



INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
CEARÁ

ELETRICIDADE AUTOMOTIVA

Eletricidade

Carga Horária: 80 Hs

Prof: Fco Edmar C.Bezerra

Campus Fortaleza - Ce



Histórico da Eletricidade

No século VI A.C., o filósofo grego **Tales de Mileto** descobriu que o âmbar - um certo tipo de resina vegetal - quando atritado com peles de animais, tinha a propriedade de atrair pequenos objetos materiais. Em grego, a palavra elektron significa âmbar , vindo daí a origem das palavras elétron, elétrico, eletricidade, etc.



Tales de Mileto (640-546 a.C.)



William Gilbert (1544-1603)

Passaram-se mais de 2100 anos a partir de Tales, sem que a eletricidade estática - a do âmbar atritado - despertasse interesse e, somente em meados do século XVI , um médico inglês - **William Gilbert** - descobriu que outros tipos de materiais, a exemplo do vidro, apresentavam propriedades similares ao âmbar, quando atritado com outros materiais.

Histórico da Eletricidade

Passaram-se novamente mais de 100 anos, sem que o conhecimento da Eletricidade evoluísse além das observações de Tales e de Gilbert.

No final do século XVII, um professor alemão - **Otto von Guericke** - construiu uma máquina elementar, que demonstrava de uma forma mais evidente, o fenômeno da eletrização estática descoberto por Tales e ampliado por Gilbert. Registra-se que a Máquina de Guericke produzia efeitos elétricos muito mais intensos do que aqueles já conhecidos por Tales e Gilbert, propiciando inclusive a formação de centelhas elétricas. A Máquina Elementar de von Guericke foi um marco decisivo no desenvolvimento dos estudos de Eletricidade, pois despertou a atenção de outros estudiosos sobre o assunto.



Otto Von Guericke (1602-1686)

Histórico da Eletricidade

A próxima contribuição ao estudo da Eletricidade deveu-se a **Benjamin Flanklin**, que demonstrou em 1730 que as descargas atmosféricas eram fenômenos elétricos, resultando das suas pesquisas, o surgimento dos pára-raios - dispositivos de proteção contra descargas elétricas atmosféricas - no ano de 1753.



Benjamin Franklin (1706-1790)



Charles Du Fay (1698-1739)

Na segunda metade do século XVIII - foi descoberta a existência de dois tipos de eletricidade estática: a positiva ou vítrea e a negativa ou resinosa, verificando-se que as cargas de mesmo sinal se repelem e as cargas de sinais opostos se atraem, descoberta creditada a um professor francês de nome **Du Fay**.

Histórico da Eletricidade

No ano de 1785 - o professor francês Charles Augustin de **Coulomb** enunciou a célebre lei de Coulomb, segundo a qual duas cargas elétricas se atraem ou se repelem com uma força cujo módulo é diretamente proporcional ao produto das cargas e inversamente proporcional ao quadrado da distância entre elas.

$$F = k \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{d^2}$$



Charles Coulomb (1736-1806)

Os estudos de Augustin Coulomb, tiveram prosseguimento com Laplace, Gauss, Faraday, Joule, entre outros, que contribuíram com o aperfeiçoamento da Eletricidade.

Histórico da Eletricidade

No ano de 1800, o professor italiano Alessandro Volta, inventou a pilha elétrica, baseado numa descoberta anterior do professor de anatomia Luigi Galvani em 1780, de que dois metais distintos quando eram conectados com pontos distintos da perna de uma rã dissecada, produzia contrações nas pernas da rã.



O professor Volta atribuiu isto à eletricidade gerada pelo contato dos metais distintos, lançando o primeiro entendimento que levaria à construção de uma pilha elétrica.

Histórico da Eletricidade

Em 1820, o professor alemão **Georg Simon Ohm** enunciou a também célebre lei de Ohm, segundo a qual a intensidade da corrente elétrica que percorre um circuito é diretamente proporcional à força eletromotriz (tensão elétrica) aplicada e inversamente proporcional à resistência total do circuito.

Esta lei pode ser expressa pela equação:

$$I = U / R$$

Onde I é a intensidade de corrente elétrica, medida em ampère - A, U é a tensão elétrica aplicada, medida em volt - V e R a resistência elétrica do circuito, medida em ohm - Ω .

Nos nomes das unidades elétricas acima, percebe-se claramente a homenagem aos cientistas Georg **Ohm**, Alessandro **Volta** já citados anteriormente e André Marie **Ampère** , matemático e físico francês - 1775 / 1836.



Histórico da Eletricidade

Ainda no ano de 1820, o físico dinamarquês Hans Christian **Oersted** - 1777/1851 - descobriu os fundamentos do Eletromagnetismo, introduzindo a noção de campo eletromagnético, tema desenvolvido por outros cientistas como Biot, Savart, Faraday, Lenz, Foucault, Henry, que culminou com Maxwell, que publicou em 1873, o seu Tratado de Eletricidade e Magnetismo, fundamento do Eletromagnetismo moderno.



Hans Oersted (1777-1851)



Em 1887, o físico alemão Heinrich Rudolf **Hertz** - 1857/1894 - demonstrou que as ondas eletromagnéticas possuíam propriedades análogas às da luz, abrindo assim o caminho para o conhecimento moderno no campo da Física.

Apenas como lembrete, registramos que à essa época, a lâmpada elétrica já havia sido inventada por Thomas Alva Edison, no ano de 1879

Histórico da Eletricidade

No Brasil, podemos citar que a eletricidade chegou de verdade em 1889, com a construção da primeira usina hidroelétrica - a usina de Marmelos - próxima a Juiz de Fora - MG, embora em 1879, ainda sob a égide do Império, tenha sido inaugurada a iluminação elétrica na estação Pedro II, no Rio de Janeiro e em 1883 a iluminação pública em Campos - RJ.



Neste pequeno histórico da Eletricidade, deixamos de citar - e sabemos disto - inúmeros outros cientistas que contribuíram para o desenvolvimento deste estratégico ramo do conhecimento humano, mas, acreditamos que o objetivo de dar uma visão geral da evolução deste tema palpitante foi medianamente alcançado.

1. Introdução

O que vem a ser a eletricidade?



A eletricidade é a parte da física que estuda os fenômenos relacionados com a carga elétrica em repouso ou em movimento. Os estudos sistemáticos desta área começaram no século XIX, a partir do estabelecimento da lei de Coulomb, e se acentuaram no século XX, em função do acentuado crescimento industrial.

1. Introdução

O estudo da eletricidade é dividido basicamente em três partes:

- ***Eletrostática*** – Estuda os fenômenos que ocorrem com a carga elétrica em repouso.
- ***Eletrodinâmica*** – Estuda os fenômenos que ocorrem com a carga elétrica em movimento.
- ***Eletromagnetismo*** – Estuda os fenômenos eletromagnéticos originados por correntes elétricas e suas consequências.

2. Estudo da Matéria

Podemos entender por matéria tudo que possui massa e ocupa lugar no espaço. O termo “matéria” é empregado genericamente para caracterizar qualquer substância existente na natureza, nos estados sólido, líquido e gasoso.

Estrutura da matéria

A matéria pode ser dividida sucessivamente em partes cada vez menores. Uma grande quantidade de água (H_2O), por exemplo, pode ser dividida em várias porções, em qualquer destas divisões, a quantidade separada continua sendo água. Entretanto, se continuarmos a dividir sucessivamente, resultará numa pequeníssima porção de água que será a menor porção da substância, e que ainda possui as características iniciais. Essa pequena porção denominamos de molécula.



Constituição da matéria

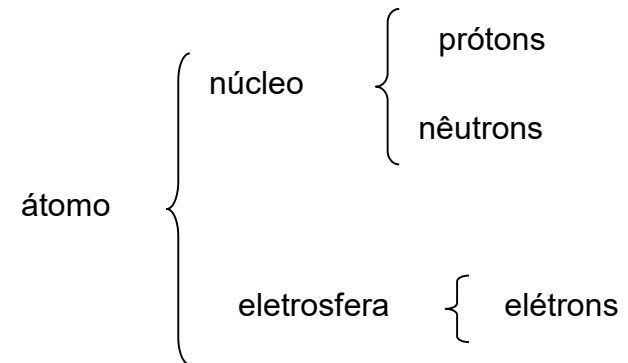
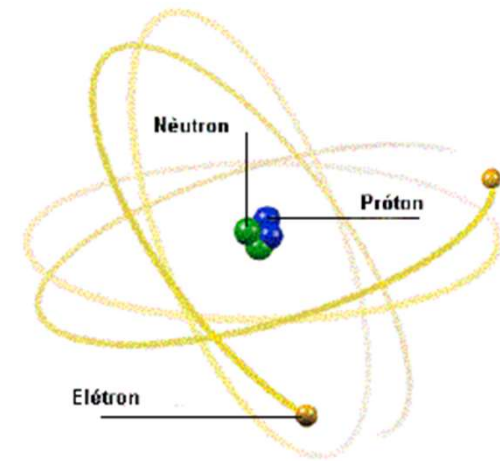
A divisão de uma molécula dá origem a partes menores que podem ser chamadas de partículas. Estas partículas são os ÁTOMOS.

Átomo

Cada átomo é formado, basicamente, por uma parte central denominada núcleo e por uma parte periférica chamada eletrosfera.

No núcleo está concentrada a quase totalidade da massa do átomo, representada pelos prótons e nêutrons.

Na eletrosfera encontram-se os elétrons, girando ao redor do núcleo em diferentes órbitas.



Constituição do Átomo

O **ELÉTRON**: é uma partícula cuja carga por convenção é negativa (-) e constitui a carga principal de estudo da eletricidade.

O **PRÓTON**: é uma partícula de carga positiva (+) encontrada no núcleo do átomo. O número de prótons dentro do núcleo de qualquer átomo determina o número atômico, classificando o elemento químico segundo uma tabela periódica, existente na química moderna.

O **NÊUTRON**: é uma partícula que por convenção atribui-se carga de valor zero (0) , assim como o próton, a sua localização é dentro do núcleo do átomo.

A matéria é geralmente eletricamente neutra.

Tabela Periodica

Os diversos tipos de átomos são agrupados em uma tabela denominada de Tabela Periódica de Elementos Químicos.

Os átomos se reúnem entre si, em diferentes arranjos, dando origem as moléculas de todas as substâncias da natureza. Um exemplo bastante importante é a união de dois átomos de hidrogênio com um de oxigênio, que forma a molécula de água (H₂O).

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	*
1A	2A	3B	4B	5B	6B	7B	8B			1B	2B	3A	4A	5A	6A	7A	0	
H																		He
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne	
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar	
Elementos de transição																		
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr	
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe	
Cs	Ba		Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn	
Fr	Ra		Dh	Ji	Rf	Bh	Hn	Mt										
Lantanídeos																		
La Ce Pr Nd Pm Sm Eu Gd Tb Dy Ho Er Tm Yb Lu																		
Actínidos																		
Ac Th Pa U Np Pu Am Cm Bk Cf Es Fm Md No Lr																		

Nome do elemento

6

2 4

Distribuição eletrônica

CARBONO

C

12,01115

Massa atômica

Carga elétrica

Carga elétrica é um conceito primitivo, isto é não pode ser definida, contudo pode-se dizer que é *quantidade de eletricidade*.

No entanto, podemos considerar que a **carga positiva** de um átomo é devida à presença dos prótons no núcleo, e a **carga negativa** é devida aos elétrons situados ao redor do núcleo.

A matéria é geralmente neutra, isto é, o número de prótons é igual ao número de elétrons. Os nêutrons não apresentam carga elétrica, só tem massa.

A unidade de medida de uma carga elétrica no Sistema Internacional de Unidades é o **Coulomb**, cujo símbolo é “C”.

Carga elementar

Chamamos de *carga elementar* a menor carga elétrica encontrada na natureza, a qual é representada por “e”.

$$e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

Veja:

Ficou convencionado que a carga elétrica de:

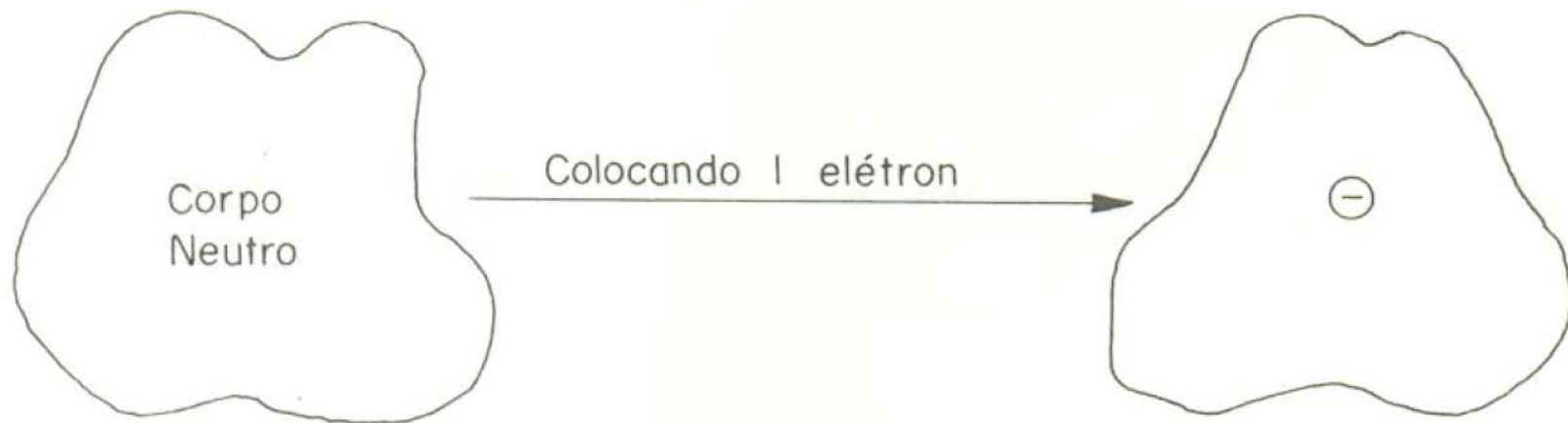
- Um elétron é igual a $-1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$
- Um próton é igual a $+1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$.

Esses valores são iguais em modulo, diferindo apenas pelos sinais algébricos, para caracterizar a diferença entre as cargas positivas (+) e negativas (-).

$$\begin{aligned} 6,25 \times 10^{18} \text{ prótons} &= + 1\text{C} \\ 6,25 \times 10^{18} \text{ elétrons} &= - 1\text{C} \end{aligned}$$

Quantidade de carga de um corpo (Q)

O estado elétrico de um corpo pode ser alterado, colocando-se ou retirando-se um número inteiro de elétrons.



O corpo fica com um elétron a mais, ou seja fica carregado negativamente.

Quantidade de carga de um corpo (Q)

O estado elétrico de um corpo pode ser alterado, colocando-se ou retirando-se um número inteiro de elétrons.



O corpo fica com dois elétrons a mais, ou seja fica carregado negativamente.

$$Q = n \times e$$

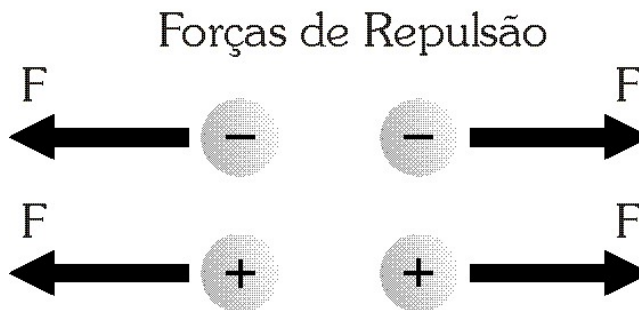
Quantidade de carga de um corpo (Q)

Exemplo:

Quanto elétrons devem ser retirados de um corpo neutro para que fique com uma carga de $32\ \mu\text{C}$?

VEJA:

Experiências mostram que, se aproximarmos dois prótons eles se repelem; da mesma forma, dois elétrons na presença um do outro também se repelem. Por outro lado, se aproximarmos um próton de um elétron eles se atraem. Podemos concluir que cargas de mesmo sinal se repelem e de sinais contrários se atraem.



$$F = k \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{d^2}$$

Eletrização de uma substância

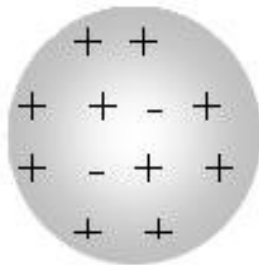
Uma substância estará eletrizada quando as quantidades de prótons e de elétrons forem diferentes.

Uma substância apresenta propriedades elétricas quando se altera o equilíbrio entre o número de prótons e elétrons.

A eletrização de uma substância ocorre com o ganho ou a perda de elétrons, pois as forças que os prendem ao átomo são vencidas pela energia aplicada para libertá-los.

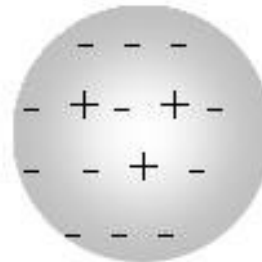
Um corpo pode estar eletrizado de duas formas:

Positivamente - quando há falta de elétrons (cedeu elétrons).



$$+ 10e - 2e = +8e$$

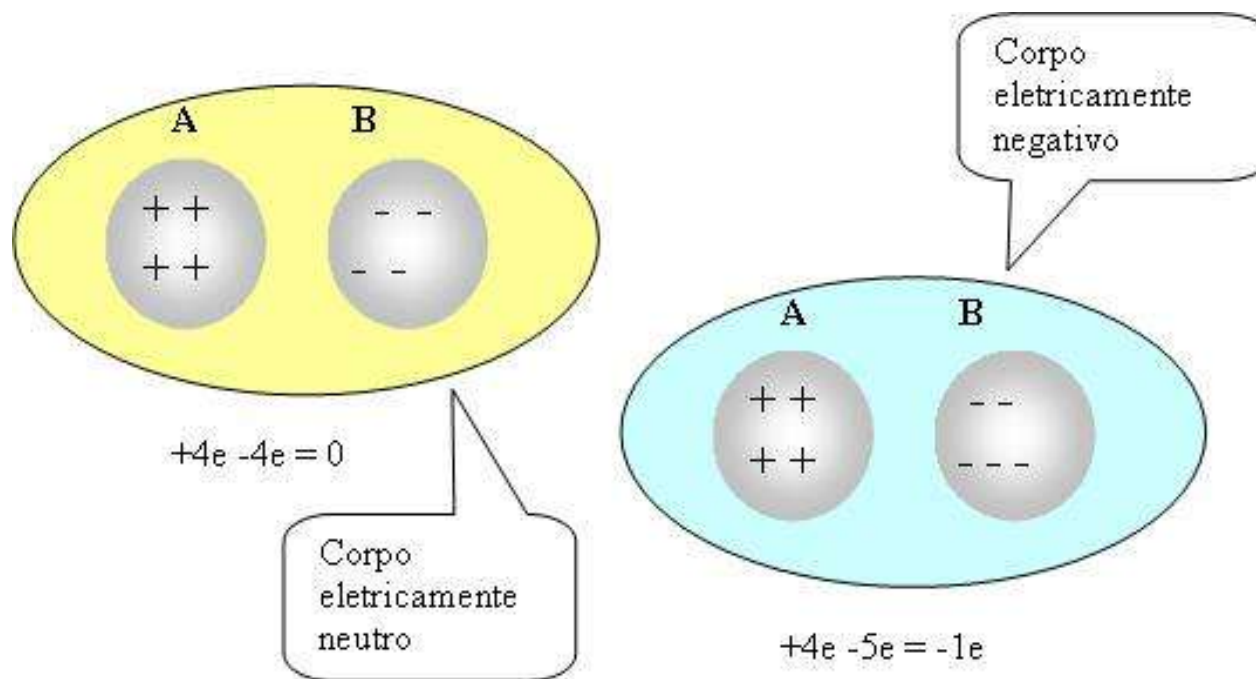
Negativamente – quando há excesso de elétrons (recebeu elétrons)



$$+ 3e - 12e = - 9e$$

Princípio da conservação de energia

Num sistema eletricamente isolado, é constante a soma algébrica das cargas elétricas.



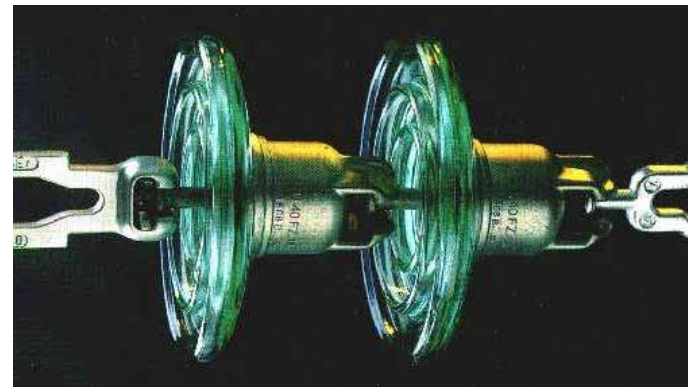
Condutores e Isolantes

Condutores - São substâncias nas quais os elétrons se locomovem com facilidade por estarem fracamente ligados ao núcleo do átomo. Como exemplo têm-se materiais metálicos, água não pura, o corpo humano.

Isolantes - São substâncias nas quais, ao contrario dos condutores, os elétrons estão fortemente ligados ao núcleo do átomo. Por exemplo, a borracha, o plástico, o vidro, a água pura, a madeira seca.

Veja:

Não existe condutor ou isolante perfeito, mas apenas bons condutores ou bons isolantes.



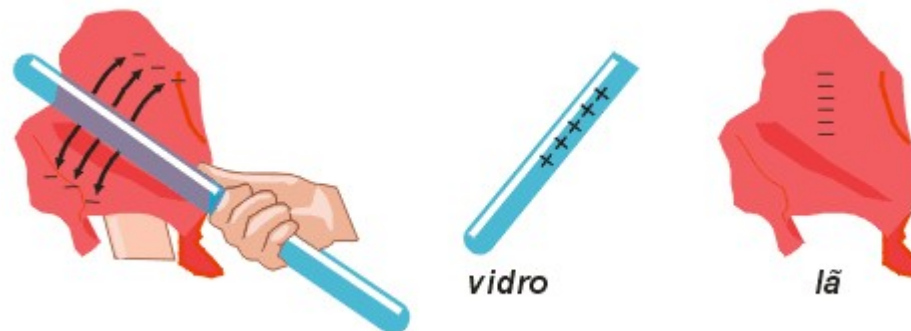
Processos de eletrização

Fenômeno através do qual um corpo neutro passa a ser eletrizado, ou seja, é o ato de um corpo adquirir ou ceder cargas elétricas negativas quando o mesmo encontrava-se eletricamente neutro.

Eletrização por atrito

Quando dois corpos são atritados, pode ocorrer a passagem de elétrons de um corpo para o outro. Diz-se que houve uma eletrização por atrito. **Nesse processo os corpos adquirem cargas elétricas de sinais contrários.**

A substância pode ficar eletrizada de forma positiva ou negativa conforme o tipo da outra substância com que ela é atritada.



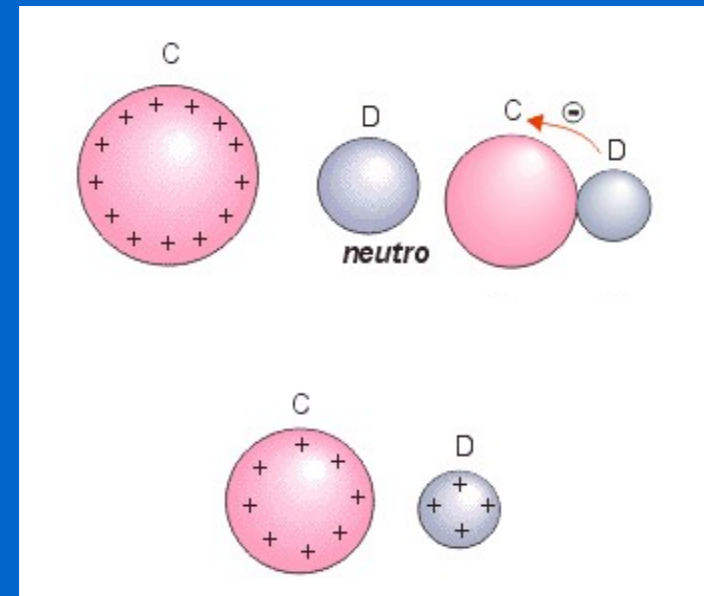
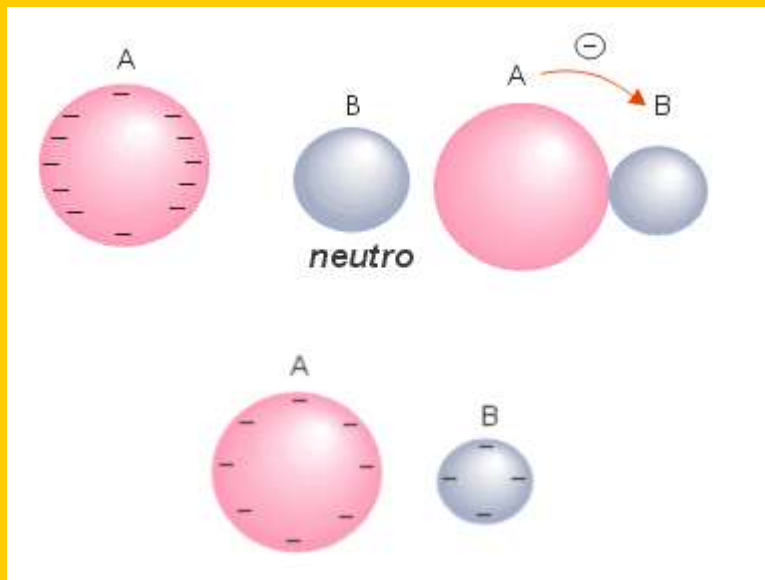
Exemplo: Um pedaço de lã quando atritado com o vidro, ficará carregado negativamente, pois nesse caso, a lã retirará os elétrons do vidro.

Série Triboelétrica

+ Positivo	Asbesto
	Acetato
	Vidro
	Mica
	Cabelo
	Náilon
	Lã
	Seda
	Alumínio
	Papel
	Algodão
	Âmbar
	Borracha
	Prata
	Ouro
Negativo -	Acrílico
	Poliuretano
	Poliéster
	PVC
	Teflon
	Silicone

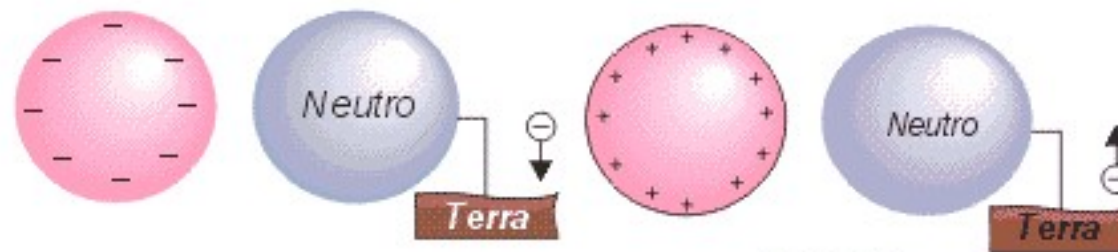
Eletrização por contato

Quando encontramos dois corpos (um eletrizado e um neutro ou dois eletrizados), havendo o contato físico entre eles, as cargas elétricas se distribuirão entre os corpos, segundo as suas dimensões (área, volume). Nesse processo os corpos sempre adquirem cargas de mesmo sinal.



Eletrização por Indução

A eletrização de um condutor neutro pode ocorrer por aproximação de um corpo (indutor) eletrizado, sem que haja contato entre eles. Nesse processo ocorre a separação entre algumas cargas elétricas positivas e negativas do corpo.



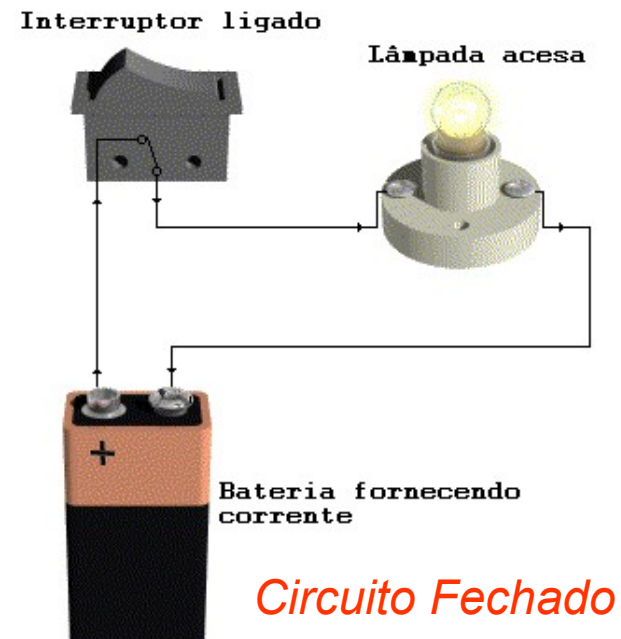
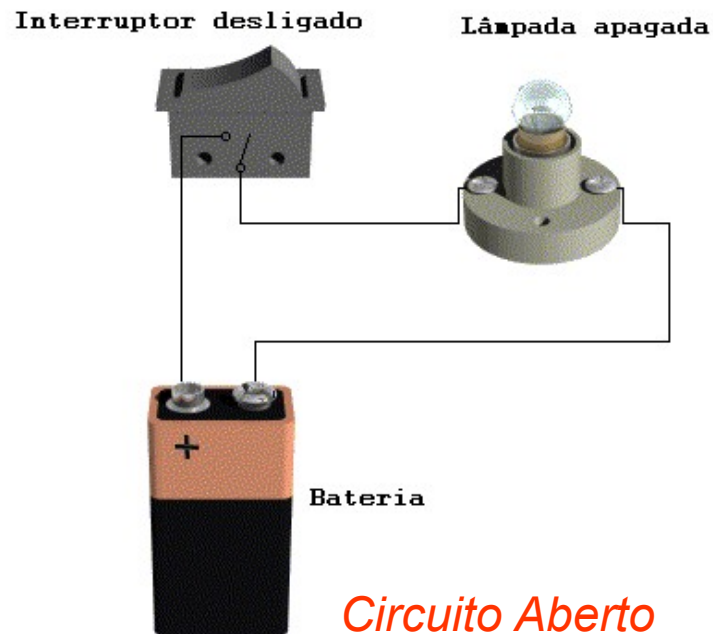
Observação: Em termos de manifestação elétrica, o Planeta Terra é considerado como enorme elemento neutro. Dessa forma, quando um condutor eletrizado é colocado em contato com a mesma, há uma redistribuição de cargas elétricas proporcional às dimensões do corpo eletrizado e a Terra, ficando, na realidade ambos eletrizados. Porém como as dimensões do corpo são desprezíveis quando comparadas com a da Terra, a carga elétrica que nele permanece, após o contato, é tão pequena que pode ser considerada nula, pois não consegue manifestar propriedades elétricas.

3. Circuito elétrico

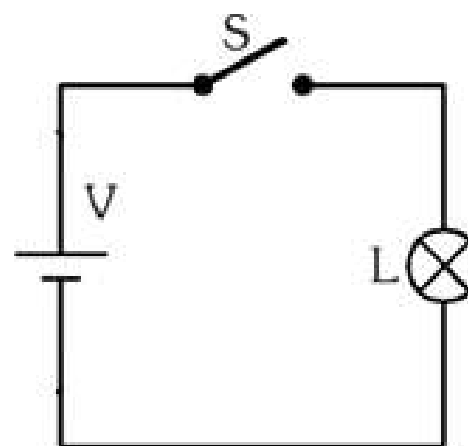
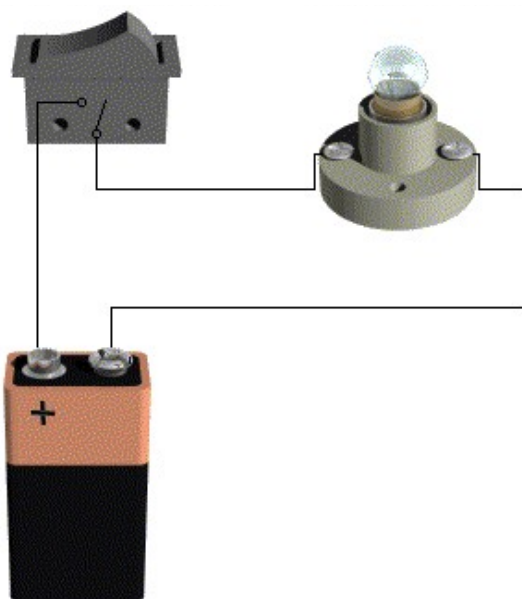
Para se estabelecer uma corrente elétrica são necessários, basicamente os seguintes elementos:

- um gerador de energia elétrica,
- um condutor (fio ou cabo) em circuito fechado
- um receptor (elemento para utilizar a energia produzida pelo gerador)

A esse conjunto denominamos circuito elétrico.

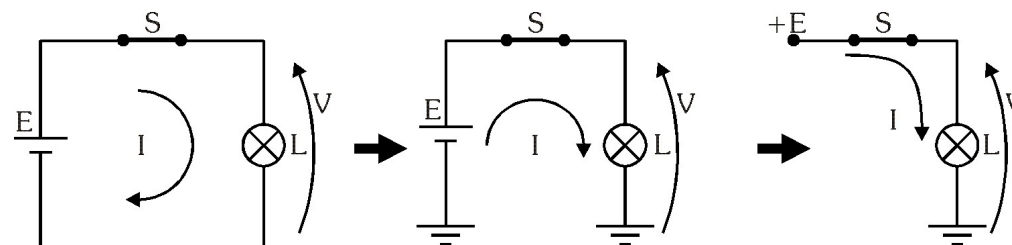
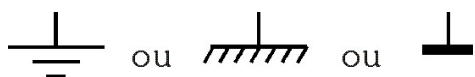


Circuito elétrico x Diagrama elétrico



Veja:

Pólo Negativo \Rightarrow Potencial Zero



Gerador elétrico

Podemos entender o gerador elétrico por um dispositivo capaz de transformar em energia elétrica outra modalidade de energia. O gerador elétrico não gera ou cria cargas elétricas, este provoca uma d.d.p. (diferença de potencial) entre seus terminais. Industrialmente, os geradores mais comuns são os químicos e os mecânicos.

Geradores Químicos - Aqueles que transformam energia química em energia elétrica. Exemplos: [pilha](#) e bateria.



Geradores Mecânicos - Aqueles que transformam energia mecânica em elétrica. Exemplo: grupo motogerador, alternador de automóvel.



Receptor elétrico

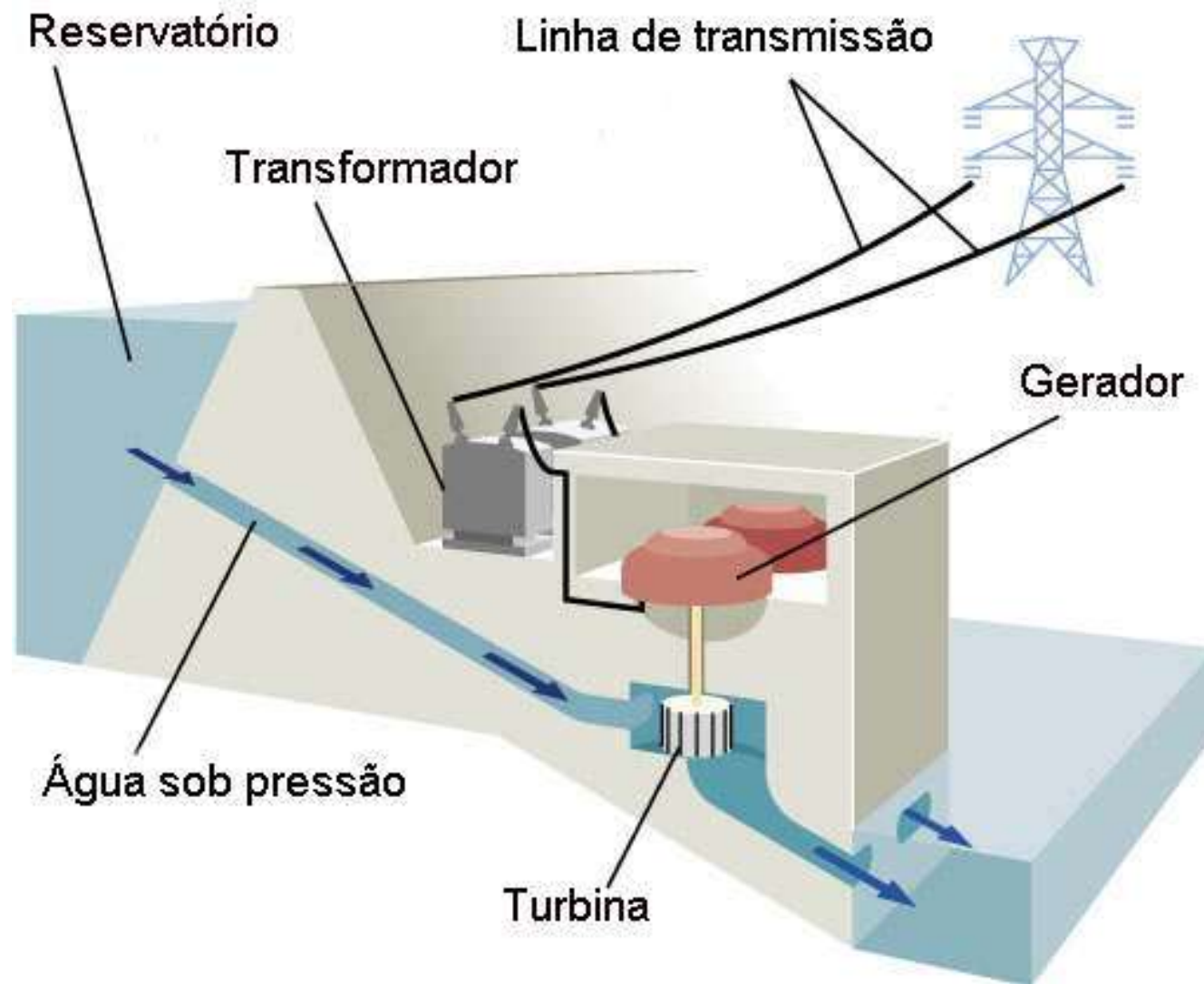
É um dispositivo que transforma energia elétrica em outra modalidade de energia. Um dos receptores mais encontrado nas indústrias é o motor elétrico, que transforma energia elétrica em mecânica, além da parcela de energia dissipada sob a forma de calor.



Um outro receptor é o resistor elétrico, que transforma toda a energia elétrica consumida em calor e/ou luz. Como exemplo, podemos citar os aquecedores, o ferro elétrico, o chuveiro elétrico, a lâmpada incandescente.



Curiosidade: Usina Hidroelétrica



Dispositivos de manobra

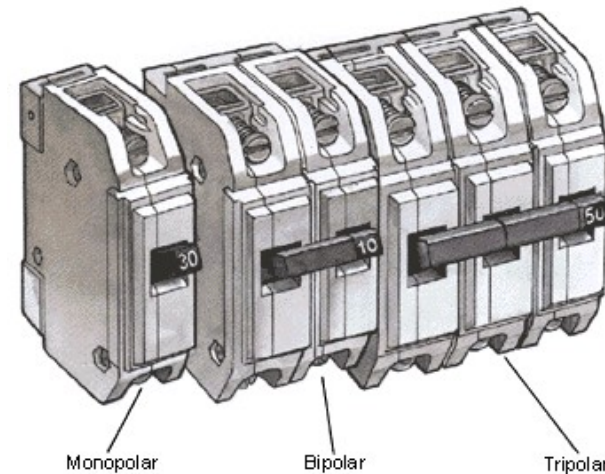
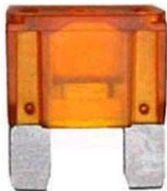
São elementos que servem para acionar ou desligar um circuito elétrico. Por exemplo, as chaves e os interruptores.

Interruptor



Dispositivos de segurança

São dispositivos que, ao serem atravessados por uma corrente de intensidade maior que a prevista, interrompem a passagem da corrente elétrica, preservando da destruição os demais elementos do circuito. Os mais comuns são os disjuntores e os fusíveis.

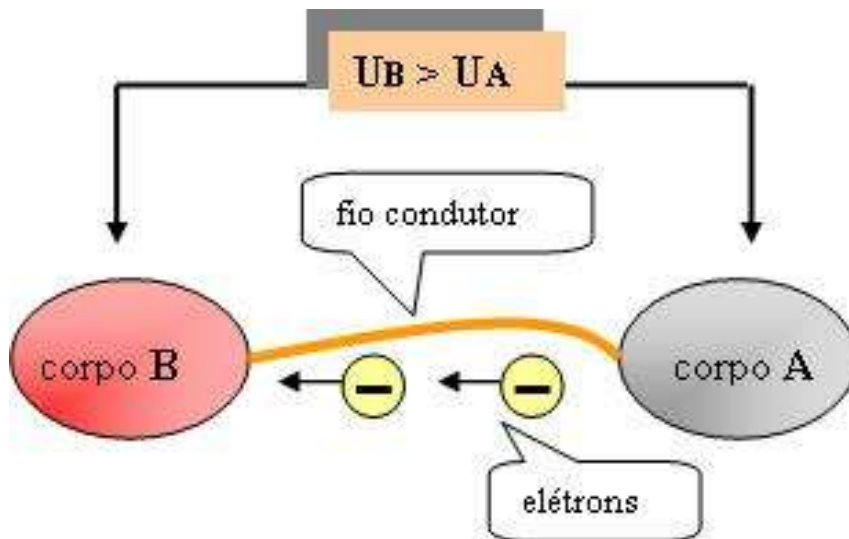


4. Grandezas Elétricas

Diferença de potencial (ddp) ou tensão elétrica

As cargas elétricas, elétrons livres, escoam espontaneamente do condutor de menor para o de maior potencial até o instante em que os corpos atingem o mesmo potencial.

No entanto se quisermos manter os fluxos de elétrons entre os corpos, ou seja, a corrente elétrica é necessário manter a diferença de potencial entre eles.



A d.d.p. (diferença de potencial) ou tensão elétrica é representada geralmente pela letra “U”, e sua unidade é o Volt (V).

Vamos fazer uma revisão

Unidade de comprimento (metro)

Além da unidade fundamental de comprimento, o metro, existem ainda os seus múltiplos e submúltiplos. Observe o quadro:

Múltiplos			Unidade Fundamental	Submúltiplos		
quilômetro	hectômetro	decâmetro	metro	decímetro	centímetro	milímetro
km	hm	dam	m	dm	cm	mm
1.000m	100m	10m	1m	0,1m	0,01m	0,001m

Os múltiplos do metro são utilizados para medir grandes distâncias, enquanto os submúltiplos, para pequenas distâncias.

- Para medidas milimétricas, em que se exige precisão, utiliza-se:

$$\text{micron } (\mu) = 10^{-6} \text{ m.}$$

- Para distâncias astronômicas utilizamos o Ano-luz (distância percorrida pela luz em um ano):

$$\text{Ano-luz} = 9,5 \cdot 10^{12} \text{ km}$$

Múltiplos e Submúltiplos da Tensão elétrica

Unidade fundamental: Volt (V).

Múltiplos		Unidade Fundam.	Submúltiplos	
megavolt	quilovolt	Volt	milivolt	microvolt
MV	kV	V	mV	μV
10^6 V	10^3 V	1 V	10^{-3} V	10^{-6} V
1.000.000 V	1.000 V	1V	0,001 V	0,000001 V

x 1000

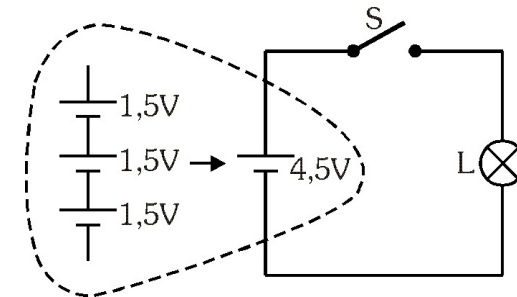
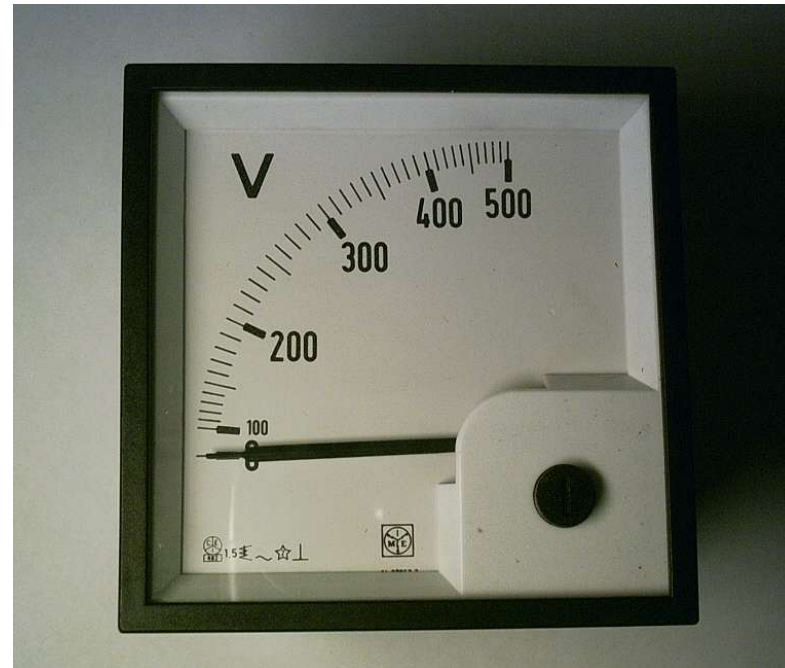
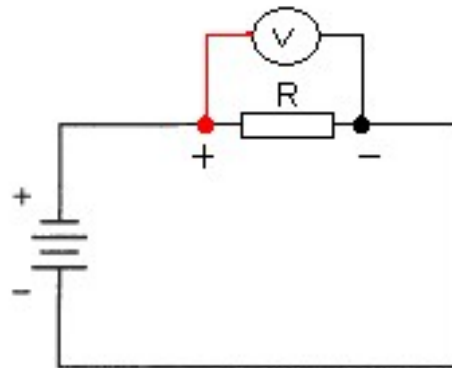
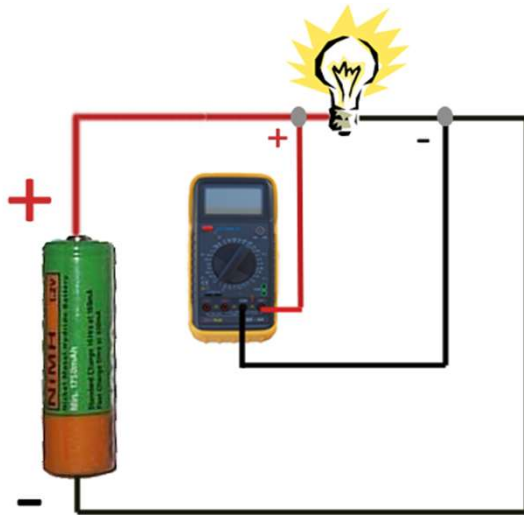
/ 1000

Exemplos:

- a) 55mV que corresponde a **0,055V**
- b) 13,8KV que corresponde a **13.800V**

Medição da Tensão elétrica

Utilizamos um instrumento chamado voltímetro. Este deve ser ligado em paralelo com a carga a ser medida.

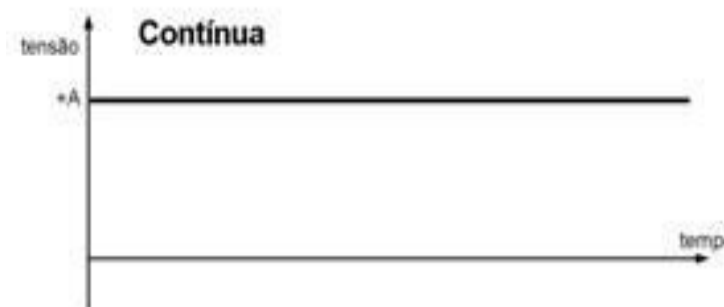


Tipos de Tensões Elétricas

Tensão Contínua (VCC)

É aquela cuja a polaridade e a amplitude se mantêm constante.

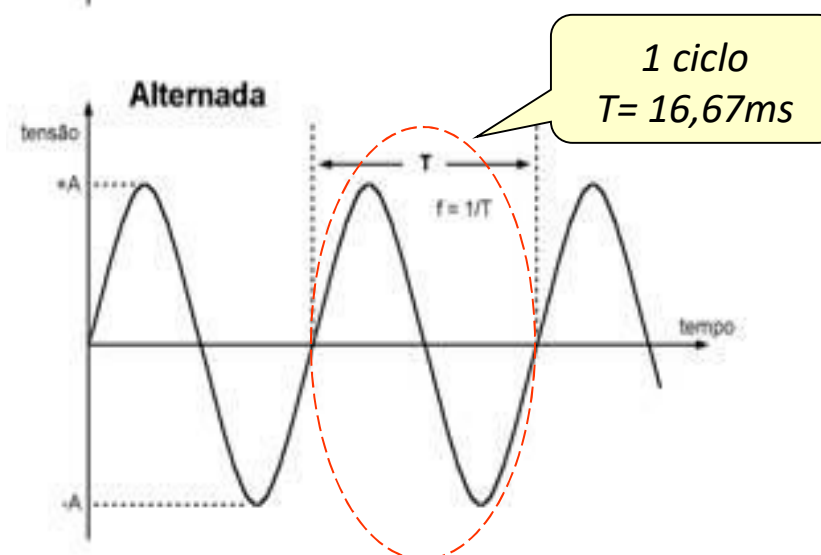
Ex: Tensão estabelecidas por uma bateria de automóvel.



Tensão Alternada (VCA)

É aquela cuja a polaridade e amplitude variam periodicamente. Esse tipo de corrente varia segundo a função trigonométrica seno.

Ex: As Tensões que são fornecidas pelas concessionárias de energia elétrica (220V/60Hz).

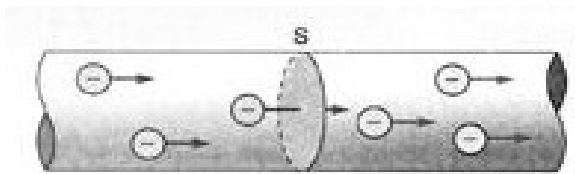


Veja: 60 ciclos/segundo = 60Hz = F (frequência)

$$T(\text{período}) = 1/F \quad T = 1/60 = 0,01667\text{seg} = 16,67ms$$

Corrente Elétrica

Ou Intensidade da Corrente Elétrica é denominada pelo movimento ordenado de cargas elétricas. Geralmente representada pela letra “I” e tem como unidade fundamental o Ampère (A).



Corrente Elétrica

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

Um Ampère de corrente é definido como o deslocamento de um 1 Coulomb de carga através de um ponto qualquer de um condutor, durante um intervalo de 1 segundo.

Quantidade de Carga elétrica

Considere uma secção de um fio condutor, onde podemos contar a quantidade de elétrons que passam por ela. Cada elétron possui uma quantidade de carga elétrica conhecida como *carga elétrica elementar*.

Essa carga elétrica tem valor conhecido, e se multiplicarmos o valor da carga elétrica elementar pelo número de elétrons que passa pela secção teremos a quantidade total de carga elétrica.

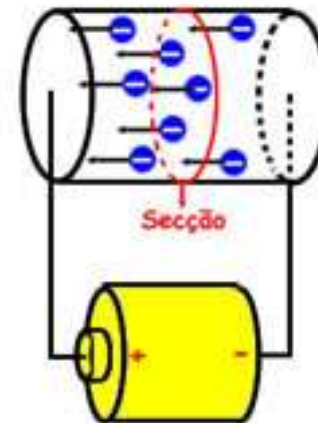
Carga Elétrica Elementar

$$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

Quantidade de Carga Elétrica

$$Q = n \cdot e$$

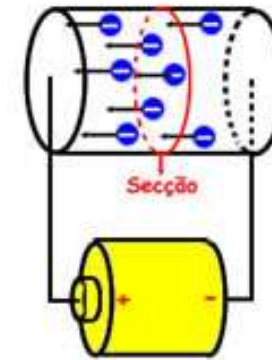
n = número de elétrons



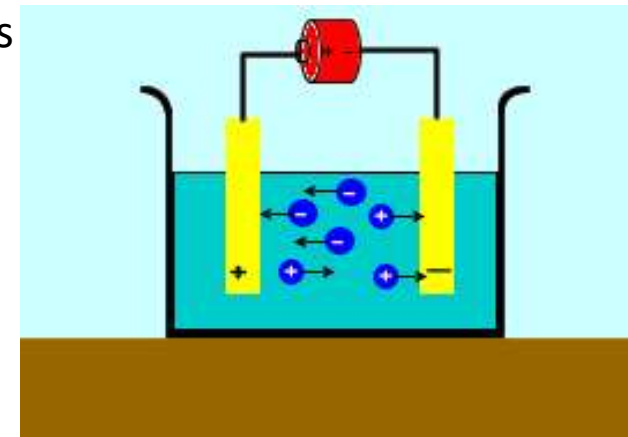
Natureza da Corrente Elétrica

A corrente elétrica pode ser classificada em:

Corrente eletrônica – Constituída pelo deslocamento dos elétrons livres. Ocorre, principalmente, nos condutores metálicos.



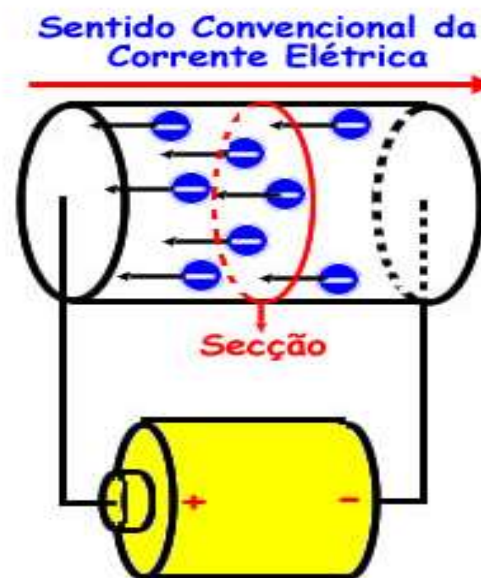
Corrente iônica – Constituída pelo deslocamento dos íons positivos e negativos, movendo-se simultaneamente em sentidos opostos. Ocorre nas soluções eletrolíticas (soluções de ácidos, sais ou bases) e nos gases ionizados (lâmpadas fluorescentes).



Sentido da corrente elétrica

Nos condutores sólidos, o sentido da corrente elétrica corresponde ao sentido do movimento dos elétrons, pois são eles que se deslocam. Isto é, a corrente elétrica flui do potencial menor (pólo negativo do gerador) para o potencial maior (pólo positivo do gerador). Esse é o sentido real da corrente elétrica.

Para estudo da corrente elétrica, entretanto, adota-se um sentido convencional, que é o do deslocamento das cargas positivas, ou seja do potencial maior para o potencial menor.



Múltiplos e Submúltiplos da Corrente elétrica

Unidade fundamental: Ampère (I).

Múltiplos		Unidade Fundam.	Submúltiplos	
megaampère	quiloampère	Ampère	miliampère	microampère
MA	kA	A	mA	μA
10^6 A	10^3 A	1 A	10^{-3} A	10^{-6} A
1.000.000 A	1.000 A	1 A	0,001 A	0,000001 A

x 1000

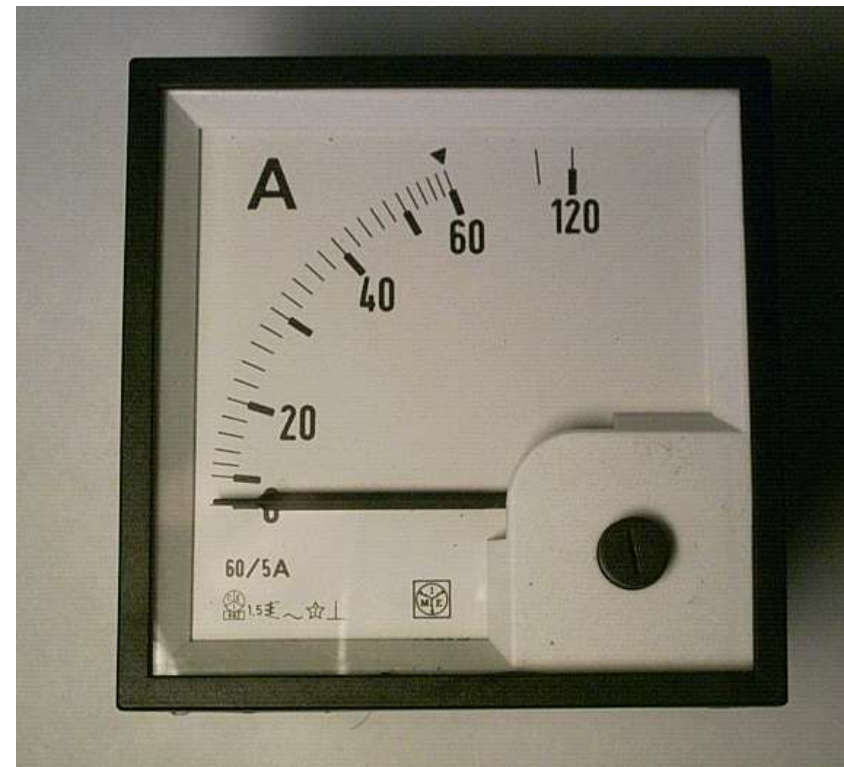
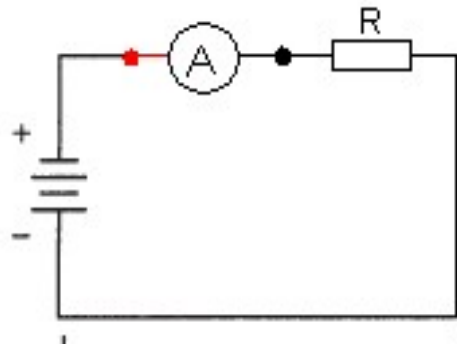
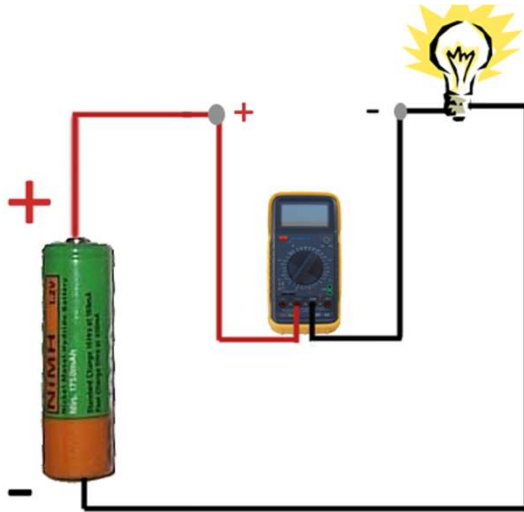
/ 1000

Exemplos:

- a) 20mA que corresponde a **0,02A**
- b) 1KA que corresponde a **1.000A**

Medição da Corrente Elétrica

Utilizamos um instrumento chamado amperímetro.
Este deve ser ligado em série com a carga a ser medida.

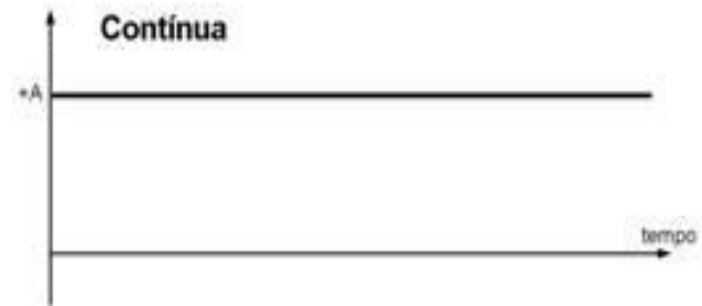


Tipos de correntes elétricas

Corrente contínua

É aquela cuja intensidade e o sentido se mantêm constante.

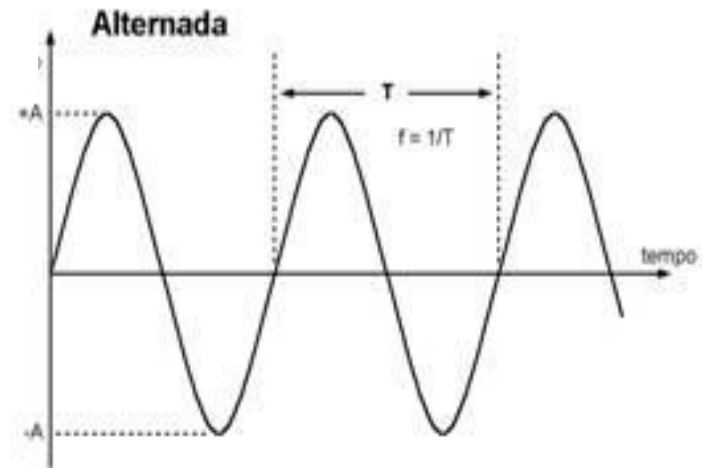
Ex: Correntes estabelecidas por uma bateria de automóvel.



Corrente Alternada

É aquela cuja intensidade e sentido variam periodicamente. Esse tipo de corrente varia segundo a função trigonométrica seno.

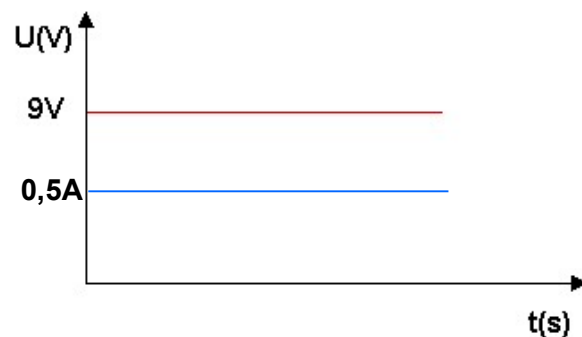
Ex: As correntes que são fornecidas pelas concessionárias de energia elétrica.



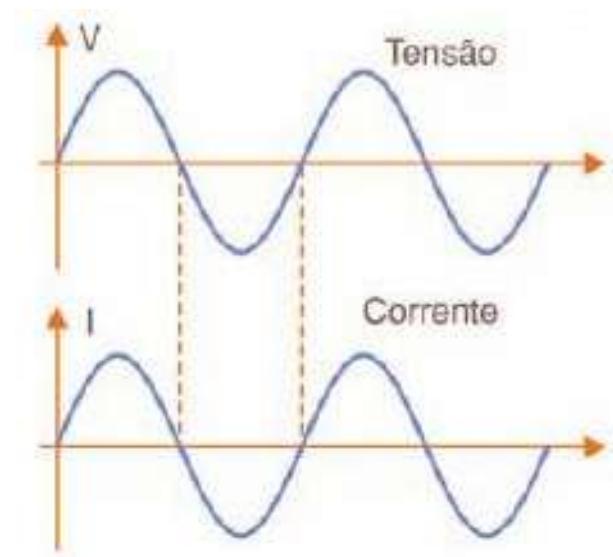
O tipo de corrente elétrica é conseqüente da tensão elétrica que alimenta o circuito, isto é: Para **U_{cc}** teremos **I_{cc}** e para **U_{ca}** teremos **I_{ca}**.

A modalidade de corrente elétrica CA oscila com certa freqüência, que representa o numero de ciclos completos na unidade de tempo.

UCC x ICC



UCA x ICA



Veja: Ciclos/segundos = Hz (Hertz).
 $F(\text{Hz}) = 1/T (\text{seg})$

Efeitos da corrente elétrica

Quando a corrente elétrica passa por um determinado dispositivo, ela causa um série de efeitos de larga aplicação na indústria.

Efeito térmico: qualquer condutor sofre aquecimento ao ser atravessado por uma corrente elétrica.

Exemplo: Chuveiros elétricos e Ferros de engomar.



Efeitos da corrente elétrica

Efeito luminoso: Em algumas condições, a passagem da corrente elétrica através de um gás rarefeito faz com que este emita luz.
Exemplo: Lâmpadas fluorescentes.



Efeitos da corrente elétrica

Efeito magnético: Quando um condutor é percorrido por uma corrente elétrica, surge numa região próxima a ele um campo magnético.

Exemplo: Motores e transformadores elétricos



Efeitos da corrente elétrica

Efeito químico: Quando atravessada por uma corrente elétrica, uma solução eletrolítica sofre decomposição.

Exemplo: Utilizado no revestimento de metais (cromação, niquelação, etc.)



Efeitos da corrente elétrica

Efeito fisiológico: consiste na ação da corrente elétrica sobre o corpo humano, causando sensação dolorosa e contrações musculares, podendo atingir situações fatais.



Resistência Elétrica

É a propriedade que um determinado elemento tem de apresentar oposição a passagem da corrente elétrica.

O Ohm (símbolo: Ω) é a unidade de medida da resistência elétrica, padronizada pelo SI (Sistema Internacional de Unidades).



Corresponde à relação entre a tensão de um volt e uma corrente de um ampère sobre um elemento, seja ele um condutor ou isolante.

O nome desta unidade é uma homenagem a George Simon Ohm (1789 - 1854) que descobriu relações matemáticas envolvendo as dimensões dos condutores e as grandezas elétricas, definindo o conceito de resistência elétrica e formulando as Leis de Ohm.

Múltiplos e Submúltiplos da Resistência elétrica

Unidade fundamental: Ohm (Ω).

Múltiplos		Unidade Fundam.	Submúltiplos	
megaohm	quiloohm	Ohm	miliohm	microohm
MΩ	k Ω	Ω	m Ω	$\mu \Omega$
$10^6 \Omega$	$10^3 \Omega$	1Ω	$10^{-3} \Omega$	$10^{-6} \Omega$
1.000.000 Ω	1.000 Ω	1 Ω	0,001 Ω	0,000001 Ω

x 1000

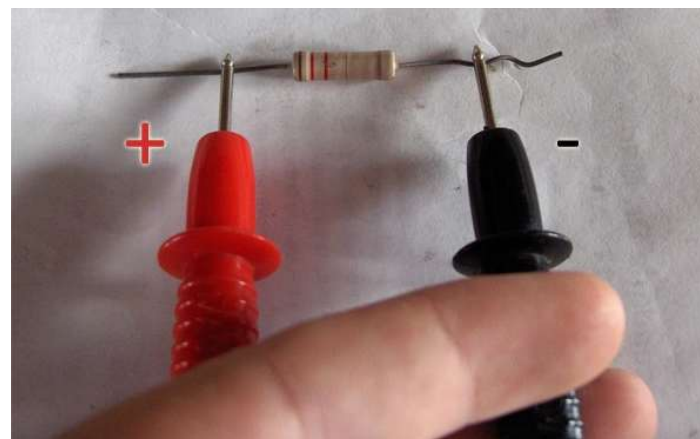
/ 1000

Exemplos:

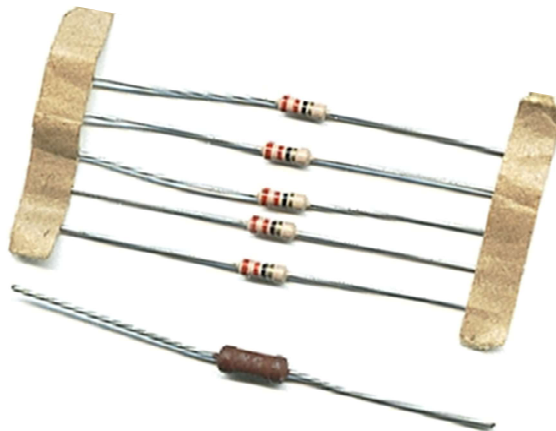
- a) 2,2K Ω que corresponde a **2.200 Ω**
- b) 4,7M Ω que corresponde a **4.700.000 Ω**

Medição da Resistência Elétrica

Utilizamos um instrumento chamado ohmímetro. Este deve ser ligado em paralelo com a carga a ser medida e o circuito deverá estar desenergizado.

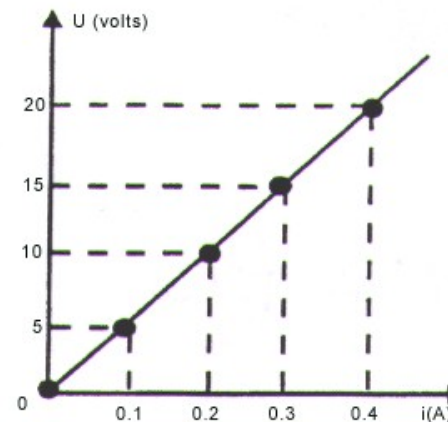
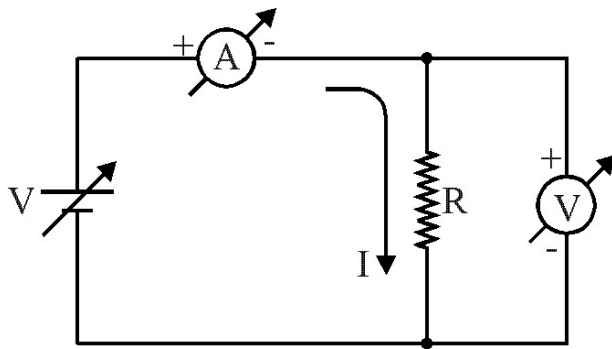


Tipos Resistores



5. Lei de Ohm

O físico e matemático alemão **George Simon Ohm** (1789 – 1854) através de suas pesquisas observou que em um determinado circuito elétrico, mantendo-se a resistência elétrica constante e variando a tensão elétrica, a intensidade da corrente elétrica variava de forma diretamente proporcional em relação à tensão elétrica, ou seja:



- Quando a tensão aumentava de valor, a corrente elétrica também aumentava;
- Quando a tensão diminuía de valor, a corrente elétrica também diminuía.

Observou também que mantendo a tensão constante e variando o valor da resistência elétrica, a intensidade da corrente elétrica variava inversamente proporcional em relação à resistência elétrica, ou seja:

- Quando a resistência aumentava de valor, a corrente elétrica diminuía;
- Quando a resistência diminuía de valor, a corrente elétrica aumentava.

A célebre 1ª. Lei de Ohm:

A intensidade da corrente elétrica num condutor é diretamente proporcional à força eletromotriz e inversamente proporcional à sua resistência elétrica. Podemos equacionar a Lei de Ohm na seguinte forma:

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

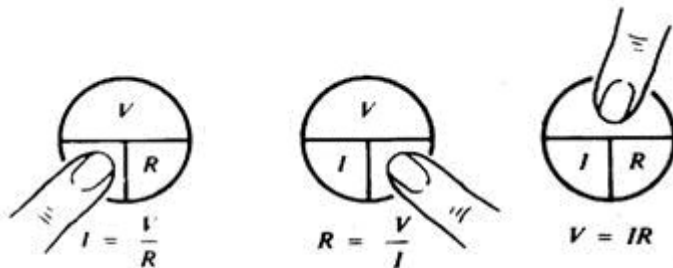
Onde:

I = Intensidade da corrente elétrica em Ampères (A);

R = Resistência elétrica em Ohms (Ω);

U = Tensão elétrica em Volts (V).

VEJA: A partir da fórmula acima podemos deduzir também a fórmula para a tensão e resistência elétrica.



$$U = I \times R$$

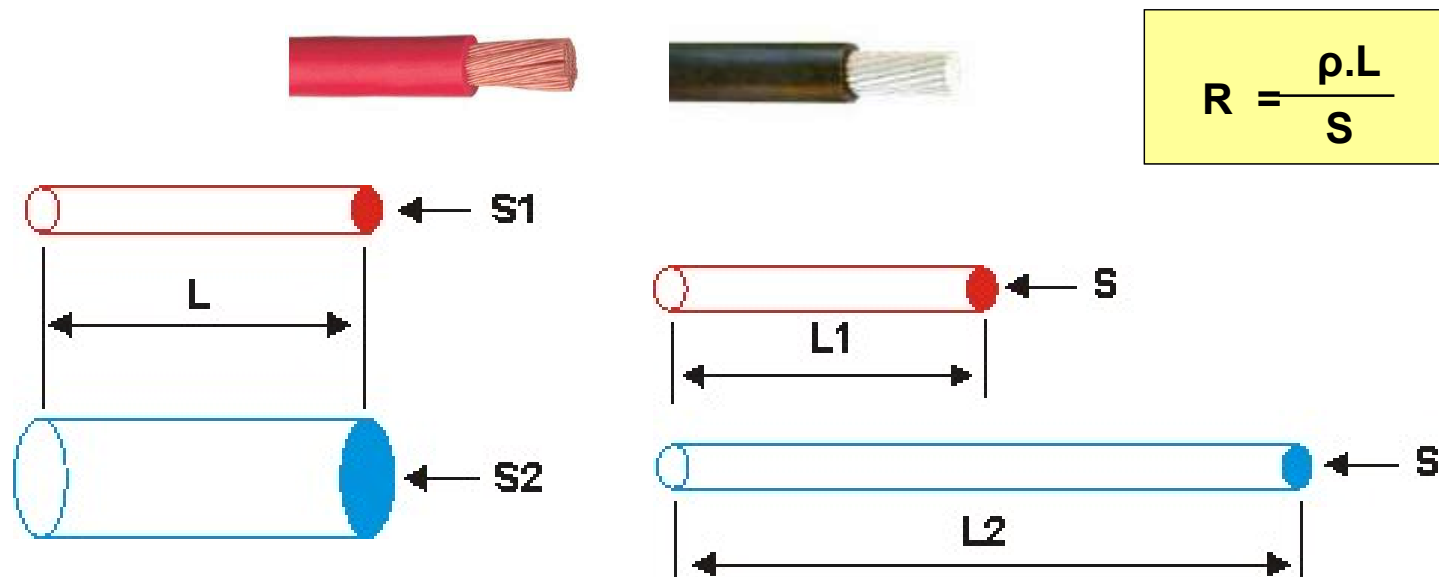
$$R = \frac{U}{I}$$

6. Resistividade

Introdução

Todos os corpos apresentam oposição ao deslocamento de cargas elétricas (corrente elétrica), ou seja, oferecem resistência elétrica.

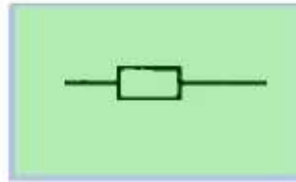
A resistência elétrica de um corpo é determinada pelas suas dimensões, pelo material que o constitui e pode variar conforme a temperatura. O elemento que apresenta essas características é o resistor.



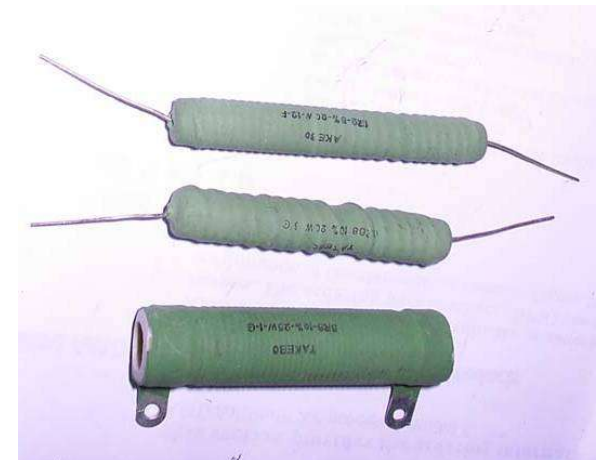
Resistores

Podemos denominar de resistor todo elemento que transforma a energia elétrica consumida exclusivamente em calor. São caracterizados por apresentarem resistência elétrica conforme visto anteriormente.

O resistor pode ser representado por um dos símbolos abaixo:

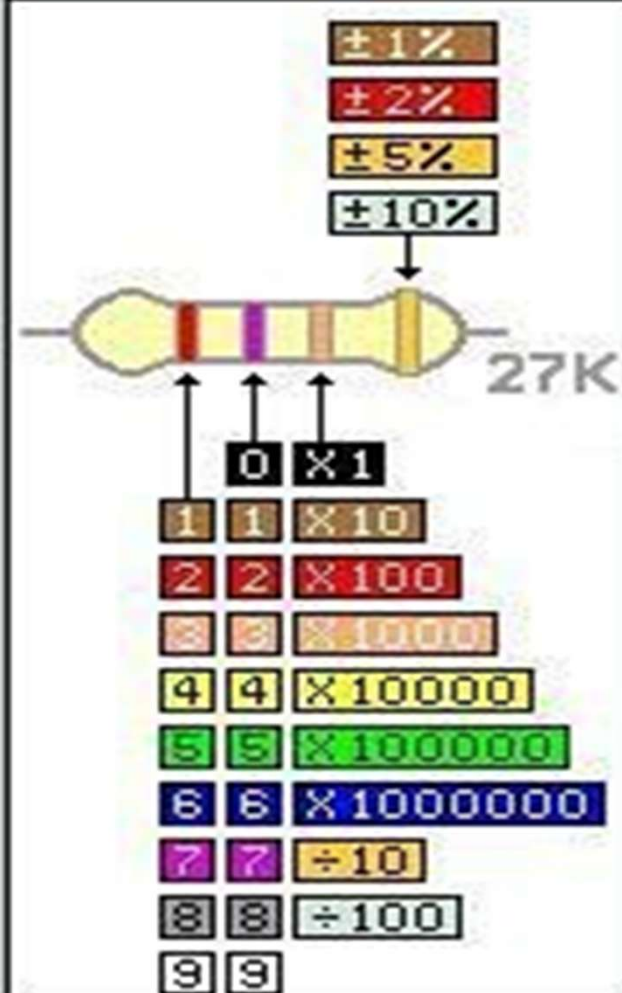


Podemos combinar ligações de resistores, cuja finalidade é obter uma determinada resistência necessária a um circuito elétrico. Essa combinação ou associação de resistores pode ser efetuada de três modos: em série, em paralelo ou mista.

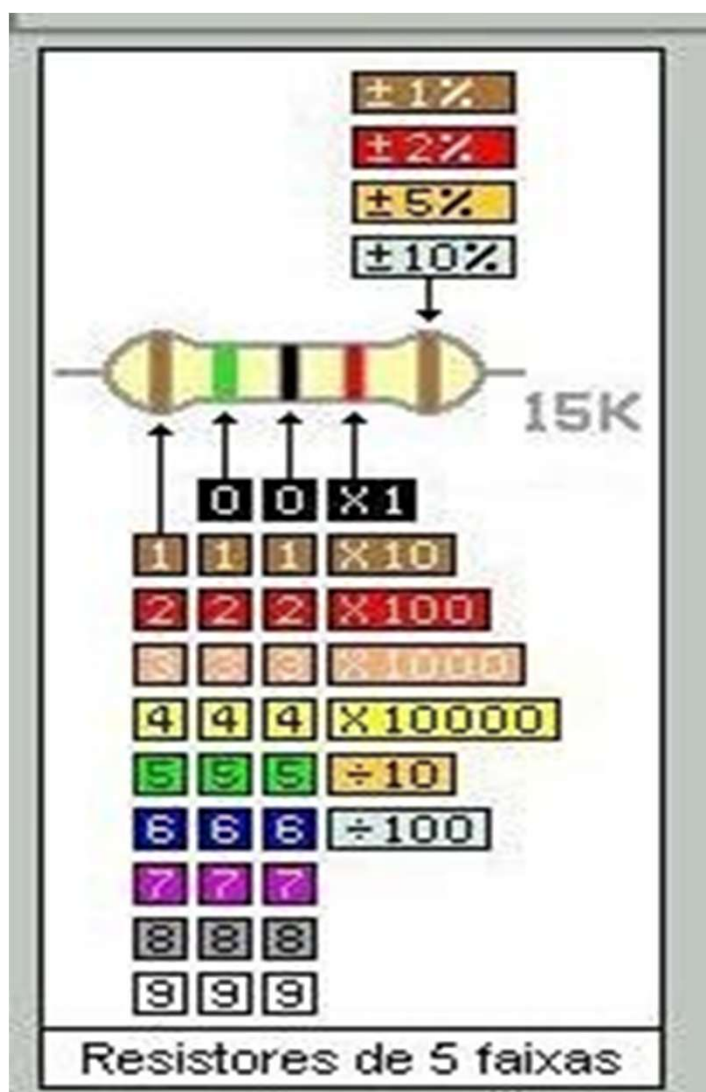


	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	0		Preto							
	1		Marrom							
	2		Vermelho							
	3		Laranja							
	4		Amarelo							
	5		Verde							
	6		Azul							
	7		Violeta							
	8		Cinza							
	9		Branco							
	$\pm 1\%$		Marrom							
	$\pm 2\%$		Vermelho							
	$\pm 5\%$		Ouro							
	$\pm 10\%$		Prata							

Código de cores



Resistores de 4 faixas



8. Associação de Resistores

Associação série de resistores

Na associação em série todos os resistores são percorridos pela mesma corrente elétrica. Os resistores são ligados um em seguida do outro, existindo apenas um caminho para a corrente elétrica. A tensão total do circuito é subdividida entre os resistores proporcionalmente aos seus valores.

Observe a figura abaixo:



O valor da resistência equivalente é dado pela soma das resistências dos resistores que constituem a série.

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3$$

Associação série de resistores

Pela 2ª. Lei de Kirchhoff a soma das tensões parciais nos resistores é igual à tensão total aplicada ao circuito.

$$U_T = U_1 + U_2 + U_3$$

$$I_T = I_1 = I_2 = I_3$$

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3$$

$$U_1 = R_1 \times I_1$$

$$I_1 = U_1 / R_1$$

$$U_2 = R_2 \times I_2$$

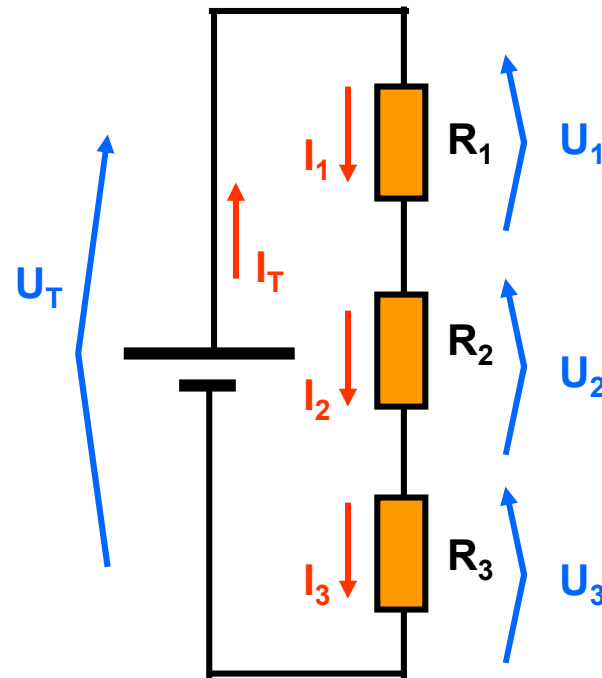
$$I_2 = U_2 / R_2$$

$$U_3 = R_3 \times I_3$$

$$I_3 = U_3 / R_3$$

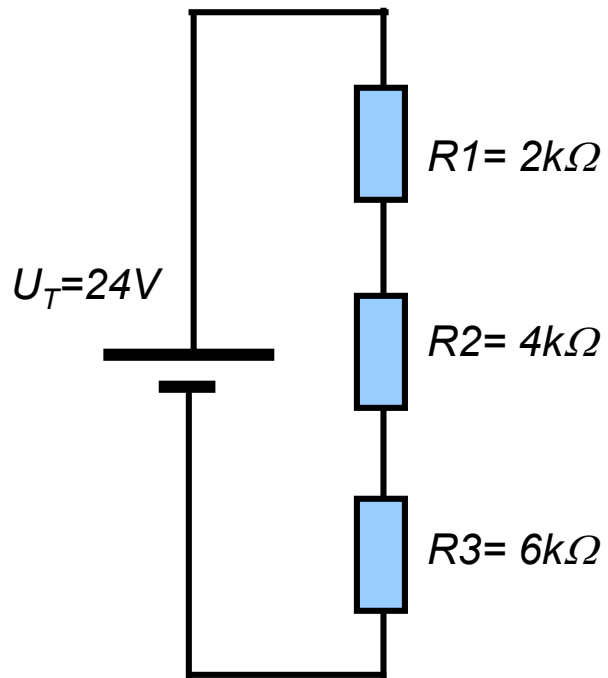
$$U_T = R_T \times I_T$$

$$I_T = U_T / R_T$$



Associação série de resistores

EXERCÍCIO DE FIXAÇÃO



$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 = 2000 + 4000 + 6000 = 12000\Omega$$

$$I_T = I_1 = I_2 = I_3 \text{ (circuito série),}$$

$$\text{Logo: } I_T = U_T / R_T = 24V / 12000\Omega = 0,002A$$

$$U_1 = R_1 \times I_1 = 2000 \times 0,002 = 4V$$

$$U_2 = R_2 \times I_2 = 4000 \times 0,002 = 8V$$

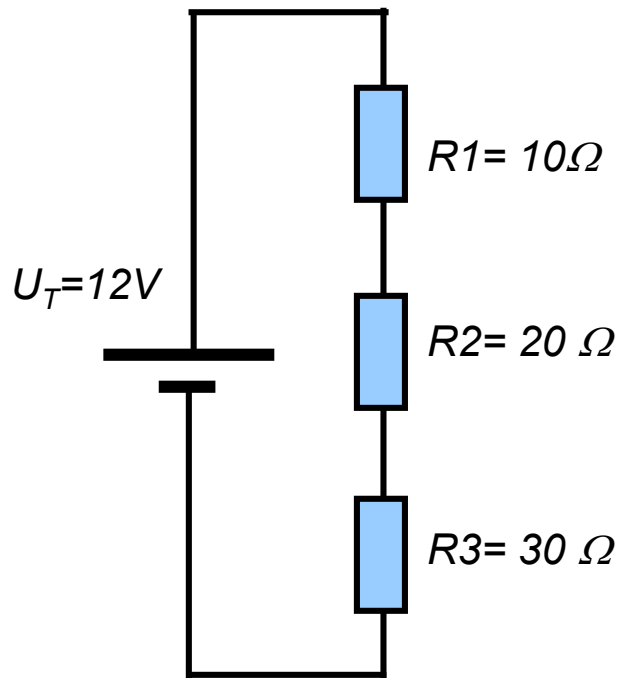
$$U_3 = R_3 \times I_3 = 6000 \times 0,002 = 12V$$

Conclusão:

$$U_T = U_1 + U_2 + U_3 = 4V + 8V + 12V = 24V$$

Associação série de resistores

EXERCÍCIO DE FIXAÇÃO



$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 = 10 + 20 + 30 = 60\Omega$$

$$I_T = I_1 = I_2 = I_3 \text{ (circuito série),}$$

$$\text{Logo: } I_T = U_T / R_T = 12V / 60\Omega = 0,2A$$

$$U_1 = R_1 \times I_1 = 10 \times 0,2 = 2V$$

$$U_2 = R_2 \times I_2 = 20 \times 0,2 = 4V$$

$$U_3 = R_3 \times I_3 = 30 \times 0,2 = 6V$$

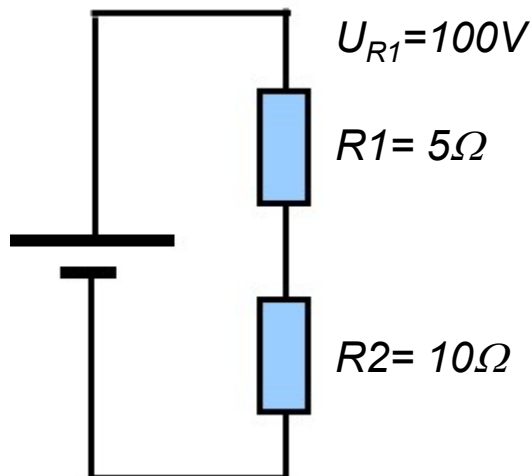
Conclusão:

$$U_T = U_1 + U_2 + U_3 = 2V + 4V + 6V = 12V$$

Associação série de resistores

EXERCÍCIO DE FIXAÇÃO

Dois resistores de resistência $R_1 = 5\ \Omega$ e $R_2 = 10\ \Omega$ são associados em série fazendo parte de um circuito elétrico. A tensão U_1 medida nos terminais de R_1 é igual a 100V. Nessas condições, determine a corrente que passa por R_2 e a tensão em seus terminais.



$$R_T = R_1 + R_2 = 5 + 2 = 7\ \Omega$$

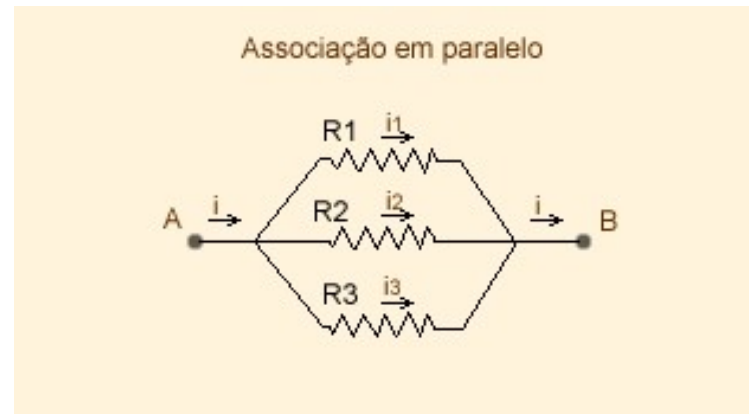
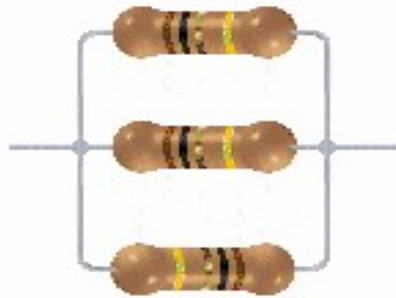
$$I_T = I_1 = I_2 = I_3 \text{ (circuito série),}$$

$$\text{Logo: } I_1 = U_{R1}/R_1 = 100\text{ V} / 5\ \Omega = 20\text{ A}$$

$$U_{R2} = R_2 \times I_2 = 10 \times 20 = 200\text{ V}$$

Associação paralela de resistores

A associação de resistores em paralelo é um conjunto de resistores ligados de maneira a todos receberem a mesma diferença de potencial (ddp). Nesta associação existem dois ou mais caminhos para a corrente elétrica, e desta maneira, os resistores não são percorridos pela corrente elétrica total do circuito. Observe a figura.



$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

ou

$$R_2 = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2} \quad \text{resolvendo de dois em dois resistores}$$

O valor da resistência elétrica resultante é o inverso das somas dos inversos dos valores das resistências parciais envolvidas

.

Associação paralela de resistores

De acordo com a 1ª. Lei de Kirchhoff a soma das correntes elétricas parciais nos resistores é igual à corrente elétrica total fornecida pela fonte.

$$U_T = U_1 = U_2 = U_3$$

$$I_T = I_1 + I_2 + I_3$$

$$1/R_T = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3$$

$$U_1 = R_1 \times I_1$$

$$I_1 = U_1 / R_1$$

$$U_2 = R_2 \times I_2$$

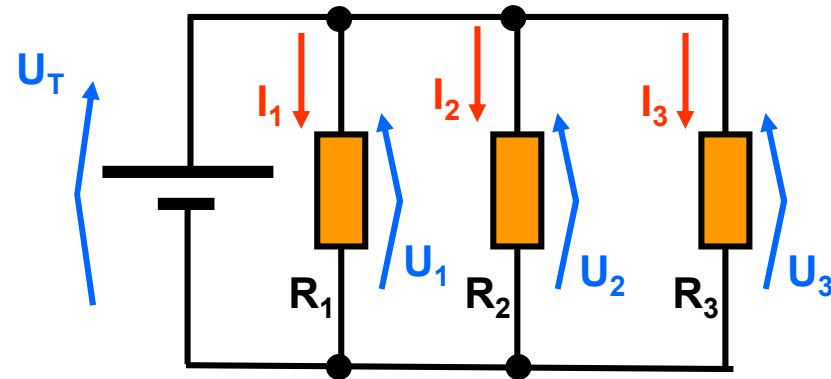
$$I_2 = U_2 / R_2$$

$$U_3 = R_3 \times I_3$$

$$I_3 = U_3 / R_3$$

$$U_T = R_T \times I_T$$

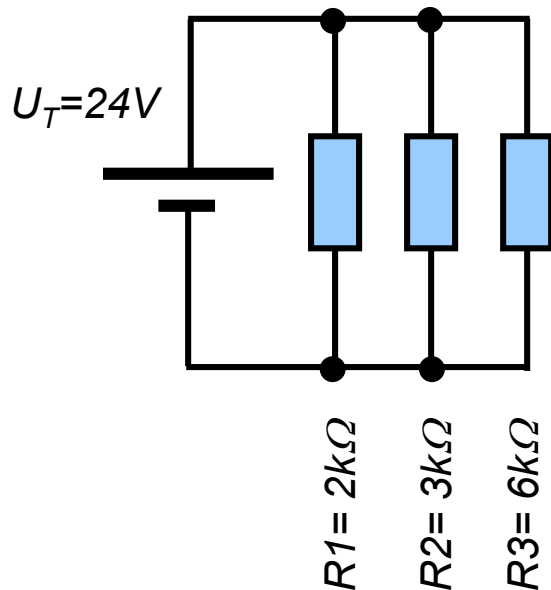
$$I_T = U_T / R_T$$



Associação série de resistores

Pela 2ª. Lei de Kirchhoff a soma das tensões parciais nos resistores é igual à tensão total aplicada ao circuito.

$$R_T = 1/(1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3) = 1/(1/2000 + 1/3000 + 1/6000) = 1000\Omega$$



$U_T = U_1 = U_2 = U_3$ (circuito paralelo),

Logo: $I_T = U_T / R_T = 24V / 1000\Omega = 0,024A$

$$I_1 = U_1 / R_1 = 24 / 2000 = 0,012A$$

$$I_2 = U_2 / R_2 = 24 / 3000 = 0,008A$$

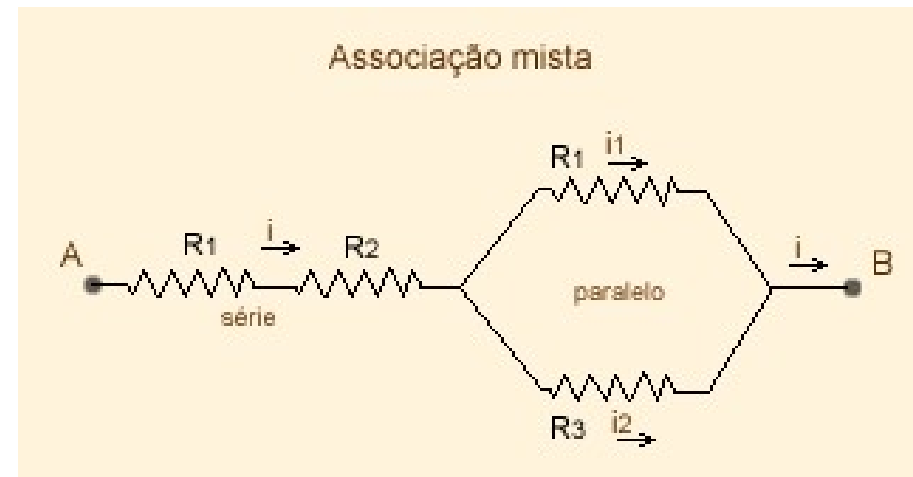
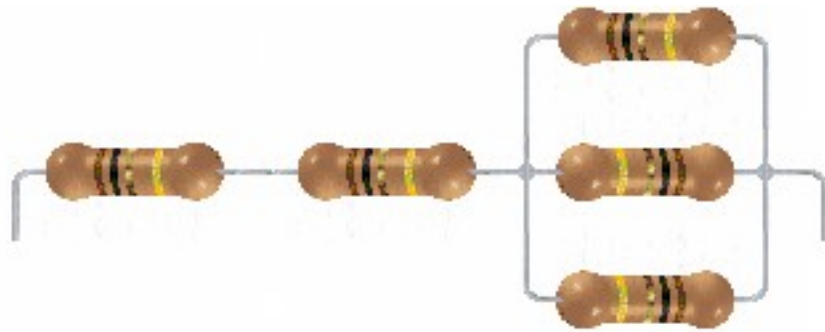
$$I_3 = U_3 / R_3 = 24 / 6000 = 0,004A$$

Conclusão:

$$I_T = I_1 + I_2 + I_3 = 0,012 + 0,008 + 0,004 = 0,024A$$

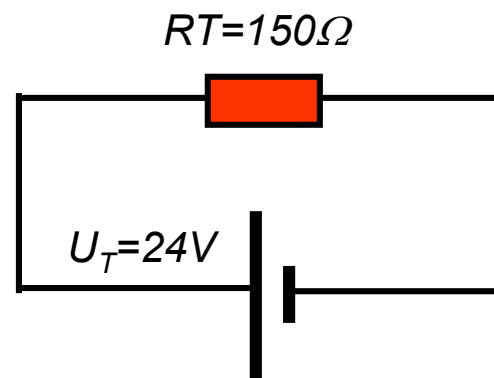
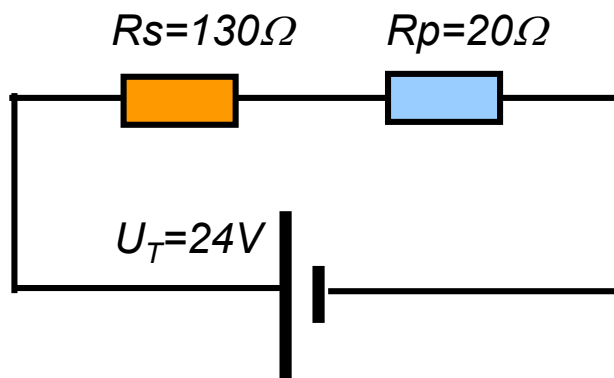
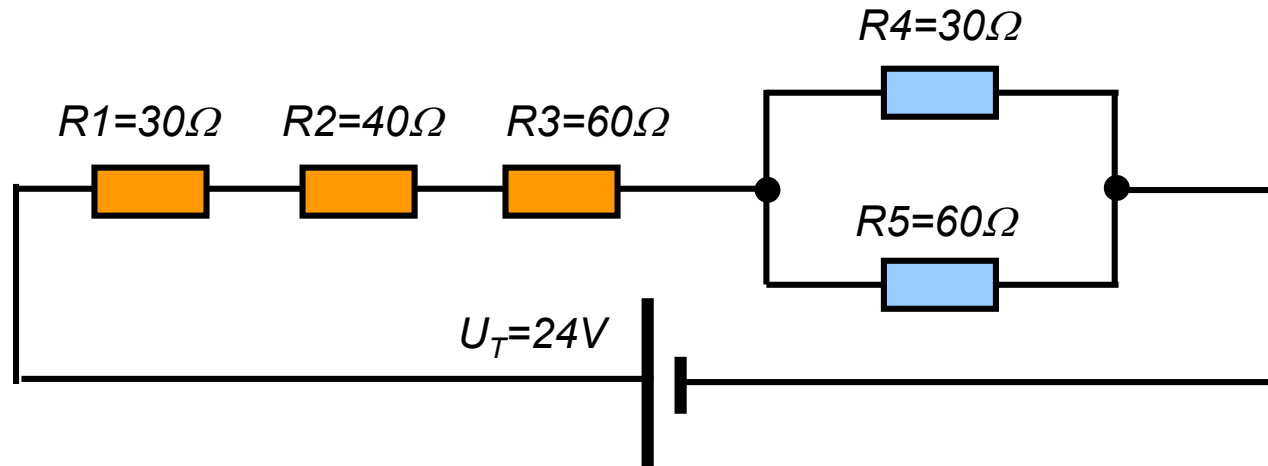
Associação mista de resistores

Uma associação mista é composta quando associamos resistores em série e em paralelo no mesmo circuito. Observe na figura abaixo que os resistores R_1 e R_2 estão em série e os resistores R_3 e R_4 estão em paralelo:



Nas associações mistas podemos encontrar um valor para a resistência equivalente. Para isto devemos considerar que cada associação (série ou paralelo) separadamente com suas propriedades.

Associação mista de resistores



Calcular: As tensões e correntes elétricas nos componentes

9. Potência Elétrica em C.C. (Corrente Contínua)

Com a aplicação das idéias do engenheiro escocês **James Watt** (1736 – 1819) chegou-se a concepção de potência, isto é, a rapidez com que os dispositivos desempenham tarefas. Para tal, esses elementos consomem um valor de energia que é proporcional ao trabalho que estes deverão realizar.

Denomina-se **potência elétrica a rapidez com que um dispositivo realiza um trabalho**. Essa grandeza é representada pela letra “**P**” e tem como unidade fundamental o **Watt (W)**.

Por definição 1 Watt corresponde ao trabalho realizado por um 1 Joule a cada 1 segundo.

$$P = \frac{\tau}{t}$$

Onde:

P = Potência elétrica em Watt (W);

τ = Trabalho realizado em Joule (J);

t = Tempo em segundos (s).

9. Potência Elétrica em C.C. (Corrente Continua)



$$P = \frac{\tau}{t}$$

Onde:

P = Potência elétrica em Watt (W);

τ = Trabalho realizado em Joule (J);

t = Tempo em segundos (s).

9. Potência Elétrica em C.C. (Corrente Contínua)

Observemos o brilho das lâmpadas

60 W



$$P = U \times I$$

100 W



220 V

Para cargas ôhmicas podemos substituir a tensão “U” por “R x I” segundo a lei de Ohm.

Veja: $P = U \times I$, Substituindo U por $R \times I$, teremos a equação:

$$P = R \times I^2$$

Substituindo-se a corrente “I” por “U / R”, segundo a lei de Ohm, teremos $P = U \times U / R$, obtendo-se então:

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

Unidades de medida da potência mecânica:

CV - Cavalo-vapor que corresponde a **736W**

HP - Horsepower que corresponde a **746W**

Múltiplos e Submúltiplos da Potência Elétrica

Unidade fundamental: Watt (W).

Múltiplos		Unidade Fundam.	Submúltiplos	
megawatt	quilowatt	Watt	miliwatt	microwatt
MW	kW	W	mW	μW
10^6 W	10^3 W	1 W	10^{-3} W	10^{-6} W
1.000.000 W	1.000 W	1 W	0,001 W	0,000001 W

x 1000

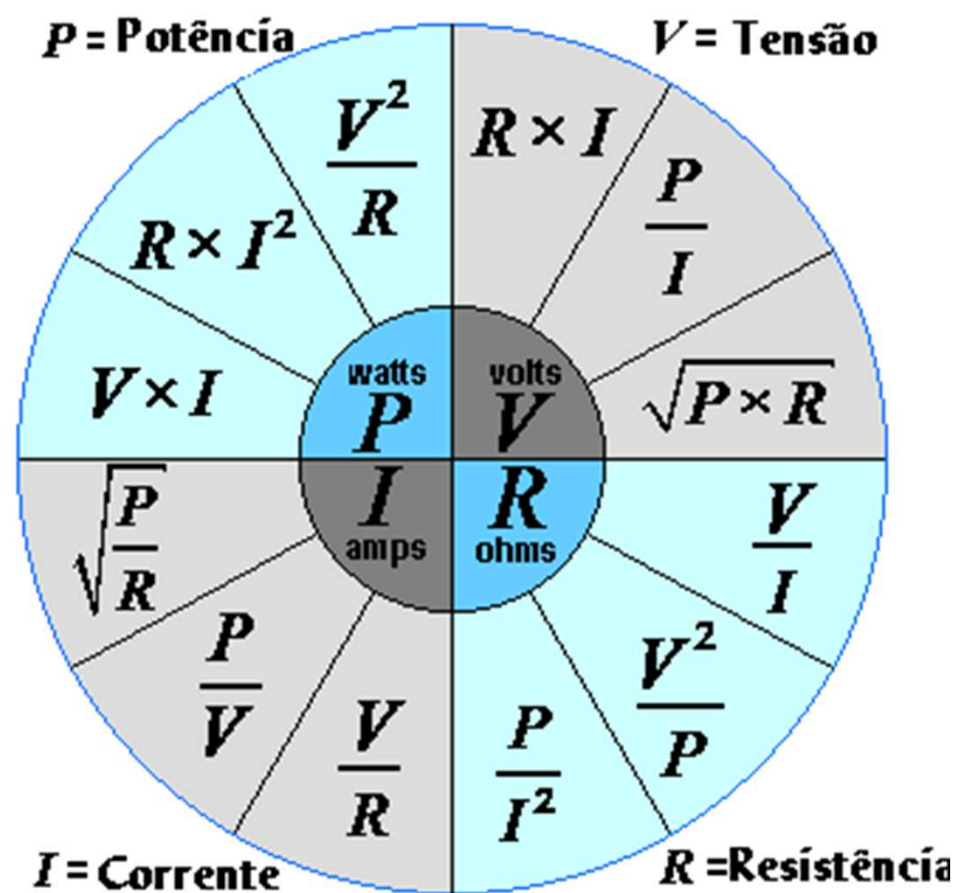
/ 1000

Exemplos:

a) 40mW que corresponde a 0,04W

b) 12KW que corresponde a 12000W

Relacionando Grandezas Elétricas



Nota::

Substituir V por U.

10. Trabalho e Energia Elétrica

Trabalho (\mathcal{T})

É a transformação de energia elétrica em uma outra modalidade de energia que um determinado equipamento elétrico pode realizar.

Ex: Lâmpadas – transforma a energia elétrica em energia luminosa e calor.

O trabalho tem como unidade de medida o **Joule (J)**, em homenagem ao físico inglês **James Prescott Joule** (1818 – 1889) que estudou a natureza do calor originário da passagem de uma corrente elétrica em uma resistência.

1J corresponde a Watt x segundo.

Nos aparelhos elétricos o trabalho normalmente é medido em Wh (Watt-hora) ou em kWh (quiloWatt-hora).

Energia Elétrica

A energia elétrica consumida por um aparelho é proporcional ao trabalho que este realiza. A unidade de medida da energia elétrica é a mesma do trabalho, ou seja, Joule (J), Watthora (Wh) ou quiloWatthora (kWh).

Todo equipamento elétrico possui uma potência apresentada em Watts cujo símbolo é W. Normalmente esta informação vem estampada no produto ou na embalagem. Exemplos: lâmpada incandescente = 100 W, chuveiro = 3.600 W, geladeira = 200 W, etc Para calcular o consumo de um equipamento multiplique sua potência pelo tempo de funcionamento em horas.

$$\text{Consumo} = \frac{\text{Potência do aparelho em Watts} \times \text{horas de funcionamento por mês}}{1.000}$$

Energia Elétrica



$$\text{Consumo} = \frac{1 \times 100 \text{ W} \times 10 \text{ horas/dia} \times 30 \text{ dias}}{1.000}$$

Consumo = 30 kWh/mês

Para R\$0,40/kWh

O valor em Reais é : Consumo (kWh/mês) x Tarifa (R\$)

Custo de Energia = R\$ 12,00

Exercício de fixação

1. Tem-se uma lâmpada incandescente de 100W/220V (valores nominais).

- a) Determine a corrente consumida por essa lâmpada.
- b) Determine a resistência elétrica dessa lâmpada.
- c) Qual o trabalho realizado por essa lâmpada ligada em 4h.
- d) Considerando um mês comercial de 30 dias, qual a energia consumida pela lâmpada se esta permanecer ligada durante 4h/dia?
- e) Qual o valor em R\$ a ser pago no item “d” se a tarifa de energia for igual R\$0,40/kWh.

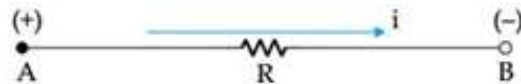
2. Refaça os cálculos acima para uma lâmpada fluorescente de 20W

Leis de Kirchhoff

1. Estudo da polaridade

• Resistor

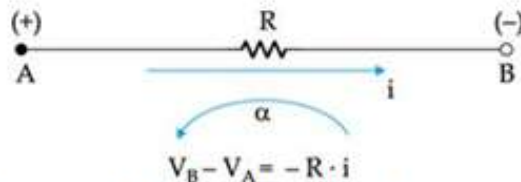
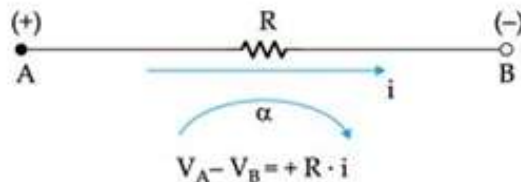
A corrente elétrica percorre um resistor sempre do pólo de maior potencial (+) para o de menor potencial (-).



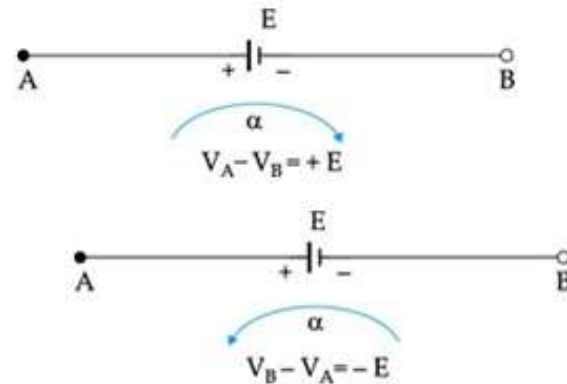
A ddp nos terminais é:

$$V_A - V_B = + R \cdot i \text{ ou } V_B - V_A = - R \cdot i$$

Adotando sentido de percurso α , temos:



• Gerador ou receptor ideais

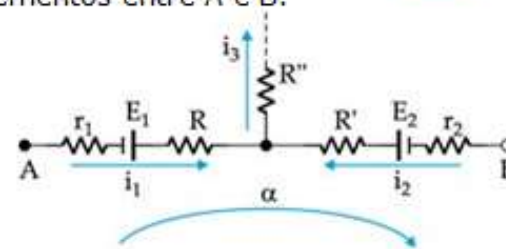


A ddp será $\pm E$, onde devemos considerar o sinal do primeiro terminal encontrado, no sentido do percurso α .

2. Determinação da ddp

Conhecidas as correntes num circuito, podemos determinar a ddp entre dois pontos quaisquer, bastando para isso:

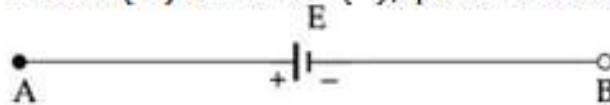
- 1ª) adotar um sentido de percurso α , por exemplo de A para B na figura abaixo;
- 2ª) formar, algebricamente, as ddp dos elementos entre A e B.



$$V_A - V_B = + r_1 \cdot i_1 - E_1 + R \cdot i_1 - R' \cdot i_2 + E_2 - r_2 \cdot i_2$$

- Gerador ou receptor ideais

No caso de gerador ou receptor ideais, qualquer que seja o sentido da corrente elétrica, a ddp nos terminais é $U=E$ e como a polaridade é determinada pelos traços maior (+) e menor (-), podemos escrever:



$$V_A - V_B = -E \text{ ou } V_B - V_A = E$$

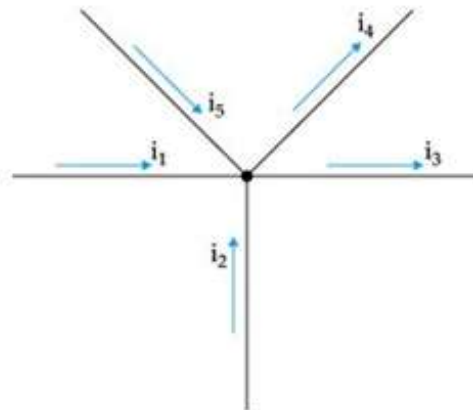
Adotando sentido de percurso α , temos:

$$V_A - V_B = +r_1 \cdot i_1 - E_1 + R \cdot i_1 - R' \cdot i_2 + E_2 - r_2 \cdot i_2$$

3. Primeira lei de Kirchhoff (lei dos nós)

"A soma das intensidades das correntes que chegam a um nó é igual à soma das intensidades das correntes que saem".

Exemplo

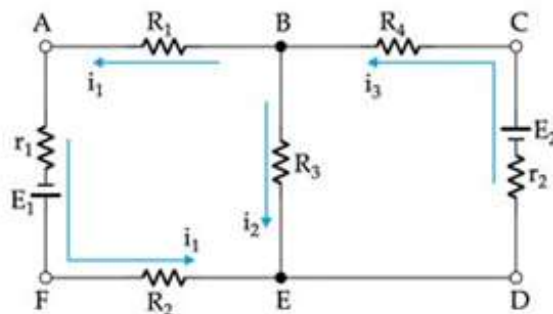


$$i_1 + i_2 + i_5 = i_3 + i_4$$

4. Segunda lei de Kirchhoff (lei das malhas)

Define-se **malha**, num circuito elétrico, como sendo qualquer percurso fechado.

Exemplo

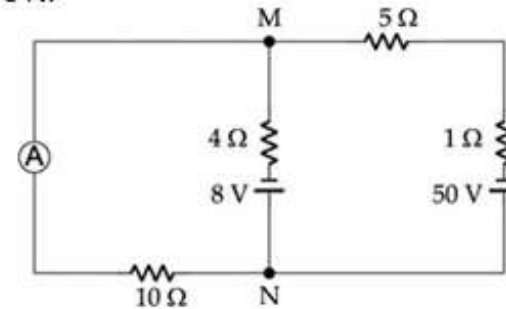


Malha ABEF; malha BCDE; malha ACDF.

"Ao se percorrer uma malha, num determinado sentido, até se retornar ao ponto de partida, a soma algébrica das ddp's é nula."

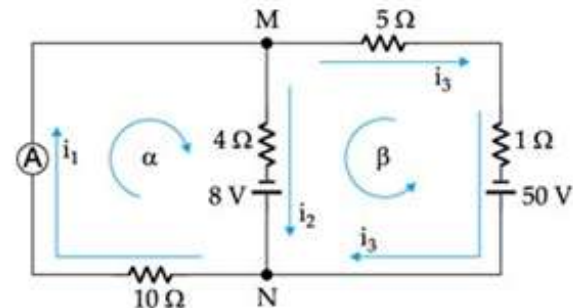
Exercícios Resolvidos

Dado o circuito, determinar a leitura no amperímetro ideal e a ddp entre os pontos M e N.



Resolução

1ª passo: Adotamos sentidos arbitrários para as correntes elétricas nos ramos e aplicamos a lei dos nós.



Para o nó M, temos: $i_1 = i_2 + i_3$ (I)

2ª passo: Aplicamos a lei das malhas às malhas α e β , após termos adotado um sentido de percurso (horário para α e anti-horário para β , por exemplo) e um ponto de partida (M, por exemplo).

Malha α :

$$+4i_2 - 8 + 10 \cdot i_1 = 0 \Rightarrow 4i_2 + 10i_1 = 8 \text{ (II)}$$

"Ao se percorrer uma malha, num determinado sentido, até se retornar ao ponto de partida, a soma algébrica das ddps é nula."

No exemplo anterior, para a malha ABEF, percorrida no sentido horário e partindo de A, temos:

$$V_A - V_B + V_B - V_E + V_E - V_F + V_F - V_A = 0$$

$$- R_1 \cdot i_1 + R_3 \cdot i_2 - R_2 \cdot i_1 + E_1 - r_1 \cdot i_1 = 0$$

partida (A, por exemplo).

Malha α :

$$+4 i_2 - 8 + 10 \cdot i_1 = 0 \Rightarrow 4i_2 + 10 i_1 = 8 \text{ (II)}$$

Malha β :

$$+4i_2 - 8 + 50 - 1 \cdot i_3 - 5i_3 = 0$$

$$+4 i_2 + 42 - 6i_3 = 0 \quad 4i_2 - 6i_3 = -42 \text{ (III)}$$

3º passo: Resolvemos o sistema

$$\begin{cases} i_1 = i_2 + i_3 & \text{(I)} \\ 4i_2 + 10i_1 = 8 & \text{(II)} \\ 4i_2 - 6i_3 = -42 & \text{(III)} \end{cases}$$

Substituindo I em II: $4i_2 + 10(i_2 + i_3) = 8$
 $14i_2 + 10i_3 = 8$ (IV)

$$\begin{cases} 4i_2 - 6i_3 = -42 & (\times 5) \\ 14i_2 + 10i_3 = 8 & (\times 3) \end{cases} \Rightarrow$$

$$\begin{array}{r} \begin{cases} 20i_2 - 30i_3 = -210 \\ 42i_2 + 30i_3 = 24 \end{cases} + \\ \hline 62i_2 = -186 \end{array}$$

$$i_2 = \frac{-186}{62} \Rightarrow \boxed{i_2 = -3A}$$

O sinal negativo significa que o sentido correto de i_2 é de N para M. Substituindo $i_2 = -3A$ em II, obtemos:

$$\begin{aligned} 4 \cdot (-3) + 10i_1 &= 8 \\ 10i_1 &= 20 \Rightarrow \boxed{i_1 = +2A} \end{aligned}$$

Substituindo i_2 e i_3 em I, fica:

$$+2 = -3 + i_3 \Rightarrow \boxed{i_3 = +5A}$$

A leitura no amperímetro é: $\boxed{i_3 = 5A}$

O sinal negativo significa que o sentido correto de i_2 é de N para M. Substituindo $i_2 = -3A$ em II, obtemos:

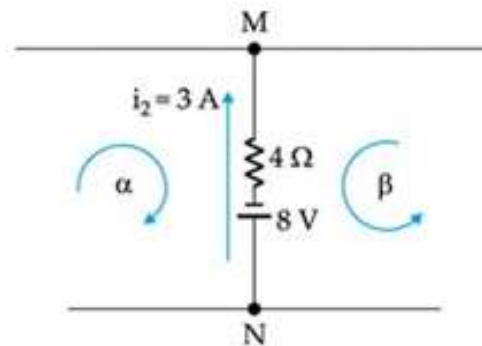
$$4 \cdot (-3) + 10 i_1 = 8$$
$$10 i_1 = 20 \Rightarrow i_1 = +2A$$

Substituindo i_2 e i_3 em I, fica:

$$+2 = -3 + i_3 \Rightarrow i_3 = +5A$$

A leitura no amperímetro é: $i_3 = 5A$

Corrigindo o sentido da corrente i_2 no ramo central, fica:



$$\text{Assim } V_M - V_N = -4 \cdot 3 - 8$$

$$V_M - V_N = -20V$$