



## Limpendo Moedas de Cobre: Um Laboratório Químico na Cozinha de Casa

**Dalva L. A. Faria, Nathália D. Bernardino, Sandra R. M. Setubal, Vera Novais e Vera R. L. Constantino**

A limpeza de objetos de cobre pode ser usada para introduzir conceitos essenciais em química como equilíbrio, cinética e tipos de reações químicas. Neste trabalho, um experimento sem a necessidade de supervisão direta é proposto, envolvendo a limpeza de moedas de cobre devido ao seu baixo custo e fácil acesso a produtos comerciais. Como um experimento sem supervisão, é altamente interativo e estimula uma postura mais investigativa na percepção do mundo real dos estudantes.

► cobre, reações químicas, experimento interativo ◀

20

Recebido em 09/06/2015, aceito em 22/11/2015

A importância de demonstrações já é um fato estabelecido e prática corrente em disciplinas nas quais a experimentação, mais do que uma ferramenta de ilustração, é parte integrante do aprendizado (Kauffman, 1996). Essa importância tem maior destaque quando se consideram situações reais de escolas brasileiras, nas quais inexistem condições de infraestrutura básicas para a proposição de experimentos de laboratório.

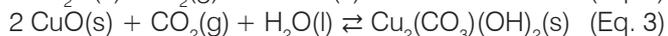
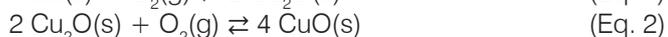
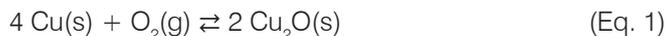
Um recurso ainda pouco explorado em nossas instituições de ensino é a realização de experimentos empregando materiais de uso diário e de baixo custo para que os estudantes os executem em casa, sem a necessidade de supervisão direta de um educador, com a possibilidade de repetição e cujo procedimento ele tenha controle, ao menos parcial, sendo-lhe permitido propor alterações, o que em si consiste em um incentivo à indagação. Mais importante do que a fixação de conceitos, o estímulo ao questionamento contribui de modo determinante para que o estudante adote uma postura investigativa na percepção do mundo real (Charpak, 1996).

A limpeza de objetos metálicos ajusta-se perfeitamente a esse propósito, e objetos de cobre, por seu custo e propriedades físico-químicas, oferecem um grande número de

opções de reações para serem exploradas do ponto de vista científico-pedagógico. Moedas de cobre ou recobertas com cobre vem sendo empregadas na realização de diversos tipos de experimentos (Stolzberg, 1998). Há trabalhos na literatura voltados à educação que propõem experimentos empregando a limpeza de moedas de cobre, mas geralmente limita-se a discutir um tipo específico de reação como, por exemplo, a que envolve vinagre e sal (Rosenhein, 2001). Essa proposta objetiva abordar vários conceitos e tipos de reações por meio de diferentes métodos de limpeza de moedas de cobre.

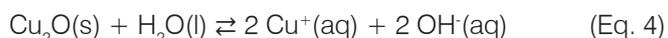
Quando um pedaço de cobre metálico limpo é exposto às condições ambientais, uma fina camada de produtos de corrosão (pátina) começa a se formar. Visualmente, a cor original do metal altera-se para marrom e seu brilho também é perdido. Inicialmente, forma-se óxido de cobre(I) ( $\text{Cu}_2\text{O}$ , cuprita), o qual é, em seguida, recoberto por uma camada mais externa, que resulta da oxidação de Cu(I) a Cu(II) ( $\text{CuO}$ , tenorita) (Graedel et al., 1987), como representado nas Equações 1 e 2. Dependendo das condições ambientais (principalmente umidade relativa e concentração de poluentes), vários outros compostos de cobre podem ser formados como, por exemplo, cloreto (atacamita,  $\text{Cu}_2\text{Cl}(\text{OH})_3$ ), carbonato (malaquita,  $\text{Cu}_2(\text{CO}_3)(\text{OH})_2$ , conforme Equação 3) e sulfatos (posnjakita,  $\text{Cu}_4\text{SO}_4(\text{OH})_6 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , e brocantita,  $\text{Cu}_4\text{SO}_4(\text{OH})_6$ ) (Nassau et al., 1987).

A seção "Conceitos científicos em destaque" tem por objetivo abordar, de maneira crítica e/ou inovadora, conceitos científicos de interesse dos professores de Química.

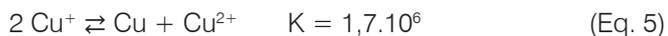


A limpeza de objetos de cobre pode ser feita de várias formas, sendo os métodos mais comuns aqueles que empregam abrasão (produtos comerciais como Kaol<sup>®</sup>, pasta de dentes etc.), complexação (produtos comerciais contendo algum agente complexante como uma base nitrogenada – amônia ou EDTA, por exemplo), solubilização (ácido acético e sal, por exemplo), oxidação (HNO<sub>3</sub>) e redução (palha de aço e eletrólito). A principal diferença entre os dois últimos exemplos é que, no caso da oxidação, há perda de massa de cobre e na redução não. Uma perda similar de massa é verificada no caso da abrasão, quando partículas sólidas suspensas em um meio pastoso são usadas para remover as camadas mais externas e oxidadas do metal. No caso de pasta de dentes, por exemplo, geralmente são pequenos cristais de sólidos inorgânicos (como carbonato de cálcio) que exercem esse efeito abrasivo (Broz et al., 2006).

Ácidos atuam dissolvendo os produtos pouco solúveis formados na superfície do metal. No caso da cuprita, a reação representada pela Equação 4 dada abaixo tem  $K = 2 \cdot 10^{-15}$  (Palmer, 2011).



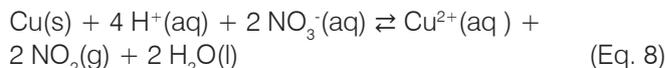
Os íons de cobre(I) podem sofrer desproporcionamento, processo que tem constante de equilíbrio apreciável (Rosenhein, 2001), conforme mostrado na Equação 5. No caso de tratamento com ácido acético, pode ocorrer a formação de complexo solúvel de Cu<sup>2+</sup> com o íon acetato, Ac<sup>-</sup>. Tendo em vista o valor elevado da constante de equilíbrio  $K = 1,6 \cdot 10^2$  (Equação 6) (Smith; Martell, 1989), a dissolução do óxido presente na superfície metálica é ainda mais favorecida.



A reação com ácido acético pode ser acelerada em temperaturas maiores, conforme pode ser observado utilizando vinagre (solução de ácido acético aproximadamente 5% em massa) à temperatura ambiente e vinagre gelado (colocado na geladeira). Além disso, a limpeza da moeda é facilitada pela adição de pequena quantidade de sal de cozinha (cloreto de sódio, NaCl) ao vinagre, uma vez que o íon cloreto reage com os íons Cu<sup>+</sup>, formando um cloro complexo de cobre(I) como descrito na Equação 7 (Martell; Smith, 1982).



Ácidos oxidantes como ácido nítrico, por exemplo, podem ser empregados na limpeza de cobre, porque além das reações descritas acima, a oxidação do metal também leva à remoção da camada de pátina como mostrado na Equação 8:



Naturalmente, esse é um processo que implica perda de massa do metal, e a presença de íons Cu(II) pode ser constatada pela coloração azul da solução após a reação com HNO<sub>3</sub>. Na redução do metal, todos os compostos formados na corrosão atmosférica podem ser reintegrados ao cobre, bastando para isso empregar algum outro metal que apresente um potencial de redução menor que o dos íons de cobre.

A limpeza de moedas de cobre permite, portanto, que sejam discutidos conceitos como os de equilíbrios químicos, dissolução de sólidos, reações de diversos tipos (oxirredução, complexação, desproporcionamento), além de cinética química ao explorar a taxa de reação com que o metal é limpo em diferentes temperaturas.

## Objetivos

Neste trabalho, é proposto um experimento a ser realizado usando apenas produtos disponíveis na cozinha de uma casa ou de fácil aquisição e baixo custo, além das moedas, e que explora diversos aspectos da reatividade química. São, portanto, seus objetivos estudar vários tipos de reações empregando moedas oxidadas de cobre e produtos comerciais caseiros, apreciar o efeito da temperatura em uma reação e discutir o papel de equilíbrios químicos na eficiência dos métodos de limpeza apresentados.

## Experimental

Todas as substâncias químicas utilizadas nesse experimento são produtos comerciais facilmente encontrados. O estudante deve anotar o nome e a composição de todos os produtos comerciais que for utilizar.

### Reagentes

- Adquiridos em supermercado ou disponíveis em casa: vinagre (de preferência branco), sal de cozinha, alvejante (com ou sem cloro), extrato de tomate, *ketchup*, álcool, creme dental (branco), papel alumínio e papel toalha.
- Adquirido em casa de aquarismo: solução acidificante (HCl – 8 mol/L); atenção à composição química, porque alguns fabricantes usam ácido fosfórico e não clorídrico.
- Adquirido em farmácia: solução aquosa de amônia, também chamada de amoníaco (NH<sub>3</sub> – 10 % (m/v)).
- 14 moedas de 1 ou 5 centavos (todas iguais) e 9 frascos de vidro vazios de produtos alimentícios (requeijão, alimento infantil, patês etc.); alternativamente, podem ser usados copinhos de café descartáveis ou forma de gelo de cor e tamanho adequado.

### Procedimento

As moedas identificadas neste trabalho como sendo de cobre são na verdade constituídas de uma alma (núcleo) de

aço inoxidável revestida com uma camada de cobre e, para os propósitos dos experimentos que serão realizados, esse fato é irrelevante. Veja na página do Banco Central do Brasil (<http://www.bcb.gov.br/?MOEDAFAM2>) informações adicionais sobre a composição das moedas.

Serão utilizados diversos procedimentos visando à limpeza de moedas de cobre e, por esse motivo, estas deverão estar oxidadas (escuras). Papel toalha umedecido em álcool deve ser utilizado para retirar gordura e outros tipos de sujeira das moedas como, por exemplo, resíduos de cola. Alguns frascos (ou copinhos) devem ser separados e preparados como descrito na Tabela 1. Os frascos devem ser cuidadosamente identificados, de modo a não comprometer as conclusões que serão tiradas desse experimento (Figura 1).

Tabela 1: Procedimento experimental para cada reação proposta.

Item	Conteúdo	Preparação
1	Vinagre	Usar um volume equivalente a $\frac{1}{4}$ do conteúdo de um copinho descartável de café.
2	Solução de amônia	Usar um volume suficiente para cobrir o fundo do frasco.
3	Alvejante	Idem ao item anterior.
4	Solução de HCl	Usar um volume equivalente a $\frac{1}{4}$ do conteúdo de um copinho descartável de café de água e acrescentar 5 gotas da solução de acidificante comprada em casa de aquarismo.
5	Solução de NaCl	Dissolver o conteúdo de $\frac{1}{2}$ colher de café de sal de cozinha em um volume de água equivalente a $\frac{1}{4}$ de um copinho descartável de café.
6	Solução de NaCl e vinagre	Idem ao item anterior.
7	Solução gelada de NaCl e vinagre	Idem ao item anterior, mas o copinho contendo a solução deve ficar na geladeira por 1 hora antes de colocar a moeda.
8	Papel alumínio em solução de NaCl	Dissolver o conteúdo de 1 colher de café de sal de cozinha em um volume de água equivalente a $\frac{1}{4}$ e forrar o fundo do recipiente com um pouco de papel alumínio.
9	Água	Usar cerca de $\frac{1}{4}$ do volume de um copinho descartável de café.
10	Ketchup	Coloque no frasco o suficiente apenas para cobrir uma moeda.
11	Extrato de tomate	Idem ao item anterior.

Em cada frasco, deve ser colocada uma moeda previamente limpa com etanol, inclusive no que contém vinagre com NaCl deixado na geladeira por 1 hora. Uma das moedas remanescentes que será usada como referência deve ser preservada. As moedas devem ser retiradas dos recipientes



Figura 1: Moedas de cobre durante o experimento identificadas de acordo com a Tabela 1.

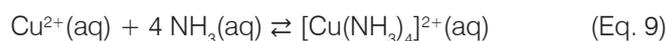
após 1 hora de exposição, mas observações sobre estas (aspecto, principalmente) devem ser anotadas a cada 10 minutos, exceto no caso dos frascos com extrato de tomate e *ketchup*. As moedas devem ser comparadas com a que foi escolhida como referência e também entre si, como é o caso da moeda que ficou em vinagre à temperatura ambiente e a que foi resfriada. Após registrar o efeito causado pelos diversos tipos de tratamento, deve-se aplicar sobre a moeda de referência um pouco de creme dental (não use gel), envolvê-la com um pedaço de papel toalha e friccioná-la demoradamente com os dedos, observando se ocorre a limpeza do metal.

Todas as soluções podem ser descartadas na pia, porque envolvem produtos de uso domiciliar rotineiro e têm baixas concentrações e toxicidade reduzida, como é o caso da solução aquosa de amônia e de HCl.

## Discussão

A limpeza das moedas de cobre é feita por meio de diferentes tipos de reações. No caso da exposição à solução de sal de cozinha, não se observa alteração na moeda no intervalo de tempo considerado, mas na presença de vinagre (solução aquosa de cerca de 5% em massa de ácido acético), ocorre a solubilização de pequena quantidade do óxido presente na superfície e a formação posterior de complexos (solúveis) com o íon acetato (no caso de Cu(II)) e cloreto (no caso do íon Cu(I)), conforme as equações descritas na Introdução (Figura 2A). Essas conclusões também se aplicam no caso da solução de HCl (Figura 2B). Nesse caso, o estudante pode ser convidado a explicar por que o uso apenas do extrato de tomate não acarretou a limpeza da moeda como o faz o *ketchup* (Figura 2C). É importante que ele verifique no rótulo a composição química desses produtos.

Em amoníaco (NH<sub>3</sub> aquoso), a solubilização é feita por meio da formação de um complexo de Cu(II), que pode ser identificado pela coloração azul da solução após o tratamento com a moeda de acordo com a Equação 9 (Figura 3).



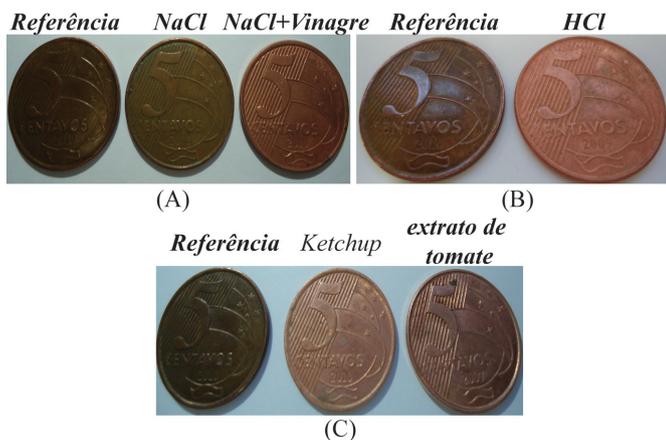
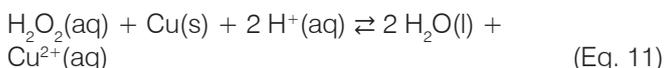
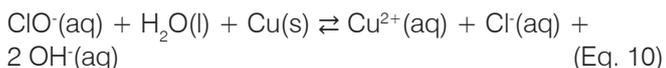


Figura 2: Ilustração do aspecto das moedas após o tratamento com (a) solução aquosa de NaCl e NaCl em vinagre, (b) solução de HCl e (c) extrato de tomate e *ketchup*.



Figura 3: Ilustração do aspecto da moeda tratada com amoníaco.

Alvejantes, por outro lado, atuam por meio de agentes oxidantes como o são, por exemplo, soluções de hipoclorito (Equação 10) ou peróxido de hidrogênio (Equação 11).



Apesar do usual emprego dessas substâncias na limpeza de metais oxidados, elas promovem a oxidação de cobre metálico, causando a redução da massa da forma metálica devido à formação de íons  $\text{Cu}^{2+}$ . Por isso, esse tipo de limpeza não é, em hipótese alguma, recomendado em caso de moedas de valor histórico. Alternativamente ao uso de moedas, fios de cobre podem ser utilizados nesse caso, em que há perda de massa do metal. Esse problema não ocorre caso seja empregado um procedimento que leve à redução da camada de corrosão, uma vez que, com isso, a forma oxidada do metal é reincorporada ao objeto. Para isso, basta empregar um metal que tenha um potencial padrão de redução menor do que o do cobre (0,34 V) como o alumínio, por exemplo, que constitui o material do papel alumínio empregado. Concomitantemente à redução dos íons cobre, ocorre a oxidação do alumínio. Nesse caso, entretanto, a reação leva à formação de cobre finamente dividido, deixando a moeda escurecida (Figura 4).



Figura 4: Ilustração do aspecto da moeda tratada com papel alumínio e solução de NaCl.

Finalmente, outro aspecto investigado foi o do efeito da temperatura na limpeza das moedas com vinagre e NaCl. A moeda que foi tratada com essa mistura à temperatura ambiente ficou limpa mais rapidamente do que a que estava na geladeira (Figura 5). Considerando que a temperatura foi a única variável, pode-se concluir que seu aumento provocou o aumento da taxa de reação, ou seja, alterou a cinética da reação. Esse experimento pode ser repetido aumentando-se a temperatura da solução de vinagre e cloreto de sódio, aquecendo-a em um forno de micro-ondas por alguns segundos (nesse caso, a moeda deve ser colocada depois de a solução ter sido aquecida).

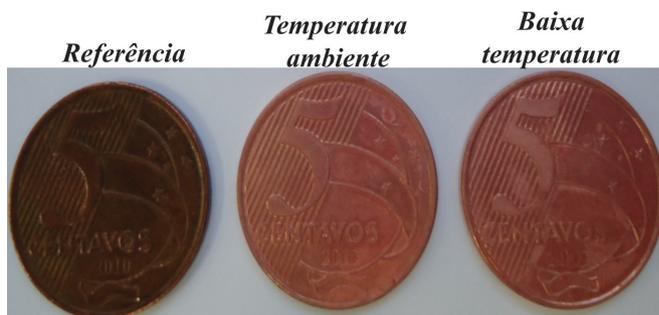


Figura 5: Ilustração do efeito da temperatura da solução com ácido acético e NaCl.

A partir do resultado dos experimentos, o educador poderá convidar seus estudantes a assumir uma postura investigativa, promovendo um debate em sala, o que evidenciará os recursos internos de que o grupo dispõe (zona de desenvolvimento proximal) (Oliveira, 2000) e permitirá a elaboração de hipóteses pelo grupo, tendo sempre em mente o papel mediador do professor (Mortimer, 2000).

Com base nessas reações e no caráter dos experimentos feitos, pode-se dar ao estudante liberdade para experimentar outros procedimentos, usando, por exemplo, refrigerantes (*Coca-Cola*) e sucos de frutas, além de outros produtos que possam ser usados na limpeza de moedas de cobre. Este também pode ser estimulado a tentar o mesmo procedimento com moedas revestidas de latão (em vez das de cobre), comparando os resultados com os obtidos no experimento proposto e, com isso, inferir sobre o papel decisivo do tipo de metal nas reações estudadas.

Dependendo do nível de conhecimento dos estudantes,

há diversas questões que podem ser propostas, quais sejam:

- (a) Descrever as reações e equacioná-las (forma iônica).
- (b) É possível prever se haverá diferença entre a ação do vinagre com NaCl à temperatura ambiente e depois de aquecido? Como essa diferença pode ser interpretada?
- (c) Como se explica a diferença de resultado entre o uso de extrato de tomate e de *ketchup*?
- (d) Quais são as vantagens e desvantagens de cada um desses métodos?
- (e) Considerando uma lista de produtos que tenham caráter ácido (refrigerantes, suco de frutas, tomate etc.), como eles se comportam quanto à capacidade em limpar moedas de cobre? O acréscimo de uma pequena quantidade de cloreto de sódio a esses produtos provoca alguma modificação no resultado observado?

## Conclusões

Como foi dito na introdução deste texto, o principal objetivo do experimento aqui proposto é o de estimular o questionamento por meio da experimentação direta e sem

supervisão, dando ao estudante o prazer de elaborar as respostas aos problemas que lhe são apresentados. Geralmente, em procedimentos usuais de laboratório, são raras as oportunidades de estimular a reflexão e a iniciativa deste e, com isso, perde-se a importante possibilidade de contribuir com a formação do seu espírito inquiridor, essencial para o desenvolvimento de princípios críticos sólidos.

**Dalva L. A. de Faria** (dlafaria@iq.usp.br), bacharel em Química (USP), mestre em Físico-Química e doutora em ciências pelo Instituto de Química (USP), é professora associada no Instituto de Química da USP. São Paulo, SP – BR. **Nathália D'Elboux Bernardino** (nathaliadelboux@hotmail.com), bacharel em Química (Universidade de Londrina), mestre em ciências pelo Instituto de Química (USP), é doutoranda no Instituto de Química (USP). São Paulo, SP – BR. **Sandra R. Mutarelli Setúbal** (smutarelli@gmail.com), bacharel em Química (USP), mestre em Físico-Química e doutora em ciências pelo Instituto de Química (USP), é presidente do Instituto de Pesquisa Pensi em São Paulo. São Paulo, SP – BR. **Vera Novais** (vnovais2@gmail.com), bacharel e licenciada em Química (USP), autora de diversos livros didáticos de química do ensino médio, contribui neste trabalho durante a execução do projeto Laboratório de Mochila (CNPq), efetivada no Instituto de Química (USP). São Paulo, SP – BR. **Vera R. Leopoldo Constantino** (vrlconst@iq.usp.br), bacharel e doutora em Química (UNESP), é professora associada no Instituto de Química da USP. São Paulo, SP – BR.

## Referências

BROZ, E.M.; COOK, R.F.; WHITNEY, D.L. Microhardness toughness, and modulus of Mohs scale minerals. *American Mineralogist*, v. 91, p. 135, 2006.

CHARPAK, G. *La main à la pâte: les sciences à l'école primaire*. Paris: Flammarion, 1996.

GRAEDEL, T.E.; NASSAU, K.; FRANEY, J.P. Copper patinas formed in the atmosphere I. Introduction. *Corrosion Science*, v. 27, p. 639, 1987.

KAUFFMAN, G.B. Lecture demonstrations, past and present 1. *The Chemical Educator*, n. 5, p. 1-33, 1996.

MARTELL, A.E.; SMITH, R.M. *Critical stability constants*. v. 5, 6. New York: Plenum, 1982.

MORTIMER, E.F. *Linguagem e formação de conceitos de*

*ensino de ciências*. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 2000.

NASSAU, K.; GALLAGHER, P.K.; MILLER, A.E.; GRAEDEL, T.E. The characterization of patina components by X-ray diffraction and evolved gas analysis. *Corrosion Science*, v. 27, p. 669, 1987.

OLIVEIRA, M.K. *Vygotsky: aprendizado e desenvolvimento – um processo sócio-histórico*. São Paulo: Scipione, 2000.

PALMER, D.A. Solubility measurements of crystalline Cu<sub>2</sub>O in aqueous solution as a function of temperature and pH. *Journal of Solution Chemistry*, v. 40, n. 6, p. 1067, 2011.

ROSENHEIN, L.D. The household chemistry of cleaning pennies. *Journal of Chemical Education*, v. 78, p. 513, 2001.

STOLZBERG, R.J. Do new pennies lose their shells? Hypothesis testing in the sophomore analytical chemistry laboratory. *Journal of Chemical Education*, v. 75, p. 1453, 1998.

**Abstract:** *Cleaning copper coins: a chemistry laboratory at the home kitchen.* Cleaning copper objects can be used to introduce essential concepts in chemistry such as equilibrium, kinetics and types of chemical reactions. In this work, an unsupervised experiment is proposed involving the cleaning of copper coins by low cost and easily accessible commercial products. As an unsupervised experiment it is highly interactive, stimulating a more investigative posture in the student's perception of the real world.

**Keywords:** copper, chemical reactions, interactive experiment.