

# Experimentos sobre Pilhas e a Composição dos Solos

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. Esta edição traz experimentos que têm como tema a construção de pilhas e a análise da composição do solo.

## Pilhas modificadas empregadas no acendimento de lâmpadas

**Noboru Hioka**  
**Florângela Maionchi**  
**Danil Agar Rocha Rubio**  
**Patrícia Akemi Goto**  
**Odair Pastor Ferreira**

Neste trabalho sugerimos a construção de duas pilhas eletroquímicas a partir de materiais de fácil acesso e que permitem acender lâmpadas de pequeno consumo por intervalo de tempo razoável. A primeira delas é uma adaptação da ‘pilha de Daniell’ e a segunda uma modificação da ‘pilha seca’ ou de ‘empilhamento’, que envolve o mesmo conjunto de reações da primeira.

► pilhas, corrente, voltagem, lâmpadas ◀

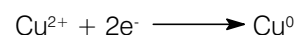
O tópico ‘pilhas’ faz parte do conteúdo programático das disciplinas de química ministrado nas escolas do ensino médio. Como exemplo maior, comumente cita-se a pilha de  $\text{Cu}^0 | \text{Cu}^{2+} || \text{Zn}^{2+} | \text{Zn}^0$ , conhecida como ‘pilha de Daniell’. Esse dispositivo é constituído basicamente por semicélulas de  $\text{Cu}^0 | \text{CuSO}_4$  1,0 mol/L e  $\text{Zn}^0 | \text{ZnSO}_4$  1,0 mol/L, em compartimentos isolados, e unidas por meio de ponte salina; esta última é feita com um tubo de vidro, em forma de U invertido, contendo solução de ágar-ágar saturada com um eletrólito forte ou apenas solução aquosa saturada de eletrólito, tapada nas extremidades por chumaços de algodão.

Devido à relativa facilidade para montar essa pilha, alguns professores

chegam a demonstrar, com o auxílio de um voltímetro, a transformação espontânea de energia química em energia elétrica. Alguns livros adotados no ciclo básico sugerem a possibilidade de o sistema permitir acender lâmpadas pequenas — de voltagem ao redor de 1,5 V (Fonseca, 1993; Nehmi, 1993; Dorin e col., 1988). Vamos então tecer comentários sobre esse caso.

Ao se conectar os dois eletrodos metálicos com um fio externo contendo uma lâmpada, tem-se uma pilha funcionando como fonte de corrente, isto é, realizando um trabalho: acendendo uma lâmpada. O fio externo e a ponte salina permitem que o circuito elétrico entre os dois eletrodos seja fechado. No caso, a reação em cada uma das

semicélulas é:



(ganho de massa na placa de Cu)

$$E^\circ = 0,34 \text{ V}$$



(perda de massa da placa de Zn)

$$E^\circ = -0,76 \text{ V}$$

$$\Delta E^\circ = 1,10 \text{ V}$$

Conforme ilustrado nas equações acima, o zinco metálico sofre oxidação enquanto o cobre sofre redução, permitindo vislumbrar que o fluxo de elétrons no fio externo vai do eletrodo de zinco para o de cobre. Conseqüentemente, na solução íons negativos migram para o compartimento de zinco (neutralizando o excesso de íons  $\text{Zn}^{2+}$  formados) e, ao mesmo tempo, íons positivos migram para o de cobre (suprindo o consumo de íons  $\text{Cu}^{2+}$ ). Neste caso mantém-se a eletroneutralidade do sistema e o fechamento do circuito. Tanto o fio como a ponte salina são condutores (um eletrônico e o outro iônico) que permitem a passagem de corrente elétrica entre os eletrodos metálicos; dos dois condutores, o que tiver maior resistência elétrica (usualmente a ponte salina) praticamente determinará o valor da corrente que poderá circular pela pilha. Daí a importância de que a resistência elétrica da ponte salina (conhecida como resistência ôhmica) seja a menor possível. Porém a questão é: a lâmpada realmente acende?

Resposta: geralmente *não*. Isso ocorre porque a ponte salina, em geral montada inadequadamente (com alta resistência ôhmica), pode apresentar dificuldades para que flua a corrente necessária, limitando a corrente resultante. Somente pontes salinas com altas concentrações de eletrólitos e

com altas áreas de contato com as soluções dos dois eletrodos (por exemplo, tubo em U com diâmetro maior que 2 cm) têm resistências ôhmicas suficientemente baixas para reduzir esta limitação. Alguns autores (Feltre, 1988) citam, corretamente, o uso de vela de filtro d'água (parede porosa) na semicélula de cobre, pois esse material permite a rápida passagem de íons, levando a correntes maiores, suficientes para acender a lâmpada. Esse sistema, de acesso um pouco mais difícil, desestimula o professor a efetuar a demonstração prática do fenômeno.

Outro exemplo de pilha é a que usa duas lâminas de zinco, duas de cobre e quatro tiras de papel-filtro, sendo duas embebidas em solução de sulfato de cobre e duas em solução de sulfato de zinco (Boff e Frison, 1996). A montagem da pilha é feita por empilhamento, seguindo a seqüência: placa de cobre, papel com sulfato de cobre, papel com sulfato de zinco, placa de zinco; a seguir, repete-se a mesma seqüência. Conectando-se uma lâmpada às placas de zinco e cobre, a mesma acende, porém mantém-se acesa por pouco tempo. Quando em funcionamento, o fechamento do circuito ocorre de maneira similar à da outra pilha, isto é, íons  $Zn^{2+}$  e íons  $Cu^{2+}$  migram na direção dos eletrodos de cobre, enquanto íons sulfato migram na direção dos eletrodos de zinco.

Este trabalho propõe a construção de duas pilhas com as quais é possível manter uma lâmpada acesa por tempo prolongado: pilha de Daniell modificada (pilha 1) e pilha de empilhamento (pilha 2).

## Materiais empregados

### Pilha 1

- 1 membrana de casca de salsicha (de celulose regenerada) ou casca de lingüiça (tripa seca bovina), ambas existentes em casas frigoríficas, de 13 cm de comprimento
- Fio de náilon (linha de pesca)
- 1 placa de cobre e 1 de zinco (lixadas), de aproximadamente 10 cm x 2 cm x 0,1 cm
- 1 L de solução saturada de NaCl

em água (sal de cozinha)

- Sulfato de cobre ( $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ ), 1 mol/L (12,5 g em 50 mL de água), encontrado em lojas de artigos de jardinagem e casas agropecuárias
- Lâmpada de 1,5 V (farolete pequeno) com os pólos ligados a fios
- 1 garrafa plástica descartável de refrigerante 2 L
- 1 placa de madeira ou isopor, com dois orifícios (3,5 cm de diâmetro) separados por 1,5 cm (essa peça serve somente para suporte)
- Fita adesiva
- Elástico
- Multímetro (opcional)

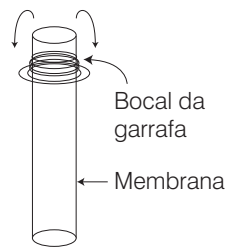
### Pilha 2

- 2 placas de cobre e 2 de zinco (lixadas)
- 4 tiras de feltro (tecido)
- 2 tiras de papelão (usado em confeitarias na embalagem de bolos), todas as tiras medindo 10 cm x 2 cm
- Sulfato de cobre ( $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ ), 1 mol/L (aproximadamente 6,2 g em 25 mL de água)
- Aproximadamente 100 mL de solução saturada de NaCl em água (sal de cozinha)
- Fita adesiva
- Lâmpada de 1,5 V com os pólos ligados a fios

## Detalhes experimentais

### Pilha 1

A compartimentalização da semicélula de cobre é feita na casca, que é uma membrana porosa e permite o fluxo de íons. Lave muito bem a membrana com água e detergente; corte a garrafa plástica a uma altura de 15 cm da base (formando um recipiente) e corte o bocal, conectando uma das extremidades da casca a este, conforme mostra a Figura 1.



Apóie o bocal de garrafa (com a membrana) no suporte de madeira/isopor. Adicione, pelo bocal, a solução de  $CuSO_4$ . Introduza o conjunto no recipiente plástico contendo a solução de NaCl saturado. A seguir coloque a placa de cobre na solução de sulfato de cobre e a placa de zinco diretamente na solução de NaCl (use o outro orifício do suporte); conecte os fios da lâmpada às placas metálicas com fita adesiva, conforme mostrado na Figura 2. Observe o efeito.

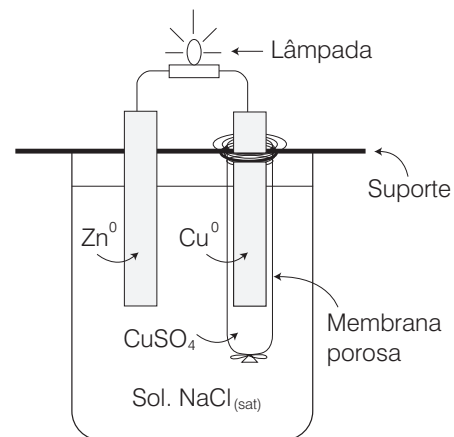


Figura 2: Ilustração da pilha de Daniell modificada

### Pilha 2

Monte a pilha com a seguinte seqüência de empilhamento: placa de cobre, feltro encharcado com a solução de sulfato de cobre; papelão encharcado com a solução de NaCl; feltro encharcado com a solução de NaCl; placa de zinco (Figura 3); continua-se o empilhamento repetindo-se a mesma seqüência. Conecte os fios da lâmpada às placas laterais (de cobre e de zinco). Observe.

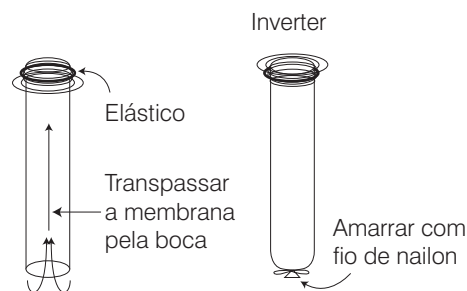


Figura 1: Ilustração da seqüência de adaptação da casca (membrana) ao bocal de garrafa.

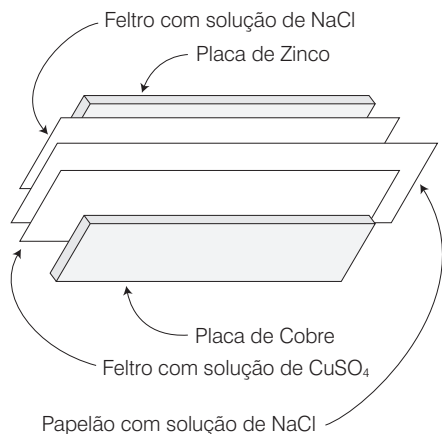


Figura 3: Ilustração de parte da pilha de empilhamento.

## Resultados e discussões

### Pilha 1

A tensão elétrica da pilha sem a lâmpada, medida com voltímetro, resultou em aproximadamente 0,9 V. Apesar da baixa voltagem, a lâmpada acende e mantém-se acesa por mais de duas horas.

A corrente medida foi de aproximadamente 190 mA, suficiente para acender a lâmpada, e é conseguida pela alta concentração de eletrólito e a grande área de contato da membrana com as soluções. Fechado o circuito elétrico, a principal migração iônica é a dos íons  $\text{Na}^+$  em direção ao compartimento do eletrodo de cobre (suprindo a redução de íons  $\text{Cu}^{2+}$ ). A presença dos íons  $\text{Cl}^-$  do lado de fora da casca de salsicha ajuda a contrabalancear a formação de íons  $\text{Zn}^{2+}$ . Além dos íons  $\text{Na}^+$  que migram para dentro, íons sulfato migram para fora da membrana na direção do eletrodo de zinco e, dependendo do tempo de funcionamento, os íons  $\text{Zn}^{2+}$  formados acabam atravessando a membrana na direção do eletrodo de cobre. Essas migrações fazem com que a eletroneutralidade seja mantida nos compartimentos dos dois eletrodos. Por outro lado, nessa pilha não podem ser evitados os processos de difusão de íons (provocados pelas diferenças de concentração), como por exemplo a lenta saída de íons  $\text{Cu}^{2+}$  da casca ou a entrada de íons  $\text{Cl}^-$ .

Em pilhas de Daniell montadas com pontes salinas inadequadas (por

exemplo, com tubos em U de pequeno diâmetro), a eletroneutralidade nos compartimentos não consegue ser mantida por muito tempo, o que leva a uma polarização da pilha (excesso de cargas negativas no compartimento do eletrodo de cobre e de cargas positivas no lado do eletrodo de zinco) e, conseqüentemente, à redução da corrente para valores insuficientes para acender a lâmpada.

### Pilha 2

A lâmpada acende com uma intensidade razoavelmente grande e mantém-se por aproximadamente 40 minutos. A corrente medida foi de 204 mA e a voltagem, 2,0 V. Dois problemas interligados podem surgir nessa pilha: o primeiro ocorre quando os feltros não estão suficientemente carregados de íons  $\text{Cu}^{2+}$ , caso em que a lâmpada apagará em pouco tempo devido ao decréscimo de corrente, ocasionado pela diminuição de concentração desses íons. O segundo problema ocorre quando os feltros estão demasiadamente encharcados, caso em que os íons  $\text{Cu}^{2+}$  podem difundir-se na direção da placa de zinco, levando à formação de cobre metálico nesta, modificando sua superfície e conseqüentemente arruinando a pilha.

## Conclusão

As modificações sugeridas para as duas pilhas permitem um fluxo razoável de elétrons, suficiente para garantir o funcionamento de uma lâmpada de baixo consumo por tempo relativamente grande, e utilizam-se materiais facilmente encontrados no comércio.

A pilha 2 é mais fácil de manusear e a intensidade luminosa é maior que a da pilha 1, entretanto esta última permite um tempo de iluminação superior.

Os sistemas propostos permitem ainda ao professor demonstrar a conversão de energia química em energia elétrica, mostrar a importância do princípio da eletroneutralidade e aplicar conceitos teóricos no cotidiano dos alunos.

## Questões propostas

1. A tensão da pilha depende da superfície de contato entre placa e solução? Sugere-se alterar a área de

contato fazendo emergir/imersar parcialmente as placas metálicas da pilha 1 e medindo-se, durante esse procedimento, a tensão (lembre-se de medir sem a lâmpada).

2. Nas pilhas apresentadas, realmente é a corrente o fator limitante para o acendimento da lâmpada? Sugere-se emergir/imersar as placas metálicas da pilha 1 e observar a intensidade luminosa.

3. Nas pilhas propostas, em vez de soluções contendo íons  $\text{Zn}^{2+}$  utilizaram-se soluções de NaCl. Tal fato gera tensões ligeiramente diferentes de 1,1 V. Por que os resultados qualitativos são os mesmos?

4. Na pilha 1, após uma hora de funcionamento e conhecendo-se a corrente gerada pela mesma, calcule: i) a quantidade de elétrons que circulou pela lâmpada e ii) a massa de cobre depositada no eletrodo de cobre. Compare com o valor experimental, determinando a massa da placa de cobre antes e depois do experimento.

## Sugestão

Para introduzir o conceito de pilha, o professor pode efetuar um experimento simples, isto é, colocar uma placa de zinco em contato com uma solução de íons cobre (será visível a redução para cobre metálico na placa), ou

## Referências bibliográficas

BOFF, E.T.O., FRISON, M.D. *Química Nova na Escola*. n. 3, p. 11-14, maio 1996.

DORIN, H., GABEL, D., DEMMIN, P. *Chemistry: the study of matter*. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1988. p. 642-644.

FELTRE, R. *Química (2ª Grau)*. São Paulo: Moderna, 1988. v. 2, p. 331-336.

FONSECA, M.R.M. *Química integral, 2ª Grau*. São Paulo: FTD, 1993. p. 535-537.

NEHMI, V.A. *Química*. São Paulo: Ática, 1993. v. 2, p. 208.

## Para saber mais

MAHAN, B.M., MYERS, R.J. *Química: um curso universitário*. Tradução da 4a. edição. São Paulo: Edgard Blucher, 1993.

ainda, colocar um metal como o ferro em meio ácido (ocorrência de evolução de hidrogênio). Os dois sistemas evidenciam um fluxo de elétrons espontâneo sem que a energia química seja aproveitada. Diante desse fato, um sistema, quando montado adequadamente, pode ser utilizado para disponibilizar energia química na produção

de trabalho elétrico.

## **Agradecimentos**

À Capes/PADCT, Subprograma SPEC, pela construção do Laboratório de Ensino de Química (LABENQ) da UEM. Ao Programa PET/Capes. Agradecimento especial ao prof. Julio Cezar Foschini Lisbôa pelo apoio na

elaboração deste artigo.

---

**Noboru Hioka**, doutor em físico-química, é docente do departamento de química da Universidade Estadual de Maringá (UEM). **Florângela Maionchi**, doutora em físico-química, é docente do Departamento de Química da UEM. **Danil Agar Rocha Rubio**, doutora em química orgânica, é docente do Departamento de Química da UEM. **Patrícia Akemi Goto e Odair Pastor Ferreira**, acadêmicos do curso de química da UEM, são bolsistas do grupo PET/Capes.