

ELETROMAGNETISMO

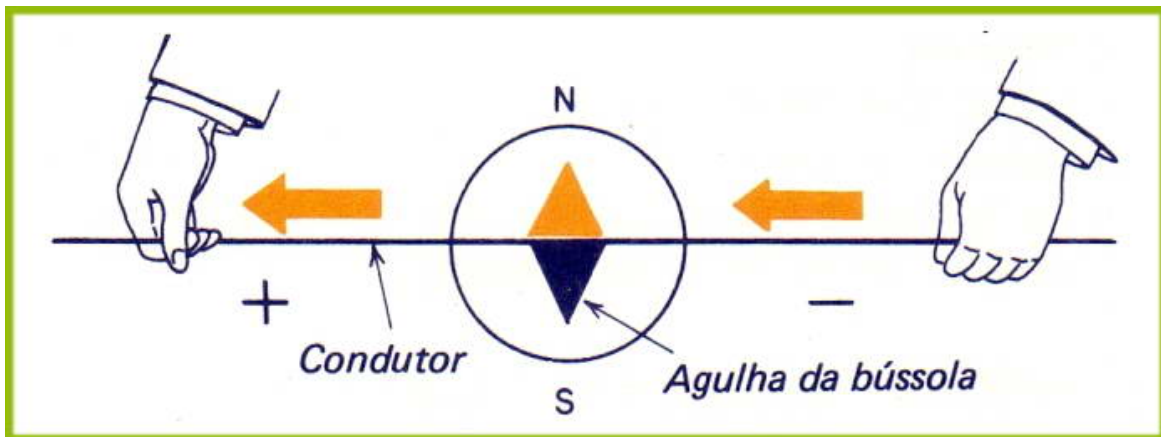
A **relação entre o magnetismo e a corrente elétrica** foi descoberta por H. C. Oersted (Hans Christian Ørsted), físico e químico dinamarquês (1777-1851).

Quando uma corrente atravessa um condutor, gera em torno do mesmo um campo magnético.

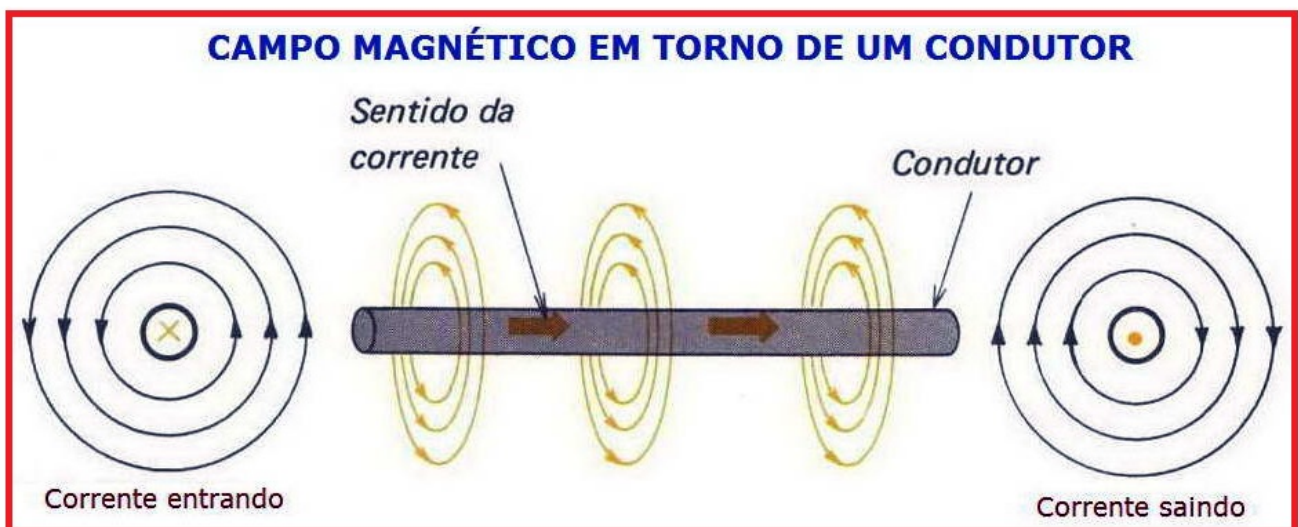
Esse campo magnético é formado por linhas circulares (anéis concêntricos em torno do condutor), perpendiculares ao fio condutor.

Para que haja um campo magnético ao redor do condutor é preciso que a corrente esteja em movimento, pois a eletricidade estática não gera campo magnético.

Em 1819, Oersted descobriu que uma corrente elétrica gerava campo magnético através de um fio, observando esse fenômeno com uma bússola.



Portanto, a passagem da corrente por um fio resulta numa série de linhas ao redor do mesmo.



O sentido do campo magnético ao redor do condutor depende do sentido da corrente. Uma bússola colocada nas proximidades do fio terá a sua agulha orientada no sentido das linhas de fluxo.

Uma forma tradicional para se determinar o sentido das linhas de força do campo magnético, conforme ilustra a figura abaixo:



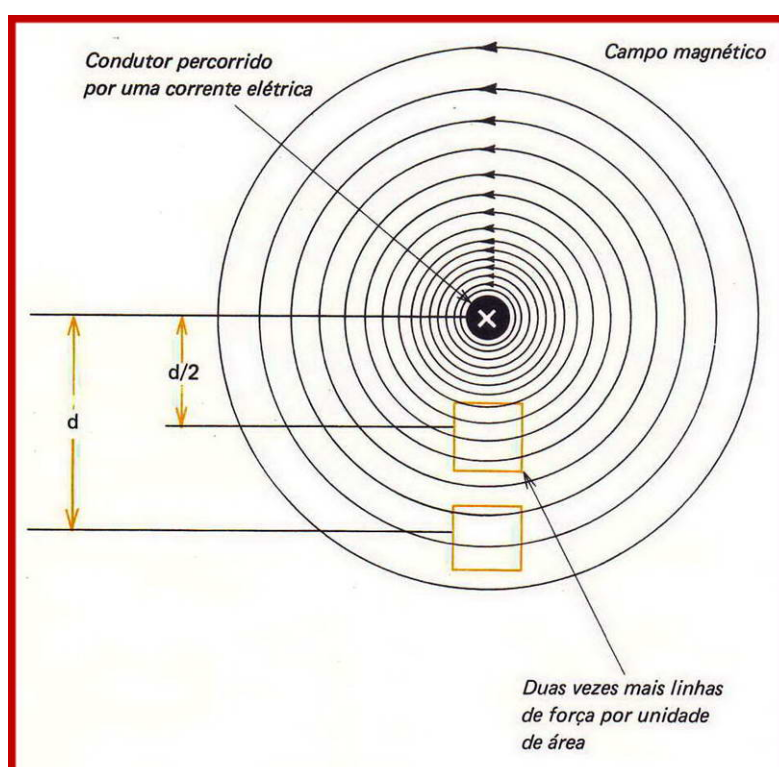
A figura acima ilustra essa situação.

A corrente está entrando perpendicularmente à folha de papel e podemos observar o posicionamento das agulhas das bússolas ao redor do mesmo, além de observar o espectro desse campo magnético através de limalhas de ferro.

A intensidade do campo magnético:

Quanto maior a corrente através de um fio, mais intenso será o seu campo magnético.

Da mesma forma que o campo magnético de um ímã, as linhas se concentram próximas ao fio condutor e a distância entre elas aumenta à medida que nos afastamos do fio.



O decréscimo do número de linhas de força por unidade de área é inversamente proporcional à distância do condutor.

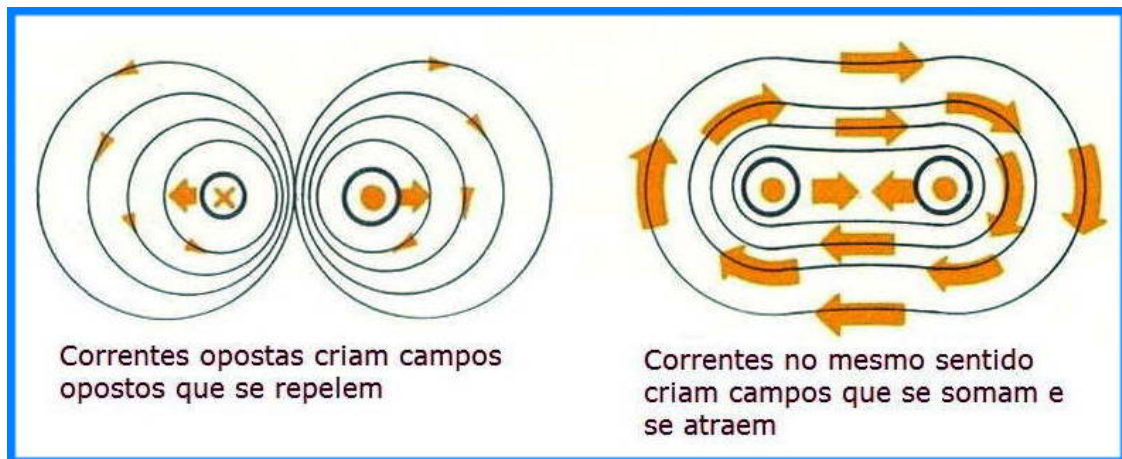
Isto significa que a uma distância "d" do condutor, a densidade de linhas é a metade que uma distância "d/2". Observe os destaques na figura acima.

Interação de campos:

Se aproximarmos dois condutores percorridos por corrente elétrica em sentidos opostos, seus campos magnéticos também serão opostos.

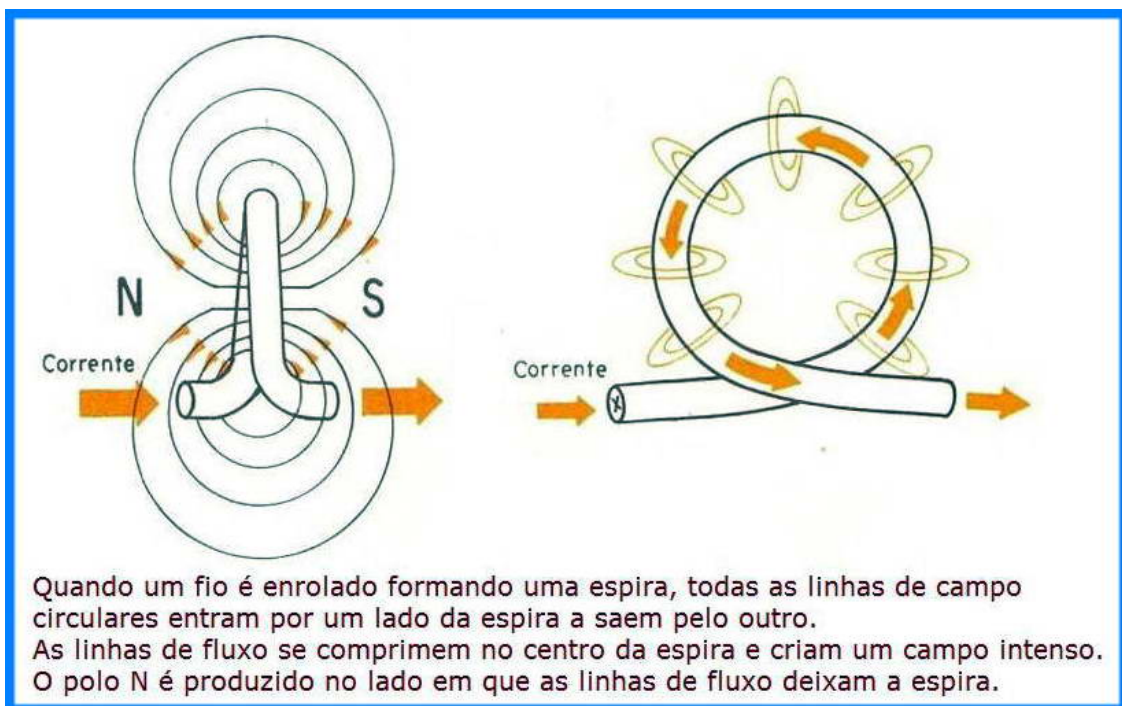
Como as linhas de campo têm sentidos opostos e não se cruzam, a tendência é o afastamento dos condutores. Quando as correntes têm o mesmo sentido, ocorre exatamente o contrário, ou seja, os condutores tendem a aproximar-se.

As figuras a seguir ilustram essa situação.



Bobinas ou solenoides:

Se um condutor é enrolado formando uma espira ou *loop*, conforme indica a figura abaixo, os as linhas dos campos magnéticos em torno do fio entram por um lado e saem pelo outro.



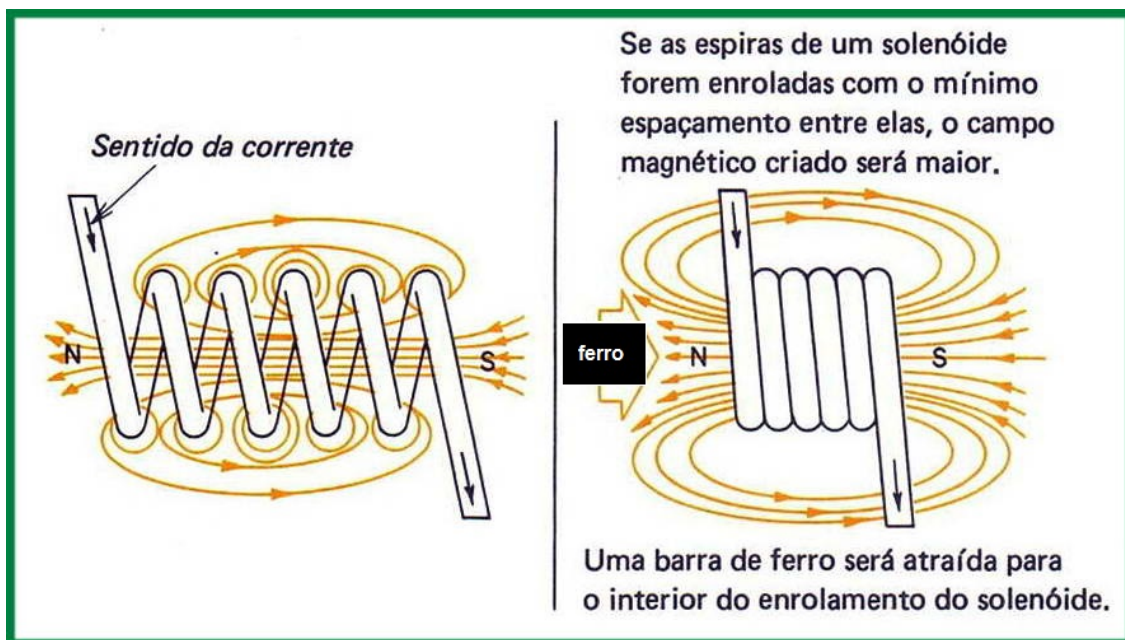
Observe na figura à esquerda que as linhas se concentram no centro da espira, produzindo campos magnéticos com respectivas polaridades, sendo que o N é formado no lado em que a corrente entra e o S, no lado em que a corrente sai.

Quando várias espiras são enroladas no mesmo sentido, de forma helicoidal, em um núcleo que pode ser o ar ou qualquer outro material, forma-se um solenoide.

Na realidade um solenoide nada mais é do que uma bobina enrolada na forma helicoidal, com a finalidade de produzir um campo magnético mais intenso. Essas linhas do campo magnético comportam-se de forma idêntica a um ímã.

Começa então a haver uma interação das linhas de força tornando o campo magnético mais intenso.

A intensidade do campo magnético é diretamente proporcional à quantidade de espiras. Quanto mais próximas estiverem as espiras uma da outra, mais intenso ainda será o campo magnético resultante.



As linhas de fluxo fazem com que o solenóide se comporte como um ímã, com polaridades definidas, em função do sentido de corrente.

Como definir os polos N e S em um solenóide? A forma clássica é a regra da mão esquerda, para o sentido real da corrente, ou seja, do "-" para o "+".

Para o sentido convencional da corrente, utiliza-se a regra da mão direita.



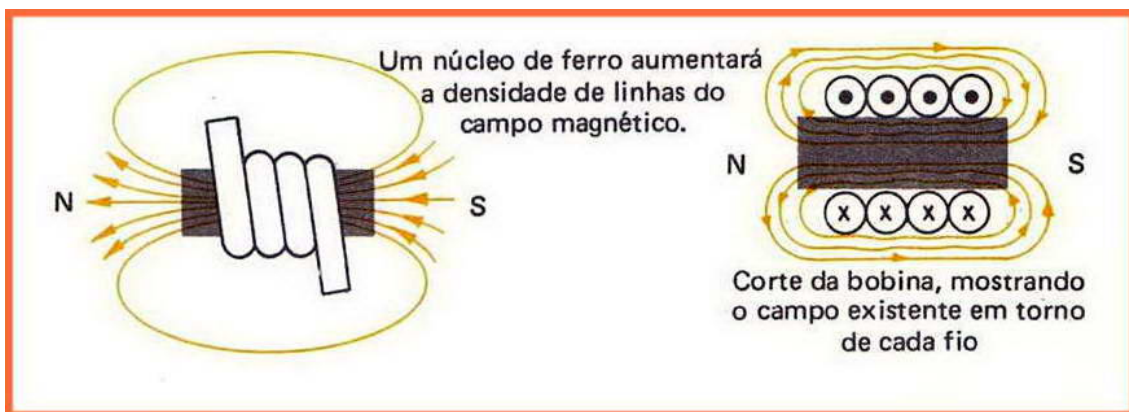
A utilização da regra da mão esquerda ou direita está no sentido que se adotar para a corrente elétrica.

Densidade do núcleo de uma bobina ou solenoide:

Ao se introduzir um núcleo de ferro em uma bobina, a intensidade do campo magnético aumentará, principalmente se o ferro for de baixa relutância, como o ferro doce.

Neste caso as linhas de fluxo se concentrarão no núcleo, tornando o campo mais intenso.

Quando se introduz um núcleo de ferro em uma bobina, constrói-se um *eletroímã*.



Força magnetomotriz:

A força magnetomotriz (*fmm*) é a força de magnetização produzida pelo fluxo de corrente na bobina.

A força magnetomotriz é diretamente proporcional à corrente e ao número de espiras da bobina.

A unidade de medida da *fmm* é o *ampère-espira*.

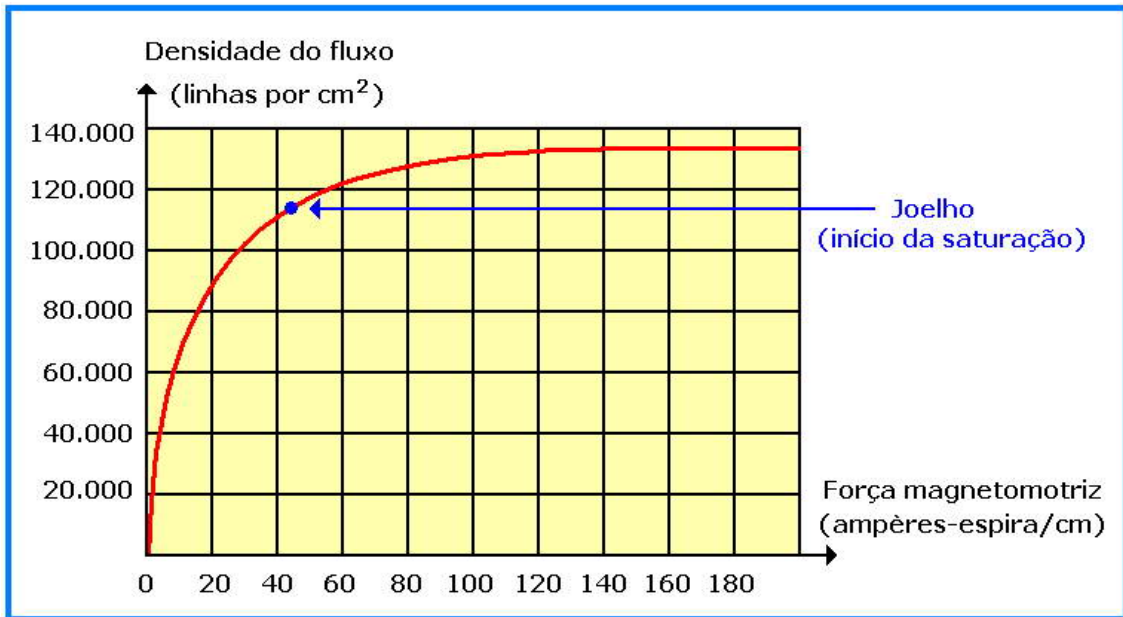
$$\text{ampère-espira} = \text{corrente} \times \text{número de espiras}$$

A intensidade da *fmm* determina o número de linhas de fluxo, que representa a intensidade do campo.

Logo, imagina-se que quanto maior for a *fmm* maior será o número das linhas de fluxo.

No entanto, existe um ponto, chamado *ponto de saturação* em que um aumento da *fmm* não produzirá mais o aumento do número de linhas de força.

O gráfico a seguir mostra essa situação, onde se observa que após o "joelho", não ocorre mais aumento da densidade do fluxo magnético.



A unidade de medida ampère-espira:

O ampère-espira é o produto NI , onde:

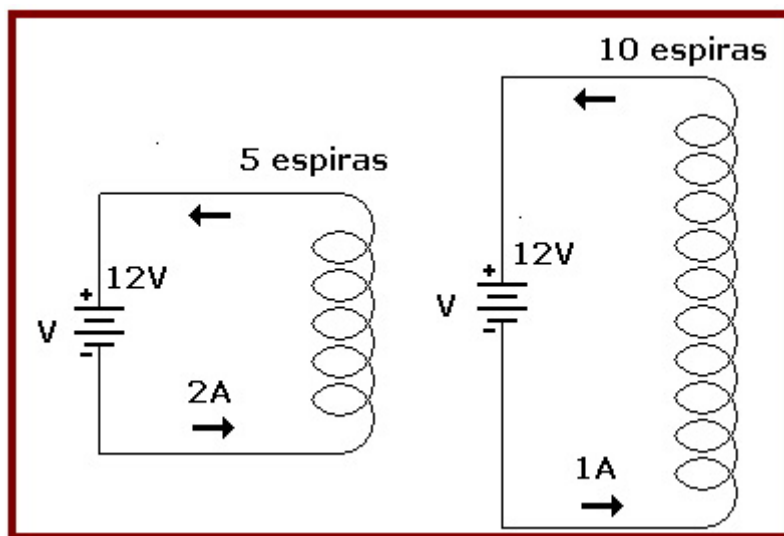
N = número de espiras

I = corrente, em ampères

O produto NI é conhecido como força magnetomotriz (fmm), sendo expresso em ampère-espira (Ae).

Logo: $F_{mm} = NI$

Na figura abaixo temos duas bobinas, que possuem a mesma fmm, devido ao produto NI .



Em ambas as bobinas a força magnetomotriz é igual a 10Ae, pois:

$$F_{mm} = 5 \times 2 = 10Ae$$

$$F_{mm} = 10 \times 1 = 10Ae$$

Exemplo 1: Uma bobina com 400 espiras deve proporcionar uma fmm de 800Ae. Qual é a corrente necessária?

$$F_{mm} = NI$$

$$800 = 400 \cdot I$$

$$I = 800/400 = 2A$$

Exemplo 2: O fio de um solenoide de 250 espiras possui uma resistência de 3Ω . Calcule a fmm desse solenoide quando ligado a uma bateria de 6V.

$$I = V/R$$

$$I = 6/3 = 2A$$

$$F_{mm} = 250 \times 2 = 500Ae$$

Exemplo 3: Uma bobina pela qual circula 4A, deve proporcionar uma fmm de 600Ae. Quantas espiras são necessárias?

$$F_{mm} = NI$$

$$600 = N \cdot 4$$

$$N = 600/4 = 150 \text{ espiras}$$

Intensidade de campo "H":

A intensidade do campo magnético em uma bobina depende do seu comprimento. Uma bobina de comprimento longo produz um campo menos intenso do que uma bobina mais curta.

A fórmula geralmente utilizada para esse cálculo é:

$$H = NI/l$$

onde:

H = intensidade do campo em ampère-espira por metro (Ae/m)

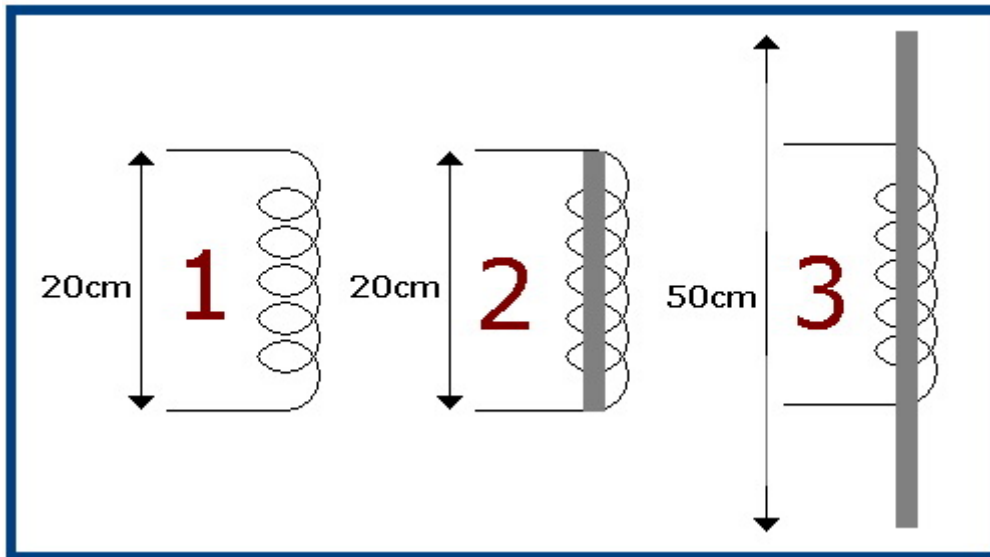
NI = ampère-espira (Ae)

l = comprimento em metros (distância entre os polos da bobina)

A figura a seguir mostra três bobinas, 1, 2 e 3.

A bobina que produzirá menor intensidade de campo será a 3, devido ao seu comprimento ser maior do que as bobinas 1 e 2, independente de ter ou não núcleo de ferro.

Considerando que nos 3 casos $NI = 1.000$, podemos então calcular a intensidade do campo "H".



Bobinas 1 e 2:

$$H = NI/l$$

$$H = 1.000/0,2 = 5.000\text{Ae/m}$$

Bobina 3:

$$H = NI/l$$

$$H = 1.000/0,5 = 2.000\text{Ae/m}$$

APLICAÇÕES COMUNS:

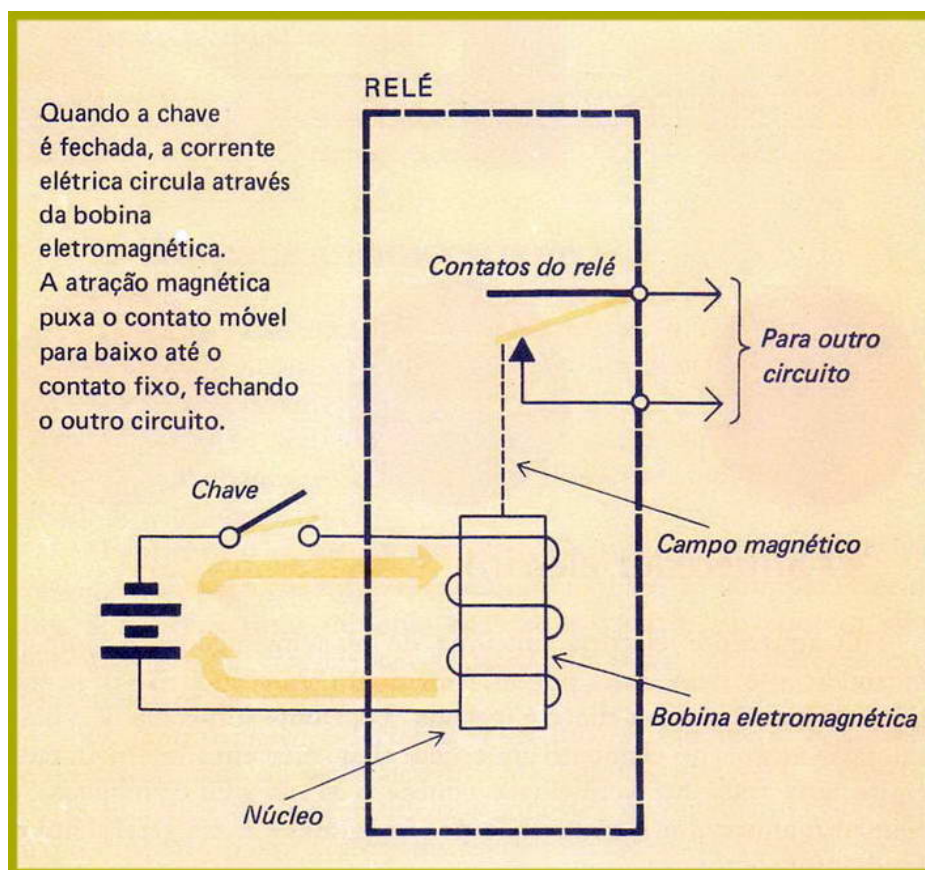
1. Relê eletromagnético:

O relê eletromagnético é constituído de um circuito que utiliza a ação de um campo magnético para fechar outro circuito.

Funcionamento:

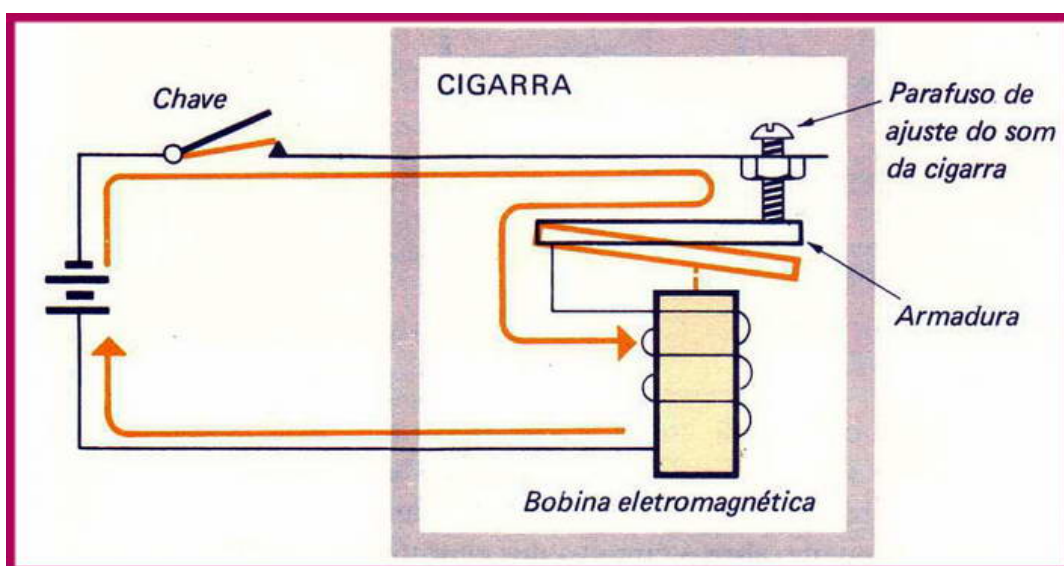
- a) quando a chave é fechada, a bateria envia uma corrente elétrica através de uma bobina, que está enrolada em torno de um núcleo, geralmente de ferro doce;
- b) a corrente produz um campo magnético que imanta o núcleo da bobina;
- c) o campo magnético do núcleo atrai o contato móvel (contatos do relê) que também é material magnético;
- d) os dois contatos se juntam tal como fossem uma chave tipo interruptor, que fecha o outro circuito (geralmente externo);
- e) enquanto permanecer o campo magnético no núcleo da bobina, a chave (interruptor) permanecerá fechada, alimentando o circuito externo;
- f) abrindo a chave, cessa o campo magnético na bobina e o interruptor que alimenta o outro circuito abre.

Veja o diagrama de um relê eletromagnético na figura abaixo:



2. Cigarra:

Opera de maneira semelhante ao relê, ou seja, através da criação de um campo magnético em uma bobina.



Quando a chave é fechada a corrente flui através do parafuso de contato e a bobina, energizando a bobina. Diferentemente do que ocorre no relê, os contatos são posicionados de forma que a bobina não fique continuamente energizada.

1. A armadura móvel que normalmente permanece pressionada contra um parafuso de ajuste, forma o relê de contatos;
2. Quando a chave é fechada, a corrente elétrica circula através do parafuso de contato e da armadura, energizando a bobina;
3. A bobina produz um campo magnético que atrai a armadura, soltando-a do parafuso;
4. Quando isto acontece, o circuito abre, o campo magnético desaparece e a mola da armadura faz com que ela se mova de encontro ao parafuso;
5. Assim que a armadura toca o parafuso, o circuito é novamente fechado e o processo se repete, ou seja, o campo magnético da bobina puxa a armadura, soltando-a do parafuso.

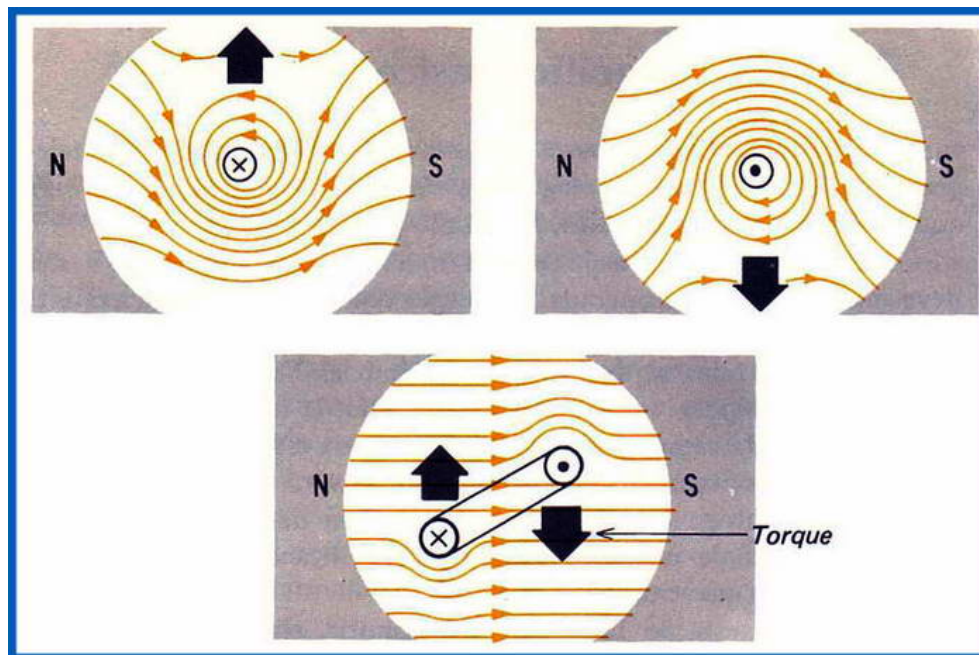
Então o processo repete-se várias vezes, enquanto a chave estiver fechada, produzindo o som da cigarra, que pode ser ajustado pelo parafuso de modo a permitir maior ou menor incursão entre o parafuso e a armadura.

3. Motor elétrico (motor DC básico):

O funcionamento do motor baseia-se na interação entre um campo magnético e um condutor percorrido por uma corrente elétrica.

Essa corrente produz um campo magnético em torno do condutor que irá deformar as linhas de fluxo já existentes entre os dois polos magnéticos (N e S), deslocando-os na mesma direção e sentido das linhas de força do condutor.

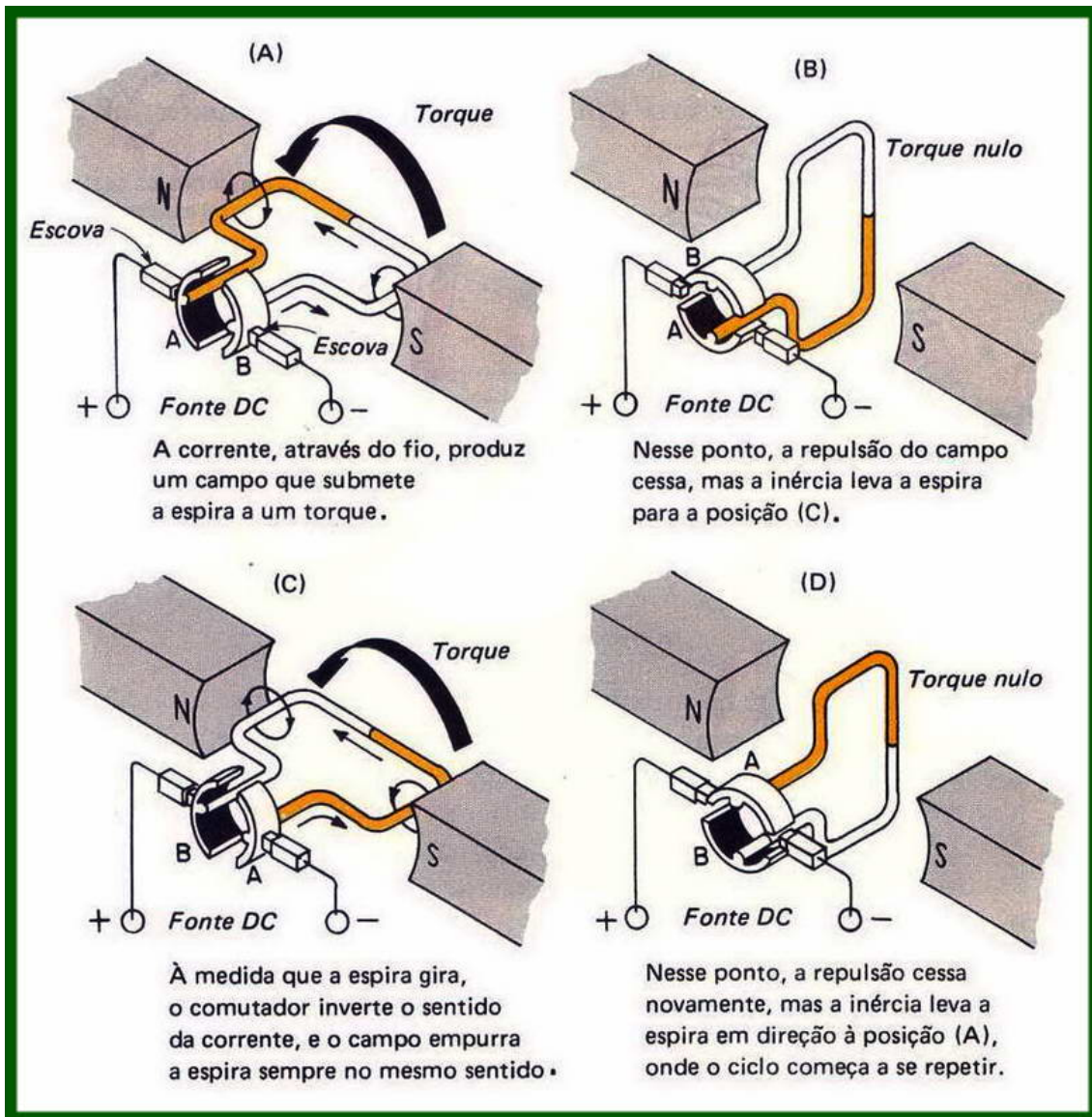
Veja abaixo o diagrama básico, onde uma espira é introduzida no campo magnético existente.



Quando as linhas magnéticas deformadas tenderem a voltar à sua posição original, provocará o movimento da espira através da repulsão, para uma região de menor concentração de densidade de linhas.

Ocorre então devido a isso o *torque*, que é o movimento giratório da espira dentro do campo magnético.

A figura a seguir mostra as 4 etapas do giro completo (torque) de uma espira.



Observe que o comutador A e B são ligados à espira através de uma escova aos polos "-" e "+".

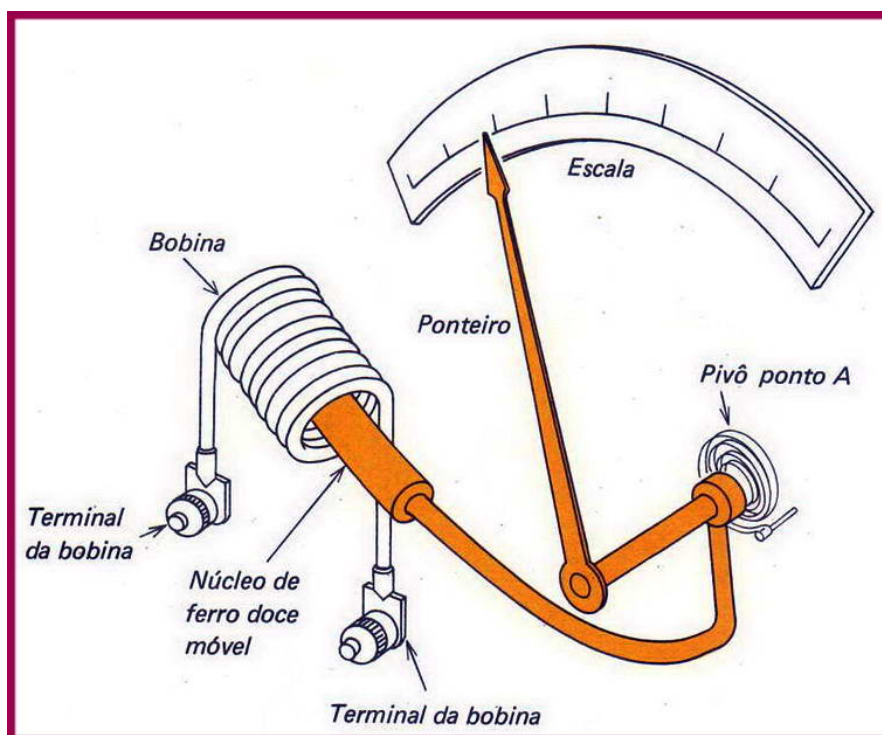
4. Galvanômetro:

O galvanômetro é um medidor básico, que devidamente configurado pode medir tensões e correntes de baixa ou alta intensidade.

Basicamente é construído por um solenoide e um núcleo móvel que se moverá de acordo com a intensidade da corrente que circular pelo solenoide, visto que como sabemos isto provocará uma variação do campo magnético.

O núcleo é acoplado a um pivô com mola, de forma a mantê-lo na posição original, sem a ausência de campo magnético, e ao mesmo é acoplado um ponteiro que poderá ser calibrado para diversas escalas de medições.

A figura abaixo mostra o diagrama básico de um galvanômetro.

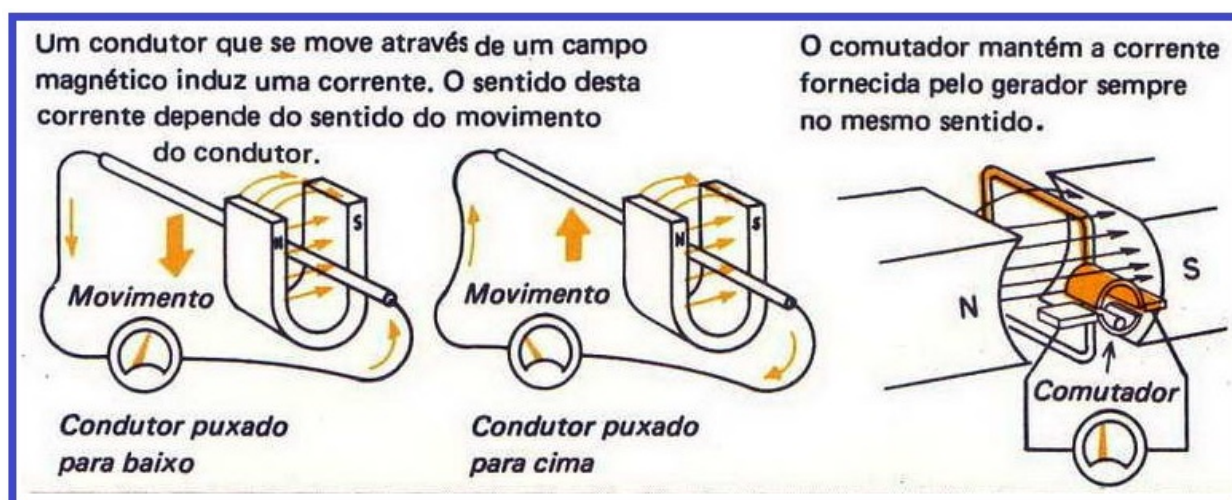


5. Gerador DC básico:

O gerador básico tem o processo de funcionamento inverso ao do funcionamento do motor.

Ao invés da espira ser alimentada por uma corrente elétrica, para produzir o campo magnético necessário para o seu torque, no gerador básico, ocorre o contrário:

“A espira é movimentada dentro de um campo magnético, mecanicamente, algumas vezes por um motor, para cortar linhas do fluxo magnético de tal forma a movimentar os elétrons livres dentro do condutor”.



O sentido de movimento da espira determinará o sentido da corrente.

Observe o comutador. Para que serve?

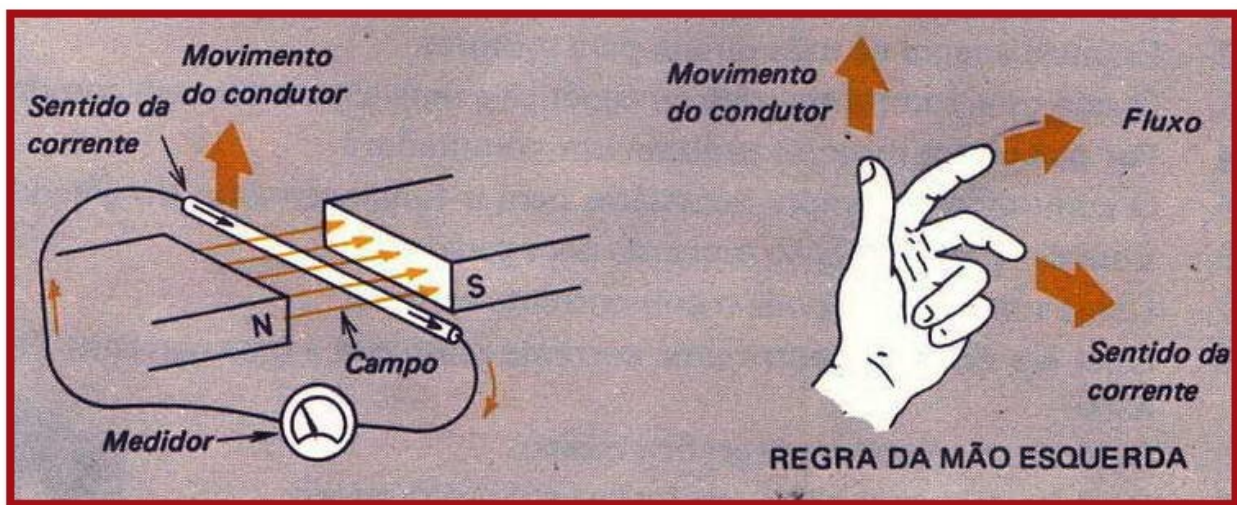
O comutador mantém a corrente fornecida pelo gerador no mesmo sentido, de modo que, o comutador comuta os fios externos, enquanto a espira gira.

Por esse motivo esse tipo de gerador é denominado gerador DC (corrente contínua – Direct Current).

Resumindo: “a função do comutador é manter a corrente fornecida pelo gerador sempre no mesmo sentido”.

Se não for usado o comutador, a corrente fornecida pelo gerador terá o seu sentido invertido à medida que a espira girar. Neste caso, teremos um gerador AC (corrente alternada – Alternating Current).

A figura a seguir ilustra a regra da mão esquerda para determinar o sentido da corrente produzida pelo movimento de um condutor através do campo magnético.



Veja na figura a seguir um motor DC / gerador DC básico:

