

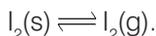
Iterlandes Machado Júnior, Rafael Bousada Assis e Per Christian Braathen

Compreender o equilíbrio químico e sua relação com a temperatura é fundamental no ensino de Química. São poucos os modelos fenomenológicos que possibilitam, a cada novo estado de equilíbrio, prever a temperatura. Um exemplo interessante é o termômetro de iodo desenvolvido por Ramette (2003). Considerando que este experimento é inviável diante da escassez de recursos em grande parte das escolas brasileiras, neste artigo são apresentadas alternativas com materiais e reagentes de baixo custo e fácil aquisição.

► equilíbrio químico, termômetro de iodo, material alternativo ◀

Recebido em 10/12/04, aceito em 6/6/06

De acordo com Marques (2000), o iodo foi descoberto em maio de 1811 pelo químico francês Bernard Courtois, que estava encarregado de produzir nitrato de potássio para os exércitos de Napoleão. O processo de Courtois consistia na conversão de nitrato de cálcio, oriundo de depósitos de salitre, em nitrato de potássio, por intermédio da potassa. Esta era obtida a partir das cinzas de algas marinhas. Courtois verificou que quando lavava essas cinzas com ácido sulfúrico, para extrair certas impurezas, surgia um leve fumo que se condensava nos instrumentos de cobre, corroendo-os. Posteriormente observou a formação de um precipitado, que ao ser aquecido dava origem a um vapor de cor violeta:



As propriedades dessa nova substância foram primeiramente investigadas por F. Clement e J.B. Desormes e posteriormente por Gay-Lussac, que a identificou como um novo elemento. Gay-Lussac chamou-lhe *iodes*, que em grego significa violeta.

Desde a sua descoberta, o iodo

tem contribuído para o desenvolvimento da tecnologia química. Destacam-se as pesquisas de Hofmann em Química Orgânica Sintética, bem como as de Williamson, Wurtz e Grignard, em meados do século XIX.

Baseando-se na idéia de equilíbrio químico, recentemente o uso do iodo tem conseguido um espaço mais ornamental do que tecnológico, através do denominado *termômetro de iodo* (Ramette, 2003). Para tanto, este autor propõe a adição de meia colher de chá de iodo num frasco esférico de 12 L. A sua base é lacrada com cola de silicone, invertida numa jarra de plástico, tampada e preenchida com gesso; quando seca, é novamente selada com mais silicone. Como mostra a Figura 1, o frasco é deixado no quintal de sua casa (Vale Verde, Arizona, EUA), dando uma indicação visual da temperatura devido ao acréscimo da pressão de sublimação do iodo. Pela manhã, ele está menos colorido, mas exposto ao sol do Arizona a cor se intensifica com o aumento da temperatura. À noite, há condensação do vapor resultando na

O iodo foi descoberto em maio de 1811 pelo químico francês Bernard Courtois, que estava encarregado de produzir nitrato de potássio para os exércitos de Napoleão



Figura 1: Termômetro de iodo a 90 °F ou 32 °C. Fonte: Ramette (2003).

formação de alguns cristais na superfície interna do frasco.

Propomos, neste trabalho, uma variante do termômetro de Ramette, usando material e reagentes alternativos.

Material e reagentes

- Tintura de iodo 2,0%
- Água oxigenada 10 volumes
- Vinagre
- Gelo
- Cola de silicone para vedação de vidros (tipo Western, Fortprene etc.)
- Colher de chá
- 2 bacias de plástico
- Sacola de plástico
- 2 jarras com tampa de vidro, 200 mL (em forma de balão de

fundo chato)

- Rolo de fita superadesiva transparente (45 mm x 50 m)
- Ebulidor
- Tripé ou suporte para bule
- Sacola de supermercado

Fontes alternativas

A tintura de iodo e a água oxigenada são encontradas em farmácias e o restante do material pode ser encontrado em lojas de variedades a preço popular.

Procedimento

1 - Coloque um pouco de água no recipiente de plástico (até a metade) e adicione uma boa quantidade de gelo.

2 - Em uma das jarras, adicione duas colheres de chá contendo tintura de iodo 2,0%, três colheres de chá contendo vinagre e quatro colheres de chá contendo água oxigenada 10 volumes.

3 - Tampe a jarra e coloque-a no banho de gelo, até a metade; anote suas observações.

4 - Abra o recipiente e conecte as duas jarras, firmando-as com o auxílio do suporte.

5 - Vede a junção entre as jarras com cola de silicone e aguarde até que esteja seca ao toque (de 15 a 20 min).

6 - Envolve os dois gargalos com fita superadesiva.

7 - Coloque algumas pedras de gelo numa pequena sacola de supermercado e envolva a jarra superior, conforme indicado na Figura 2.

8 - Com o ebulidor, aqueça o banho de gelo quase à temperatura de ebulição.

9 - Aguarde o resfriamento lento do sistema até a temperatura ambiente, adicione mais gelo no recipiente

de plástico; anote suas observações.

10 - Em outro recipiente de plástico, coloque uma boa quantidade de gelo.

11 - Separe as duas jarras, coloque suas tampas de vidro, vede-as com cola de silicone e lacre-as com a fita superadesiva.

12 - Imerja a jarra contendo os cristais de iodo no segundo banho de gelo, até a metade.

13 - Adicione um pouco de água à temperatura ambiente e aguarde alguns minutos.

14 - Com o auxílio de um ebulidor, aqueça lentamente o sistema. Compare a intensidade da cor produzida pelo vapor, durante a sublimação do iodo, com aquelas apresentadas na Tabela 1. Anote suas observações.

15 - Aguarde o resfriamento do sistema à temperatura ambiente. Verifique a ocorrência de uma ressublimação do iodo. Anote suas observações.

A escala apresentada na Tabela 1 foi construída baseando-se nos valores das constantes apresentadas na tabela de pressão de vapor do iodo em função da temperatura (Pauling,



Figura 2: Sistema para obtenção dos cristais de iodo.

1967) e em fotografia digital (Figura 3). A variação das cores consiste, apenas, numa aproximação com finalidade acadêmica.

Segundo Leenson (2005), vapores de iodo são normalmente invisíveis na temperatura ambiente e à baixa pressão, tornando-se interessante se estimar a temperatura em que esses vapores tornam-se visíveis. Baseado em método espectroscópico de análise, este autor ressalta que o vapor de iodo pode apenas ser diretamente visualizado em temperaturas acima de 50 °C. No entanto, utilizando-se material e reagentes alternativos é possível observar uma suave cor violeta em temperaturas acima de 30 °C,

Tabela 1: Escala adaptada para indicação visual de temperatura. Fonte: Pauling, 1967, p. 47.

Temperatura / °C	Pressão de vapor / mm Hg	K_p	Cor
30	0,471	0,471	
40	1,03	1,03	
50	2,16	2,16	
60	4,31	4,31	
70	8,22	8,22	
80	15,1	15,1	
90	26,8	26,8	

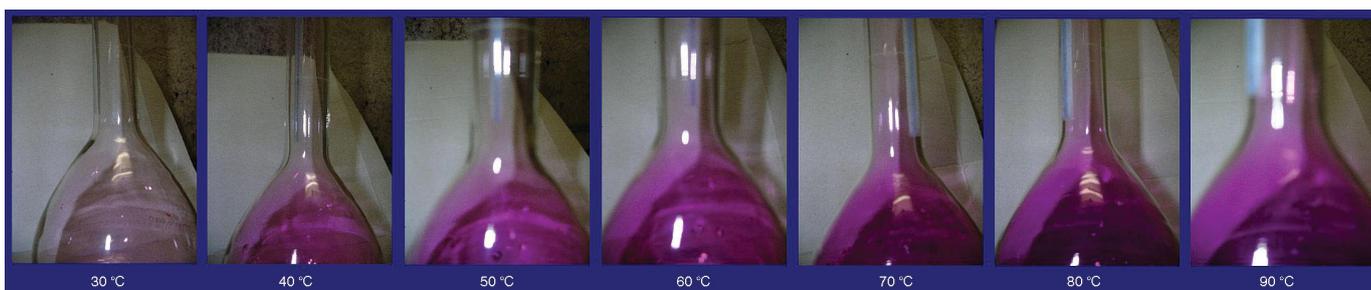


Figura 3: Vapor de iodo em diferentes temperaturas.

cuja intensidade aumenta gradativamente com a temperatura. Verifica-se, também, que o termômetro de Romette (Figura 1) encontrava-se a aproximadamente 32 °C.

É interessante questionar os resultados encontrados nesses experimentos com os alunos, a fim de que se possa construir a idéia de que a Química é uma ciência experimental e nesta ciência não existe uma verdade absoluta. Para tanto, pode-se também fazer uma adaptação no experimento sugerido, introduzindo um termômetro de aquário (0 °C a 45 °C) na jarra, e propor uma discussão a respeito dos resultados produzidos pela turma, abordando, por exemplo, “a evolução do pensamento científico ao longo da história”.

Mais do que possibilitar a contextualização de diversos temas no ensino de Química, o experimento deve contribuir para explorar as idéias apresentadas pelos alunos e orientá-los em busca de uma verdade construída por eles mesmos. É importante que eles tomem consciência dos seus resultados e sejam capazes de explorá-los em novas situações.

Parte I. Obtenção de iodo

A tintura de iodo é constituída por 2,0% de iodo (I₂), 2,6% de triiodeto de potássio (KI₃ → KI + I₂) e álcool (por exemplo, têm-se uma mistura de 2,0 g de iodo e 2,6 g de KI₃ em 100 mL de etanol). Tendo propriedades antisépticas, é largamente empregada como desinfetante da pele ou para a limpeza de ferimentos.

Segundo a metodologia descrita, a tintura de iodo pode ser utilizada como uma fonte alternativa e de baixo custo para a obtenção do iodo, aliada ao uso da água oxigenada (H₂O₂), que atua como um agente oxidante, segundo o modelo representado na Figura 4.

O iodeto remanescente do íon triiodeto é oxidado transferindo seus

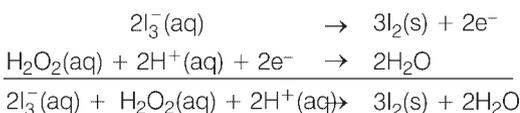


Figura 4: Modelo representacional para a obtenção de iodo.

elétrons para o átomo de oxigênio constituinte da água oxigenada. Neste processo ocorre a redução deste último, levando à formação de iodo e água.

Após a obtenção, parte das moléculas de iodo dissolve-se sem sofrer reação ou dissociação, formando-se uma *solução molecular*, de cor parda. Uma fração permanece nesta fase e outra terá energia suficiente, devido ao calor fornecido pelo banho-maria, para escapar para a fase gasosa. Como a quantidade de iodo em solução e na fase gasosa decai com o tempo, à medida que ele é cristalizado na jarra superior, não é possível afirmar que houve um *equilíbrio de dissolução* (Pimentel, 1974).

Parte II. Equilíbrio de sublimação

No caso dos cristais de iodo, em sistema fechado, observa-se também que por aquecimento há passagem da fase sólida diretamente para a gasosa, quando se encontra em temperaturas abaixo da de seu ponto de fusão (113,55 °C) ou há passagem direta da fase gasosa para a sólida (Figura 5). Essas mudanças recebem o nome de *sublimação* e *res-sublimação*, respectivamente.

Esses dois processos ocorrem a velocidades iguais, pois a pressão e a concentração permanecem inalteradas. Com isso, admite-se que $K' \times [I_2(s)] = K_c$, a cada temperatura T .

Pode-se, também, afirmar que a constante de equilíbrio de sublimação do iodo é numericamente igual à pressão máxima de vapor, ou seja, ao número de colisões entre as partículas e a superfície interna do sistema. Desta forma:

$$K' \times P_{I_2(g)} = K_p$$

ou simplificada:

$$K_p = P_{\text{equilíbrio}}$$

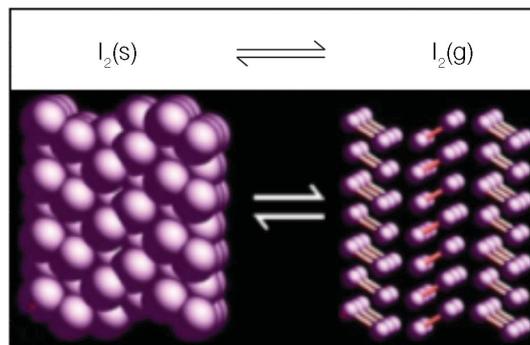


Figura 5: Modelos representacionais para o equilíbrio de sublimação.

A intensidade da cor violeta obtida varia com a quantidade de iodo que está na forma gasosa e isto é uma função do equilíbrio químico estabelecido a cada temperatura. Assim, é possível estimar a temperatura, em cada estado de equilíbrio, pela simples comparação visual.

Considerações finais

É importante que em diferentes momentos da atividade pedagógica novos conceitos possam ser relacionados com o conhecimento que o aluno traz consigo, tornando a aprendizagem mais significativa na medida em que tais

conceitos passam a fazer parte do seu dia-a-dia. É preciso, também, que os estudantes queiram aprender de modo significativo. Desta forma, eles mesmos poderão dar outros exemplos de utilização da tintura de iodo, da água oxigenada ou do vinagre e serem capazes de fazer genera-

lizações ao propor, por exemplo, uma explicação para a sublimação da naftalina em termos de equilíbrio químico. Esses exemplos são suficientes para que cada estudante tome consciência do contexto em que o fenômeno pode ser aplicado. Assim, de acordo com Mortimer (2000), suas idéias não são descartadas nem têm seu status diminuído pela aprendizagem de uma visão alternativa.

Questões para discussão

a) Através de semi-equações, proponha uma equação geral para a produção de iodo no experimento.

b) Como as forças de interação entre as moléculas de iodo estão relacionadas com a temperatura e com o deslocamento do equilíbrio químico? O que podemos supor sobre o equilíbrio de sublimação do iodo a cada elevação de 10 °C na temperatura do sistema?

c) Faça uma pesquisa e discuta sobre como a pressão atmosférica e a temperatura ambiente podem ajudar os meteorologistas a prever os dias de chuva. Explique o aumento da umidade relativa do ar nesses dias, em termos de equilíbrio químico.

Agradecimento

Aos colaboradores Carlos Roberto de Freitas e Márcio Alvarenga.

Iterlandes Machado Júnior (iterlandesmj@yaho.com.br) é licenciado em Química na Universidade Federal de Viçosa (UFV). **Rafael Bousada Assis** (rafaelbassis@yahoo.com.br) é licenciado em Química na UFV. **Per Christian Braathen** (pcbraathen@yahoo.com.br), licenciado em Química

pela UERJ, mestre em Química Analítica pela PUC/RJ e doutor em Educação Científica pela Universidade de Wisconsin, Madison (EUA), foi docente do Departamento de Química da UFV. Atualmente é coordenador pedagógico da Univer-sidade, em Viçosa - MG.

Referências bibliográficas

LEENSON, I.A. Sublimation of iodine at various pressures: Multipurpose experiments in inorganic and physical chemistry. *J. Chem. Educ.*, v. 82, p. 241-245, 2005.

MARQUES, M. Iodo. Em: *Tabela Periódica* (versão 2.5), 2000. Publicação eletrônica: <http://nautilus.fis.uc.pt/st2.5/scenes-p/elem/e05300.html>

MORTIMER, E.F. *Linguagem e formação de conceitos no ensino de Ciências*. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 2000.

PAULING, L. *Química Geral*. Trad. R.D. Kuppermann e A. Kuppermann. Rio de Janeiro: Ao Livro Técnico, 1967.

PIMENTEL, G.C. e SPRATLEY, R.D. Trad. H.E. Toma et al. *Química: Um tra-*

tamento moderno. São Paulo: Edgard Blücher, 1974. v. 1, p. 82-87.

RAMETTE, R. W. Colorful iodine. *J. Chem. Educ.*, v. 80, p. 878, 2003.

Para saber mais

BRAATHEN, P.C. e RUBINGER, M.M.M. *Instrumentação para o Ensino de Química I – QUI 303*. Viçosa: Editora UFV, 2002.

GOLDSMITH, R.H. Iodine demonstration of sublimation. *J. Chem. Educ.*, v. 72, p. 1132, 1995.

MACHADO, A.H. *Equilíbrio químico: Concepções e distorções no ensino e na aprendizagem*. Dissertação de mestrado. Campinas: Unicamp, 1992.

MORTIMER, E.F. e MACHADO, A.H. *Química para o Ensino Médio: Volume único*. São Paulo: Ed. Scipione, 2002.

Abstract: Iodine Thermometer: Discussing Chemical Reactions and Sublimation Equilibrium Using Low Cost and Easily Acquired Material – Understanding chemical equilibrium and its relationship with temperature is fundamental in chemistry teaching. There are few phenomenological models that allow, at each new equilibrium state, to predict the temperature. An interesting example is the iodine thermometer developed by Ramette (2003). Taking into account that this experiment is unviable in most Brazilian schools due to the shortage of resources, alternatives are presented in this paper with low cost and easily acquired material and reactants.

Keywords: chemical equilibrium, iodine thermometer, alternative material

Eventos

XIII ENEQ
Educação em Química no Brasil
25 anos de ENEQ
XIII Encontro Nacional de Ensino de Química
III Encontro Paulista de Pesquisa em Ensino de Química
VI SIMPEQ

O XIII ENEQ aconteceu de 24 a 27 de julho de 2006 na Unicamp, congregando outros eventos regionais da área: *VI Simpósio para Profissionais do Ensino de Química (SIMPEQ)* e *III Encontro Paulista de Pesquisa em Ensino de Química (III EPPEQ)*. Foram 1058 inscritos, sendo 56% estudantes de graduação, 34% estudantes de pós-graduação e professores da Educação Básica e 10% professores universitários, do Brasil, Argentina e Uruguai.

Foram 12 palestras (com 2 convidados estrangeiros), 9 mesas redondas, 33 mini-cursos, 2 sessões de painéis e 5 sessões coordenadas, além de atividades culturais: apresentações da Orquestra Piracicabana de Viola Caipira e do grupo de Teatro Ouroboros do Departamento de

Química da UFSCar (peça *Além da Lenda*) e uma mostra de cinema.

Dos 375 trabalhos aceitos, 334 foram apresentados, 251 na forma de resumos estendidos (uma página) e 83 na forma de trabalho completo. O CD-rom (ISBN 85-7713-0320) dos eventos já foi enviado pelo correio aos autores de trabalhos que fizeram inscrição no ENEQ.

Organizar o XIII ENEQ para festejar os 25 anos de nossa comunidade foi um desafio contextualizado nas peculiaridades e características da Unicamp, da cidade de Campinas e do coletivo representado pelos pesquisadores das diversas universidades paulistas que se dispuseram a participar: USP, UFSCar, Unesp, USF, Unimep e o Centro Universitário Fundação Santo André.

No campo das ações práticas, um quase infinito número de aprendizados ocorreu com esse coletivo. A própria Unicamp, que em 2006 comemora seus 40 anos, mobilizou-se no nível de diferentes instâncias acadêmico-administrativas. Certamente, em alguns pontos, deixamos a desejar, mas em todos os aspectos, demos o nosso “máximo”, combinando esforço, dedicação, paciência, escuta, conciliação, preservação da qualidade acadêmica do evento, congregação de diferentes grupos/vertentes e também procurando trazer a participação de convidados estrangeiros que, tradicionalmente, mantêm vínculos de parceria com essa comunidade.

Agradecemos a todos que nos ajudaram na organização e realização do XIII ENEQ.

(Adriana Vitorino Rossi
Maria Inês Petrucci Rosa
Coordenação Geral do
XIII ENEQ – Unicamp)