

## A representação experimental da pilha de Daniell nos livros didáticos: um erro questionado

Anderson M. Fontes (IC), Marcos Felipe de P. Lourenço (IC), Jorge C. Messeder \* (PQ)

Curso de Licenciatura em Química do IFRJ/Campus Nilópolis. Rua Lúcio Tavares, 1045, Nilópolis. CEP: 26530-060 - Rio de Janeiro. \* E-mail: [jorge.messeder@ifrj.edu.br](mailto:jorge.messeder@ifrj.edu.br)

Palavras-Chave: pilha de Daniell; corrente elétrica; eletroquímica.

### RESUMO:

A primeira pilha capaz de manter a corrente elétrica constante num tempo razoavelmente longo foi construída em 1836 por John Frederic Daniell. Esse dispositivo conhecido como “a pilha de Daniell”, através dos anos, tem apresentado uma relevância didática nos livros de Química, ao fazer parte dos textos sobre eletroquímica. Entretanto, muitos professores e alunos desconhecem alguns equívocos que ocorrem nas representações dos livros. O objetivo desse trabalho foi averiguar a partir de práticas de ensino realizadas com alunos do Ensino Médio, quais os conhecimentos que eles tinham sobre a pilha de Daniell, e sobre os aspectos técnicos científicos existentes em suas representações. Foi discutido o erro que ocorre na reprodução experimental da pilha como é apresentada nos livros. O trabalho realizado também propôs uma alternativa viável para a construção da pilha de Daniell, mostrando a importância de uma aula onde os alunos são participantes ativos do processo de aprendizagem.

### INTRODUÇÃO

A invenção da pilha elétrica possibilitou significativa evolução científica. Apesar das pilhas representarem atualmente o meio mais popular e barato de produção de energia elétrica para aparelhos portáteis, poucas pessoas associam seu funcionamento à ocorrência de reações químicas. (Oliveira *et al.*, 2001)

O primeiro gerador de energia foi criado em 1660 pelo físico alemão Otto von Guericke (1602 – 1686) que projetou e construiu um equipamento capaz de produzir eletricidade: a máquina eletrostática era composta por uma esfera de enxofre num eixo e um dispositivo mecânico que possibilitava o movimento de rotação. Ao ser friccionada com a mão seca, ou outro material, a esfera tornava-se eletrificada e pequenas faíscas eram geradas (figura 1). Contudo, não era possível obter fluxo contínuo dessas cargas, ou seja, não havia corrente elétrica (Tolentino *et al.*, 2000). Apesar da limitação as cargas elétricas geradas pela máquina eletrostática eram armazenadas em capacitores, conhecidos na época como garrafas de Leiden (figura 2).



Figura 1: Máquina de Guericke

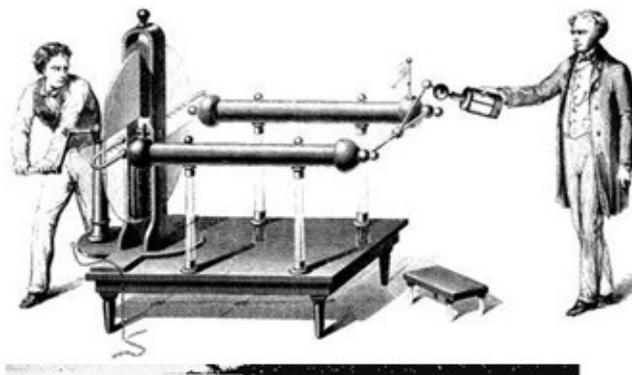


Figura 2: Garrafas de Leiden

Em meados do século XVIII o italiano Luigi Galvani (1737-1798), formado em medicina e filosofia pela Universidade de Bolonha (Itália), onde era professor de anatomia, estudava a eletricidade animal, teoria que defendia a existência de uma eletricidade própria dos corpos animais. No início do ano de 1781, Galvani e seus ajudantes trabalhavam com uma rã dissecada em seu laboratório onde havia em cima de sua mesa alguns equipamentos, entre eles a máquina eletrostática e a garrafa de Leiden, num dado instante um de seus ajudantes tocou no membro inferior do animal com um bisturi, ao mesmo tempo uma faísca havia sido gerada pela máquina eletrostática, um fenômeno ainda não observado ocorreu diante de seus olhos, os músculos da perna da rã morta contraíram-se (figura 3).

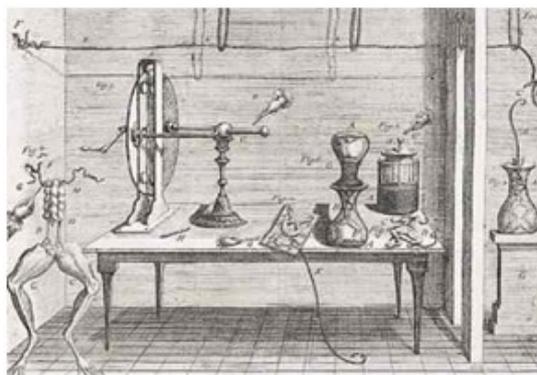


Figura 3: O laboratório de Galvani – A máquina eletrostática a garrafa de Leiden e outros equipamentos

O trabalho de Galvani foi difundido nos principais centros científicos da Europa, foi então que Alessandro Giuseppe Anastasio Volta (1745 – 1827), professor de física da Universidade de Pávia, teve conhecimento e repetiu o experimento de Galvani, no primeiro instante Volta ficou maravilhado com a descoberta da eletricidade animal, com o decorrer do tempo e progressão dos seus experimentos sua opinião modificou-se, foi então que ele percebeu que a rã na realidade era um sensor de eletricidade externa e não uma fonte de eletricidade interna, observou que um arco bimetálico era mais eficiente que um arco monometálico (figura 4).



**Figura 4: Contração dos músculos da rã dissecada**

Obstinado a provar o poder dos metais em gerar eletricidade, Volta ao fazer contato entre uma lâmina de prata e uma de zinco detectou através de um eletroscópio uma pequena eletricidade gerada. Conseqüentemente surgiu a idéia de empilhar placas de dois metais diferentes com o propósito de obter eletricidade comparada a das máquinas elétricas. O próximo passo foi empilhar pares de discos metálicos separados por papel umedecido em solução salina, observou então que as tensões elétricas se somavam, nascia a primeira pilha elétrica (figura 5). Volta ainda propôs outra modificação denominada por ele como cadeia de copos (figura 6), era constituída por algumas vasilhas contendo uma solução salina onde eram inseridas laminas de cobre e zinco separadamente, a lâmina de zinco de um copo era conectada através de um cabo a lâmina de cobre do outro copo, e assim sucessivamente.



**Figura 5: A primeira pilha elétrica**



**Figura 6: Modificação proposta por Volta denominada como cadeia de copos**

Apesar da pilha Voltaica (como foi denominada) ter possibilitado o desenvolvimento da eletroquímica, a invenção apresentava uma grave limitação, rapidamente descarregava-se. A solução para o problema surgiu em 1830, quando o físico inglês Willian Sturgeon (1783-1850) proporcionou vida longa a pilha através do amalgamento (adicionou mercúrio à placa de zinco).

A primeira pilha capaz de manter a corrente elétrica constante num tempo razoavelmente longo foi construída 1836 pelo químico inglês John Frederic Daniell (1790 – 1845), a pilha de Daniell (figura 7) era composta por uma recipiente poroso de barro contendo uma solução de sulfato de zinco imersa em um recipiente de vidro contendo solução de sulfato de cobre uma lâmina de zinco é mergulhada na solução do seu sal correspondente, o mesmo é feito com uma lamina de cobre, fios são conectados as placas dos metais, este sistema é denominado como célula.

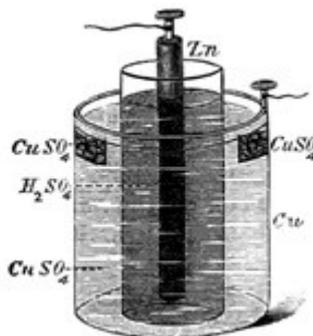


Figura 7: A pilha de Daniell

No ensino da Química, o tema “pilhas” ilustra conceitos de extrema importância, conseqüentemente, os livros didáticos da disciplina sempre tiveram um capítulo exclusivo para a eletroquímica, onde a pilha de Daniell é comumente citada e reproduzida em aulas experimentais. Entretanto, não é possível encontrar trabalhos que discutam a eficiência e exequibilidade deste sistema da mesma maneira como é descrito nos livros didáticos. A partir disso, o presente trabalho teve como objetivo averiguar quais os conhecimentos que alunos do Ensino Médio tinham sobre a pilha de Daniell, e sobre os aspectos técnicos científicos existentes em suas representações.

## METODOLOGIA

Primeiramente verificamos através de uma pesquisa com alunos do Ensino Médio se realmente existia o interesse na reprodução da pilha de Daniell. A pesquisa foi orientada por uma análise quantitativa, tendo como sujeito da pesquisa 40 alunos do terceiro ano do Ensino Médio no Colégio Estadual São Cristóvão no município de Queimados no estado do Rio de Janeiro. Aos alunos foi aplicado um formulário contendo 5 questões objetivas e uma questão discursiva.

## RESULTADOS

O processo de análise dos formulários constituiu basicamente em quantificar o percentual das respostas em cada questão.

### 1) *Você já realizou algum experimento de química na escola?*

Esse questionamento tinha como objetivo indicar a vivência científica experimental dos estudantes para que pudéssemos ter embasamento nas respostas seguintes. Oitenta e dois por cento (82%) dos alunos afirmaram já ter executado atividades experimentais na disciplina de química e dezoito por cento (18%) afirmaram não ter realizado aulas experimentais.

**2) Você teria interesse em reproduzir um experimento realizado por um cientista no passado descrito em seu livro didático de química?**

Nas respostas, noventa e dois por cento (92%) dos estudantes responderam positivamente e oito por cento (8%) negativamente. O resultado é um indicativo de que o aluno de Ensino Médio sente-se motivado e interessado que haja atividades experimentais ligadas ao ensino de química.

**3) Você reconhece e lembra-se de já ter visto essa ilustração em seu livro? (figura 12)**

A intenção foi de verificar que a pilha de Daniell é abordada nas salas de aula ou que os alunos em algum momento tiveram contato com a mesma em seu livro. Setenta e dois por cento (72%) reconheceram a pilha de Daniell, e vinte e oito por cento (28%) responderam que não.

**4) Você já realizou esse experimento (pilha de Daniell)?**

Na quantificação das respostas, noventa e oito por cento 98% dos estudantes disseram nunca ter testado o experimento, o resultado é um possível indicativo de que haja dificuldade na execução do experimento.

**5) Caso você pudesse entrar em um laboratório que contenha todo o material necessário para realizar esse experimento, você testaria? Por quê?**

Dentre os 40 formulários, cinco por cento (5%) dos entrevistados se abstiveram em responder a essa questão, talvez por ser discursiva, dezessete por cento (17%) dos alunos responderam negativamente, desses, duas respostas se destacam pela argumentação: uma sente-se incapaz em executar sem a ajuda de um “profissional” (figura 8), e a segunda, por julgar “perigoso”. Nas setenta e oito por cento (78%) das respostas positivas a grande maioria afirma considerar importante a atividade experimental para complementação da teoria e sair da rotina de sala de aula, mas uma resposta se destaca por afirmar não compreender muito bem Química, mas julga interessante realizar aulas experimentais (figura 9).

5- Caso você pudesse entrar em um laboratório que contenha todo o material necessário para realizar esse experimento, você testaria? Por quê?

*Não, porque não saberia fazer sem uma instrução e ajuda de um profissional.*

Figura 8: texto da resposta de um aluno para a questão 5 (i)

5- Caso você pudesse entrar em um laboratório que contenha todo o material necessário para realizar esse experimento, você testaria? Por quê?

*Sim. Eu não compreendo a Química muito bem, mas acho interessante fazer experimentos, o que ajuda a entender o que estamos fazendo.*

Figura 9: texto da resposta de um aluno para a questão 5 (ii)

Através dos resultados dessa pesquisa podemos observar que a pilha de Daniell é estudada no Ensino Médio, porém os alunos não compreendem seu funcionamento, assim como os fatores químicos e físicos necessários para a transformação de energia química no acendimento de uma lâmpada. Diante dessa situação decidimos testar a pilha de Daniell.

Realizamos uma breve análise de 5 livros didáticos de Química, popularmente utilizados, com o propósito de recolher informações suficientes sobre a pilha de Daniell para reproduzi-la. A seleção dos livros foi baseada nos autores mais conhecidos e utilizados e pertencem ao Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) anterior ao PNLD 2012. Os livros pesquisados foram:

FELTRE, R. *Química: Físico-Química*, 6ª ed., São Paulo: Moderna, 2004.

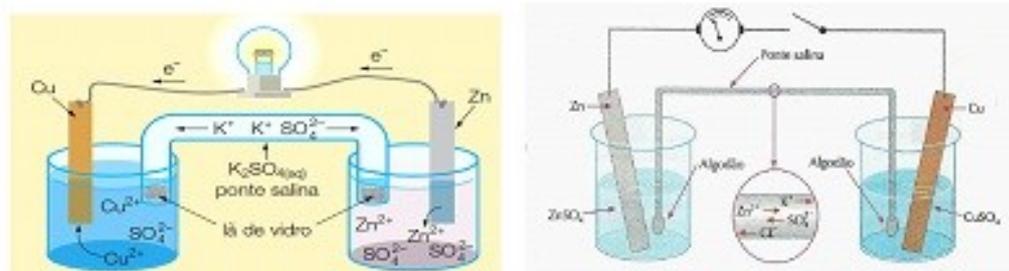
FONSECA, M. R. M. *Completamente Química: físico-química*, São Paulo: FDT, 2001 – Coleção Completamente Química, Ciência, Tecnologia e Sociedade.

USBERCO, J. e SALVADOR, E. *Química*, volume único, 5ª ed., São Paulo: Saraiva, 2002.

CAMARGO G. C. *Química moderna*, volume único, São Paulo: Spione, 1997.

NOBREGA O. S.; SILVA E. R. e SILVA R.H. *Química*, volume único, 1ª ed., São Paulo: Ática, 2005.

A análise dos livros nos mostrou duas possibilidades para construção da pilha de Daniell (figura 10). Numa é mostrada a utilização de uma lâmpada através da qual seria possível visualizar o efeito luminoso, pela passagem de corrente elétrica, e na outra ilustração pode-se verificar a utilização de um voltímetro com o objetivo de medir a voltagem gerada pela pilha de Daniell.



USBERCO, J. e SALVADOR, E. *Química*, volume único, 5ª ed., São Paulo: Saraiva, 2002.

FELTRE, R. *Química: físico-química*, 6ª ed., São Paulo: Moderna, 2004.

Figura 10: pilhas de Daniell representadas em livros didáticos

Através da pesquisa nos livros didáticos de química do Ensino Médio obtivemos as seguintes informações:

Materiais a serem usados na construção da pilha de Daniell:

- Lâminas de cobre e zinco
- Solução de sulfato de cobre ( $\text{CuSO}_4$ )  $1\text{mol.L}^{-1}$
- Solução de sulfato de zinco ( $\text{ZnSO}_4$ )  $1\text{mol.L}^{-1}$
- Solução de cloreto de Potássio ( $\text{KCl}$ )  $3\text{mol.L}^{-1}$
- Tubo em U
- 2 béqueres
- Multímetro digital
- Algodão
- Lâmpada

### Testando a Pilha de Daniell

Em dois béqueres distintos foram colocados cerca de 50 mL de solução  $1 \text{ mol L}^{-1}$  de sulfato de cobre e sulfato de zinco. Em seguida, foram posicionadas as placas limpas de cobre e zinco, nas soluções salinas dos respectivos metais. O tubo em U foi totalmente preenchido com solução  $3 \text{ mol/L}$  de cloreto de potássio e vedado com chumaços de algodão, sendo fixado em um suporte universal, com as extremidades voltadas para baixo. Cada extremidade foi posicionada dentro de cada béquer, e imersa nas soluções. Com o auxílio de um multímetro verificou-se a corrente e a tensão gerada pela pilha (figura 11).

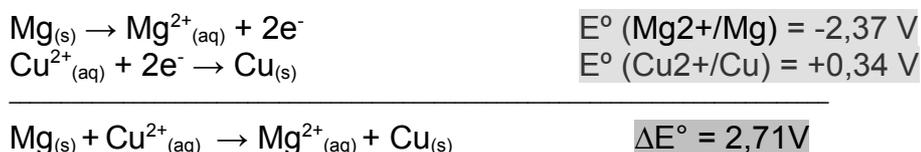


**Figura 11: Pilha de Daniell de Cu/Zn - Sistema com multímetro – medição de voltagem (1,08V) e de corrente elétrica (13.2 mA)**

Substituímos o multímetro por uma pequena lâmpada de lanterna de  $\approx 1,5\text{V}$ , e verificamos que a mesma não acendia.

Observamos que com uma pilha de  $1,5\text{V}$  do tipo AA encontrada em estabelecimentos comerciais é possível acender a pequena lâmpada utilizada anteriormente. No entanto, ao medir a voltagem e a corrente da pilha verificamos que ambas são mais altas ( $\text{ddp} = 1,55 \text{ v}$ , corrente ( $i$ ) =  $1,0 \text{ A}$ ) que as geradas pela pilha de Daniell construída por nós.

Partimos então na tentativa com a pilha de cobre/magnésio, que de acordo com a teoria dos potenciais eletroquímicos, produziria uma maior tensão:



A pilha constituída por Cu/Mg (figura 12) gerou uma tensão de  $1,75\text{V}$ , abaixo do valor teórico ( $2,71\text{V}$ ), e corrente elétrica de  $23,5 \text{ mA}$ . Apesar de a tensão gerada ser maior que a da pilha comercial, não foi possível o acendimento da lâmpada.



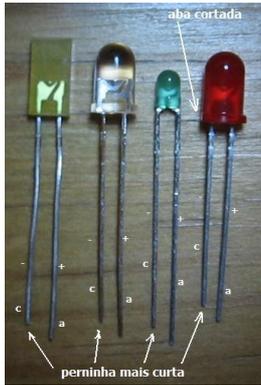
Figura 12: Pilha de Daniell de Cu/Mg - Sistema com multímetro – medição de Voltagem (1,75v) e de corrente elétrica (23.5 mA)

Baseando-se nos resultados obtidos das grandezas físicas, corrente e tensão elétrica geradas pela pilha de Daniell construída, procuramos por um dispositivo alternativo que pudesse substituir a lâmpada incandescente a fim de visualizar o efeito luminoso.

Nos últimos anos a lâmpada incandescente tem sido substituída em diversos lugares, semáforos, por exemplo, por LED's. O LED é um componente eletrônico semicondutor, isto é, um diodo emissor de luz (LED = Light Emitter Diode). A transformação da energia elétrica em luz é diferente das lâmpadas convencionais. Os LEDs são polarizados, ou seja, possuem um terminal positivo e um negativo, sendo assim, o seu funcionamento dependerá da conexão correta na pilha. A identificação pode ser realizada da seguinte maneira, o catodo possui “perninha” mais curta que o anodo, ou em alguns LEDs redondos, também é possível identificar o catodo por um corte na lateral. O funcionamento do LED depende dos seguintes grandezas físicas, conforme mostra o quadro 1.

Quadro 1: grandezas físicas de LEDs

Cor do LED	Queda de Tensão	Corrente
Vermelho	1.8 V	0.02 A
Verde	2.1 V	0.02 A
Amarelo	2.0 V	0.015 A
Laranja	2.0 V	0.02 A
Azul	3.1 V	0.02 A
Branco	3.1 V a 4.0V	0.02 A
Infra-vermelho	1.1 V	0.2



Identificação dos pólos

Fonte: Disponível em : [http://pt.wikipedia.org/wiki/Diodo\\_emissor\\_de\\_luz](http://pt.wikipedia.org/wiki/Diodo_emissor_de_luz)

Diante dessas informações, podemos observar que a utilização de um LED vermelho funcionaria se conectado a pilha de Daniell construída, sendo assim realizamos o teste e verificamos que realmente é possível acender o LED vermelho com uma pilha de Daniell de cobre/magnésio, constituída por soluções 1mol.L<sup>-1</sup> de sulfato de cobre (CuSO<sub>4</sub>) e sulfato de magnésio (MgSO<sub>4</sub>), com tudo em “U” com diâmetro interno de 15 ou 20mm e solução de cloreto de potássio (KCl) 3mol.L<sup>-1</sup> na ponte salina (Figura 13).



Figura 13: Pilha de Daniel de Cu/Mg com LED

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Baseando-se nos resultados obtidos foi possível constatar que não é possível o acendimento de lâmpadas utilizando a pilha de Daniell conforme apresentada nos livros. Para o acendimento de uma lâmpada incandescente, como a que utilizamos, é necessário que a pilha construída forneça não somente voltagem requerida, mas também é preciso que haja corrente elétrica suficiente, Hioka e col. (1998) afirma em seu trabalho “Pilhas modificadas empregadas no acendimento de lâmpadas” que o não funcionamento de uma lâmpada conectada a pilha de Daniell deve-se a alta resistência ôhmica da ponte salina, e que somente com um tubo em “U” com mais de 20mm de diâmetro a lâmpada acenderá. Neste trabalho utilizamos tubo em “U” com diâmetro interno de 20mm, e com base nos resultados obtidos acreditamos ser necessário um tubo em “U” com diâmetro muito maior.

Todos os livros didáticos de química pesquisados apresentavam o sistema da pilha de Daniell provocando o acendimento de lâmpadas. Dentre os livros analisados, o da autora Marta Reis foi que mais nos chamou atenção, pois a autora afirma veementemente que é possível a obtenção do efeito luminoso através da pilha de Daniell. Não podemos deixar de destacar que a pilha de Daniell apresentada nos livros didáticos não representa fielmente a maneira como ele a construiu, até porque, ... quando John F. Daniell projetou sua pilha em 1836 a lâmpada ainda não existia, pois somente seria inventada em 1879 pelo americano Thomas Alva Edison (1847-1931) !

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BOCCHI, N.; FERRACIN L. C. E BIAGGIO S. Regina. Pilhas e Baterias: funcionamento e impacto ambiental. **Química Nova na Escola**, n.11, p. 3-9, 2000.
- HIOKA, N.; MAIONCHI, F.; RUBIO, D. A. R.; GOTO, P. A.; FERREIRA, O. P. Pilhas modificadas empregadas no acendimento de lâmpadas, **Química Nova na Escola**, n.8, p. 36-39, 1998.
- HIOKA, N.; FILHO, O.S.; MENEZES, A. J.; YONEHARA, F. S.; BERGAMASKI, K. E PEREIRA, R. V. Pilhas de Cu/Mg construídas com materiais de fácil obtenção, **Química Nova na Escola**, n.11, p.40 - 44, 2000.

MAXWELL, J. C. **A treatise on electricity and magnetism**. London: Oxford, v.1, 1873.  
OLIVEIRA, L. A. A.; VALLE, G.G. E ZANLUQUI, L. A. Construção de pilhas elétricas simples – um experimento integrado de química e física. **Eclética Química**, v.26, 2001.  
TOLENTINO, M. E ROCHA-FILHO, R. O bicentenário da invenção da pilha elétrica. **Química Nova na Escola**, n.11, p. 35-39, 2000.