

A vantagem de se usar esse tipo de abordagem é que só se passa a representar as reações por equações depois que se tem uma boa compreensão dos fenômenos envolvidos nas transformações químicas. Nesse sentido, a equação química poderá ser entendida como uma forma simples de representar um fenômeno muito mais complexo. Isso evita que a representação seja confundida com o fenômeno e assegura um relacionamento adequado entre as mudanças observáveis no nível fenomenológico e aquelas, no nível atômico-molecular, que não são observadas mas sim deduzidas a partir de modelos.

Agradecimentos

A pesquisa que originou este artigo foi financiada com recursos do CNPq, PADCT/SPEC/CAPES e Pró-Reitoria de Pesquisa da UFMG.

Eduardo Fleury Mortimer é licenciado e bacharel em química, doutor em educação e professor adjunto da Faculdade de Educação da UFMG.

Luciana Campos Miranda é aluna do curso de química da UFMG e bolsista de iniciação científica do CNPq.

Notas

1. Há vários exemplos de como construir balanças simples, usando materiais comuns, no artigo de Beltran, N.O. (1988).

2. A expressão 'direção de reação' tem sido substituída por 'rapidez de reação' ou 'taxas em que as reações ocorrem'. Isso se deve ao fato da velocidade ser uma grandeza física vetorial que tem direção e

sentido, enquanto a velocidade de uma reação química é uma grandeza escalar sem direção nem sentido. No inglês, a palavra *speed* corresponde à grandeza vetorial e *rate* à grandeza escalar. Em português, essas palavras poderiam ser traduzidas para velocidade e taxa, respectivamente.

Para saber mais

MORTIMER, E.F. *Evolução do atomismo em sala de aula: mudança de perfis conceituais*. Tese de doutorado. São Paulo: Faculdade de Educação da USP, 1994.

MORTIMER, E.F. (Coord.). *Introdução ao estudo da química: propriedades dos materiais, reações químicas e teoria da matéria*. Belo Horizonte: Cecimig e Funec, 1995.

DRIVER, R., GUESNE, E. & TIBERGHEN, A. (Eds.). *Ideias científicas en la infancia y la adolescencia*. Madri: M.E.C. e Edições Morata, 1985.

BELTRAN, N.O. As ciências exatas não são tão exatas. *Revista de Ensino de Ciências*, n. 21, p. 49-54, set. 1988.

_____. Combustão, duas interpretações diferentes. *Revista de Ensino de Ciências*, n. 19, p.47-51, out. 1987.

Onde encontrar os textos citados

Teses podem ser solicitadas a qualquer biblioteca ligada ao sistema COMUT, que poderá encaminhar o pedido à Biblioteca da Faculdade de Educação da UFMG, no mesmo endereço dos autores. *Introdução ao estudo da química: propriedades dos materiais, reações químicas e teoria da matéria* é um material didático para uso na 8ª série do ensino fundamental e/ou no primeiro ano do ensino médio e pode ser solicitado ao CECIMIG, no mesmo endereço dos autores. O preço é R\$ 8,00, incluídas as despesas de postagem.

A *Revista de Ensino de Ciências* da FUNBEC, editada até 1993, pode ser encontrada na biblioteca de várias escolas públicas do país, pois muitas a assinavam.