

**Eixo:** Transferência, transformação e conservação da energia  
**Tema 6 – Energia Elétrica**  
**Tópico 17 – Geradores de Energia Elétrica**

Prof. Arjuna C. Panzera

**Tensão e corrente induzida**

**Porque ensinar**

A compreensão do processo de produção de energia elétrica é gerada a partir do magnetismo é essencial para que possamos explicar e prever inúmeras situações práticas em nossa vida diária. O simples fato de acender uma lâmpada nos remete a pensar de onde vem a eletricidade e como ela foi gerada. No Brasil existem diversas usinas de eletricidade: usinas hidrelétricas, térmicas, eólicas e nucleares. Nessas usinas a eletricidade é produzida da mesma forma, através de um gerador ou dínamo. O estudo das leis de Faraday e Lenz nos dará elementos para entender como o dínamo gera eletricidade. A lei de Faraday tem uma importância teórico-científica muito grande, pois foi através dela que surgiu o “eletromagnetismo” que é um dos conteúdos mais utilizados na nossa tecnologia atual.



Usina eólica da CEMIG no Morro do Camelinho - Gouveia

Desta forma, o ensino deste tópico justifica-se principalmente, em função das razões sócio-políticas apresentadas no documento da proposta curricular de Física do PDP.



Usina hidrelétrica de São Simão

Assim, se sua comunidade for chamada a participar da discussão sobre a instalação de usinas em sua região, este tópico lhe dará elementos científicos que poderão ser usados e dessa forma os estudantes estarão exercendo a cidadania com maior autoridade e poder argumentativo.

### **Condições prévias para ensinar**

No ensino de física, devemos aproveitar os tópicos, cujos conteúdos, possuem materiais concretos, usando-os para facilitar o aprendizado. Assim como no tópico anterior, a abordagem fenomenológica deve vir em primeiro lugar. Usar ímãs, bobina ou eletroímã, amperímetro e bússola na sala de aula facilitará a compreensão do significado de indução magnética. Ver tais materiais funcionando motiva o estudante no estudo desse tópico bem como colabora na compreensão dos conceitos. Mostrar que ligando os pólos de um eletroímã a um fio reto e aproximando um ímã do eletroímã produz corrente elétrica que faz mover uma bússola colocada nas suas proximidades, causa sempre uma surpresa (um Oh!!!!) e às vezes seguidos de palmas, mostrando que os estudantes gostam de ver e entender por que os artefatos tecnológicos funcionam.

De uma maneira geral, para compreendermos o eletromagnetismo, é necessária uma boa noção de desenhos em perspectiva, pois muitas vezes os fenômenos acontecem nas três dimensões do espaço; como a nossa representação é feita no papel ou no quadro de giz, isto é, em duas dimensões, isso causa uma dificuldade na sua visualização. Alunos que conseguem desenhar um paralelepípedo em perspectiva têm mais facilidade na compreensão dos conceitos eletromagnéticos, por exemplo, o significado de fluxo magnético, que será estudado nesse tópico.

### **O que ensinar**

Pelo o que está fixado no CBC, neste tópico pretende-se que o aluno compreenda como a eletricidade é gerada a partir do magnetismo. Espera-se também que o estudante compreenda e utilize as leis de Faraday e Lenz para resolver, qualitativamente, problemas envolvendo a tensão induzida, determinando o sentido de circulação da corrente induzida numa espira. O aluno deverá saber explicar o funcionamento de um gerador de corrente alternada, aplicando o conhecimento adquirido anteriormente.

### **Como ensinar**

#### Abordagem fenomenológica

É essencial que no início do estudo de eletromagnetismo o professor leve para a sala de aula um ímã "forte" (p.ex. um núcleo de alto-falante), uma bobina (ou um eletroímã) e um miliamperímetro, de preferência analógico de zero central (ou uma bússola) fazendo as seguintes atividades:

- a) ligue a bobina (se possível colocando um núcleo de ferro no seu interior), ao miliamperímetro.
- b) aproxime o ímã da bobina verificando que o ponteiro do miliamperímetro move-se, indicando que foi criada uma corrente elétrica. Se você não tiver um miliamperímetro então proceda da seguinte forma: ligue os terminais de um eletroímã a um fio reto que estará sobre uma bússola. Aproxime o ímã do eletroímã e então verifique que a bússola se moverá indicando que esse procedimento produziu corrente elétrica que faz mover a agulha da bússola.
- c) mostre que o miliamperímetro acusará corrente ou no experimento da bússola, que a agulha se moverá, quando o ímã aproximar-se ou afastar-se do eletroímã; mostre também que quando

o ímã estiver parado próximo do eletroímã não haverá corrente induzida. Esses experimentos constituem a base para a compreensão da Lei de Faraday.

d) após o estudante ter compreendido o conceito de fluxo magnético na aula teórica, sugerimos que você repita os mesmos procedimentos entendendo-os à luz desse novo conceito e, portanto, internalizando os parâmetros relevantes da Lei de Faraday: a corrente induzida aparecerá quando houver variação do fluxo magnético.

e) numa outra etapa, pode-se prever o sentido da corrente induzida (Lei de Lenz) repetindo os mesmos experimentos anteriores: para que lado o ponteiro do miliamperímetro irá se mover se o ímã aproximar-se do eletroímã? Ou, para que direção a agulha da bússola irá se mover quando o ímã afastar-se do eletroímã?

### Abordagem teórica

O conceito de fluxo magnético deve ser inicialmente trabalhado e como para a sua compreensão há necessidade da sua visualização em três dimensões, sugerimos algumas atividades:

a) Arrume uma caixa de papelão bem grande, p. ex. de (40 x 40 x 80) cm e corte algumas partes, restando o que está mostrado na figura 1.



Figura 1

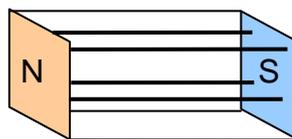
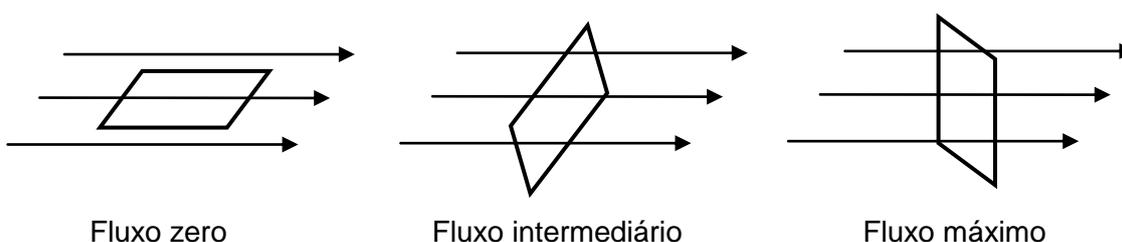


Figura 2

Escreva nas duas faces laterais (bege e azul), com pincel atômico, as letras N e S, como se houvesse ali os pólos Norte e Sul de dois ímãs, formando um campo magnético uniforme entre os pólos. Faça quatro furos nas faces laterais N e S e estique quatro barbantes para simular as linhas de indução do campo magnético, como na figura 2. Construa com arame grosso, uma espira retangular e faça-a girar dentro dos barbantes mostrando:

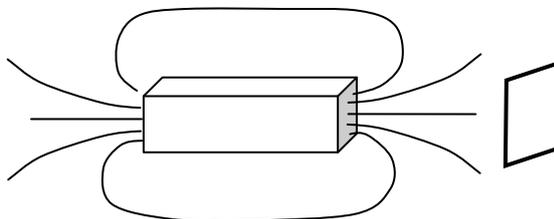


Se o professor tiver facilidade em desenhar essas figuras em perspectiva no quadro, facilitará a compreensão sobre fluxo.

b) Caso o professor tenha uma sala de informática poderá usar simulações em computador para mostrar tais movimentos de uma espira no interior de um campo magnético.

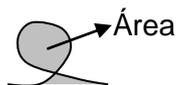
c) mostre também que a variação do fluxo magnético pode ocorrer não só com a mudança do ângulo entre o plano da espira e o campo: variando-se a intensidade do campo magnético sobre a espira também pode-se produzir corrente induzida. Um material importante que poderá ser construído por você ou por seus alunos é a visualização tridimensional do campo magnético de um ímã de barra. Arranje um toco de madeira usado como caibros de telhado

nas dimensões (8 x 8 x 30) cm simulando um ímã de barra. Faça vários furos de 2 cm de profundidade nas faces (8 x 8) cm e enfie arames galvanizados usados em varais de roupa, encurvando-os de um lado a outro para simular as linhas de indução do campo magnético ao redor do ímã de barra, como na figura.



Ao aproximar ou afastar a espira retangular de arame dos pólos do ímã, o número de linhas (arames) que atravessarão a espira mudará, indicando que a intensidade do campo está mudando e assim variará o fluxo, aparecendo uma corrente induzida na espira.

d) uma outra maneira de variar o fluxo magnético é pela mudança de sua área. Para que o conceito fique concreto, arranje um pedaço de arame grosso de varal de uns 80 cm de comprimento encurvando-o na forma de uma letra “e” minúscula (  $e$  ). Este “e” possui certa área interior, que pode ser diminuída se você puxar as duas extremidades do arame.



Se você mudar a área do “e” próximo a uma ímã, aparecerá uma d.d.p. nas extremidades do arame.

e) A compreensão da Lei de Lenz, que indica o sentido da corrente induzida, é ainda mais complexa. Sugerimos que você use um número muito grande de exemplos para que o aluno internalize tal conceito. Você pode repetir as atividades anteriores, da caixa de papelão, do toco de madeira e do arame em “e” para prever o sentido da corrente induzida.

f) uma última atividade teórico-demonstrativa é entender o funcionamento do gerador de C.A. Isso pode ser feito com o material usado na caixa de papelão. A cada  $\frac{1}{4}$  de giro da espira retangular dentro do campo magnético, faça a previsão do sentido da corrente, mostrando que a cada  $180^\circ$  haverá mudança no sentido da corrente, promovendo uma corrente alternada.

Achamos que essas atividades devem anteceder a matematização das Leis de Faraday e Lenz na resolução de problemas.

### Abordagem tecnológica

Sugerimos alguns procedimentos que podem ser realizados como demonstração na sala de aula, ligados à tecnologia:

a) seria interessante você levar para sala um motorzinho ligado a uma pequena lâmpada. Enrolando um barbante no eixo do motor e puxando-o rapidamente a lâmpada acenderá, mostrando o aparecimento da corrente induzida. O funcionamento normal de um motorzinho se dá quando você o liga numa bateria e ele gira. Se, ao contrário, você girar seu eixo, o motorzinho criará uma corrente elétrica e, portanto funcionará como um dínamo.

b) mostre que as usinas hidrelétricas, termelétricas, eólicas e nucleares usam um dínamo como o que foi mostrado para gerar energia elétrica.

c) mostrar o motorzinho desmontado é uma atividade importante, pois os alunos verão que em seu interior existe um ímã e uma bobina que gira dentro do campo magnético criado pelo ímã; tais dispositivos são os mesmos que foram usados nos experimentos da abordagem fenomenológica. Mostrar as várias partes do motorzinho de C.C. é extremamente importante nesse tópico e essencial para derrubar o pré-conceito de que somente algumas pessoas podem entender aparelhos elétricos.

### Como avaliar

A avaliação da aprendizagem em física pode ser feita de várias formas. Nos livros textos já existem sugestões de diversas questões abertas ou de múltipla escolha que podem ser utilizadas. Existe um banco de itens de teste de múltipla escolha neste mesmo site do CRV que pode ser bastante utilizado. Tais questões podem ser utilizadas durante as aulas onde os alunos individualmente ou em grupos podem discutir a sua solução.

Outra verificação da aprendizagem pode ser feita fazendo com que os alunos procurem com eletricitistas de automóveis alternadores, que são dínamos usados para carregar a bateria do carro, verificando seu funcionamento e quais os defeitos mais comuns que aparecem e por que.

Um trabalho prático interessante é sugerir que os alunos utilizem um motorzinho ligado a uma lâmpada adaptando ao seu eixo, pás que podem girar mediante a queda d'água de uma torneira, simulando uma usina hidrelétrica.

Os estudantes podem apresentar trabalhos de pesquisa na internet sobre a capacidade de produção energética das várias usinas brasileiras.

No site citado nas referências [www.feiradeciencias.com.br](http://www.feiradeciencias.com.br) existem vários experimentos interessantes que os alunos poderão fazer mostrando os conceitos de indução magnética que trabalharam neste tópico, montando-os em sala de aula.

### Referências:

- I. Física Conceitual – Paul G. Hewitt – ed. Bookman - 9ª Edição (p. 424 a 454).
- II. Seis experimentos que mudaram o mundo – vídeo transmitido pela National Geográfic – contêm a explicação de como gerar energia elétrica a partir do magnetismo – reproduz o experimento original de Michael Faraday.
- III. [www.feiradeciencias.com.br](http://www.feiradeciencias.com.br)

### Outras referencias

- 1 – Física 3 – Eletromagnetismo - GREF - Edusp 4ª Edição - Pág. 161 ao 194
- 2 – Fundamentos de Física 3 - A lei da Indução, de Faraday - David Halliday e Robert resnick - livros técnicos e científicos editora Ltda. - Pág. 189 ao 200.

Eixo Temático:	ELETRICIDADE E MAGNETISMO
Tema:	Eletromagnetismo
Tópico 8:	Geradores e motores

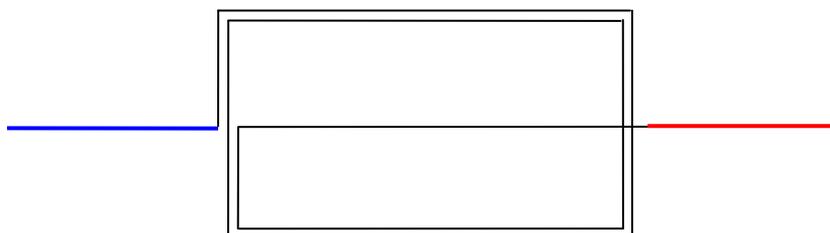
### Objetivos:

- Compreender como a força magnética atua em condutores percorridos por correntes elétricas.
- Saber relacionar a força magnética com o funcionamento de um motor de corrente contínua.
- Compreender como a eletricidade é gerada a partir do magnetismo, isto é, o conceito de corrente induzida.
- Compreender o funcionamento de um gerador elétrico de corrente alternada ou dínamo.

### Providências para a realização da atividade:

Para que esta atividade seja realizada devem-se providenciar os seguintes materiais:

- 2 pilhas secas de 1,5 V
- 2 ímãs potentes (p.ex. de núcleo de alto-falante)
- 3 pedaços de fio rígido de cobre de 40 cm
- 1 fita durex
- 1 folha de lixa d'água nº 180
- 3 m de fio de cobre envernizado ou esmaltado (1mm de diâmetro)
- 1 quadro retangular com o fio de cobre, conforme a figura abaixo. As dimensões desse retângulo deve ser (8 x 4) cm. Na figura, o desenho apareceu simplificado, com apenas duas voltas no fio ao longo do perímetro do retângulo, porém é importante que o quadro tenha seis a sete voltas. Para que o conjunto de fios não fique solto você deve envolver os quatro lados do retângulo com fita durex. O verniz do fio de cobre é um isolante elétrico e nas partes externas do retângulo (destacado na figura com as linhas azul e vermelha) você deve lixá-lo tirando o verniz, para torná-lo condutor, mas com um detalhe importante: num dos lados externos (no azul p.ex.) você deve lixar apenas a metade do fio e no outro lado (no vermelho) lixá-lo por inteiro. Você deve ter o cuidado para que esse quadro esteja no mesmo plano.



- 1 placa de isopor de (15 x 20 x 2) cm
- 2 forquilhas de fio de cobre sem o verniz
- 1 m de fio encapado fino
- 2 motores de carrinhos à pilha
- 1 bobina de 300 espiras
- 1 microamperímetro analógico de zero central
- 1 lâmpada de lanterna de 1,5 V ou 3 V

O microamperímetro analógico de zero central pode ser substituído por um microamperímetro ou miliamperímetro de um multímetro analógico, mesmo não sendo de zero central.

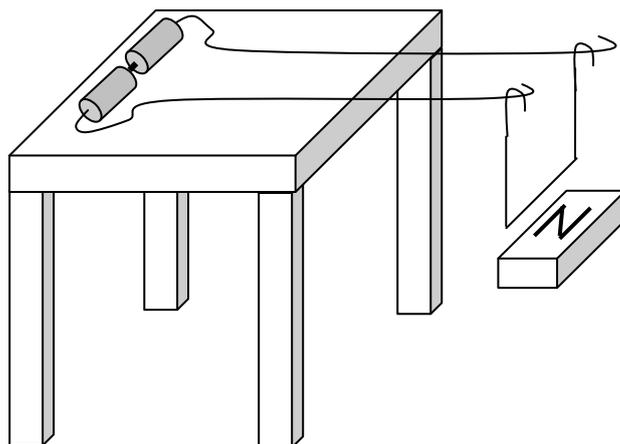
### Pré-requisitos:

Lembrar os estudantes sobre a regra do tapa da mão direita (ou da força magnética sobre um fio percorrido por uma corrente elétrica). Lembrar também sobre o conceito de fluxo magnético inserido nas Leis de Faraday e Lenz. Conhecer as diferenças entre corrente elétrica contínua e corrente alternada.

### Descrição dos procedimentos:

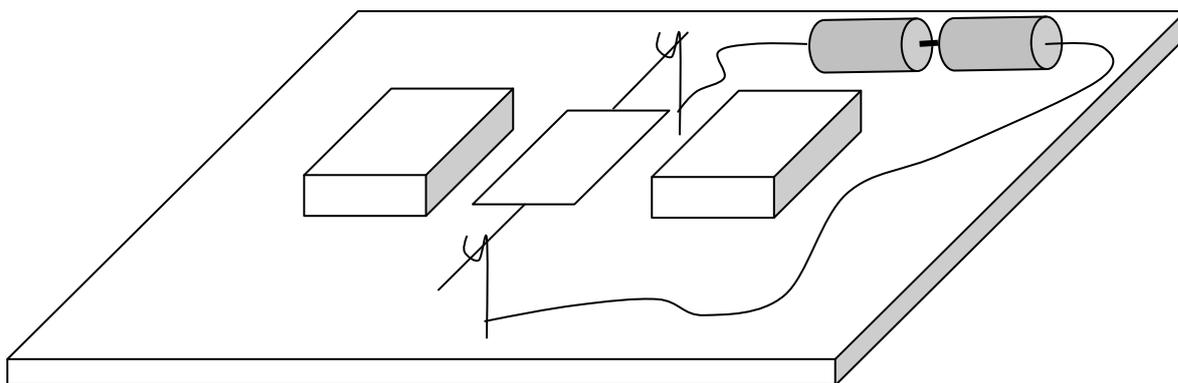
#### 1ª Parte: força magnética sobre um fio percorrido por uma corrente

1. Reproduza a montagem sugerida na figura a seguir: Os fios que estão sobre a superfície da mesa são rígidos e devem ter as pontas desencapadas. Inicialmente um desses fios deve estar desligado da pilha. O fio suspenso na forma de U também deve ter suas pontas desencapadas para que possa balançar sem muito esforço. Aproxime um ímã de barra do fio suspenso, com seu pólo norte voltado para cima e então faça a ligação na pilha.
  - a) Para que lado o fio suspenso se movimentou? Explique com base na regra do tapa.
  - b) Se você inverter o ímã, aproximando do fio suspenso o seu pólo sul o que ocorrerá? Explique novamente.
  - c) Agora inverta os pólos da pilha verificando para que lado o fio suspenso se move. Explique.



#### 2ª Parte: construindo um motor de corrente contínua

2. A força magnética que você observou na montagem anterior será usada agora, de uma maneira útil, na construção de um motor. Monte um quadro retangular com fio de cobre sobre as forquilhas que estarão fincadas na placa de isopor, como na figura. Os paralelepípedos representam dois ímãs posicionados de tal forma que fique o pólo norte de um em frente ao pólo sul do outro.



Duas pilhas grandes interligadas em série serão ligadas às duas forquilhas. Você deve dar um impulso inicial no quadro para que ele comece a girar. Não deixe o fio ligado nas pilhas por muito tempo, pois a corrente que flui nos fios é grande e faz a pilha se descarregar rapidamente – fazendo essa ligação você está dando um curto na pilha. Você acabou de construir um motor de corrente contínua contendo os elementos básicos de alguns pequenos motores encontrados no nosso cotidiano (carrinhos à pilha, p.ex.).

- d) Desmonte um motor de carrinho à pilha e verifique que ele possui os mesmos elementos do seu motor construído. Observe que ele possui três quadros (enrolamentos de fio, ou bobinas). Qual a vantagem desse motor em relação ao anteriormente construído?
- e) Procure explicar porque o motor que você construiu, girou num sentido e não no outro?
- f) Procure explicar porque o motor que você construiu, gira mais rápido quando você aproxima os ímãs do quadro?
- g) O que ocorreria no motor construído se você tivesse lixado ambas as partes dos fios terminais do quadro.

### 3ª Parte: corrente induzida

3. No motor anteriormente construído as pilhas fornecem energia elétrica para os fios que são percorridos por correntes, que interagindo com os ímãs provocam força magnética que faz girar o quadro (bobina), isto é, transformam energia elétrica em energia mecânica. Agora veremos que o contrário também é possível: energia mecânica transformando-se em energia elétrica.

Tome uma bobina de 300 espiras e ligue seus terminais a um microamperímetro de zero central de corrente contínua.

- h) Aproxime um ímã do orifício da bobina e observe o comportamento do ponteiro do microamperímetro. Para que lado o ponteiro se moveu?
- i) Aproxime o ímã agora com maior velocidade da bobina. Que diferença ocorreu em relação ao item anterior?
- j) Afaste agora o ímã da bobina. Para que lado o ponteiro se moveu?
- k) Se você mantiver o ímã em repouso e movimentar a bobina, o comportamento do ponteiro é o mesmo?
- l) Em todas essas situações se o ponteiro se moveu significa que foi criada uma corrente elétrica no circuito bobina – microamperímetro?
- m) Com base nas Leis de Faraday e Lenz você conseguiria prever o movimento do ponteiro do microamperímetro em cada um dos casos anteriores?
- n) Repare que se você mantém o ímã próximo ou dentro da bobina em repouso, não ocorre movimento do ponteiro. Explique esse fato com base na Lei de Faraday.

A corrente elétrica que foi criada pela movimentação relativa entre a bobina e o ímã é denominada de **corrente induzida** e repare que você teve que realizar um esforço (energia mecânica) para criar corrente elétrica (energia elétrica). Esse é um exemplo que mostra o princípio básico da geração de energia elétrica que ocorrem nas grandes usinas hidroelétricas, termoeletrônicas, eólicas e nucleares através dos geradores ou dínamos.

4. Tome o motor de carrinho que você usou no item 2d. Ligue seus terminais numa lâmpada de lanterna de 1,5 V ou 3 V. Enrole um barbante no eixo do motor e puxe-o, fazendo o eixo girar rapidamente. Dependendo da velocidade que você puxou a lâmpada deve acender com maior ou menor intensidade.

- o) Com base nas Leis de Faraday você conseguiria explicar porque a lâmpada acendeu?

Ligue agora os terminais do motor ao microamperímetro. Gire então levemente o eixo do motor com os dedos verificando o comportamento do ponteiro.

- n) Que tipo de corrente foi gerada no microamperímetro: contínua ou alternada?

Nos grandes motores e geradores o ímã que estaria dentro deles é substituído por uma bobina denominada de **bobina de indução**. Se você desmontar um liquidificador ou qualquer motor

usado em eletrodomésticos verá que não existe ímãs em seu interior e sim uma outra bobina que envolve a bobina ligada ao eixo do motor que gira.

#### Possíveis dificuldades:

Caso você não consiga um multímetro analógico, os digitais também servirão, porém com menos eficiência, pois os alunos terão que estar mais atentos ao aumento ou diminuição dos números do visor do aparelho, que é mais difícil do que observar o movimento do ponteiro de um analógico.

#### Alerta para riscos:

No item 4 se você girar o eixo do motor com muita velocidade é possível queimar a lâmpada, pois será gerada uma corrente superior a que ela pode suportar. É bom, portanto ter uma reserva de lâmpadas de 1,5 V.

#### Glossário:

Força magnética.

Motor de corrente contínua.

Lei de Faraday.

Lei de Lenz.

Corrente induzida.

Gerador de corrente alternada.

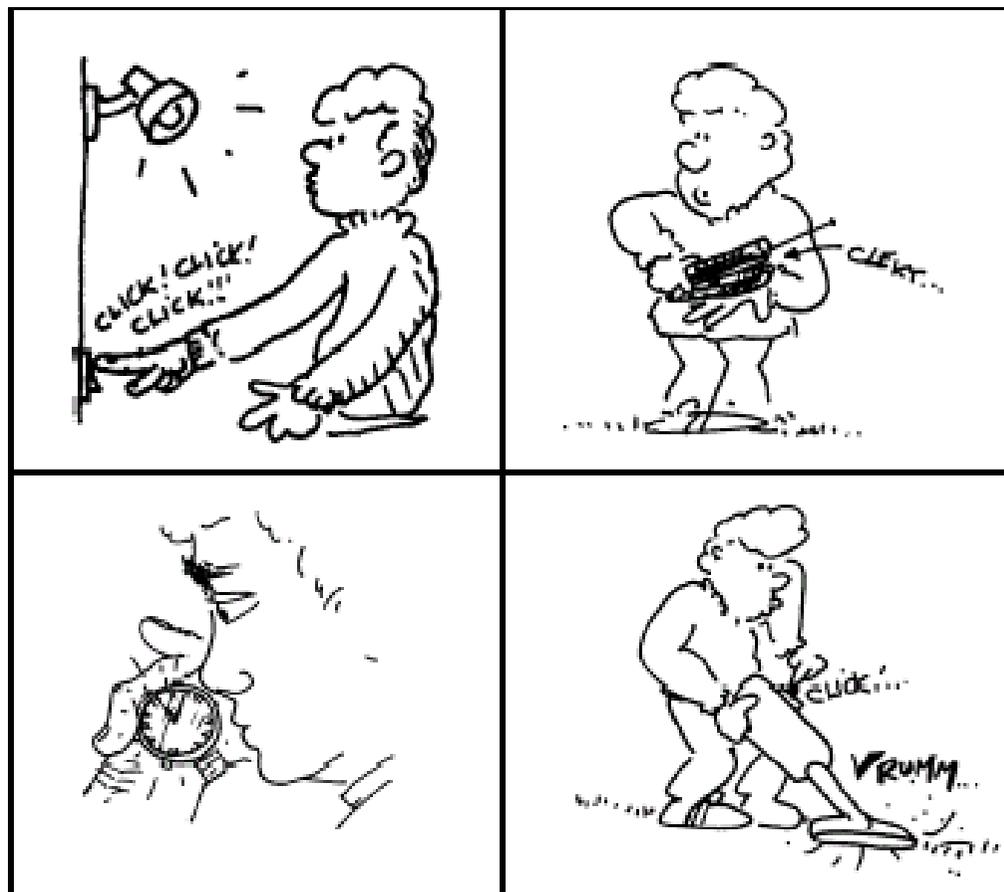
---

**Roteiro de Atividade: Tópico 8: Geradores e motores.**  
**Currículo Básico Comum - Ciências Ensino Médio**  
**Autor: Arjuna C. Panzera**  
**Centro de Referência Virtual do Professor - SEE-MG/2006**

**20**  
Usinas geradoras  
de eletricidade

---

Vamos conhecer os processos pelos quais diferentes formas de energia podem ser transformadas em energia elétrica



**Acende-apaga; liga-desliga; ...**  
**Quantas fontes de energia elétrica você**  
**já utilizou hoje?**

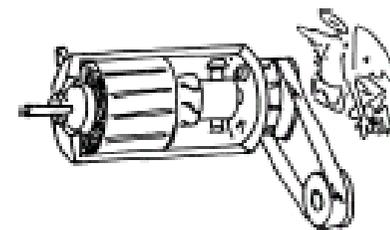
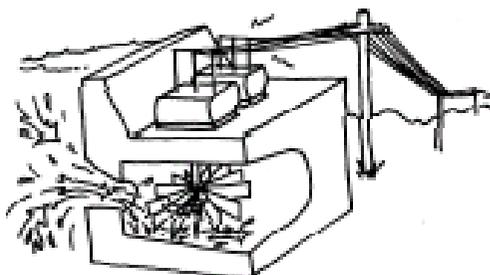


## 20 A produção de energia elétrica

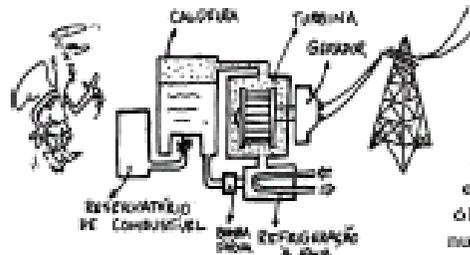
A maior parte da energia elétrica utilizada no Brasil provém dos geradores de eletricidade das usinas, temos também de usinas hidroelétricas. Nessas usinas a água é represada. Alternadores e os dinamos de automóveis que têm o mesmo por meio de barragens, que têm a finalidade principal de funcionamento. A diferença se dá na maneira como proporcionam um desnível de água capaz de movimentar a rotação do eixo do gerador: através da explosão de enormes turbinas. As turbinas são formadas por conjuntos de pás no cilindro do motor.

de pás ligadas ao eixo do gerador de eletricidade, que é posto a girar com a passagem da água.

Todos os aparelhos capazes de transformar alguma energia em energia elétrica são classificados como fontes de energia elétrica.



Outra forma de utilização de energia elétrica é através do processo de separação de cargas. Um exemplo bastante típico desses geradores é a pilha e também nas baterias comumente utilizadas em rádios, brinquedos, lanternas, relógios, etc.

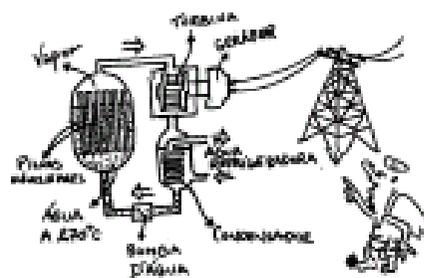


As turbinas podem também ser movimentadas por vapor d'água a alta pressão. Nesse caso, as usinas são termoeletricas ou nucleares.

Nas termoeletricas, o vapor d'água, é obtido através do aquecimento de água em caldeiras, pela queima de carvão, óleo, derivados de petróleo. Já nas usinas nucleares, o vapor d'água é obtido através da fissão do urânio.



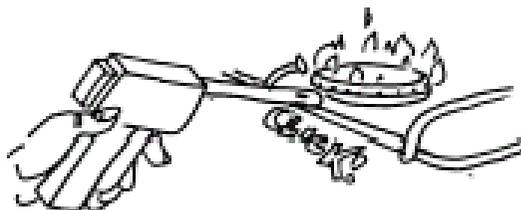
Nesses sistemas uma reação química faz com que cargas elétricas sejam concentradas em certas regiões chamadas pólos. Assim obtêm-se os pólos positivos (onde se concentram ions com falta de elétrons) e os pólos negativos (onde os ions tem elétrons em excesso). A través desses pólos, tem-se a tensão elétrica que permite o estabelecimento da corrente elétrica quando um circuito ligado a eles é fechado.



Além da reação química, existem outras formas de se promover a separação de cargas. Nas portas automáticas e sistemas de segurança, a separação de cargas é produzida pela incidência de luz sobre material fotoconversível. O resultado é a corrente elétrica num circuito.

Nas máquinas fotográficas totalmente automáticas, uma célula foto-sensível regula a abertura do diafragma e o tempo de exposição ao filme. Em outras máquinas não automáticas, o medidor de luminosidade é um aparelho chamado fotômetro. A luz incidente na célula, que tem duas camadas de material condutor separados por uma película de selênio ou cádmio cria uma tensão proporcional à intensidade de luz e a corrente obtida muda a posição do ponteiro do galvanômetro.

Já no acendedor de fósforo sem fio a separação de cargas ocorre ao pressionarmos um cristal. Este é denominado **efeito piezoelétrico** que também está presente no funcionamento de alguns tipos de agulhas de toca-discos e de microfones de cristal.



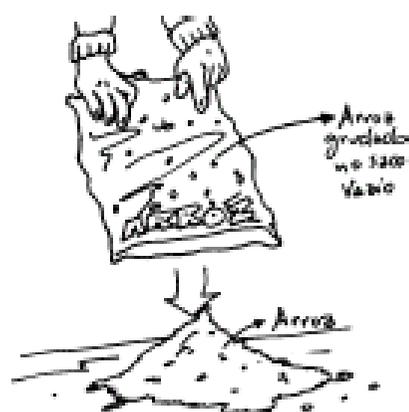
Através da diferença de temperatura também se pode provocar a separação de cargas em alguns materiais. Esse efeito é utilizado para medir a temperatura nos automóveis quando as extremidades de dois metais diferentes entram em contato e são submetidas a distintas temperaturas: um ligado ao motor e outro à carcaça.

É possível, também, produzir separação de cargas por meio do atrito entre certas espécies de materiais. Esse processo de separação de cargas pode ser observado em muitas situações do cotidiano.

Os raios que aparecem durante as tempestades são grandes movimentos de cargas elétricas da Terra para as nuvens ou das nuvens para a Terra. Essas grandes quantidades de cargas nas nuvens são produzidas por atrito das gotículas de água com o ar.

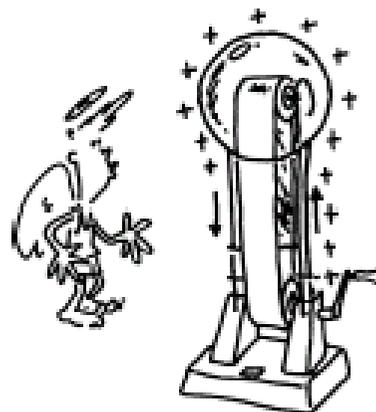
Quando esvaziamos um saco plástico contendo arroz é muito comum acontecer de alguns grãos permanecerem grudados na parte interna do saco, mesmo quando este é totalmente virado para baixo e chacoalhado. Isto acontece porque esses grãos ao serem atritados com o plástico, durante o esvaziamento, ficam eletrizados e por isso são atraídos.

A separação de cargas por atrito é bastante fácil de ser efetuada. Basta, por exemplo, esfregar um objeto plástico, tal como uma régua ou uma caneta esferográfica, em papel ou numa blusa de lã. Quando aproximamos a região atritada a pequenos pedaços de papel, aos fios do braço ou cabelos, notamos que eles se atraem.



Em muitos laboratórios didáticos de demonstração é comum encontramos um aparelho que separa cargas elétricas por atrito com grande eficiência: o gerador de Van de Graaff.

Enquanto a correia é movimentada pelo motor elétrico um pente metálico ligado a uma fonte de alta tensão transfere cargas elétricas para ela. Estas são transportadas até o interior da esfera metálica e transferidas para ela através de um contato metálico. Assim, as cargas elétricas vão sendo acumuladas em sua superfície externa, atingindo milhares de volts.



## Rapidinhas

1. A maior usina hidroelétrica do mundo está no Brasil, localizada no rio Paraná. Tem 18 turbinas que em operação são capazes de gerar 13.320.000.000 Watt de energia elétrica. Sua construção teve como consequência a inundação de uma área enorme para acúmulo de água, o que torna muito discutível a construção de grandes usinas e o impacto ambiental provocado.

2. A construção das usinas nucleares utilizadas para geração de energia elétrica, foi uma maneira de manter em atividade a indústria dos artefatos nucleares. A entrada do Brasil na chamada era nuclear, comprando usinas de uma empresa americana - a Westinghouse - foi muito polêmica, uma vez que sua necessidade para o país era questionada. Localizada em Angra dos Reis, no Rio de Janeiro, sua construção teve início em 1972 e começou a operar somente em 1985. Tendo como característica o fato de interromper o seu funcionamento - 30 vezes somente nos primeiros 6 anos - é conhecida como "vaga-lume".

3. Até o acidente na usina de Chernobyl na Ucrânia em 1986, era voz corrente que uma usina nuclear jamais podia explodir: "As chances de lesão de um núcleo são de uma a cada 10.000 anos. As usinas são dotadas de controle seguros e confiáveis, protegidos de qualquer colapso por três sistemas de segurança diferentes e independentes...". Entretanto, o impossível aconteceu! Com a explosão que arrancou o teto do reator de 700 toneladas, uma bola de fogo lançou no ar, a mais de 1000 metros de altura, uma mistura de elementos radioativos. Estima-se que entre 7 e 10.000 o número de mortos e 160.000 km<sup>2</sup> de área contaminada.

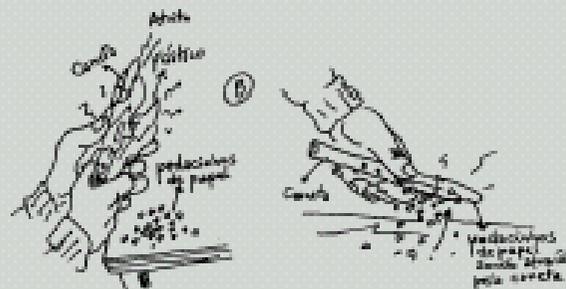
## exercitando ...

1. Quais as fontes de energia que você conhece? No Brasil, qual é a mais utilizada? Por que?
2. Alguns tipos de acendedores de fogão não utilizam diretamente a energia elétrica da tomada e tampouco a de uma bateria comum. No entanto, tais acendedores produzem uma faísca quando pressionados por uma espécie de gatilho preso a uma mola. Discuta que transformações de energia ocorrem nesse dispositivo.
3. Os dinamo e os alternadores podem ser classificados como fontes de energia elétrica. Quais as formas de energia transformadas em energia elétrica nesses aparelhos?

## PARA FAZER E PENSAR

Atrite uma caneta 'bic' junto a um pedaço de plástico e depois aproxime-a de pedacinhos de folha de papel.

O que ocorreu com a caneta após ela ter sido atritada? Esse processo é semelhante a qual dos discutidos nas páginas 78 e 79?

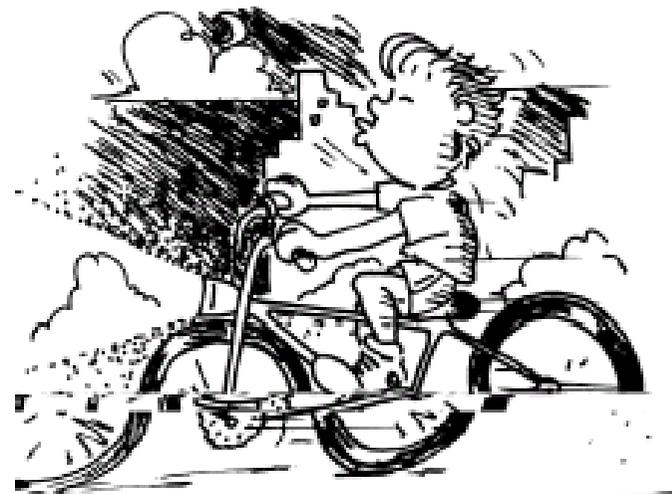


— 21 —

Dinamo  
de bicicleta

A Física do dinamo de  
bicicleta será ilustrativa  
para entender o  
gerador de usina  
hidrelétrica

Quando ouvimos falar em geradores de eletricidade, pensamos logo nas usinas, suas barragens; mas o dinamo de bicicleta é também um gerador que representa uma das duas maneiras conhecidas de se obter energia elétrica. Uma pista para se saber como isso é obtido está presente na ilustração. Qual é ela?



31

## 21 Dinamo de bicicleta

Os geradores das usinas e os dinamos de bicicleta são construídos de formas semelhante e têm o mesmo princípio de funcionamento. Em ambos, há produção de energia elétrica a partir da energia mecânica de rotação de um eixo. A partir da atividade que vem logo a seguir vamos começar a desvendar esse mistério.

### Dinamo de Bicicleta: o gerador arroz com feijão

Para fazer esta atividade você vai precisar tomar duas providências:

1. trazer ou ajudar seu professor a obter um dinamo desse tipo;
2. além dele será necessário uma bússola. Com eles você vai estar pronto para fazer a primeira parte.

#### Parte 1

- a. aproxime a bússola do dinamo parado e verifique o que acontece com ela.
  - b. repita girando devagar com a mão o eixo do dinamo.
- O que é possível dizer sobre o que há lá dentro?



#### Parte 2

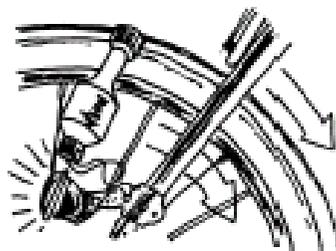
Para verificar se ele de fato é um gerador de eletricidade conecte nos seus terminais um led (diodo fotomissor). Gire o seu eixo e observe o que ocorre com o led. Gire para o lado oposto. E agora?



#### Parte 3

- a. desparafuse a porca que fixa o eixo e retire-o com cuidado. Do que ele é feito? Tome a aproximar dele a bússola.
- b. observe a parte do dinamo que fica em volta da carcaça na parte interna. Do que ela é feita?

Quando o dinamo está em contato com a roda, o seu movimento de rotação é transferido para o eixo do dinamo pelo contato com o pneu.



Como o ímã é fixado ao eixo, ele fica girando entre as bobinas. O fato da lâmpada do farol acender está associado a esse movimento.

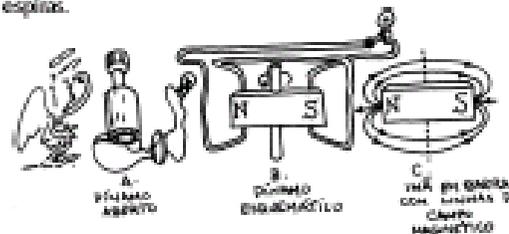
No dinamo não há contato físico entre o ímã e as bobinas. Entretanto, elas se influenciam mutuamente. Como diz Paulinho da Viola, é preciso lembrar que "a vida não é só isso que se vê, é um pouco mais, que os olhos não conseguem perceber...". Neste caso, esse algo mais, invisível, mas real, é o campo magnético, no qual as bobinas estão imersas. Deste modo, por meio do campo magnético as partes fixa e móvel do dinamo podem se "comunicar".

Mas isso não é tudo, porque apenas a presença do ímã no interior do dinamo não é suficiente para acender a lâmpada. Isso pode ser compreendido usando-se o princípio da conservação da energia. Quando a lâmpada está acesa, ela irradia continuamente energia luminosa e térmica para o meio. Se o acendimento da lâmpada pudesse ser causado apenas pela presença do ímã em repouso, isso significa que a energia estaria "saindo" do interior desse ímã, o que sugere que ele deveria "gastar-se" depois de um certo tempo. Entretanto, ímãs não se "gastam", ao contrário das baterias.

É aí que entra o amor e o feijão!

Alguém tem que pedalar a bicicleta para acender o farol ou girar o eixo do dinamo para acender o led.

De acordo com o princípio da conservação de energia, o fluxo contínuo de energia luminosa e térmica para fora do sistema não pode ser causado por algo que não mude ao longo do tempo. Em outras palavras, não há como o ímã parado possa "bombear" energia, continuamente, para a lâmpada. Para que isso ocorra é preciso fornecer energia e isto é feito através do **movimento**. Para facilitar a discussão do fenômeno físico da geração de corrente elétrica pelo dinamo de bicicleta, vamos representá-lo esquematicamente por um ímã colocado entre duas espiras.

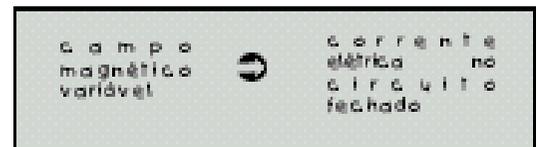


O campo magnético de um ímã parado varia de ponto para ponto do espaço, mas em cada um desses pontos ele permanece constante no tempo. Quando o ímã gira, como acontece com a parte móvel do dinamo de bicicleta o campo magnético varia no espaço ao redor dele. Essa variação gera o campo elétrico produzindo uma corrente elétrica que é percebida como o acendimento da lâmpada.

A corrente elétrica que surge também é chamada de corrente induzida.

O funcionamento do dinamo ilustra um caso particular de uma das quatro leis gerais do Eletromagnetismo: a **lei de Faraday**, segundo a qual uma corrente elétrica é gerada num circuito fechado sempre que houver uma variação de um campo magnético nessa região.

Esse processo de geração de corrente pode ser representado pelo seguinte encadeamento de efeitos:



exercitando ...

1. Nos geradores em que o rotor é um eletroímã localizado internamente a um estator constituído por bobinas, para manter o movimento de rotação é necessário um torque externo, além daquele realizado contra as forças de atrito. Discuta a necessidade das se torque externo na manutenção do movimento do rotor, partindo do princípio de que na ausência de torques externos a quantidade de movimento angular (momento angular) se mantém constante.

2. Analise as situações descritas abaixo, e verifique se há ou não produção de campo magnético variável na região próxima.

- a- Um fio com corrente alternada e parado em relação ao chão.
- b- Um fio com corrente contínua e parado em relação ao chão.
- c- Uma bobina com corrente contínua e parada em relação ao chão.
- d- Uma bobina com corrente contínua se deslocando com velocidade  $v$  em relação ao chão.
- e- Um ímã se deslocando com velocidade  $v$  em relação ao chão.
- f- Um ímã girando com velocidade angular  $\omega$ .

LEI DE LENZ

Faraday descobriu que uma corrente elétrica é gerada num circuito elétrico fechado, colocado numa região onde haja um campo magnético variável.

Este fenômeno recebeu o nome de **indução eletromagnética**, e a corrente que surge é chamada de **corrente induzida**.

Um outro trabalho foi realizado para saber o conhecimento do sentido desta corrente induzida, que não é qualquer. Ele tem relação com a causa que lhe deu origem. É isso que nos informa a chamada lei de Lenz:

**"O sentido da corrente induzida é tal que, o campo magnético criado por ela, se opõe à causa que lhe deu origem".**

Para entendermos o significado dessa nova lei observe a situação mostrada na figura (a).



O ato de empurrar um ímã na direção da espira corresponde à "causa" responsável pela origem da corrente induzida na espira. De acordo com a lei de Lenz, o campo magnético da corrente induzida deve se opor à aproximação do ímã, ou seja, o ímã deve ser repellido. Assim, na situação indicada para que ocorra repulsão ao ímã, a face da espira voltada para ele deve corresponder ao "polo" sul. Para isso ser possível, a corrente induzida deve ter o sentido indicado na figura (b). Se afastamos o ímã da espira, a corrente induzida deve também opor-se a essa separação. Para tanto, dará origem a um "polo" norte na face da espira voltada para o ímã como indica a figura (c).



A aproximação ou o afastamento do ímã em relação à espira encontra uma certa resistência que precisa ser vencida. Isso significa que é necessário a realização de um trabalho por um agente externo. Esse comportamento, está de acordo com o **princípio da conservação da energia**, já estudado anteriormente.