

Unidades de medida.
Tensão, corrente,
potência, Medidores de
potência.



Força eletromotriz (f.e.m) e diferença de potencial (d.d.p)

- **Força eletromotriz** (FEM), geralmente denotada como E é a propriedade de que dispõe um dispositivo qualquer a qual tende a ocasionar produção de corrente elétrica num circuito.
- É uma grandeza escalar e não deve ser confundida com uma diferença de potencial elétrico (DDP), apesar de ambas terem a mesma unidade de medida (Volt).

Força eletromotriz (f.e.m) e diferença de potencial (d.d.p)

- A DDP entre dois pontos é o trabalho por unidade de carga que a força **eletrostática** realiza sobre uma carga que é transportada de um ponto até o outro;
- a DDP entre dois pontos é independente do caminho ou trajeto que une um ponto ao outro
- No Sistema Internacional de Unidades a unidade de medida da força eletromotriz e da DDP é o Volt.

Força eletromotriz (f.e.m) e Diferença de potencial (d.d.p)

- A força eletromotriz é o trabalho por unidade de carga que uma força **não-eletrostática** realiza quando uma carga é transportada de um ponto a outro por **um particular trajeto**; isto é, a força eletromotriz, contrariamente da DDP, depende do caminho.
- Por exemplo, a força eletromotriz em uma pilha ou bateria somente existe entre dois pontos conectados por um caminho interno a essas fontes.

Força eletromotriz (f.e.m) e diferença de potencial (d.d.p)

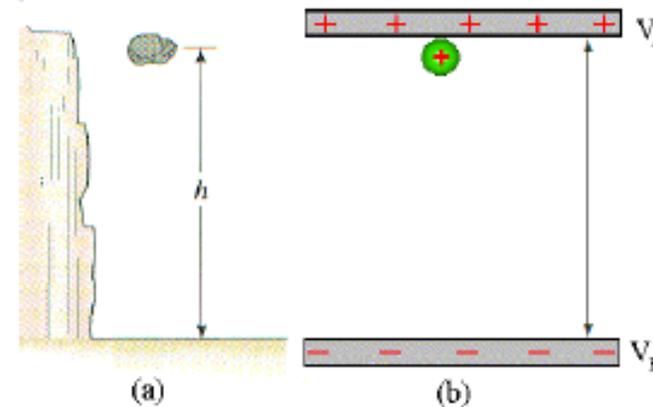
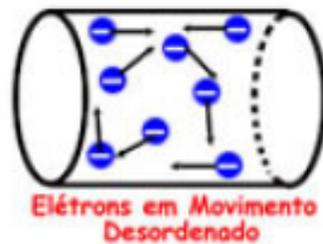


Figura – Analogia entre potencial gravitacional e elétrico.

- Definição: energia não elétrica transformada em energia elétrica ou vice-versa, por unidade de carga.

$$E = \frac{W}{Q} \quad \text{e} \quad U = E - \text{perdas internas}$$

Sendo: E – força eletromotriz (V); U – diferença de potencial (V); W – energia aplicada (J); Q – quantidade de cargas elétricas (C).

Força eletromotriz (f.e.m) e diferença de potencial (d.d.p)

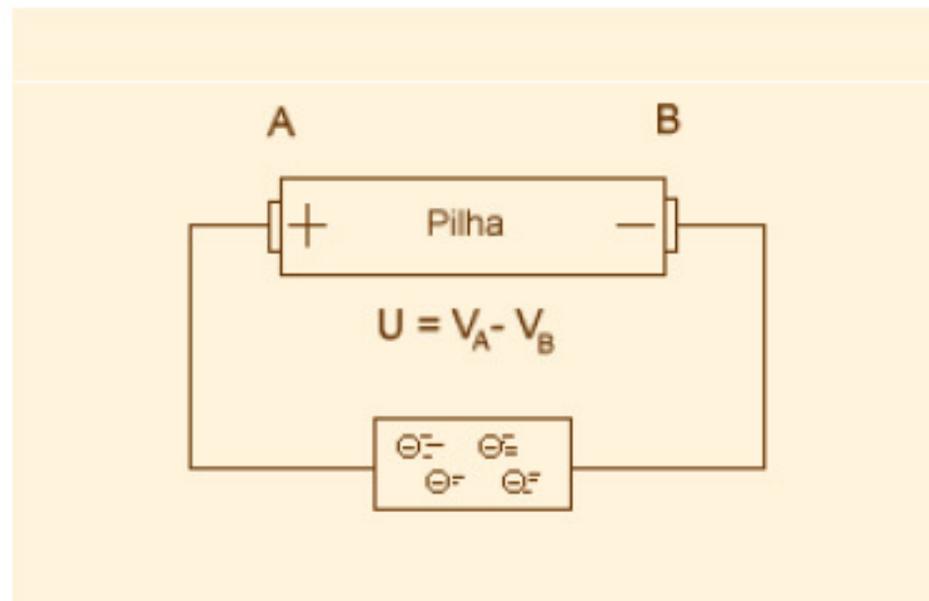
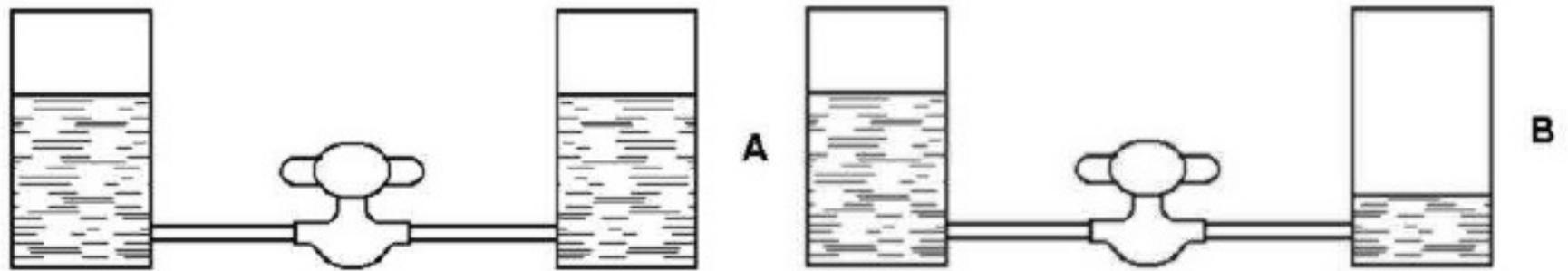


Figura – Analogia entre potencial hidráulico e elétrico.

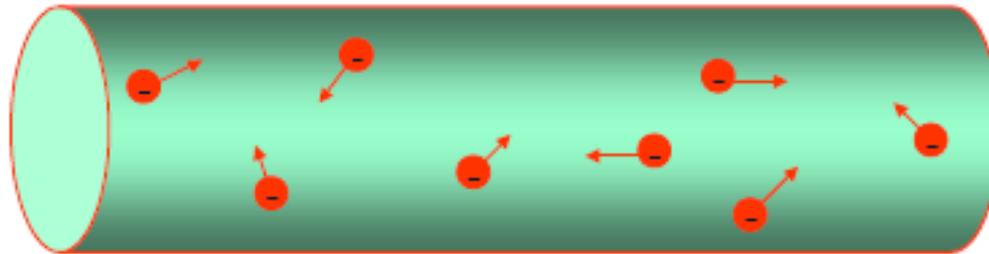
TENSAO ELETRICA (E, V OU U)

No Sistema Internacional, a unidade de Tensão Elétrica ou Diferença de Potencial (E, V, ou U) é o Volt (V):

$$1V = 1\text{Volt} = \frac{1\text{Joule}}{\text{Coulomb}} = 1\text{J/C}$$

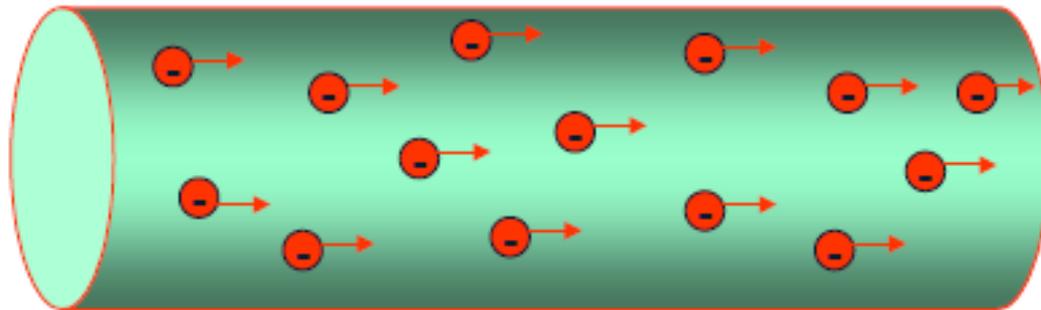
Movimento dos elétrons

- Nos metais, os elétrons das últimas camadas são fracamente ligados a seu núcleo atômico, podendo facilmente locomover-se pelo material. Geralmente, este movimento é aleatório, ou seja, **desordenado, não seguindo uma direção privilegiada.**



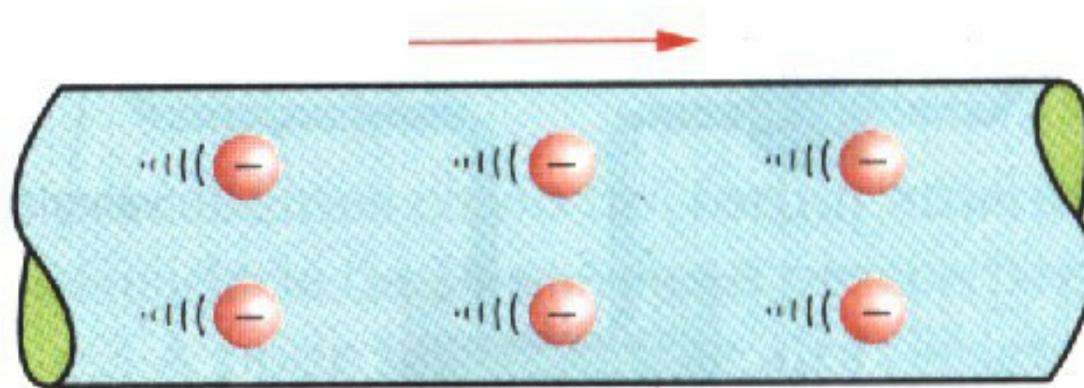
Movimento desordenado de elétrons
(elétrons livres num condutor
metálico)

Quando o metal é submetido a uma diferença de potencial elétrico (**ddp**), como quando ligado aos dois pólos de uma pilha ou bateria, os elétrons livres do metal adquirem um **movimento ordenado**.



Movimento ordenado de elétrons.

A esse movimento ordenado de elétrons damos o nome de **corrente elétrica**.



Elétrons (\ominus) formando uma *corrente elétrica* num fio metálico.

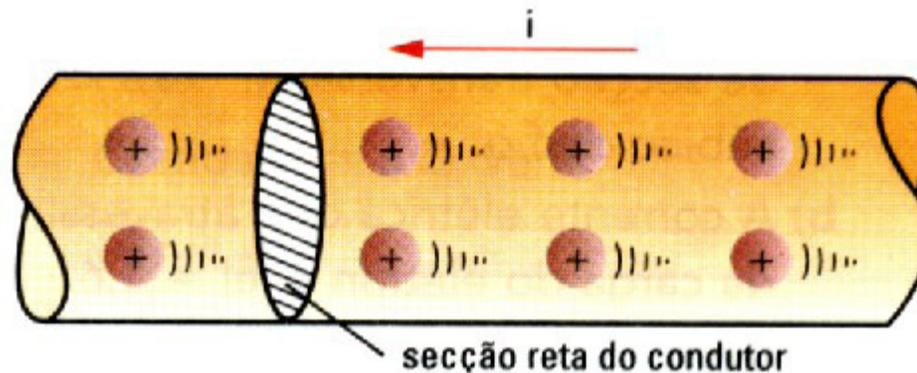
Intensidade e Medida da Corrente Elétrica

A intensidade de corrente elétrica é dada por:

$$i = \frac{\Delta q}{\Delta t}$$

Onde :

Δq é a quantidade de carga que atravessa a secção reta do condutor num determinado intervalo de tempo (Δt).



INTENSIDADE DE CORRENTE ELETRICA (I)

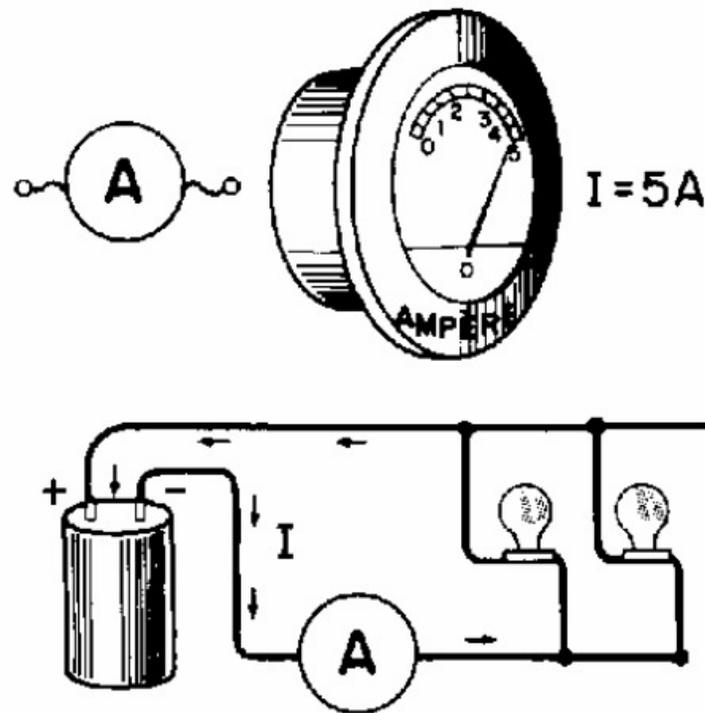
No Sistema Internacional, a unidade de intensidade de corrente (I) é o **ampère (A)**:

$$1A = 1 \text{ AMPÈRE} = \frac{1 \text{ Coulomb}}{\text{Segundo}} = 1 \text{ C/s}$$

Corrente Elétrica

O aparelho utilizado para medir a intensidade de corrente elétrica (I) é o AMPERÍMETRO.

O amperímetro deve ser ligado em série com o circuito; conforme figura abaixo.



Força eletromotriz (f.e.m) e diferença de potencial (d.d.p)

- Analogia: potencial elétrico e pressão em hidráulica;

$$\text{tensão (V)} = \frac{\text{energia (J)}}{\text{carga (C)}}$$

$$\text{pressão (Pa)} = \frac{\text{força (N)}}{\text{área (m}^2\text{)}}$$

- Medida: com um voltímetro ou multímetro ligado em paralelo no circuito;



Figura – Voltímetros e multímetros

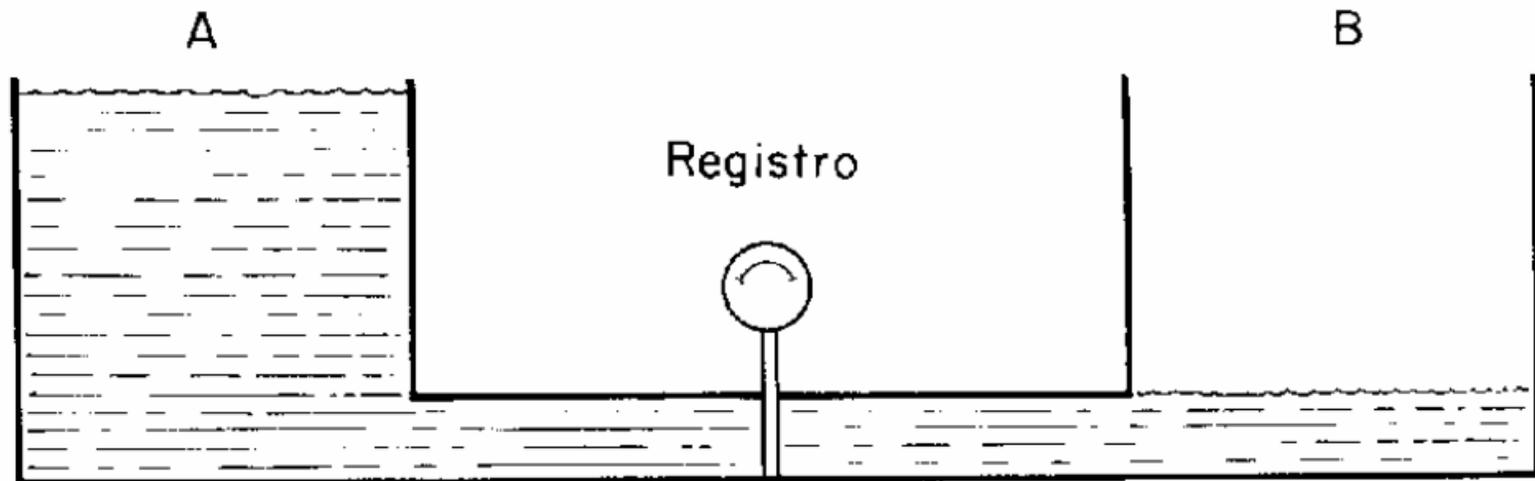
TENSAO ELETRICA (E, V OU U)

No Sistema Internacional, a unidade de Tensão Elétrica ou Diferença de Potencial (E, V, ou U) é o Volt (V):

$$1V = 1\text{Volt} = \frac{1\text{Joule}}{\text{Coulomb}} = 1\text{J/C}$$

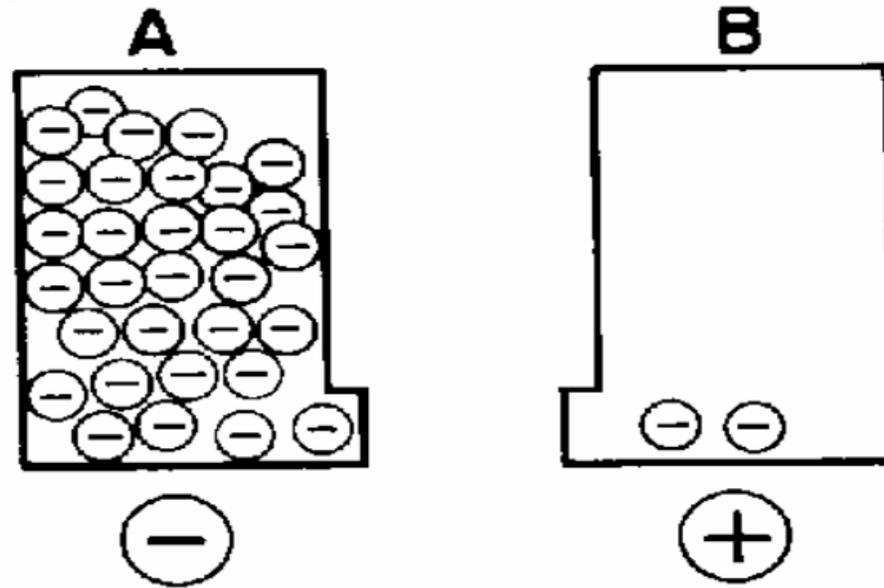
Tensão Elétrica

Ligando-se os reservatórios **A** e **B** com um cano, a pressão hidráulica de **A** “empurra” a água para **B**, até que se igualem as pressões hidráulicas.



Supondo agora dois corpos A e B que possuem cargas elétricas diferentes. O corpo A tem maior número de elétrons do que o corpo B; então dizemos que ele tem maior “potencial elétrico”. Há uma diferença de potencial elétrico (d.d.p.).

Tensão Elétrica



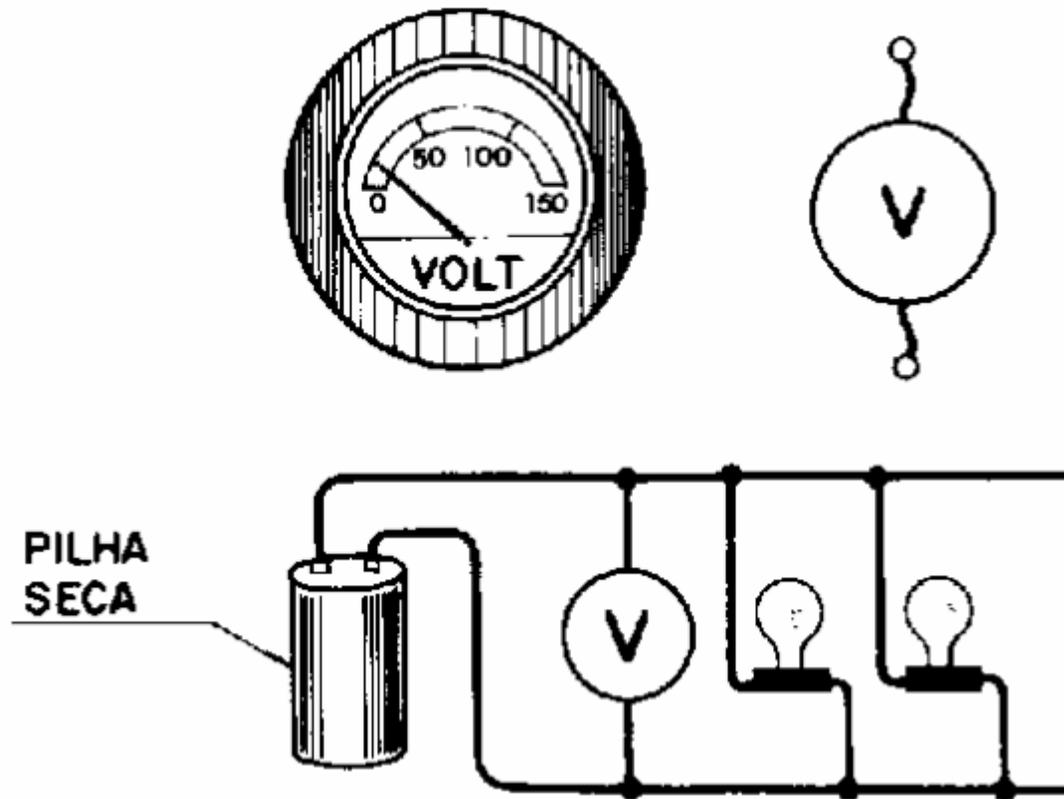
Ligando-se os corpos **A** e **B** com um condutor, o “potencial elétrico” de **A** empurra os elétrons para **B**, até que se igualem os potenciais.

Comparando-se os dois casos, podemos dizer que o potencial elétrico é uma “pressão elétrica” que existe nos corpos eletrizados.

VOLT é utilizado como unidade de tensão elétrica, representado pela letra “V”.

Tensão Elétrica

O aparelho utilizado para medir a tensão elétrica chama-se: VOLTÍMETRO
O voltímetro deve ser instalado em paralelo com o circuito.



TENSAO ELETRICA (E, V OU U)

INSTRUMENTO DE MEDIDA: VOLTÍMETRO

Deve ser ligado em paralelo com a carga a ser medida, pois possui uma resistência muito alta.



Fonte elétrica

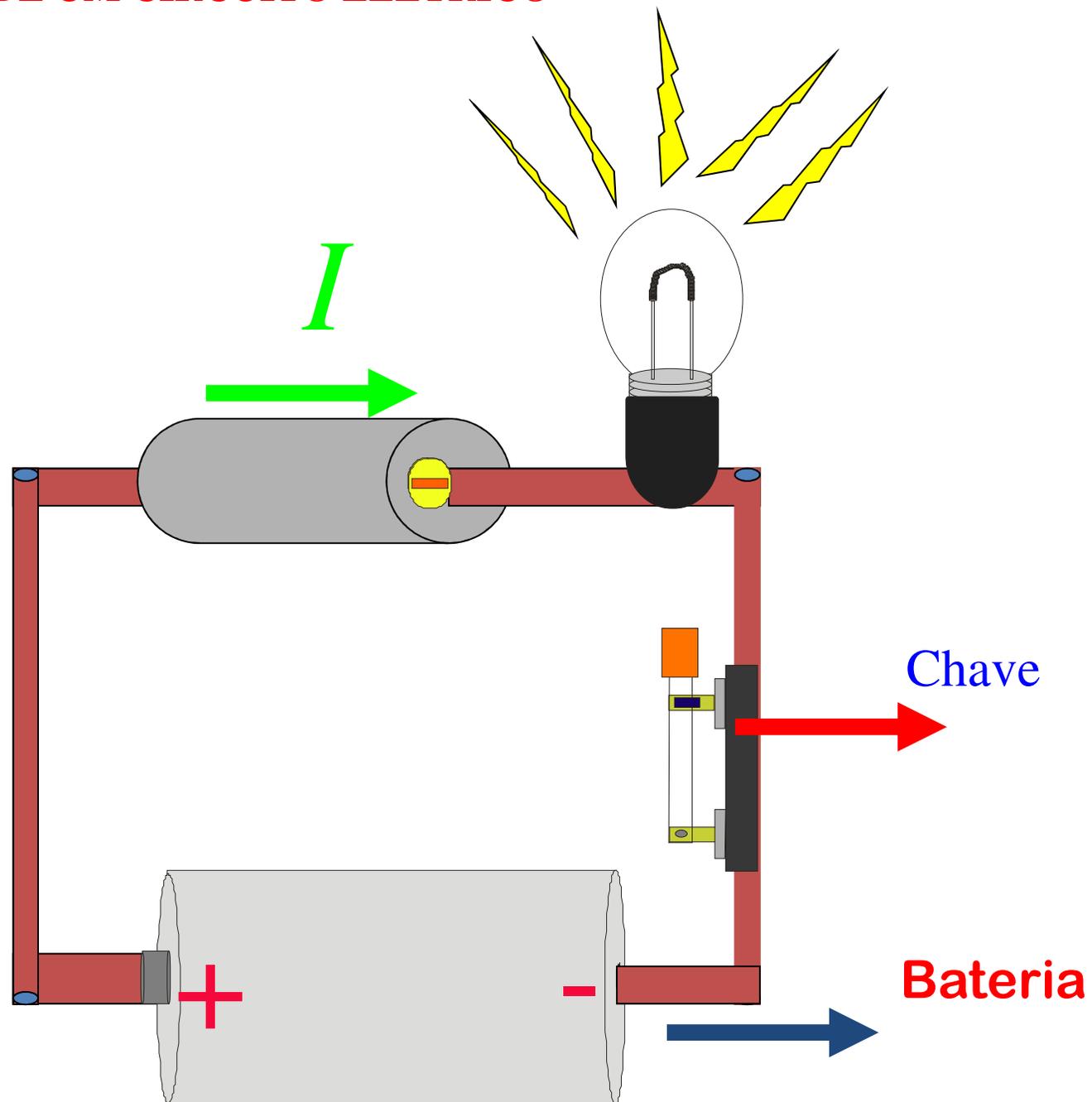
- As fontes elétricas são fundamentais na compreensão da eletrodinâmica, pois elas que mantêm a diferença de potencial (ddp) necessária para a manutenção da corrente elétrica. Num circuito elétrico, a fonte elétrica **em corrente contínua** é representada pelo símbolo abaixo:



Símbolo de fonte elétrica no circuito.

O pólo positivo (+) representa o terminal cujo potencial elétrico é maior. O pólo negativo (-) corresponde ao terminal de menor potencial elétrico.

ELEMENTOS DE UM CIRCUITO ELÉTRICO



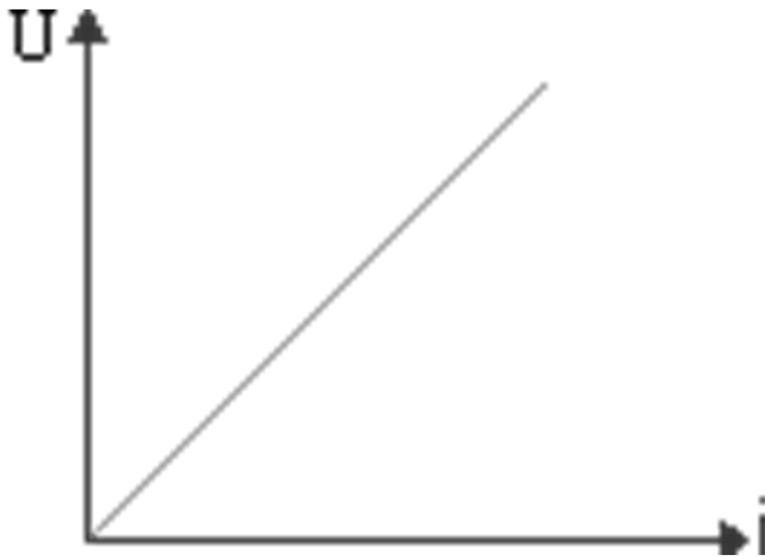
RESISTENCIA ELETRICA (R)

Resistência Elétrica, é a dificuldade encontrada pela corrente elétrica, ao percorrer um determinado material.

No Sistema Internacional, a unidade de resistência é o ohm cujo símbolo é Ω .

RESISTENCIA ELETRICA (R)

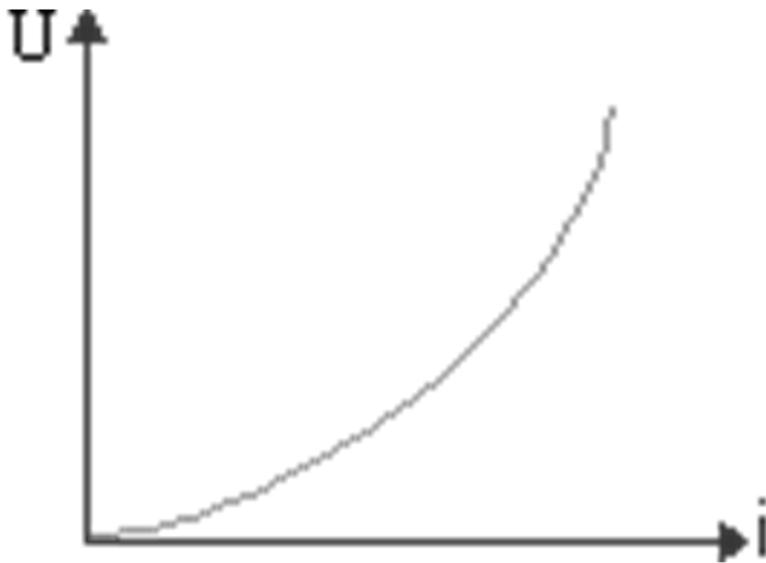
Para condutores que, mantêm a temperatura constante e a resistênça constante. O gráfico de U em função de I é retilíneo.



Condutor ôhmico

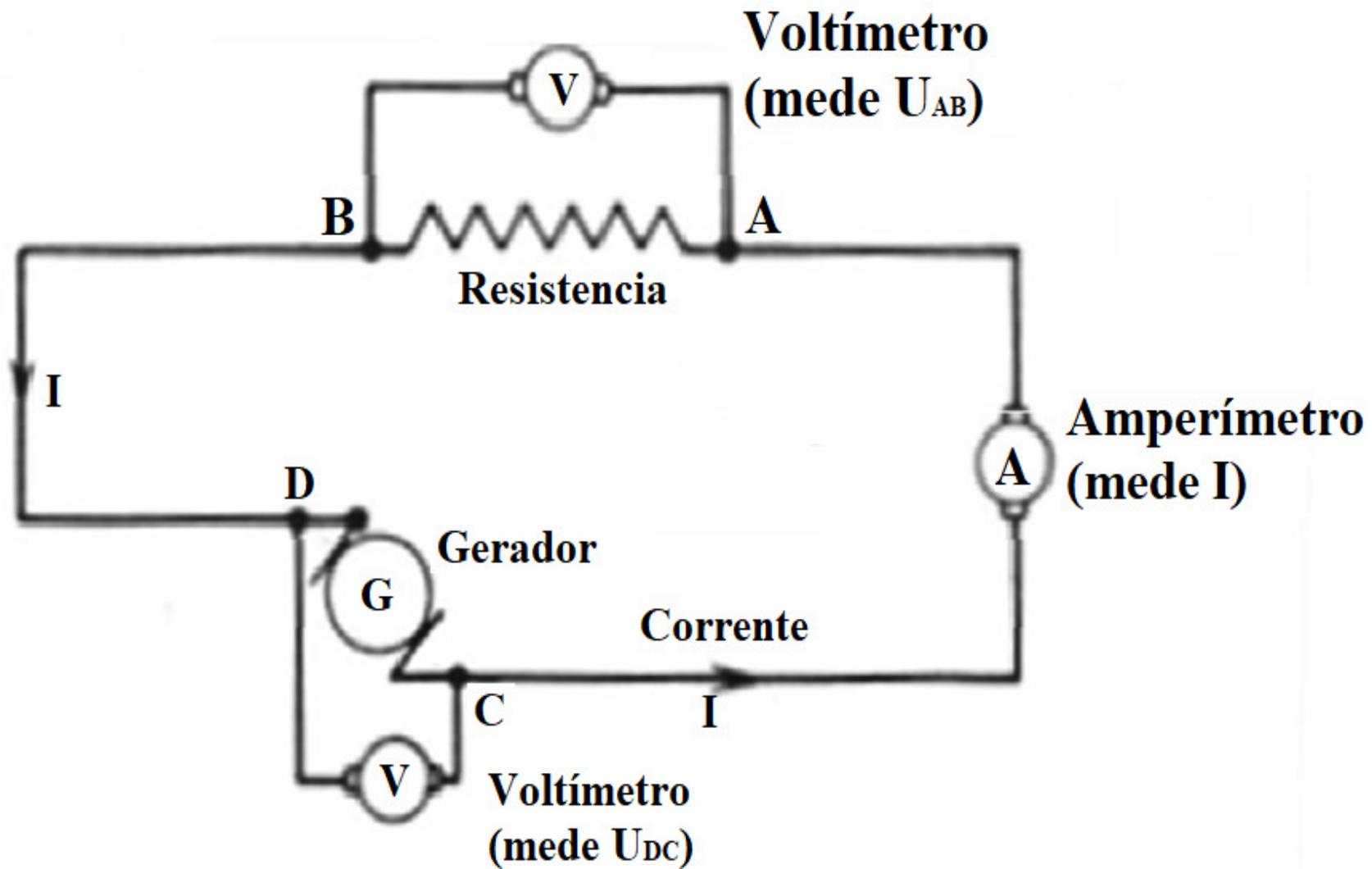
RESISTENCIA ELETRICA (R)

Quando a resistância não é constante e dependendo da tensão aplicada. O gráfico de **U** em função de **I** não é retilíneo.

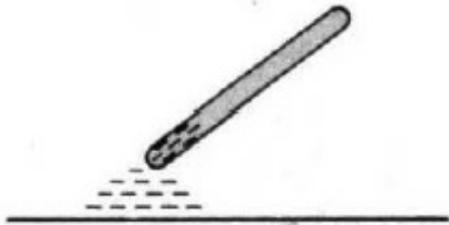


Condutor não ôhmico

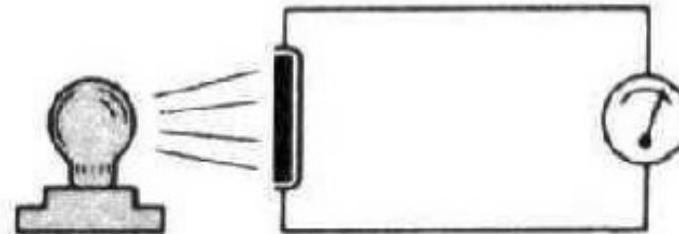
Força eletromotriz (f.e.m) e diferença de potencial (d.d.p)



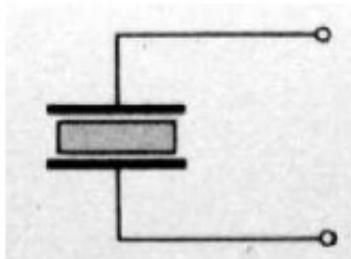
Produção de uma força eletromotriz



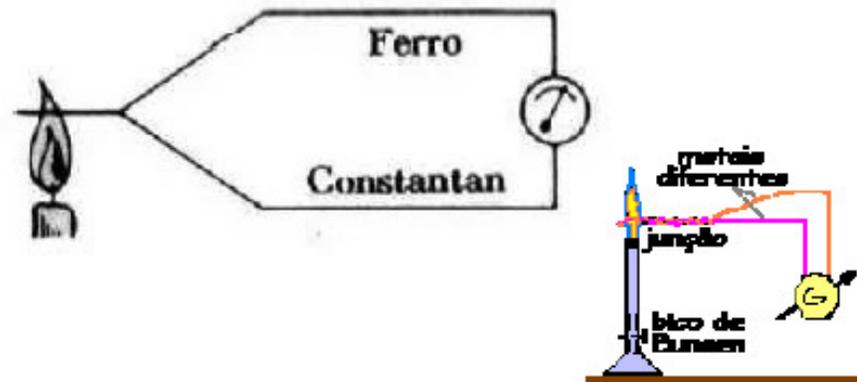
(a) Atrito



(b) Ação da luz



(c) Efeito piezelétricos
(compressão e tração de
cristais de quartzo)

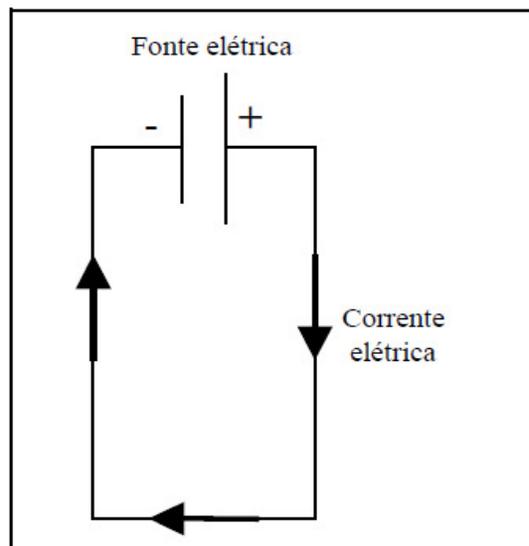


(d) Efeito termelétrico

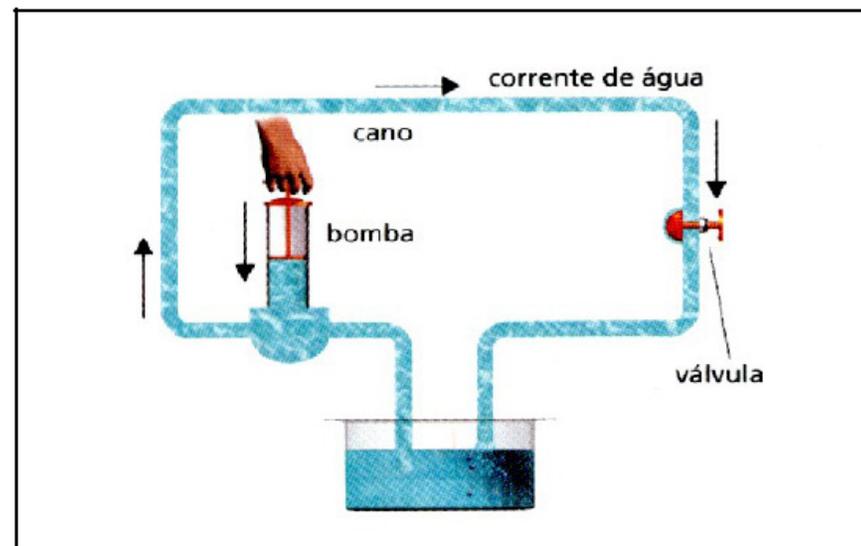
Figura – Formas de obtenção de uma força eletromotriz (f.e.m)

Circuito elétrico simples

- O sistema formado por um fio condutor com as extremidades acopladas aos pólos de um gerador é considerado um **circuito elétrico simples**, no qual a **corrente elétrica se dá através do fio**.
- No fio condutor os elétrons se deslocam do pólo negativo para o pólo positivo. Nesse deslocamento há perda de energia elétrica, devido a colisões dos elétrons com os átomos do material.



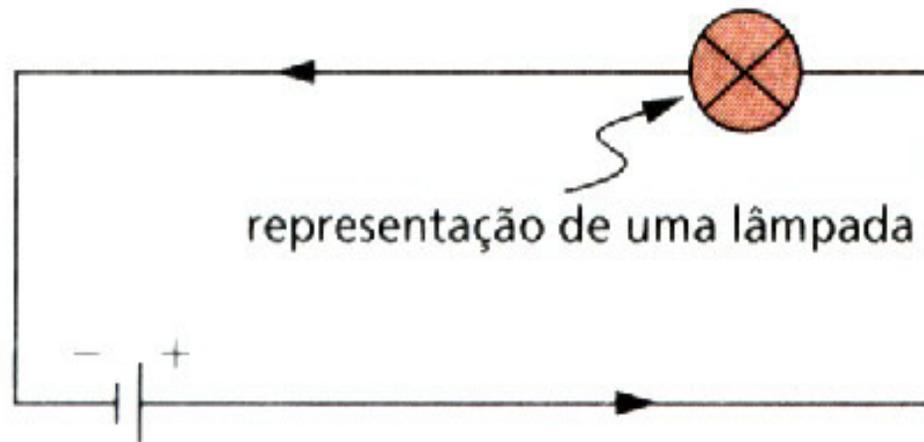
Circuito elétrico simples



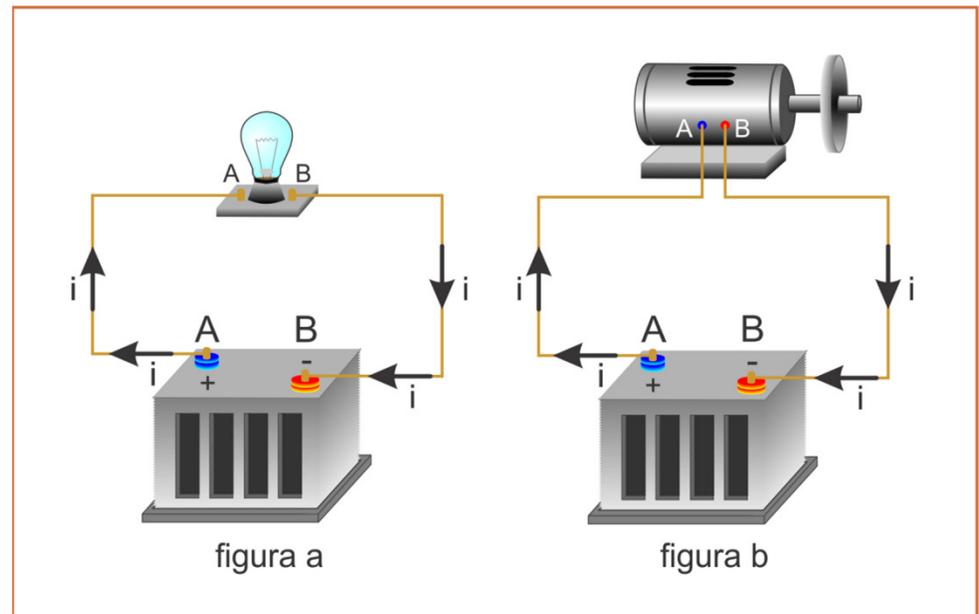
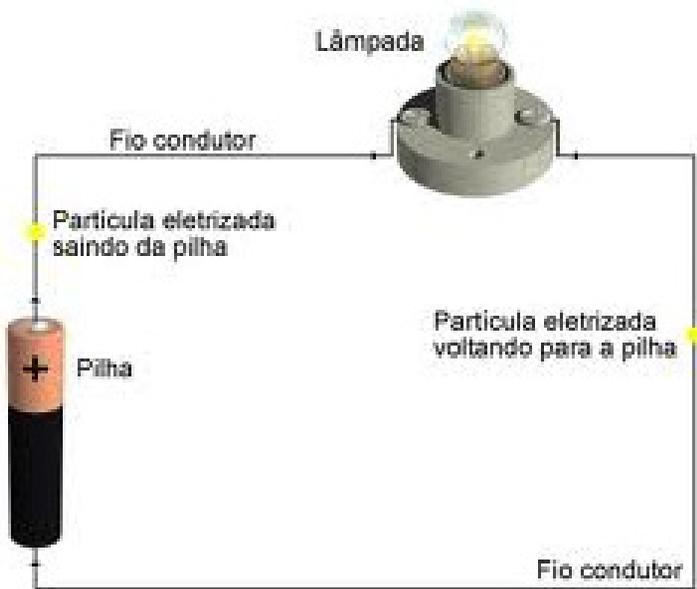
Sistema hidráulico

Exemplo de Circuito Simples

A figura abaixo mostra a representação gráfica de um circuito elétrico contendo um gerador, uma lâmpada e fios condutores.



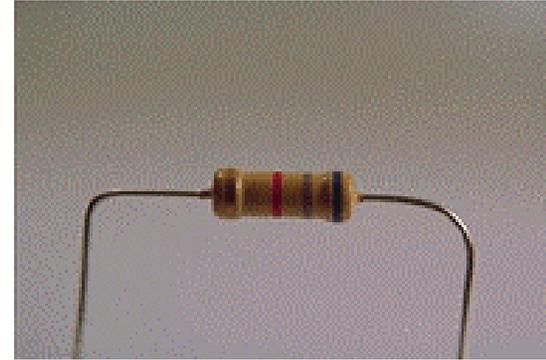
Circuito Elétrico Corrente Contínua (CC)



Resistores

- De onde provém o calor fornecido por aparelhos como ferro elétrico, torradeira, chuveiro e secadora elétrica? Por que a lâmpada fica quente depois de acesa?
- Esse aquecimento acontece pela transformação da energia elétrica em calor, fenômeno denominado **efeito Joule**, decorrente da colisão de elétrons da corrente com outras partículas do condutor. Durante a colisão, a transformação de energia elétrica em calor é integral.
- Condutores com essa característica são denominados **resistores**.

Exemplos de resistores



RESISTÊNCIA DE UM CONDUTOR

A resistência de um condutor de seção reta e uniforme é diretamente proporcional ao seu comprimento e inversamente proporcional a área da seção reta. A resistência de um condutor é dada por:

$$R = \frac{\rho \cdot l}{A}$$

onde:

ρ – resistividade [$\Omega \cdot m$];

l – comprimento do condutor [m];

A – área da seção transversal [m²].

A resistividade é uma propriedade que depende do tipo do material.

RESISTÊNCIA DE UM CONDUTOR

Valores da resistividade elétrica.

Material	Resistividade [$\Omega \cdot m$]
Prata	$1,64 \cdot 10^{-8}$
Cobre recozido	$1,72 \cdot 10^{-8}$
Alumínio	$2,38 \cdot 10^{-8}$
Ferro	$12,3 \cdot 10^{-8}$
Constantan	$49 \cdot 10^{-8}$
Nicromo	$100 \cdot 10^{-8}$
Silício	2500
Papel	10^{10}
Mica	$5 \cdot 10^{11}$
Quartzo	10^{17}

Nos aparelhos elétricos a corrente elétrica transforma a energia potencial elétrica em outras formas de energia, principalmente a térmica e a mecânica. É a quantidade de energia transformada que pagamos às concessionárias de energia elétrica dos nossos estados.



Imagem: Chuveiro Elétrico / Andrevruas / Creative Commons Attribution 3.0 Unported.



Imagem: Ferro Elétrico / Li-sung / Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported.



Imagem: Ventilador / Jorge Barrios / Domínio Público.

Dessa forma, conhecermos as características da corrente elétrica que circula em cada aparelho elétrico pode nos ajudar a escolher aquele que melhor se adequa às nossas necessidades, principalmente a financeira.

POTÊNCIA DA CORRENTE ELÉTRICA

Você já esteve em contato com conceito de POTÊNCIA quando estudou o conceito de **ENERGIA** na **MECÂNICA**. Em eletricidade, a **potência da corrente elétrica** tem o mesmo significado. Observe a animação.

<http://www.portalsaofrancisco.com.br/alfa/isolantes-eletricos/imagens/corrente-eletrica-3.gif>

A carga elétrica recebe uma certa quantidade de energia potencial elétrica “armazenada” no campo elétrico estabelecido no interior do condutor. Quando a carga elétrica começa a circular pelo condutor (**corrente elétrica**) ao passar na lâmpada, devido ao efeito Joule, a energia potencial elétrica é transformada em Calor num determinado intervalo de tempo.

Assim a Potência elétrica será definida por: $P = \frac{\tau}{\Delta t}$

τ é o trabalho realizado (transformação da energia) em joules (J)

Δt é o intervalo de tempo da transformação em segundos (s)

P é a potência elétrica em $\frac{J}{s} = W$ (watt)

Isso significa que, por exemplo, a corrente que passa por uma lâmpada tendo potência de 40W transforma (fornece a lâmpada) uma quantidade de calor de 40 J/s. No cotidiano dizemos que a lâmpada opera numa potência de 40W ou tem potência de 40W.

Da eletrostática sabemos que o trabalho realizado num campo elétrico é dado por:

$$\tau = q \cdot (V_A - V_B), \text{ assim teremos } P = \frac{q \cdot (V_A - V_B)}{\Delta t}.$$

Como $U = V_A - V_B$ e $i_m = \frac{q}{\Delta t}$ teremos $P = U \cdot i$

para correntes constantes

Potência dissipada num resistor

Como já vimos a potência da corrente elétrica dissipada num resistor, representa a energia transformada em calor num determinado intervalo de tempo(efeito joule) que pode ser calculada por

$P = U \cdot i$ como $U = R \cdot i$, então temos

$$***$P = R \cdot i^2$ ou***$$

$$***$P = \frac{U^2}{R}$***$$

POTÊNCIA ELÉTRICA (P)

INSTRUMENTO DE MEDIDA: WATTÍMETRO

Deve ser ligado em série e paralelo com a carga a ser medida, pois o mesmo fará a medição da tensão e da corrente, executa o cálculo e registra o valor.



VALORES NOMINAIS

Em eletricidade a **potência elétrica** passou a ser uma grandeza muito útil porque permite medir o **consumo de energia potencial elétrica** de qualquer aparelho elétrico. Assim os fabricantes de lâmpadas, ferros elétricos, chuveiros elétricos etc., passaram a especificar em seus produtos pelo menos dois valores, chamados de **valores nominais** que são:

- ❖ Tensão nominal ou ddp (U) – *tensão da rede para a qual o produto foi fabricado;*
- ❖ Potência nominal (P) – *potência consumida pelo aparelho.*

‡ *Ao colocarmos um aparelho em funcionamento devemos observar que:*

1) Se a rede elétrica, na qual o aparelho vai ser ligado, apresentar uma ddp menor que a ddp nominal do aparelho, este funcionará em condições abaixo do normal. O aparelho funcionará desenvolvendo uma potência abaixo da potência nominal, ou seja, o funcionamento do aparelho é abaixo do normal.

2) Sendo a ddp da rede elétrica igual à ddp nominal do aparelho, este funciona em condições normais.

3) Finalmente, se a ddp da rede elétrica for maior que a ddp nominal do aparelho elétrico, este sofrerá superaquecimento, podendo, em função do tempo de funcionamento, fundir, o que significa queima do aparelho.



Imagem: Chuveiro Elétrico / Andrevrvas / Creative Commons Attribution 3.0 Unported.



Imagem: Lâmpada incandescente / Ming888 / Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported.



Imagem: Lâmpada incandescente / Ming888 / Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported.

CÁLCULO DA ENERGIA ELÉTRICA

<http://radiocriatividadefm.files.wordpress.com/2011/04/celpe1.jpg>

Como a potência dos aparelhos já é conhecida, então podemos calcular o consumo de energia pela expressão

$$\tau = P \cdot \Delta t$$

Embora o joule seja a unidade de energia do S.I., ela não é adequada para medir o consumo de energia das residências e indústrias. Assim teremos:

- ***P em KW (quilowatt)***
- ***Δt em h(hora)***
- ***τ em KWh(quilowatt – hora)***

$$1\text{KWh} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ J}$$

Energia e trabalho

- Energia consumida ou trabalho elétrico efetuado é definido como:

$$W = P \cdot t$$

Sendo: W – trabalho elétrico (kWh); P – potência elétrica (kW);
 t – tempo (h).

- Analogia: trabalho elétrica e trabalho mecânico.

Trabalho mecânico (J) = força (N) · distância (m)

Trabalho elétrico (kWh) = potência (kW) · tempo (s)

Atividade especial adaptada – conta de energia elétrica

Pedro mora com mais três amigos em uma “república”. Na tabela abaixo estão listados os aparelhos elétricos existentes na casa e as horas de uso, em média, de cada aparelho. Para calcular o gasto mensal de energia elétrica, em kWh, você deve adotar o seguinte procedimento:

- Considere o mês com 30 dias.

1. Complete a tabela, calculando o total gasto no mês, em kWh, em cada item.
2. Qual é o aparelho que mais consome energia elétrica na “república”?
3. Com exceção do chuveiro, todos os demais aparelhos funcionam em 120 V. Se todos funcionam simultaneamente, exceto o chuveiro, qual é o total da intensidade de corrente elétrica necessária?
4. Qual é a intensidade de corrente elétrica que atravessa o chuveiro, quando em funcionamento?
5. Considerando que o preço do kWh seja R\$ 0,17, qual é o gasto mensal de energia elétrica da “república”?
6. De quantos ampères deve ser um fusível para proteger todos os aparelhos que funcionam em 120 V? E para proteger o chuveiro?

Fonte: <http://pt.scribd.com/doc/72897057/21569-Cap-40-conta-de-energia-eletrica#download>

QUANTIDADE	APARELHO	ESPECIFICAÇÃO DDP/Potência	HORA DE USO POR DIA	TOTAL GASTO NO MÊS EM kWh
1	Televisão 20”	120V-60W	5	
1	Televisão 14”	120V-50W	5	
1	Geladeira	120V-300W	12	
2	Rádiorrelógio	120V-4W	24	
1	Chuveiro	220V-4.400W	1	
1	Grill	120V-640W	0,5	
5	Lâmpada Incandescente	120V-60W	6	
3	Lâmapada Fluorescente	120V-20W	6	

Como se faz a leitura no medidor de energia das residências?

CALCULE O SEU CONSUMO (BT)

EXEMPLOS

Questão 01 - *Um estudante resolveu acampar durante as férias de verão. Em sua bagagem levou uma lâmpada com as especificações: **220 V - 60 W**. No camping escolhido, a rede elétrica é de **110 V**. Se o estudante utilizar a sua lâmpada na **voltagem do camping**:*

- *não terá luz, pois a lâmpada “queimará”;*
- *ela brilhará menos, porque a potência dissipada será de 15 W;*
- *ela brilhará menos, porque a potência dissipada será de 30 W;*
- *ela brilhará normalmente, dissipando a potência de 60 W.*

http://www.supletivounicanto.com.br/docs/listas/medio/fisica/Fisica_3o_Ano_potencia_eletrica_fim.pdf

Questão 02 - Antes de comprar um chuveiro elétrico para instalar em sua residência, um chefe de família levantou os seguintes dados:

- potência do chuveiro = 2.400 W
- tempo médio de um banho = 10 min
- nº de banhos por dia = 4
- preço do kWh = R\$ 0,20

Com esses dados, **chega-se à conclusão de que o custo mensal de energia elétrica para utilização do chuveiro será:**

- a) R\$ 12,10 b) R\$ 9,60 c) R\$ 8,40 d) R\$ 7,20

http://www.supletivounicanto.com.br/docs/listas/medio/fisica/Fisica_3o_Ano_potencia_eletrica_fim.pdf

Questão 03 - Uma plaqueta presa a um aparelho elétrico indica (840 W – 120 V). Supondo que seja ligado corretamente, o **valor da corrente** que o atravessa e o **valor da energia elétrica** que consome por hora será, respectivamente de:

- a) 5 A e 0,72 kWh
b) 2 A e 0,84 kWh
c) 7 A e 0,84 kWh
d) 7 A e 0,54 kWh

http://www.supletivounicanto.com.br/docs/listas/medio/fisica/Fisica_3o_Ano_potencia_eletrica_fim.pdf

Resumindo

- <https://www.youtube.com/watch?v=G0DTyLPIbLs>

Assistência Obrigatória

- VIAGENS NA ELETRICIDADE FILME ANIMANDO COMPLETO
- <https://www.youtube.com/watch?v=VfuoAHOe7j0>
- História Eletricidade - A Era da invenção
- <https://www.youtube.com/watch?v=8NN880JDP8M>

**ESTUDAR!! e Resolver os Exercícios
Apresentados na seguinte apostila:**

- <http://efisica.if.usp.br/eletricidade/basico/>