

Chuva Ácida:

Um Experimento para Introduzir Conceitos de Equilíbrio Químico e Acidez no Ensino Médio

Daltamir J. Maia, Wilson A. Gazotti, Maria C. Canela e Aline E. Siqueira

O experimento apresentado neste artigo consiste na obtenção do equilíbrio $2\text{NO}_2 \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4$ e na reação de um dos gases com água para produção de chuva ácida. Através desta aula prática simples o aluno pode aprender conceitos qualitativos sobre equilíbrio químico e sobre acidez e basicidade. O aluno pode conhecer também como se forma um dos componentes da chuva ácida e como ela atua na deterioração de monumentos de mármore.

► equilíbrio químico, chuva ácida, experimento de baixo custo ◀

Recebido em 21/07/03, aceito em 21/12/04

A chuva ácida já vem sendo bastante abordada e tem sido usada para introduzir os conceitos de acidez e basicidade no Ensino Médio, em uma tentativa de aproximar a Química do cotidiano do aluno. Considerado tema transversal obrigatório pelos PCN (Parâmetros Curriculares Nacionais), o meio ambiente passou a ser utilizado como tema de estudo para o ensino de várias disciplinas, principalmente a Química. Os conteúdos relacionados com o assunto são de grande interesse e permitem ao aluno conhecer e entender as transformações que ocorrem em seu meio, desenvolvendo o senso crítico da necessidade da conservação e preservação do meio ambiente.

A chuva ácida é um fenômeno causado pela poluição da atmosfera. Ela pode acarretar muitos problemas para as plantas, animais, solo, água, construções e, também, às pessoas. A chuva ácida reage com metais e carbonatos, atacando muitos materiais usados na construção civil, como mármore e calcários. Os óxidos de enxofre (SO_2 e SO_3) e de nitrogênio (N_2O , NO e NO_2) presentes na atmosfera

formam ácidos fortes, aumentando a acidez da água da chuva.

No experimento aqui apresentado também podem ser exploradas as reações químicas em fase gasosa e a ação do ácido em compostos carbonatados, os aspectos dinâmicos e qualitativos do equilíbrio químico, além dos processos de mudança de estado físico. Finalmente, o aluno pode conhecer como se forma um dos componentes da chuva ácida e o que acontece com monumentos feitos de alguns materiais, como o mármore, quando expostos por vários anos a esse tipo de poluição atmosférica.

O interesse no equilíbrio químico

Existem muitos textos tratando da dificuldade encontrada pelos professores em ensinar o conceito de equilíbrio químico. Nas várias tentativas de encontrar uma maneira apropriada para facilitar o aprendizado do aluno, são criados modelos e citados exemplos para ajudar (Soares *et al.*, 2003; Ferreira *et al.* 1997; Silva e Stradiotto, 1999).

Não é à toa que o conceito de

equilíbrio químico é muito explorado em vestibulares e, conseqüentemente, no Ensino Médio¹, pois, além de fazer parte do conteúdo proposto pelo MEC, a rigor, todas as reações químicas são equilíbrios (Milagres e Justi, 2001). Como se não bastasse, na indústria, saber controlar uma reação e obter melhores rendimentos é de vital importância econômica.

Quando uma reação reversível – isto é, aquela que se processa nos dois sentidos – acontece em um sistema fechado, depois de algum tempo, característico para cada reação, estabelece-se um equilíbrio químico. Isto quer dizer que, nesse ponto, as velocidades da reação direta (formação) e da reação inversa (decomposição) são iguais. Outra característica do equilíbrio é que as concentrações de todas as espécies presentes permanecem constantes (isto não significa que elas sejam iguais).

É exatamente neste ponto que surgem as maiores dificuldades dos alunos entenderem o significado de um equilíbrio químico. Conforme já ilustrado muito bem em um artigo publicado em *Química Nova na Escola* (Machado e Aragão, 1996), os estudantes lidam satisfatoriamente bem com problemas quantitativos de equilíbrio, mas demonstram grandes difi-

A seção "Experimentação no ensino de Química" descreve experimentos cuja implementação e interpretação contribuem para a construção de conceitos científicos por parte dos alunos. Os materiais e reagentes usados são facilmente encontráveis, permitindo a realização dos experimentos em qualquer escola. Neste número a seção apresenta dois artigos.

culdades em analisar qualitativamente um equilíbrio. Isto demonstra claramente que os estudantes acabam sendo “treinados” a resolver problemas, mas não a entender o que está acontecendo.

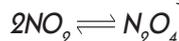
Talvez o maior problema encontrado pelo professor é fazer o aluno entender que o equilíbrio é dinâmico, isto é, que quando um equilíbrio é atingido as reações não param de acontecer, mas simplesmente acontecem com a mesma velocidade nos dois sentidos. Uma maneira simples e bastante eficiente para esclarecer esses conceitos é tentar encontrar exemplos que ilustrem as mudanças ocorridas num equilíbrio pela alteração da temperatura, pressão ou concentração. Neste caso, o exemplo mais utilizado pelos livros didáticos é o equilíbrio



por uma razão muito simples: esses gases apresentam colorações diferentes: enquanto o NO_2 é castanho avermelhado, o N_2O_4 é incolor. Assim, quando “deslocamos” o equilíbrio em um sentido ou em outro, podemos verificar facilmente um aumento ou diminuição na intensidade da coloração avermelhada, “denunciando” para onde o equilíbrio está sendo deslocado. Este artigo apresenta um roteiro simples de obtenção desse equilíbrio, através do uso de dois reagentes relativamente simples de serem encontrados em laboratório: fio de cobre e ácido nítrico.

Experimental

Parte 1: Obtenção do equilíbrio



Materiais

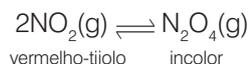
- Fio de cobre (1 cm de comprimento, com 2-5 mm de diâmetro)
- 1,5 mL de ácido nítrico (HNO_3) comercial concentrado
- Balão volumétrico de 200 mL com tampa (ou uma garrafa de vidro transparente com rolha de cortiça)
- Béquer ou um vidro de maionese
- Pipeta (ou um conta-gotas limpo de remédio – 1mL equivale a 20

- gotas)
- Gelo e água fervendo

Procedimento

Em um lugar ventilado, coloque alguns pedaços de fio de cobre em uma garrafa de vidro e adicione com o conta-gotas 1,5 mL de ácido nítrico. Em seguida, tampe a garrafa com a rolha e deixe o gás se formar.

Estabelecido o equilíbrio, pode-se demonstrar facilmente o princípio de Le Chatelier alterando-se a temperatura do sistema e visualizando-se as mudanças ocorridas através do deslocamento do equilíbrio em função dessas mudanças. Pode-se colocar a garrafa dentro de um recipiente contendo um banho de gelo (0°C) e em contato com água fervendo. Procedendo dessa maneira, determina-se qual das reações é exotérmica e qual é endotérmica. Vejamos:



Assim, quanto mais avermelhado estiver o interior do balão, é sinal de que a concentração de NO_2 aumentou (e, conseqüentemente, a concentração de N_2O_4 diminuiu) ou, quanto “mais incolor” estiver o sistema, é sinal de que a concentração de NO_2 diminuiu (aumentando a concentração de N_2O_4). Neste caso, observando os resultados apresentados na Figura 1, podemos concluir que a obtenção do gás N_2O_4 é um processo exotérmico:



Parte 2: Provocando a chuva ácida

Material

- Bico de Bunsen ou fogareiro de camping
- Bomba de aquário
- Pedacos de mangueira
- 2 vidros com tampa (frascos vazios de maionese)
- Água

Procedimento

Monte um esquema de acordo com a Figura 2. É necessário fazer dois furos na tampa de um dos vidros e na rolha. Na tampa do segundo vidro, é preciso fazer apenas um furo. Faça a ligação com um pedaço de mangueira da saída de ar da bombinha de aquário com a rolha da garrafa. Com outra mangueira, conecte o outro furo à tampa do vidro 1, e por último conecte o vidro 1 ao vidro 2. Coloque um pouco de água no vidro 2 e aqueça o recipiente.

Após colocar no gelo e na água quente a garrafa da parte 1 deste experimento, retire a tampa da garrafa (que contém o gás) e coloque a rolha com os dois furos. Ligue a bombinha e observe o que acontece.

A bomba empurra o gás que estava na garrafa para o vidro 1. No vidro 2, a água fervente passa vapor de água para o vidro 1. No vidro 1, o vapor de água se encontra com o NO_2 , formando HNO_3 . Ácido e água condensam, formando uma solução ácida que pode ser identificada através de papel indicador tornassol azul ou



Figura 1: Alterações na temperatura do equilíbrio, deslocando-o no (a) sentido endotérmico (chama - aumento da temperatura) e no (b) sentido exotérmico (banho de gelo - abaixando a temperatura).

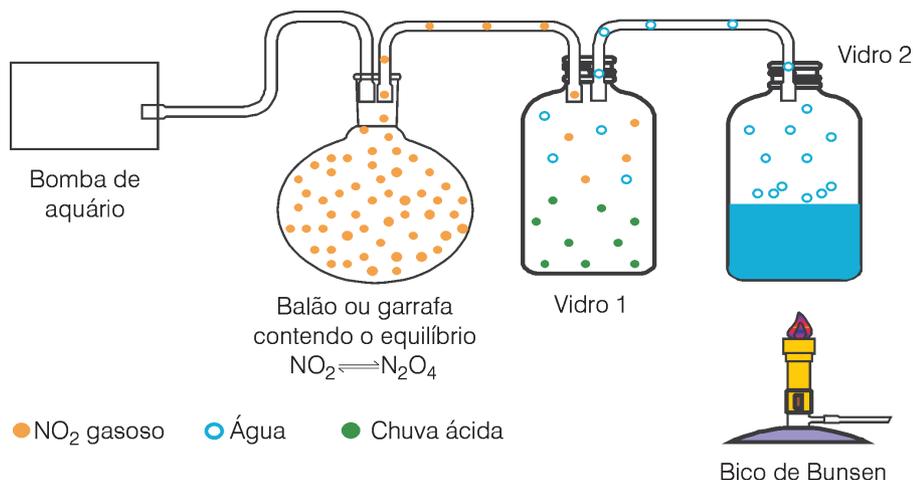


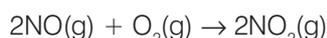
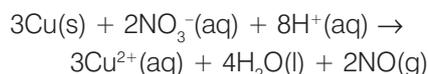
Figura 2: Esquema do equilíbrio $2\text{NO}_2 \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4$ e formação da chuva ácida.

colocando-se um pedaço de casca de ovo em contato com a solução. A casca de ovo, por conter carbonato, reage com o ácido e libera gás carbônico (CO_2), que pode ser identificado através da formação de pequenas bolhas.

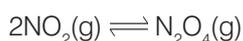
Atenção: ao final, deposite o restante de ácido nítrico e de cobre da reação em um frasco de descarte.

Comentários sobre o experimento

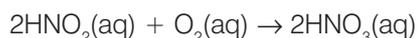
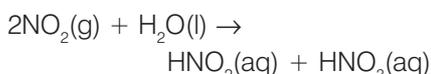
Durante a reação do cobre com o ácido nítrico, ocorre a formação do monóxido de nitrogênio (NO), que na presença do oxigênio do ar se oxida rapidamente a NO_2 , um gás vermelho-tijolo.



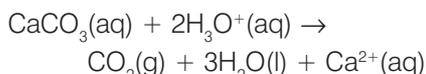
Uma vez formado em ambiente fechado, o dióxido de nitrogênio forma o tetróxido de dinitrogênio, entrando em equilíbrio. A mudança de temperatura mostra o deslocamento da reação e deixa claro para o aluno que ocorre um equilíbrio assim que a temperatura se estabiliza, podendo-se verificar que a reação ocorre nos dois sentidos:



O NO_2 produzido na parte 1 do experimento reage com a água de acordo com as equações:



A acidez provocada pela formação do ácido nítrico pode ser verificada através da reação do carbonato presente na casca de ovo. Essa reação é visualizada através do desprendimento de CO_2 , de acordo com a reação:



Nesta última etapa do experimento, com o aluno, é possível fazer um paralelo com a degradação dos monumentos históricos de mármore que se decompõem quando a chuva ácida é gerada no ambiente, a partir dos poluentes gasosos em contato com a água e em seguida com o carbonato (componente principal do mármore).

Nota

1. Aqui, o leitor pode criticar a ordem estabelecida; porém, na prática, sabemos que os grandes vestibulares acabam ditando os conteúdos ensi-

nados no Ensino Médio.

Daltamir J. Maia, bacharel em Química e doutor em Ciências pela Unicamp, é docente da Faculdade Politécnica de Jundiá. **Wilson A. Gazotti** (*in memoriam*), bacharel em Química e doutor em Ciências pela Unicamp, foi professor associado do Laboratório de Ciências Químicas da Universidade Estadual do Norte Fluminense (UENF). **Maria C. Canela**, bacharel em Química e doutora em Ciências pela Unicamp, é docente do Laboratório de Ciências Químicas da UENF. **Aline E. Siqueira** é aluna do curso de licenciatura em Química da UENF e está desenvolvendo projeto de iniciação científica.

Referências bibliográficas

FERREIRA, L.H.; HARTWIG, D.H. e ROCHA-FILHO, R.C. Algumas experiências simples envolvendo o princípio de Le Chatelier. *Química Nova na Escola*, n. 5, p. 28-31, 1997.

MACHADO, A.H. e ARAGÃO, R.M.R. Como os estudantes concebem o estado de equilíbrio químico. *Química Nova na Escola*, n. 4, p. 18-20, 1996.

MILAGRES, V.S.O. e JUSTI, R.S. Modelos de ensino de equilíbrio químico - Algumas considerações sobre o que tem sido apresentado em livros didáticos no Ensino Médio. *Química Nova na Escola*, n. 13, p. 41-46, 2001.

RUSSEL, J.B. *Química Geral*. Trad. D.L. Sanioto *et al.* São Paulo: McGraw Hill, 1981.

SILVA, J.L. e STRADIOTTO, N.R. Soprando na água de cal. *Química Nova na Escola*, n. 10, p. 51-53, 1999.

SOARES, M.H.F.; OKUMURA, F. e CAVALHEIRO, E.T.G. Proposta de um jogo didático para ensino do conceito de equilíbrio químico. *Química Nova na Escola*, n. 18, p. 13-17, 2003.

Para saber mais

Sobre chuva ácida

SANTOS, A.F.; RAPKIEWICZ, C.E. e CANELA, M.C. Sítio de Química Ambiental (<http://www.uenf.br/uenf/centros/cct/qambiental>), 2005.

Sobre equilíbrio químico e outros experimentos

MORTIMER, E.F. e MACHADO, A.H. *Química para o Ensino Médio*. São Paulo: Editora Scipione, 2002. p. 310.

Abstract: Acid Rain: An Experiment for Introducing Concepts of Chemical Equilibrium and Acidity in High School – The experiment presented in this article consists in the realization of the equilibrium $2\text{NO}_2 \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4$ and in the reaction of one of the gases with water for the production of acid rain. Through this simple practical class the student can learn qualitative concepts on chemical equilibrium and on acidity and alkalinity. The student can also learn how the components of acid rain are formed and how it acts in the deterioration of marble monuments.

Keywords: chemical equilibrium, acid rain, low-cost experiment