



# DE “VOLTA” PARA O FUTURO

**A FAÍSCA**

**A HISTÓRIA DA ELETRICIDADE**



**PROFESSORES**

**VERUSKA CABRAL** Química

**RAIMUNDO NONATO DE MEDEIROS JR** Física

## SINOPSE DO PROGRAMA

O documentário mostra o momento em que a energia elétrica se tornou um importante objeto de estudo e revolucionou a humanidade. Até o século XVIII a iluminação era garantida por velas e lamparinas. A energia elétrica era apenas uma curiosidade e seu potencial não era compreendido. Foi então que filósofos e pensadores começaram a investigar a eletricidade e perceber o seu incrível poder. O mundo foi radicalmente transformado e a eletricidade marcou uma nova era para o desenvolvimento humano. No programa “Sala de Professor” professores de Física e Química remontam experimentos que ajudaram a mostrar o poder da energia elétrica.

## APRESENTAÇÃO

O documentário sobre Eletricidade traz uma excelente oportunidade para os docentes de Física e Química desenvolverem seus conteúdos em parceria. Ambos os professores poderão tratar da história do desenvolvimento dessa importante propriedade presente em nosso cotidiano. O professor de Física pode abordar noções que envolvem circuitos elétricos e o professor de Química, conteúdos como os geradores químicos e as reações de oxirredução, especialmente no caso do funcionamento das pilhas.

# UM OLHAR PARA O DOCUMENTÁRIO A PARTIR DA FÍSICA

Esta proposta de trabalho é destinada a alunos que estudarão o conteúdo de **eletromagnetismo**, assunto tradicionalmente visto na 3ª série do Ensino Médio. Recomenda-se que após a exibição, o professor faça uma retrospectiva sobre os estágios pelos quais passou a humanidade até a compreensão dos fenômenos elétricos atuais. Você poderá discorrer com especial atenção os seguintes temas:

Extração das cargas elétricas de um corpo para outro e condução através de materiais condutores;

Armazenamento da carga elétrica em um capacitor (garrafa de Leyden);

Eletricidade como forma de energia, e não um fluido, como se pensava antigamente;

Igualdade entre as propriedades dos fenômenos elétricos nos seres vivos e aqueles produzidos por uma máquina ou um raio;

A energia elétrica não precisa ser necessariamente proveniente da energia mecânica. Ela pode ser obtida a partir de outras formas de energia, como a energia química de uma pilha.

A partir do desenvolvimento da pilha por Alessandro Volta, contextualize o momento histórico perguntando aos alunos o que pode ter motivado seus estudos e quais os avanços posteriores e a forma de utilização das pilhas.

Para realizar a atividade prevista na parte interdisciplinar, será necessário que o professor de Física considere alguns aspectos sobre os circuitos elétricos e sobre os geradores eletroquímicos. Por isso, comece discorrendo aos alunos sobre a relação entre o trabalho realizado pela força elétrica sobre uma determinada quantidade de carga:

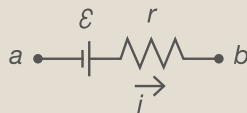
$$\text{Força Eletromotriz (fem): } \mathcal{E} = \frac{W}{q}$$

A razão entre trabalho e carga indica que estas grandezas são diretamente proporcionais, sendo  $\mathcal{E}$  a constante de proporcionalidade que foi denominada **força eletromotriz (fem)** - apesar de não se tratar de uma força, uma vez que sua unidade não a caracterize como tal, mas sim como uma diferença de potencial (DDP). Veja:

$$\text{Volt (V)} = \frac{\text{Joule (J)}}{\text{Coulomb (C)}}$$

Unidades de medidas no sistema internacional.

Como parte da energia proveniente de um gerador será dissipada nele próprio, na forma de calor, significa que teremos uma redução na tensão útil fornecida ao circuito. Considerando  $r$  como uma resistência do gerador, teremos:

Gerador   $U = \mathcal{E} - r \cdot i$

Estando este gerador fora de um circuito elétrico, a corrente elétrica seria nula, portanto:

$$\mathcal{E} \quad U = \mathcal{E} - r \cdot i$$

Lembrando-se da **Lei de Ohm**:

$$i = \frac{U}{R}$$

Utilizando um pouco de álgebra, podemos determinar a resistência interna  $r$  de um gerador em um circuito com um resistor de resistência  $R$  conhecida:

$$r = R \left( \frac{\mathcal{E}}{U} - 1 \right)$$

Na associação de geradores em série, a corrente elétrica é a mesma em todos os elementos, e a tensão total  $U$  é a soma das tensões produzidas em cada gerador.

Então, considerando três geradores associados em série, podemos escrever:

### ASSOCIAÇÃO DE GERADORES EM SÉRIE



De acordo com a equação de um gerador, substituiremos  $U$ :

$$\mathcal{E} - r \cdot i = (\mathcal{E}_1 - r_1 \cdot i) + (\mathcal{E}_2 - r_2 \cdot i) + (\mathcal{E}_3 - r_3 \cdot i)$$

Organizando:

$$\mathcal{E} - r \cdot i = (\mathcal{E}_1 - r_1 \cdot i) + (\mathcal{E}_2 - r_2 \cdot i) + (\mathcal{E}_3 - r_3 \cdot i)$$

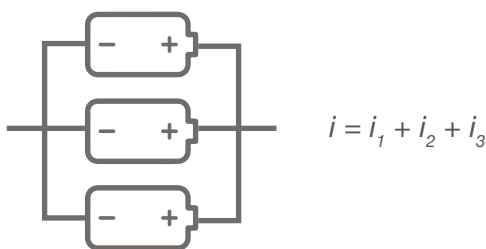
Portanto:

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2 + \mathcal{E}_3 \quad \text{e} \quad r = r_1 + r_2 + r_3$$

Concluimos, então, que uma associação de geradores em série comporta-se como um único gerador de maior força eletromotriz e resistência interna.

Já na associação em paralelo, a DDP é a mesma de um único gerador, mas a corrente elétrica total é a soma da corrente elétrica em cada gerador.

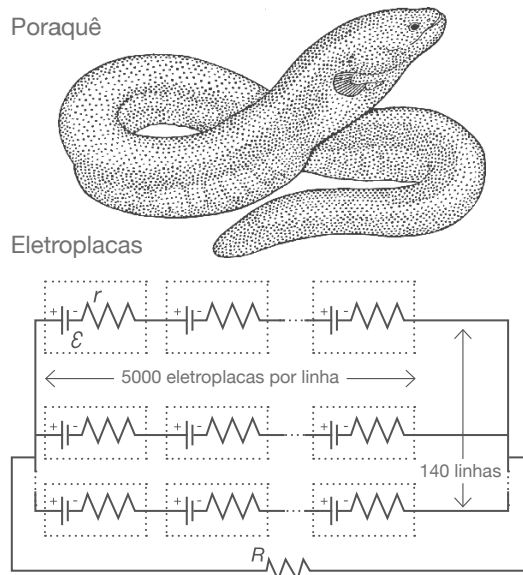
### ASSOCIAÇÃO DE GERADORES EM PARALELO



Portanto, esta forma de associação pode ser utilizada quando se deseja uma corrente elétrica maior que a produzida por um único gerador. Estes conceitos serão mobilizados para a construção de pilhas e baterias químicas que será proposta na parte interdisciplinar.

Por fim, podemos fazer relacionar os peixes elétricos mostrados no vídeo com uma associação mista de gerados, isto é, uma ligação em que teríamos geradores conectados tanto em série quanto em paralelo. O texto de uma questão que fez parte da prova de Física em um dos vestibulares da UFRN, descreve mais detalhadamente a estrutura física do peixe.

O poraquê (*Electrophorus electricus*), peixe comum nos rios da Amazônia, é capaz de produzir corrente elétrica por possuir células especiais chamadas eletroplacas. Essas células, que atuam como baterias fisiológicas, estão dispostas em 140 linhas ao longo do corpo do peixe, tendo 5000 eletroplacas por linha. Essas linhas se arranjam da forma esquemática, mostrada na figura abaixo. Cada eletroplaca produz uma força eletromotriz  $\mathcal{E} = 0,15V$  e tem resistência interna  $r = 0,25\Omega$ . A água em torno do peixe fecha o circuito.



Representação do circuito elétrico que permite ao poraquê produzir corrente elétrica.

O professor de Física pode utilizar as informações do texto para explicar aos alunos sobre o peixe mostrando como o conhecimento físico pode descrever aplicado na descrição de diferentes sistemas, inclusive orgânicos, e não somente em situações idealizadas e abstratas.

Como avaliação o professor pode pedir aos alunos que descrevam “eletricamente” outros sistemas físicos ou biológicos, como lanternas, quadro de luz, células, músculos e outros. Uma planta de instalação elétrica de uma residência e a confecção de uma maquete também fornecem elementos para avaliação.

# UM OLHAR PARA O DOCUMENTÁRIO A PARTIR DA QUÍMICA

A contribuição da Química para a compreensão do documentário está baseada em estudos de grande importância para o desenvolvimento da eletroquímica, demonstrando que os fenômenos elétricos eram resultantes também de reações químicas. O docente de Química poderá desenvolver os conteú-

dos que tratem de **modelos atômicos, reatividade de metais, eletrólito e oxirredução**.

Após a apresentação do documentário, sugerimos ao professor que faça uma breve exposição para os alunos sobre alguns conceitos básicos do tema mencionado.

## MODELOS ATÔMICOS

Acreditava-se que a matéria era formada de partículas pequenas e indivisíveis. Porém, com o passar do tempo, pesquisas demonstraram que o átomo não era indivisível e possuía um núcleo com cargas positivas e elétrons dotados de cargas negativas. Foi então que, a partir de novas experiências, surgiram novos modelos atômicos.

### EVOLUÇÃO DOS MODELOS ATÔMICOS



## REATIVIDADE DE METAIS

Chamamos de metais reativos os elementos que doam, espontaneamente, elétrons para os elementos menos reativos. Esta doação estabelece assim as reações espontâneas.



### REATIVIDADE AUMENTADA



Li ▸ K ▸ Ca ▸ Mg

Alcalinos e alcalinos terrosos

Al ▸ Zn ▸ Cr ▸ Fe ▸ Ni ▸ Sn ▸ Pb

Metais mais comuns no nosso cotidiano

Cu ▸ Hg ▸ Ag ▸ Au

Metais nobres

## ELETRÓLITO

Chamamos de eletrólito toda substância que, dissociada ou ionizada, origina íons positivos (cátions) e íons negativos (ânions) pela adição de um solvente ou por aquecimento. Dessa forma, a substância torna-se um condutor de corrente elétrica.



## OXIRREDUÇÃO

Uma reação de oxirredução ocorre quando há perda e ganho simultâneos de elétrons entre dois eletrodos. Isso ocorre porque os elétrons que são perdidos por um átomo, íon ou molécula, são imediatamente recebidos por outros átomos, íons ou moléculas. A oxirredução está presente em diversas situações, inclusive no funcionamento das pilhas e baterias.



# UMA CONVERSA ENTRE AS DISCIPLINAS

Para a atividade interdisciplinar, propomos a construção de pilhas de Daniell. Os materiais necessários para a construção das pilhas estão listados ao final desta seção.

Inicialmente, os alunos analisarão quais pares de metais e soluções líquidas podem reagir. Temos algumas possibilidades a seguir:

SEMIRREAÇÕES	POTENCIAL PADRÃO (VOLTS)	
$\text{Al}^{3+}_{(\text{aq})} + 3 \text{e}^-$	$\text{Al}_{(\text{s})}$	-1,67
$\text{Zn}^{2+}_{(\text{aq})} + 2 \text{e}^-$	$\text{Zn}_{(\text{s})}$	-0,763
$\text{Fe}^{2+}_{(\text{aq})} + 2 \text{e}^-$	$\text{Fe}_{(\text{s})}$	-0,44
$\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})} + 2 \text{e}^-$	$\text{Cu}_{(\text{s})}$	+0,364
$\text{Ag}^{+}_{(\text{aq})} + \text{e}^-$	$\text{Ag}_{(\text{s})}$	+0,80

Fonte: <[ftp://ftp.sm.ifes.edu.br/professores/thiago/torneio\\_de\\_confeccao\\_de\\_pilhas/Constru%E7%E3o%20de%20uma%20pilha%20did%E1tica%20de%20baixo%20custo.pdf](ftp://ftp.sm.ifes.edu.br/professores/thiago/torneio_de_confeccao_de_pilhas/Constru%E7%E3o%20de%20uma%20pilha%20did%E1tica%20de%20baixo%20custo.pdf)>. Acesso em 14 de fevereiro de 2013.

O professor de Química poderá explicar que dois metais diferentes, quando colocados em um meio líquido condutor de cargas elétricas, formam uma pilha. Esse meio líquido por onde as cargas serão transportadas poderá ser ácido ou salino.

Para a montagem da pilha, é preciso fazer dois cortes nas extremidades da tampa do recipiente, de modo a encaixar os eletrodos. Coloque então a solução de vinagre com sal no recipiente e meça a DDP com o multímetro.

Monte um circuito elétrico com o resistor e os fios e determine a resistência interna da pilha. Associe as pilhas em paralelo e realize medidas de DDP e

corrente, discutindo sobre as vantagens e desvantagens desse tipo de ligação.

Repita o procedimento para a associação em série, colocando as pilhas em uma caixa, e finalize com a construção de uma bateria da turma. Verifique a DDP da bateria, anote na caixa e ligue um LED ou uma lâmpada de acordo com a tensão obtida.

Na pilha ocorre transferência espontânea de elétrons. A capacidade que uma espécie tem de ceder ou receber espontaneamente elétrons denomina-se **potencial**.

Para metais diferentes colocados no meio condutor, surgem cargas de polaridades opostas e fica estabelecida uma diferença de potencial elétrico (DDP) entre eles. Aquele que tem maior potencial de redução recebe elétrons daquele que tem menor potencial de redução. A diferença de potencial de uma pilha é o resultado de potencial de redução de uma semipilha (potencial maior, chamado cátodo) menos o potencial de redução da outra semipilha (potencial menor, chamado ânodo).

Dependendo da escolha dos pares de metais, pode-se conseguir tensões de mais de 1V. Os pares podem ser, por exemplo, ferro/cobre, alumínio/cobre, zinco/cobre, alumínio/ferro e outros. Montada a pilha, se conectarmos os metais (nesse caso, chamados de eletrodos) por um fio condutor, teremos uma corrente de elétrons passando pelo fio. Lembrar aos alunos que esse fluxo ou corrente de elétrons caracteriza aquilo que chamamos de corrente elétrica, e isto **não é** eletricidade.

Dependo da solução aquosa envolvida, podemos visualizar através de uma lâmpada sua intensidade luminosa e mensurar se a tensão da condutividade elétrica será alta ou baixa.

**QUADRO 1 - RESULTADOS OBTIDOS DO EXPERIMENTO CONDUTIBILIDADE ELÉTRICA DAS SOLUÇÕES**

SUBSTÂNCIA	INTENSIDADE LUMINOSA	CONDUTIVIDADE ELÉTRICA
Açúcar	Não	Não condutora
Acetona	Não	Não condutora
Água	Não	Não condutora
Álcool	Não	Não condutora
Vinagre	Pequena	Baixa
Amoníaco	Pequena	Baixa
Ácido Muriático	Grande	Alta
Soda Cáustica	Grande	Alta
Sal de Cozinha	Grande	Alta

Se possível, os alunos também podem fazer testes com placas de diferentes tamanhos, verificando se há alguma alteração na DDP e na corrente de curto-circuito.

Concluídas as pilhas, o professor de Física poderá solicitar aos grupos que determinem a resistência interna de sua pilha, conforme foi discutido anteriormente, utilizando um resistor de 100  $\Omega$  para inserir no circuito junto com a pilha. O uso de um multímetro pode fornecer valores numéricos concretos para balizar a discussão das associações em série e paralelo, indicadas a seguir.

Em seguida, para promover uma atividade de integração com toda a turma, o professor deverá orientar os alunos a associarem suas pilhas em paralelo e depois em série, de modo que sejam feitas medidas de DDP e corrente de curto-circuito. O professor então deverá questionar os alunos sobre as vantagens desta ou daquela ligação. Poderão ser colocadas lâmpadas à disposição para que eles possam verificar o brilho.

Vale lembrar que, no caso da associação em paralelo, podem surgir colocações como “as pilhas irão funcionar por mais tempo” ou “elas produzem uma corrente maior”. Em ambos os casos será bem mais interessante utilizar pilhas maiores e alcalinas, uma vez que, ao associar pilhas em paralelo, existe o risco de algumas delas funcionarem como receptores, consumindo energia do sistema.

Na prática, utilizamos a associação em paralelo apenas durante curtos intervalos de tempo, como no caso de quisermos dar a partida em um carro que está com a sua bateria fraca utilizando a bateria de outro carro. Portanto, a associação verdadeiramente usual é a ligação em série, pois ela aumenta a tensão disponível.

A avaliação da atividade deve considerar a montagem das pilhas e a descrição física do circuito. Pode-se orientar os alunos a elaborarem um relatório de atividade, com introdução, procedimentos, análise dos dados e conclusão como forma de registro. Neste caso, avalie clareza e correção da descrição.



## MATERIAL

- Uma placa de cobre e uma de zinco (6cmx2cm cada uma);
- 60ml de uma solução de vinagre com sal de cozinha;
- Um recipiente de exame;
- Multímetro digital;
- Resistor 100  $\Omega$ ;
- Fios.





## ETAPAS

Montagem das pilhas;

Determinação da resistência interna das pilhas;

Associação das pilhas em paralelo e depois em série e realização de medidas de DDP e corrente de curto-circuito.



## VEJA MAIS

Construção de pilhas – eletroquímica. Disponível em: <<http://portaldoprofessor.mec.gov.br/ficha-TecnicaAula.html?aula=33527>>;

Pilha de moedas. Disponível em: <<http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnica.html?id=26725>>.

# SUGESTÕES DE LEITURA E OUTROS RECURSOS



## LIVROS E REVISTAS

FELTRE, R. **Química**. V. 2. 6ª ed. São Paulo: Moderna, 2006. pp. 282-299.

Grupo de Reelaboração do Ensino de Física. **Física 3: Eletromagnetismo / GREF**. 4ª ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2000. Parte 3, pp. 195-229.

OLIVEIRA, A. G. M. I. Construção de uma pilha didática de baixo custo. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**. **18 (1)**. pp. 101-107, abril de 2001.

SILVEIRA, F. L. Associação de pilhas em paralelo. Onde e quando a usamos? **Caderno brasileiro de ensino de Física, Florianópolis**. **20 (3)**, pp. 391-399, 2003.

USBERCO, J.; SALVADOR, E. **Química**. Volume Único. 7ª ed. São Paulo: Saraiva, 2009. Parte 2, pp. 343-369.



## SITES E OUTROS RECURSOS

Determinação da resistência interna de uma pilha. Disponível em: <[http://fisica.uc.pt/data/20032004/apontamentos/apnt\\_115\\_7.pdf](http://fisica.uc.pt/data/20032004/apontamentos/apnt_115_7.pdf)>. Acesso em: 14 de fevereiro de 2013.

Pilha de Daniell. Disponível em: <[http://efisica.if.usp.br/electricidade/basico/pilha/pilha\\_daniell/](http://efisica.if.usp.br/electricidade/basico/pilha/pilha_daniell/)>. Acesso em: 14 de fevereiro de 2013.

KRUGER, V.; LOPES, C. V. M.; SOARES, A. R.; Eletroquímica para o Ensino Médio. Disponível em: <<http://www.iq.ufrgs.br/aeq/html/publicacoes/matdid/livros/pdf/eletroquimica.pdf>>. Acesso em: 14 de fevereiro de 2013.



Um documentário da TV Escola. Um ponto de partida para grandes trabalhos com os alunos. Assim é o Sala de Professor. O programa incentiva os professores de Ensino Médio a desenvolverem projetos que mudem a rotina em sala de aula. Em cada programa, dois professores convidados criam um projeto a partir de documentários exibidos na TV Escola. São sempre propostas e experimentos inovadores, que podem ser reaplicados em qualquer escola do país.

Os trabalhos apresentados são detalhados em dicas pedagógicas como essa e ficam disponíveis no site da TV Escola. Os professores também podem usar as artes criadas para o programa: são animações, tabelas, mapas e infográficos que tornam os conteúdos mais visuais e interativos. As dicas pedagógicas e as computações gráficas foram transformadas em fascículos interativos para *tablets*. E o professor também pode navegar pelo material extra do programa no *blog* do Sala. Para ter acesso a esses produtos, acesse o site [tvescola.mec.gov.br](http://tvescola.mec.gov.br) ou curta a *fan page* da TV Escola no Facebook.

