

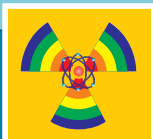
# ELETROTÉCNICA - I



**Biomédico  
Técnico/Tecnólogo  
em Radiologia**



**ELETRICIDADE DOS APARELHOS  
EMISSORES DE RAIOS-X**



**ASPR**  
ASSESSORIA E SERVIÇOS EM PROTEÇÃO RADIOLÓGICA E  
CONTROLE DE QUALIDADE

*Protegendo Vidas*

**MÓDULO - I**



## ELETROTÉCNICA - I

### “Eletricidade dos Aparelhos dos R - X”

**ASPR**  
ASSESSORIA E SERVIÇOS EM PROTEÇÃO RADIOLÓGICA E  
CONTROLE DE QUALIDADE

*Protegendo Vidas*

Rua Paulo Portela, nº 90 - Bairro Castália - Cep: 45.603 - 194 - Itabuna/Bahia  
Fone contato: (73) 99191 - 1119 ; E-mail: [aspronline@hotmail.com](mailto:aspronline@hotmail.com)  
 [www.aspronline.wix.com/aspronline](http://www.aspronline.wix.com/aspronline) ;  [www.facebook.com/asprcq](http://www.facebook.com/asprcq) 

Milton C. Maciel  
Físico em Medicina – ABFM nº 0664  
Supervisor em Proteção Radiológica – CNEN 050  
Coordenador do Dpto. de Física Médica da SCMI/CRI - Radioterapia  
Assessor Técnico do Serviço de Radiodiagnóstico da SCMI



## ÍNDICE

|                |   |
|----------------|---|
| Prefácio ..... | i |
|----------------|---|

### CAPÍTULO – I “FUNDAMENTOS DE ELETROSTÁTICA”

#### 1. ELETROSTÁTICA

|   |    |
|---|----|
| 1 - Introdução.....   | 01 |
| 2 - Corpos com cargas elétricas: positiva e negativas:..... | 01 |
| 3 - Processo de eletrização.....                            | 02 |
| 4 - Materiais condutores e semicondutores e isolantes.....  | 03 |
| 5 - Carga elétrica elementar.....                           | 03 |

#### 2. CAMPO ELÉTRICO (E)

|   |    |
|---|----|
| 1 - Introdução.....                     | 08 |
| 2 - Conceituação de campo elétrico..... | 08 |
| 3 - Campo elétrico uniforme.....        | 09 |

#### 3. POTENCIAL ELÉTRICO E DIFERENÇA DE POTENCIAL (ddp)

|   |    |
|---|----|
| 1 - Potencial elétrico (V) de um ponto (A) do campo.....          | 12 |
| 2 - Diferença de potencial elétrico (ddp) ou tensão elétrica..... | 12 |

#### 4. CAPACITORES

|  |    |
|--|----|
| 1 - Capacitores: elementos e características gerais..... | 16 |
| 2 - Capacitância de um capacitor.....                    | 17 |
| 3 - Associação de capacitores.....                       | 18 |
| 4 - Carga e descarga de um capacitor.....                | 20 |

### CAPÍTULO – II “FUNDAMENTOS DE ELETRODINÂMICA”

#### 1. ELETRODINÂMICA: Corrente elétrica (I)

|   |    |
|---|----|
| 1 - Corrente elétrica.....                                      | 25 |
| 2 - Sentido da corrente elétrica.....                           | 26 |
| 3 - Intensidade de corrente elétrica.....                       | 26 |
| 4 - Tipos de corrente elétrica.....                             | 27 |
| 5 - Trabalho elétrico e potência elétrica.....                  | 30 |
| 6 - Potência dos geradores e tubos emissores dos raios – X..... | 30 |
| 7 - Efeitos da corrente elétrica.....                           | 31 |



## 2. ELETRODINÂMICA: Resistência elétrica (R)

|   |   |    |
|---|---|----|
| 1 | - Resistência elétrica.....                       | 36 |
| 2 | - Resistores elétricos.....                       | 36 |
| 3 | - Associação de resistores: série e paralelo..... | 38 |
| 4 | - Circuito elétrico simples.....                  | 40 |
| 5 | - Leis de ohm.....                                | 41 |
| 6 | - Lei de Joule e efeito elétrico.....             | 44 |
| 7 | - Geradores da energia elétrica.....              | 52 |
| 8 | - Associação de geradores.....                    | 53 |





**ASPR**  
ASSESSORIA E SERVIÇOS EM PROTEÇÃO RADIOLÓGICA E  
CONTROLE DE QUALIDADE

*Protegendo Vidas*

Rua Paulo Portela, nº 90 - Bairro Castália - Cep: 45.603 - 194 - Itabuna/Bahia  
Fone contato: (73) 99191 - 1119 ; E-mail: [aspronline@hotmail.com](mailto:aspronline@hotmail.com)  
[www.aspronline.wix.com/aspronline](http://www.aspronline.wix.com/aspronline) ; [www.facebook.com/asprcq](https://www.facebook.com/asprcq) curtir





## Capítulo - 1



# Fundamentos de eletrostática

**ASPR**  
ASSESSORIA E SERVIÇOS EM PROTEÇÃO RADIOLÓGICA E  
CONTROLE DE QUALIDADE

Assuntos

1. Eletrostática
2. Campo elétrico
3. Potencial elétrico e diferença de potencial
4. Capacitores

Rua Paulo Portela, nº 90 - Bairro Castália - Cep: 45.603 - 194 - Itabuna/Bahia  
Fone contato: (73) 95737-1115 - E-mail: aspronline@outlook.com

[www.aspronline.wix.com](http://www.aspronline.wix.com) [www.facebook.com/asprcq](https://www.facebook.com/asprcq)



## 1. ELETROSTÁTICA

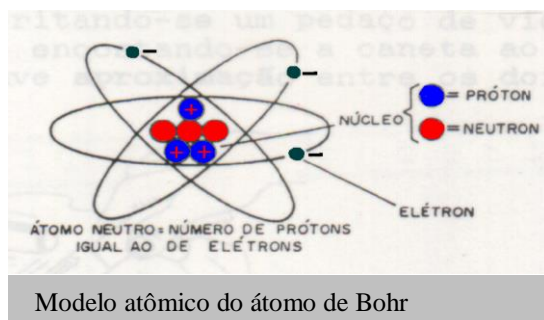
### Introdução

A eletricidade é hoje, um dos ramos da física que muito tem ajudado ao homem nos seus afazeres diários e que muito tem feito para tornar mais confortável nossas vidas, trazendo-nos as maravilhas do cinema, as máquinas elétricas (aparelhos de radiodiagnósticos e terapia), os foguetes espaciais, as indústrias, os automóveis, etc.

### Corpos Com Cargas Elétricas: Positivas e Negativas

A química nos ensina que a matéria é composta por uma série de moléculas e estas por sua vez, formada por pequenas partículas chamadas átomos e que significa indivisível. O átomo, no entanto, é constituído por três partículas elementares: prótons, nêutrons e elétrons.

O próton é uma partícula com carga elétrica positiva e o nêutron não tem carga elétrica, ambos formam o núcleo do átomo. O elétron é uma partícula menor ainda e tem carga elétrica negativa e move-se ao redor do núcleo.



Todo átomo é eletricamente neutro, isto é, o número de prótons no núcleo ( $Q_+$ ) é igual ao número de elétrons ( $Q_-$ ) que giram ao redor do núcleo.

Cada carga elétrica positiva  $Q_+$  no núcleo, anula uma carga elétrica negativa  $Q_-$  fora do núcleo, na eletrosfera.

$$N^{\circ} \text{ de prótons } Q_+ = N^{\circ} \text{ elétrons } Q_-$$

É possível, porém, eletrizar um corpo. Para isso, bastam fazer que o número de elétrons em um corpo se torne maior ou menor que o número de prótons.

Se o número de elétrons for maior que o número de prótons, o corpo estará eletrizado negativamente; se o número de elétrons for menor que o número de prótons, ele estará eletrizado positivamente.

$$N^{\circ} \text{ elétrons } Q_- < N^{\circ} \text{ prótons } Q_+ = \text{eletrizado } +$$

$$N^{\circ} \text{ elétrons } Q_- > N^{\circ} \text{ prótons } Q_+ = \text{eletrizado } -$$

A descoberta das partículas positivas ou negativas deu-se através de experiências explicadas a seguir:

1-Ao se esfregar duas canetas de material plástico a um pedaço de lã, e depois encosta-las uma a outra, observou-se que as duas canetas se **repeliram** (fig. A)

2-Depois, atritando-se um pedaço de vidro a um pedaço de seda e, encostando-se a caneta ao vidro, notou-se que houve **aproximação** entre os dois (fig. B)



**A – Plástico esfregado a lã**

**B – Plástico esfregado ao vidro**

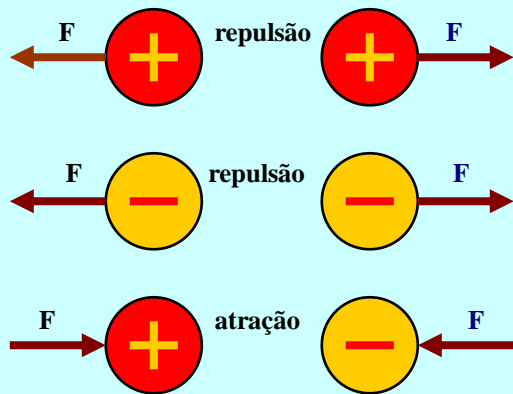


Baseado nos experimentos foi criada duas espécies de eletricidade:

- **Eletricidade NEGATIVA** criada na caneta plástica ao esfregar a lã;
- **Eletricidade POSITIVA** criada no vidro, ao ser atritado com a seda.

A partir daí, Du Fay, enunciou a lei:

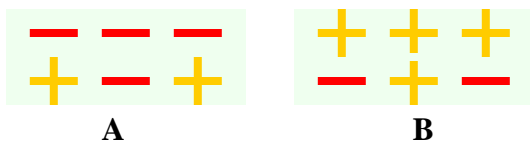
Corpos de cargas elétricas de **mesmo sinal se repelem** e de **sinais contrários se atraem**



## Processos de Eletrização

Diz-se que um corpo está eletrizado, quando o número de elétrons difere do número de prótons.

Quando um corpo possui mais elétrons do que prótons, o corpo está carregado negativamente de eletricidade (fig. A). Caso o número de prótons seja maior que o número de elétrons o corpo está carregado positivamente de eletricidade (fig. B).



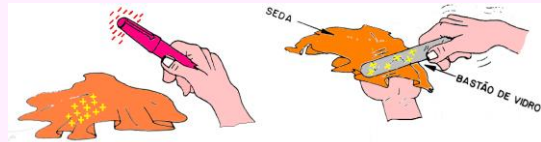
A eletrização nos corpos pode ser por três processos:

- Atrito, Contato, Indução.

### a) Eletrização por atrito

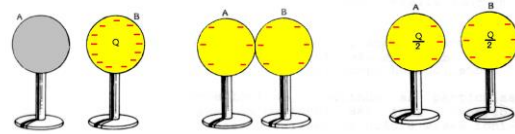
Ao esfregar a caneta com a lã, esta **doa elétrons** a caneta. A caneta então fica com **excesso** de elétrons (**eletrizada negativamente**) e a lã que perdeu elétrons fica com **falta** de elétrons (**eletrizada positivamente**) (fig. A)

O mesmo acontece quando atritamos o vidro a um pedaço de seda. O vidro **cede elétrons** a seda, ficando assim com **excesso** de prótons (**eletrizado positivamente**) e a seda fica com **excesso** de elétrons (**eletrizada negativamente**) (fig. B)



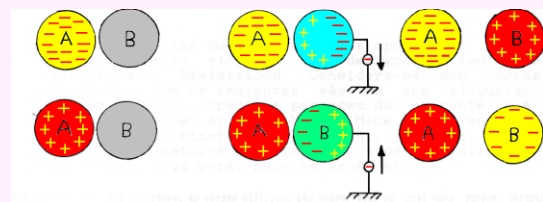
### b) Eletrização por contato

Quando um corpo **A eletrizado** é posto em contato com o corpo **B neutro**, algumas cargas elétricas do corpo **A** passa para o corpo **B**, ficando também o corpo **B** eletrizado (ver fig.)



### b) Eletrização por indução

Quando um corpo **A eletrizado** é colocado próximo a um corpo **B neutro**, conforme a Lei de Du Fay: As cargas de sinais contrários serão **atraídas** para o corpo **A** e as de mesmo sinal são **repelidas**. Quando aterrarmos o corpo **B**, elétrons **subirão** ou **descerão** da terra para o corpo neutro, o qual ficará eletrizado quando o corpo **A** for afastado do corpo **B**



## Materiais Condutores, Semi-Condutores e Isolantes.

### Materiais condutores

Substâncias que oferecem **pouca oposição** a passagem da corrente elétrica são designados Condutores Elétricos. Os condutores podem ser classificados em: Eletrônicos e Iônicos

- **Condutores eletrônicos**

Quando as partículas eletrizadas em movimento são elétrons

Exemplos:

Metais e grafites, corpo humano, etc.

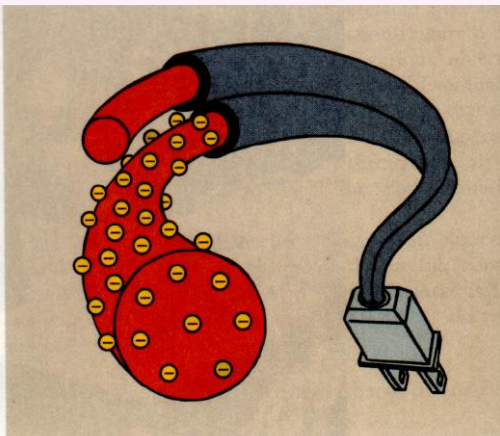
- **Condutores iônicos**

Quando as partículas eletrizadas em movimento são íons

Exemplos:

Ácidos, bases e sais em solução e gases ionizados.

Nos bons condutores, os elétrons das últimas camadas dos átomos que constituem os metais estão fracamente ligados aos respectivos núcleos, apresentando grande mobilidade. São por isso, conhecidos como **elétrons livres**. Assim, por exemplo, em **1 g** de cobre temos cerca de  **$10^{22}$**  elétrons livres.



### Materiais semicondutores

Certas substâncias especiais têm a propriedade de oferecer **resistência intermediária** à passagem da corrente elétrica, entre os condutores e os isolantes, são designados **Semi – Condutores**, os quais têm grandes aplicações na construção de diodos e **transistores** e **circuitos integrados**.

Exemplos:

Silício, germânio, selênio e óxido de cobre.

### Materiais isolantes

Substâncias que oferecem **muita oposição** à passagem da corrente elétrica são designados Isolantes Elétricos ou Dielétricos. Considera-se sob certas condições, que os isolantes são os que bloqueiam, barram, cortam, impedem a passagem da corrente elétrica.

Exemplos:

Ar seco, vidro, mica, amianto, cera, parafina, plástico do tipo cloreto de polivinila, polietileno, água pura, madeira seca, etc.

Nos isolantes, as cargas elétricas são conservadas no local onde surgem durante os processos de eletrização. Nos condutores, as cargas elétricas espalham-se rapidamente por toda a superfície do corpo.

### Carga Elétrica Elementar (e)

A menor carga elétrica existente na natureza é a carga elétrica de um próton ou de um elétron, que possuem **módulos iguais**. Esse módulo é chamado de carga elétrica elementar e é representado por (e).

$$Q_p = Q_e = e^-$$





No SI (Sistema internacional de Medidas), a unidade de medida de carga elétrica é o **Coulomb (C)**. No entanto, esta unidade mostrou-se excessivamente grande para trabalhos experimentais. Assim se decidiu utilizar comumente seus submúltiplos que são:

$$\text{milicoulomb (mC)} = 10^{-3} \text{ C}$$

$$\text{microCoulomb (\mu C)} = 10^{-6} \text{ C}$$

A carga elementar foi medida em 1911 pelo físico americano Roberto Millikan (1868 – 1953) e cujo valor é:

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

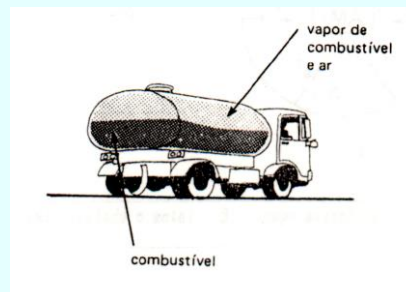
$$1 \text{ C} = 6,2 \times 10^{18} e$$

## LEITURA COMPLEMENTAR

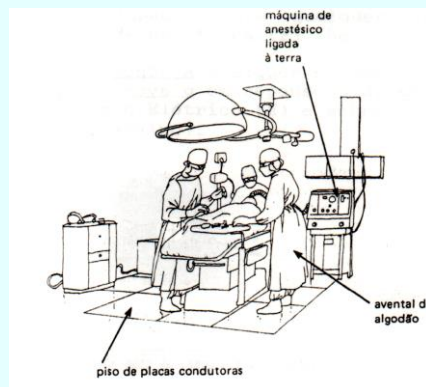
### Faíscas elétricas podem ser perigosas

Cargas elétricas movendo-se no ar constituem como falamos no início, **faíscas elétricas**. Esse fenômeno é acompanhado por um **aumento de temperatura** e pode causar chamas, principalmente quando vapores inflamáveis estão presentes. Um avião em vôo, por exemplo, pode tornar-se carregado pelo atrito com o ar atmosférico. Por isso, seus pneus são feitos propositamente de borracha condutora, para permitir que as cargas passem para a terra na aterrissagem. Se isso não ocorresse, quando o avião fosse reabastecido poderia ocorrer uma explosão, causada por uma faísca elétrica.

Também o movimento da gasolina ou do álcool, quando transportado em caminhão – tanque, pode dar origem a cargas elétricas. Uma faísca desta carga pode fazer explodir o vapor desses combustíveis. Para impedir qualquer possibilidade de faísca, os caminhões – tanque ou possuem uma corrente ligada ao chão, ou utilizam pneus feito de borracha condutora, para permitir que as cargas escoem para a terra.



Num centro cirúrgico, o movimento súbito de cobertores, instrumentos ou roupas pode originar faíscas. Assim, precauções e cuidados devem ser tomados para que as cargas originadas escoem a terra. As faíscas são especialmente perigosas, porque a maioria dos anestésicos origina vapores altamente inflamáveis.



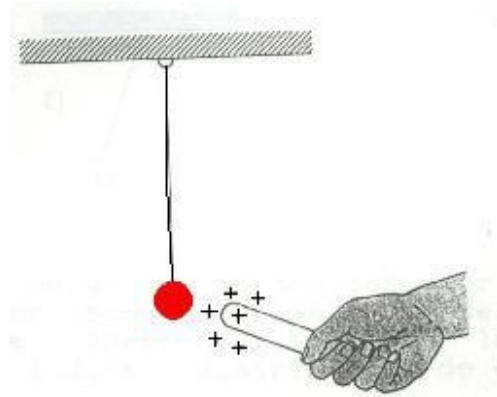
## EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM

1 – Complete as lacunas:

- O átomo é constituído por três partículas elementares que são os ....., os ..... e os .....
- O próton é uma partícula que tem carga elétrica ....., o elétron tem carga elétrica ..... enquanto o nêutron tem carga elétrica .....
- Os prótons e os nêutrons formam o ..... do átomo e os elétrons que giram ao redor formam a .....
- Se o número de prótons for igual ao número de elétrons, diz-se que o corpo está .....
- Ao esfregarmos um bastão plástico a um pedaço de lã, a extremidade atritada do bastão fica carregada .....
- Se um corpo está eletrizado, o número de prótons é (igual/diferente) ..... do número de elétrons
- Quando um corpo possui mais elétrons que prótons o corpo se diz carregado .....
- Se determinado corpo possui mais prótons que elétrons, diz-se que o mesmo está carregado .....
- Após o contato entre dois corpos, a quantidade de cargas entre os corpos será ..... aos seus .....
- Podemos eletrizar um corpo por meio do ....., por meio do ....., por meio da .....
- Um corpo eletrizado ..... pode atrair um corpo eletrizado .....

Marque a resposta certa:

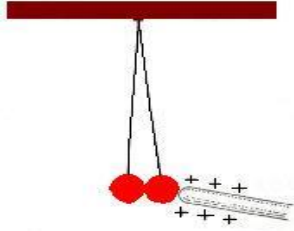
- Quando um bastão de vidro é atritado com um pedaço de seda verifica-se que:
  - Somente o bastão se eletriza;
  - Somente a seda se eletriza;
  - O bastão e a seda se eletrizam com cargas elétricas de mesmo sinal;
  - O bastão e a seda se eletrizam com cargas elétricas de sinais opostos;
  - O bastão e a seda não se eletrizam.
- Uma pequena esfera, eletricamente neutra, está suspensa por um fio isolante. Uma barra eletrizada com cargas positivas é aproximada da esfera até toca-la. Podemos afirmar que:



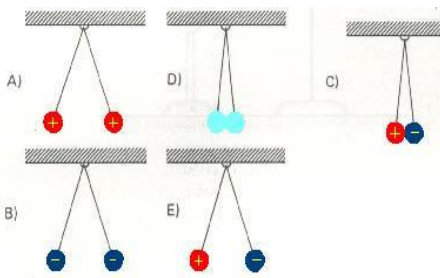
- A esfera permanece na mesma posição antes e após o contato com barra;
- Inicialmente a esfera é repelida pela barra e, após o contato, é atraída por ela;
- Inicialmente a esfera é atraída pela barra e, após o contato, sofre repulsão;
- Antes e após o contato a esfera e a barra se repelem;
- Como a esfera não tem carga elétrica, não há interação elétrica entre ela e a barra.



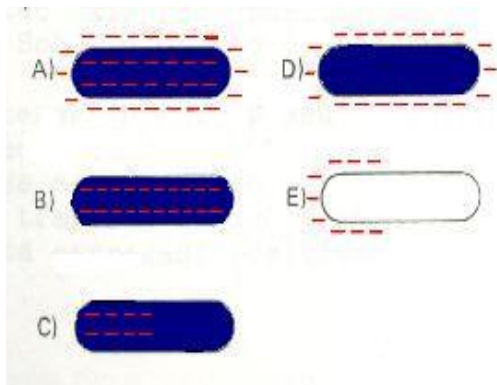
- 4 – Duas esferas metálicas, muito leves estão penduradas por fios perfeitamente isolantes, num ambiente seco, conforme se mostra na figura.



Uma barra metálica, positivamente carregada, é encostada em uma das esferas e depois afastada. Após o afastamento da barra, qual deve ser a posição das esferas? (A carga inicial das esferas é nula)



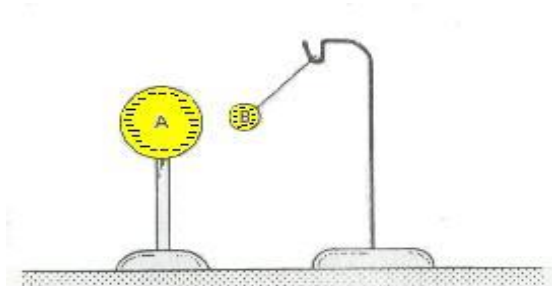
- 5 – Uma das extremidades de um bastão não condutor de eletricidade foi atritada até ficar carregada negativamente. Entre os esquemas seguintes, que representam secções longitudinais do bastão, o que melhor indica a distribuição de cargas no bastão é:



- 6 – Quando um bastão eletricamente carregado atrai uma bolinha condutora **A** mas repele uma bolinha condutora **B**, conclui-se que:

- A bolinha **B** não está carregada.
- Ambas as bolinhas estão carregadas igualmente
- Ambas as bolinhas podem estar descarregadas
- A bolinha **B** deve estar carregada positivamente.
- A bolinha **A** pode não estar carregada

- 7 – Uma pequena esfera de isopor **B**, pintada com tinta metálica, é atraída por outra esfera maior **A** Também metalizada (figura). Tanto **A** como **B** estão eletricamente isoladas. Este ensaio permite afirmar que:



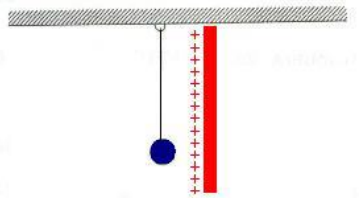
- A esfera **A** pode estar neutra.
- A esfera **B** possui carga positiva.
- As cargas elétricas em **A** e em **B** são de sinais opostos.
- A esfera **A** possui carga positiva.
- A esfera **A** não pode estar neutra

- 8 – Um bastão carregado positivamente atrai um objeto isolado suspenso. Sobre o objeto é correto afirmar que:

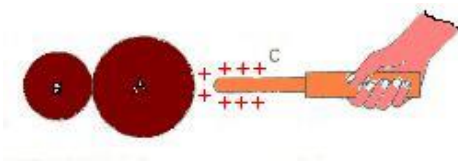
- Necessariamente possui elétrons em excesso.
- É condutor
- Pode estar neutro
- Trata-se de um isolante.
- Está carregado positivamente



9 –Uma esfera de material isolante, recoberta com uma fina camada de grafite, que é condutor, é suspensa por um fio e trazida para as proximidades de uma placa metálica, que apresenta um excesso de cargas positivas distribuídas na sua superfície (fig.) Observa-se o seguinte:

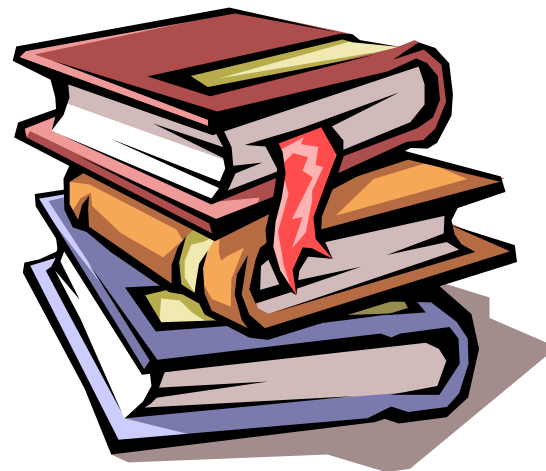


- A bola é eletricamente neutra e não é afastada pela placa.
  - A bola é atraída pela placa e permanece em contato
  - A bola é repelida pela placa
  - A bola é atraída pela placa e, ao tocá-la, é imediatamente repelida.
  - A bola adquire uma carga induzida negativamente.
- 10-A figura mostra duas pequenas esferas metálicas neutras (A e B) em contato e, próximo a elas, um condutor C, carregado positivamente.



Separando ligeiramente as esferas e afastando a seguir o condutor C, podemos afirmar que as cargas nas esferas A e B são, respectivamente:

- Negativa e positiva
- Nula e nula
- Positiva e negativa
- Neutra e negativa
- Negativa e negativa



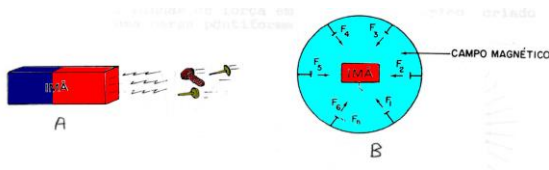
*“Conhecimento é ainda a melhor riqueza que o ser humano pode ter. Sabemos que não é fácil, mas, sem luta e sacrifício, jamais chegará a nenhum lugar”*



## 2. CAMPO ELÉTRICO (E)

### Introdução

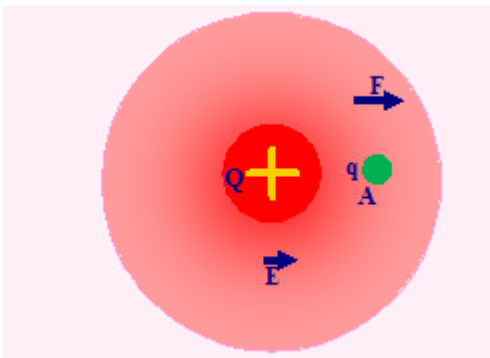
Ao aproximar um ímã de um metal, este é atraído pelo ímã com certa força  $F$  (fig. A). A medida que distanciamos o metal do ímã, a intensidade da força de atração diminuirá até chegar o momento em que a força cessará e o metal não mais será atraído. Portanto, a região onde a força de atração do ímã consegue influência sobre o metal é chamada de Campo magnético (fig. B)



### Conceituação de Campo Elétrico

Uma carga elétrica colocada em um meio cria um Campo Elétrico semelhante ao campo magnético. Portanto, Campo Elétrico é a região do espaço em que qualquer carga elétrica fica sujeito à ação de uma força ( $F$ ), conforme veremos:

Considere um ponto A qualquer no espaço, onde se localiza uma carga de prova  $q$  em repouso; diremos que nesta região existe um Campo Elétrico ( $E$ ) vindo de “ $Q$ ” e sobre a carga  $q$  atua uma Força ( $F$ )

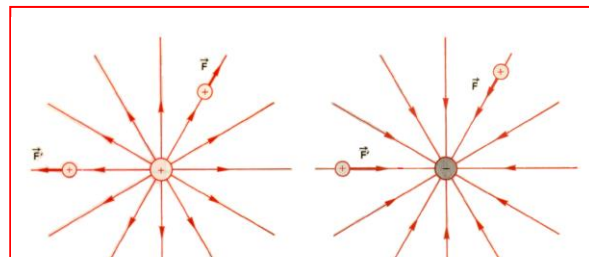


Para a medida da intensidade do vetor campo elétrico, emprega-se a relação abaixo:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q} \quad \text{ou} \quad E = \frac{F}{q}$$

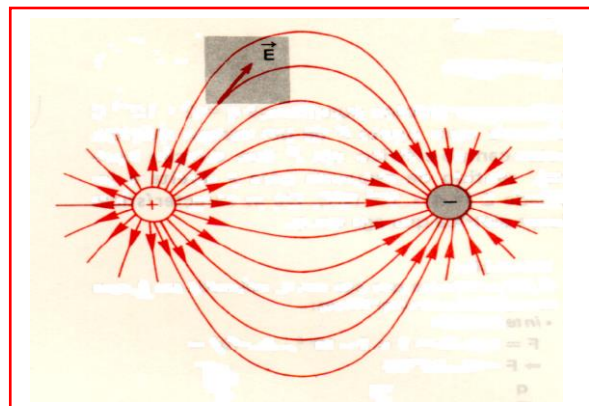
O campo elétrico criado ao redor de uma carga elétrica  $Q$  é representado por linhas de força que melhor visualizam o campo elétrico, conforme mostraremos:

- Linha de força em um campo elétrico criado por uma carga puntiforme



$Q > 0$ : Linhas de campo orientadas para fora  
 $Q < 0$ : Linhas de campo orientadas p / dentro

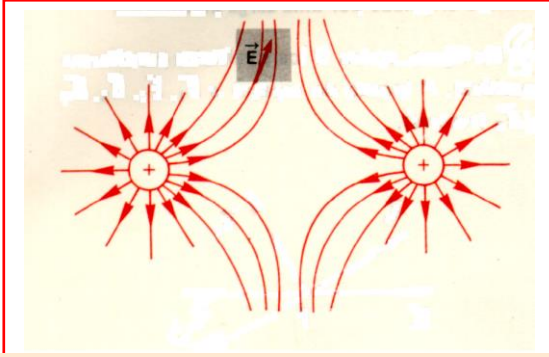
- Linha de força em um campo elétrico criado por cargas elétricas puntiformes de sinais contrários



As linhas surgem em cargas positivas e findam em cargas negativas



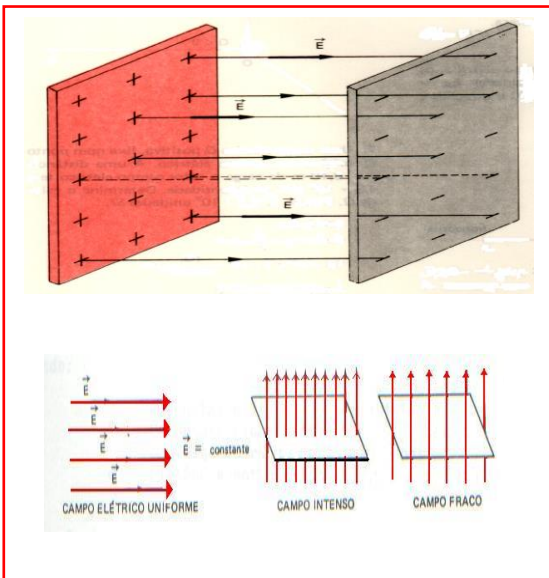
- Linhas de força em um campo elétrico criado por cargas elétricas puntiformes de mesmo sinal



As Linhas de força se repelem

### Campo Elétrico Uniforme

Se o vetor campo elétrico possui em todos os pontos considerados do espaço, mesmo módulo, mesma direção e sentido. Então se formam linhas de forças paralelas, originando-se um campo uniforme,



Linhas de força paralela

A unidade do vetor campo elétrico  $E$  no Sistema Internacional (SI) é medido em (N/C), onde, a força  $F$  é dada em Newton (N) e a carga  $q$  é dada em Coulomb (C).

*Parabéns! Mais uma vez, por finalizar mais um tópico importante na sua aprendizagem. Vão em frente e resolvam todos os exercícios de aprendizagem.*



## EXERCÍCIO DE VERIFICAÇÃO

10-Complete as lacunas:

- Campo elétrico é a região em que se manifesta uma. ....
- No Sistema Internacional de Unidades, a unidade de campo elétrico é o .....
- Sabemos que a fórmula para o cálculo do vetor campo elétrico é  $\mathbf{E} = \mathbf{F}/q$ . Se  $q > 0$  o vetor campo elétrico  $\mathbf{E}$  tem o ..... da força  $\mathbf{F}$ . Sendo  $q < 0$ , o vetor campo elétrico  $\mathbf{E}$  tem .....
- A direção do vetor campo elétrico é a da ..... que as contém
- A direção do vetor campo elétrico depende de  $Q$ : Se  $Q > 0$  o vetor campo elétrico .....; se  $Q < 0$  o vetor campo elétrico .....
- As linhas de força servem como auxílio para melhor visualização dos .....
- As linhas de força nascem nas cargas ..... e morrem nas cargas .....
- Campo elétrico uniforme são retas ..... que devem ter o ..... a ..... e o ..... em todos os pontos

11-Marque **certo** ou **errado** nos parênteses

- A direção e o sentido de uma linha de força, num ponto de um campo elétrico considerado. Certo ( ) Errado ( )
- Em cada ponto de um campo elétrico passa apenas uma linha de força, pois em caso contrário haveria mais de um vetor campo no ponto. Certo ( ) Errado ( )
- A trajetória de qualquer partícula eletrizada, positiva ou negativa, sob a ação da força elétrica de um campo elétrico, é uma linha de força de campo. Certo ( ) Errado ( )

Marque a resposta certa

12-O cálculo do vetor campo elétrico é feito usando a fórmula:

- $E = F \cdot q$
- $E = q / F$
- $E = F / q$
- $E = q / F$
- NRC

13-Uma carga elétrica  $Q$  cria um campo elétrico  $\mathbf{E}$ . Quando  $q > 0$  for colocado no campo elétrico, o vetor campo elétrico:

- Possui o mesmo sentido da força  $\mathbf{F}$ ;
- Não possui o mesmo sentido da força  $\mathbf{F}$
- Independente da força  $\mathbf{F}$
- É perpendicular ao sentido de  $\mathbf{F}$
- NRC

14-Com relação ao exercício anterior, sendo  $q < 0$  podemos afirmar que o vetor campo elétrico:

- Possui o mesmo sentido da força  $\mathbf{F}$
- Possui sentido contrário ao da força  $\mathbf{F}$
- Possui sentido perpendicular com relação a  $\mathbf{F}$
- NRC

15-A **direção** do vetor campo elétrico é sempre:

- horizontalmente
- Perpendicular a  $\mathbf{F}$
- A da reta suporte que as contém descarregadas
- Obliqua a  $\mathbf{F}$
- NRC

16-O **sentido** do vetor campo elétrico:

- Independente do sinal de  $Q$  e  $q$
- É o mesmo de  $\mathbf{F}$
- É sempre horizontal
- Depende de  $Q$  e  $q$
- NRC

17-Quando a carga  $Q > 0$  o vetor campo elétrico

- Converge
- Ora converge ora diverge
- Diverge
- Independente ao sinal de  $Q$
- NRC



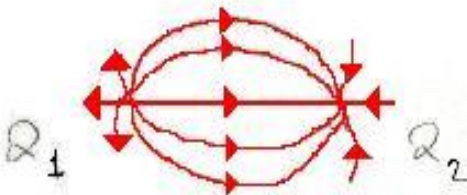
18-Quando  $Q < 0$  (carga negativa) o vetor campo elétrico:

- a) Diverge
- b) Converge
- c) Independe do sinal de  $Q$
- d) Ora converge, ora diverge
- e) NRC

19-As linhas de força:

- a) Auxíliam melhor visualização do campo elétrico
- b) Nem sempre é tangente ao vetor campo elétrico
- c) Surgem nas cargas negativas e morrem nas cargas positivas
- d) Sempre se cruzam
- e) NRC

20-A figura abaixo representa, na convenção usual, a configuração de linhas de força associada a duas cargas puntiformes  $Q_1$  e  $Q_2$ . Podemos afirmar corretamente que:



- a)  $Q_1$  e  $Q_2$  cargas negativas
- b)  $Q_1$  e  $Q_2$  são cargas positivas
- c)  $Q_1$  é negativa e  $Q_2$  é positiva
- d)  $Q_1$  é positiva e  $Q_2$  é negativa
- e) NRC

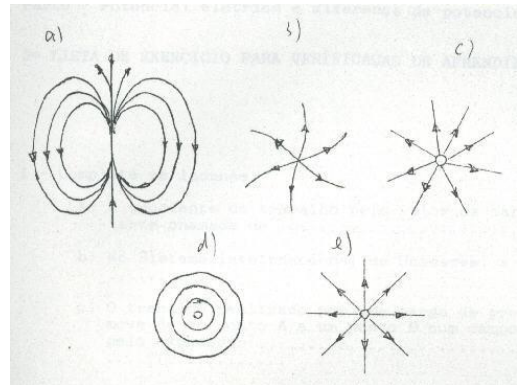
21-Abandona-se um elétron sem velocidade inicial em um campo elétrico uniforme. Em um instante depois, a velocidade vetorial do elétron terá sempre:

- a) O sentido contrário à linha de força do campo
- b) O mesmo sentido que a linha de força do campo
- c) Direção transversal à linha de força do campo
- d) O mesmo sentido da linha de força do campo
- e) NRC

22-As linhas de forças de um campo elétrico entre duas placas metálicas paralelas, longe das bordas, são:

- a) Circunferências
- b) Planos paralelos à placa
- c) Cilíndricas
- d) Planos perpendiculares às placas
- e) Planos inclinados às placas

23-Qual das seguintes figuras melhor representa as linhas de força do campo elétrico de uma esfera metálica positivamente carregada?



24-Certa carga possui valor de  $8 \mu\text{F}$  no instante em que se acha num campo de  $3 \cdot 10^5 \text{ N/C}$ . A intensidade da força que age na carga é de:

- a) 24 N
- b) 240 N
- c) 2,4 N
- d) 0,24 N
- e) NRC

25-Uma carga elétrica de valor igual a  $2 \text{ pC}$  encontra-se num campo elétrico de intensidade igual a  $4 \cdot 10^6 \text{ N/C}$ . Qual a intensidade da força que age sobre a carga?

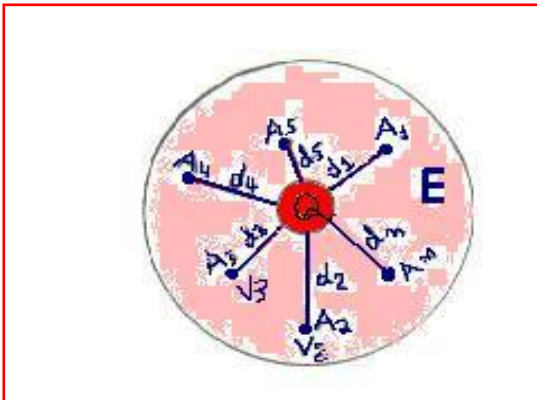




### 3. POTENCIAL ELÉTRICO E DIFERENÇA DE POTENCIAL (ddp)

#### Potencial Elétrico (V) de Um Ponto (A) do Campo

No interior de um campo elétrico existem vários pontos **A** ( $A_1, A_2, A_3 \dots A_n$ ), os quais se acham a uma distância **d** ( $d_1, d_2, d_3 \dots d_n$ ) da carga **Q** criadora do campo,



Pontos de um campo elétrico

O Potencial (**V**) em um ponto **A** do campo a uma distância **d** da carga **Q** é dado por:

$$V_A = K \frac{Q}{d}$$

Onde:

- $V_A$  = Potencial elétrico no ponto (A)
- K** = Constante eletrostática
- Q** = Carga geradora do campo elétrico
- d** = Distância entre a carga geradora do campo e o ponto (A)

O sinal do potencial elétrico, que é uma grandeza escalar, é o sinal da carga geradora **Q**:

$$Q > 0 \quad \Rightarrow \quad V_A > 0$$

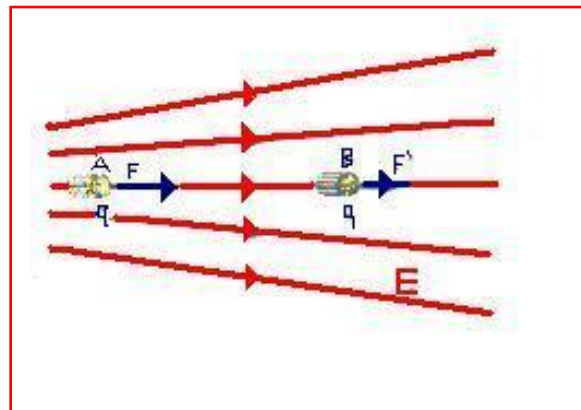
$$Q < 0 \quad \Rightarrow \quad V_A < 0$$

Podemos concluir que:

O potencial elétrico (**V**) é diretamente proporcional a carga (**Q**) geradora do campo e inversamente proporcional à distância do ponto da carga

#### Diferença de potencial elétrico (ddp) ou tensão elétrica

Em eletricidade, quando uma carga elétrica puntiforme **q** é deslocada de um ponto **A** com potencial  $V_A$  para um ponto **B** com potencial  $V_B$  de certa distância **d**, dizemos que houve **trabalho (W)** da força de campo para levar a carga de **A** até **B**.



Trabalho realizado pela força de um campo elétrico sobre a carga elétrica q



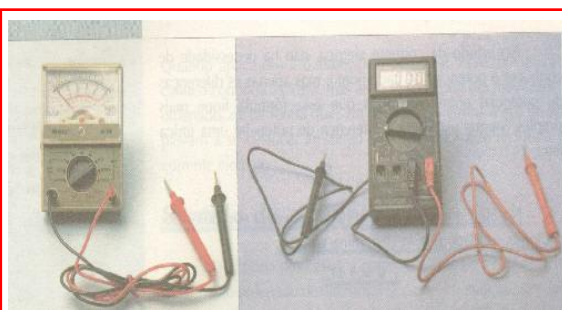
A diferença de potencial ( $ddp=U=V_A-V_B$ ) é dada por:

$$V_A - V_B = \frac{W}{q}$$

No SI (Sistema Internacional de Unidades) o trabalho de uma força é medido em **Joule (J)** e a carga, em **Coulomb (C)**. Assim, a **ddp** é medido em **Joule** por **Coulomb (J/C)**. Esta unidade recebe o nome de **Volt (V)**, em homenagem ao físico italiano Alexandro Volta (1745 – 1827), inventor da primeira pilha elétrica no ano de 1800. Assim:

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

Para medir a diferença de potencial foram desenvolvidos aparelhos de grande precisão, denominados **voltímetros**.



**Multímetro analógico e multímetro digital**

## EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM

26-Complete as lacunas:

- O quociente do trabalho pelo valor da carga é uma constante de .....
- No Sistema Internacional de Unidades, a ddp é medida em .....
- O trabalho realizado por uma carga de prova que se locomove de um ponto **A** a um ponto **B** num campo elétrico é dado pela expressão: ..... ou .....
- Num determinado ponto de um campo elétrico, o potencial criado por uma carga elétrica positiva é (diretamente/inversamente) ..... proporcional à ..... do ponto à carga.
- O potencial elétrico criado por uma carga geradora de um campo elétrico num ponto desse campo é (diretamente/inversamente) ..... proporcional à carga **Q**
- A ddp num campo elétrico qualquer pode ser calculada pela expressão (entre dois pontos **A** e **B**): ..... se o campo elétrico for **uniforme** a ddp pode ser calculada usando a expressão: .....
- A energia potencial de uma carga elétrica positiva aumenta quando a deslocamos a (favor/contra) ..... a força do campo elétrico.
- Sob a ação da força de um campo elétrico, uma carga positiva desloca-se de pontos de ..... potencial para pontos de ..... e uma carga negativa de pontos de ..... potencial para pontos de ..... potencial elétrico.

27-O trabalho de uma carga elétrica calcula-se usando a expressão:

- $W = E \cdot d$
- $W = q \cdot d$
- $W = e \cdot q \cdot d$
- $W = U \cdot E$



28-Marque certo ou errado nos parênteses abaixo:

- a) Uma carga elétrica possui uma energia potencial elétrica em cada ponto de um campo elétrico. Certo ( ) Errado ( ).
- b) Se as cargas  $Q$  e  $q$  são ambas negativas ou positivas, quanto mais perto estiverem, maior a energia potencial elétrica de uma em relação à outra. Certo ( ) Errado ( ).
- c) A energia potencial elétrica de uma carga não depende da carga, mas apenas da posição e da intensidade do campo onde ela está. Certo ( ) Errado ( ).
- d) Quando uma carga positiva se desloca no sentido das linhas de força, sua energia potencial elétrica diminui. Certo ( ) errado ( ).
- e) A ddp entre dois pontos **A** e **B** de um campo elétrico é igual à diferença entre o potencial nos pontos **A** e **B**. Certo ( ) errado ( ).

29-No SI de unidades o trabalho é medido em:

- a) Newton
- b) Joule
- c) Newton / Joule
- d) Newton / Coulomb
- e) NRC

30-O trabalho realizado por uma carga de prova entre dois pontos **A** e **B** de um campo elétrico dependerá somente:

- a) Da carga  $q$  e da posição dos pontos iniciais e finais
- b) Das posições dos pontos iniciais e finais
- c) Da carga  $q$
- d) Da carga  $q$  e da posição final do campo **F**
- e) NRC

31-O quociente de  $W/q$  é uma constante chamada de:

- a) Campo elétrico
- b) Potencial elétrico
- c) Carga elétrica
- d) Diferença de potencial (ddp)
- e) NRC

32-No SI de unidades a **ddp** é medido em:

- a) Newton
- b) Erg.
- c) Volt
- d) Joule
- e) NRC

33-Num determinado ponto de um campo elétrico, o potencial criado por uma carga elétrica é:

- a) Diretamente proporcional à constante eletrostática
- b) Inversamente proporcional à distância do ponto à carga
- c) Inversamente proporcional à distância do ponto à constante eletrostática
- d) Diretamente proporcional à carga geradora do campo elétrico
- e) NRC

34-O potencial elétrico criado por carga elétrica geradora de um campo elétrico num ponto desse campo é:

- a) Inversamente proporcional ao quadrado da distância do ponto à carga
- b) Inversamente proporcional à distância do ponto a carga
- c) Inversamente proporcional à distância do ponto à constante eletrostática
- d) Diretamente proporcional à distância do ponto à carga.
- e) NRC

35-Qualquer que seja a situação física envolvendo campo elétrico, podemos afirmar que:

- a) Quando o campo elétrico for nulo numa região, o potencial será necessariamente constante nessa região
- b) Quando o campo elétrico for constante numa região, o potencial necessariamente também será.
- c) Quando o campo elétrico for diferente de zero num ponto, o potencial necessariamente também será.
- d) Quando o campo elétrico for nulo num ponto, o potencial necessariamente também será
- e) NRC



36-Quando dois condutores eletrizados e isolados da terra são postos em contato, tornam-se iguais:

- a) Seus potenciais
- b) Suas capacidades
- c) Suas energias elétricas
- d) Suas densidades superficiais de distribuição de cargas
- e) Suas cargas

37-Uma força age sobre uma carga elétrica, a qual realiza um trabalho de  $2 \cdot 10^{-3} \text{J}$ . Sabendo-se que a carga  $q = 8 \mu\text{C}$  é levada de um ponto **A** para um ponto **B** de um campo elétrico, podemos afirmar que a ddp entre **A** e **B** é de:

- a) 25 V
- b) 0,25 V
- c) 250 V
- d) 2500 V
- e) NRC

38-Num campo elétrico existem dois pontos cujo potencial elétrico é de **50 V** e **20 V** respectivamente. Determine o trabalho realizado por uma carga de **15  $\mu\text{C}$**  que se desloca do ponto de maior para o de menor voltagem.

- a) 250 J
- b) 350 J
- c) 450 J
- d) 550 J
- e) NRC

39-Dois pontos **A** e **B** distam de **6 cm** e **8 cm** de uma carga **Q = 18  $\mu\text{C}$**  criadora do campo situado no vácuo. A ddp entre **A** e **B** é de:

- a)  $6,75 \cdot 10^4 \text{ V}$
- b)  $6,75 \cdot 10^5 \text{ V}$
- c)  $67,5 \cdot 10^4 \text{ V}$
- d)  $67,5 \cdot 10^5 \text{ V}$

40-Dois pontos **A** e **B** situam-se num campo elétrico cujos potenciais são **15 V** e **5 V** respectivamente. Sabendo-se que entre os potenciais desloca-se uma carga elétrica realizando um trabalho de **250 J**, podemos afirmar que o valor da carga é de:

- a) 12C
- b) 10C
- c) 250C
- d) 25C
- e) NRC

41-O trabalho das forças elétricas sobre a carga  $q = 25 \cdot 10^9 \text{C}$  que se desloca de **C** a **D** é de:

- a)  $4,5 \cdot 10^{-9} \text{ J}$
- b)  $25 \cdot 10^{-9} \text{ J}$
- c)  $4,5 \cdot 10^{-5} \text{ J}$
- d)  $45 \cdot 10^{-5} \text{ J}$
- e) NRC

Resolva:

42-Uma força age sobre uma carga elétrica, a qual realiza um trabalho de **2,8  $\cdot 10^{-4} \text{J}$** . Sabendo-se que a carga  $q = 6 \cdot 10^{-3} \text{C}$  é levada de um ponto **A** para um ponto **B** de um campo elétrico, determine a **ddp** entre **A** e **B**.

43-Dois pontos situam-se num campo elétrico, cujo potencial elétrico é de **60 V** e **40 V** respectivamente. Determine o trabalho realizado por uma carga de  $q = 16 \text{ C}$  que se desloca do ponto de maior para menor voltagem.

44-Dois pontos **A** e **B** localizam-se num campo elétrico cujo potencial elétrico é de **20 V** e **15 V** respectivamente. Sabendo-se que uma partícula  $q$  deslocando-se de **A** para **B** realizou um trabalho de **350 J**. Determine o valor da carga  $q$ ?

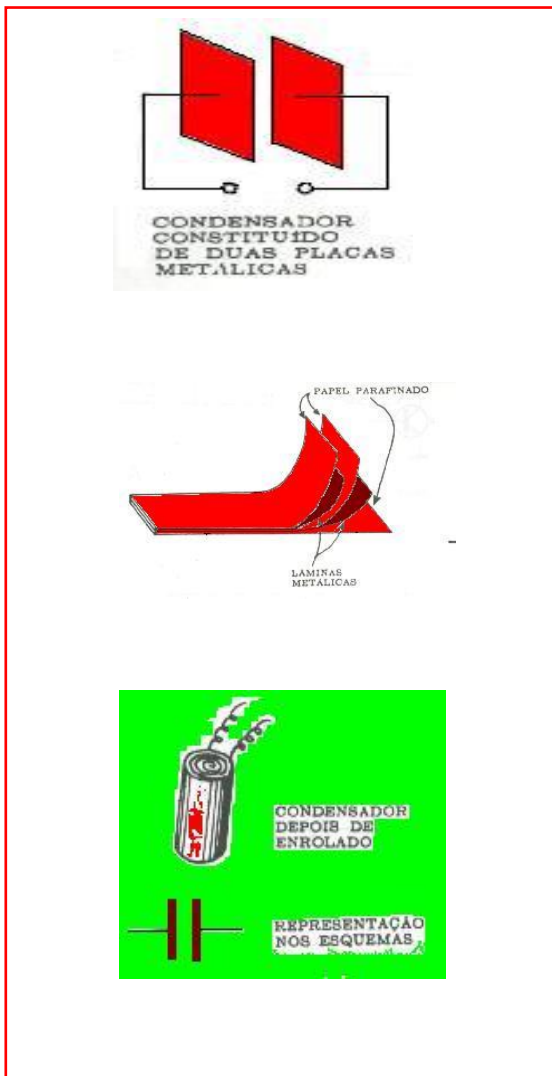
45-Um ponto **A** está situado a  $8 \cdot 10^{-2} \text{ m}$  de uma carga  $Q = 4 \mu\text{C}$  geradora de um campo elétrico. Nestas condições, determine o potencial de **A**.



## 4. CAPACITORES

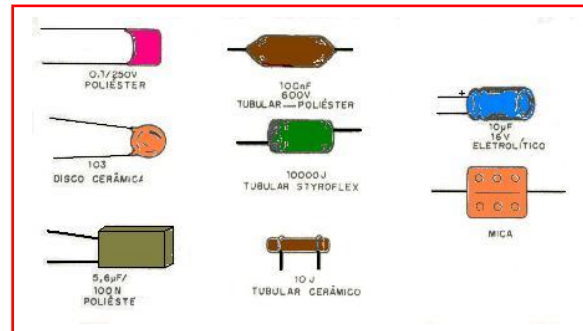
### Capacitor: Elementos e Características Gerais.

Os capacitores são componentes elétricos eletrônicos formados por duas lâminas metálicas em paralelos (armaduras ou placas) entre as quais existe um material isolante (**dielétrico**) que define o tipo de capacitor conforme figuras abaixo. Assim, se o material for **mica** teremos um **capacitor de mica**, se for uma espécie de plástico chamado **poliéster** teremos um **capacitor de poliéster**.



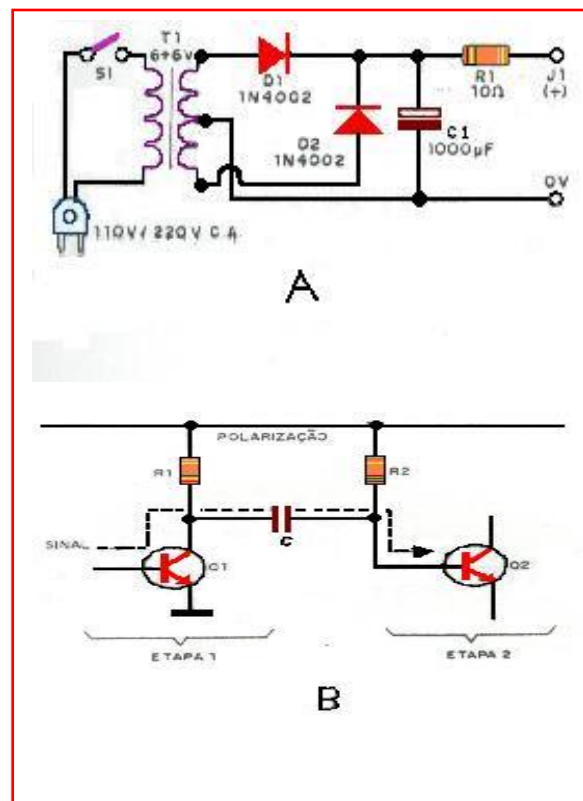
Formas e diagramas de capacitores

Quanto a forma de suas armaduras ou placas, os capacitores são classificados em **planos**, **esféricos**, **cilíndricos**, **discóides** e outros.



O capacitor tem a propriedade de **armazenar cargas elétricas** da mesma forma que uma caixa d'água tem a função de armazenar água.

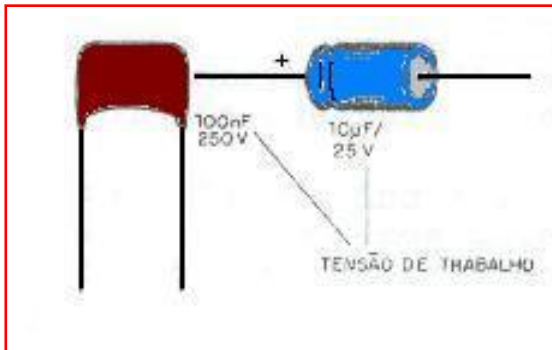
Os capacitores são usados largamente no eletro-eletrônico e trabalham como **filtros** e **separadores** entre estágios de um circuito eletrônico.



A – Circuito Retificador B - Amplificador



Os capacitores trazem impressos no seu corpo certas especificações tais como: **Capacitância** que indica a capacidade de cargas elétricas que suporta armazenar e a **Tensão (ddp)** que indica a voltagem em que deve trabalhar, veja figura abaixo.



**Capacitância e tensão de trabalho de capacitor**

Se aplicarmos uma **tensão muito grande** as armaduras de um capacitor, a ddp entre as armaduras pode ser suficiente para provocar uma faísca que atravessa o dielétrico e causar a destruição do componente.

Assim, nunca devemos usar um capacitor num circuito elétrico que mantenha uma tensão **maior** do que a especificada.

### Capacitância de um capacitor.

**A** capacitância do capacitor é definida como a razão entre sua **carga Q** e o seu **potencial V** entre as armaduras:

$$C = \frac{Q}{V}$$

A unidade de **capacitância elétrica** no SI é o **Coulomb por Volt (C/ V)** mas, que recebe o nome especial **Farad (F)** em homenagem ao Físico Michael Faraday, então:

$$1 \text{ F} = \frac{1 \text{ C}}{1 \text{ V}}$$

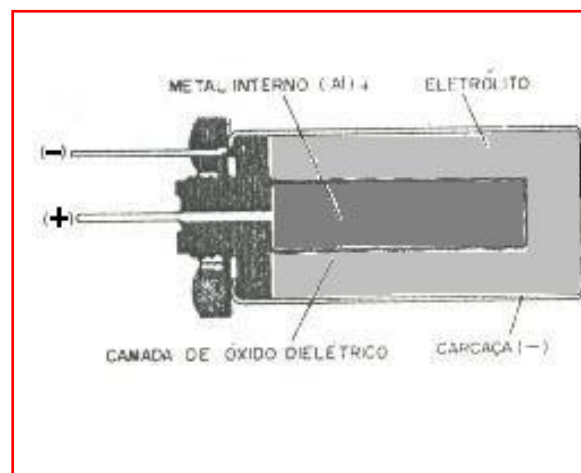
Na prática, o farad é uma unidade muito grande, por exemplo, uma **esfera precisaria ter um raio de 9 milhões de quilômetros para ter uma capacidade de 1 F**. Por isso, utilizam-se freqüentemente de alguns de seus submúltiplos, como:

$$1 \text{ microfarad } (\mu\text{F}) = 10^{-6} \text{ F}$$

$$1 \text{ nanofarad } (\text{nF}) = 10^{-9} \text{ F}$$

$$1 \text{ picofarad } (\text{pF}) = 10^{-12} \text{ F}$$

Um tipo importante de capacitor é o **capacitor eletrolítico**, que apresenta grandes capacitâncias e, cuja estrutura básica está mostrada na figura abaixo:



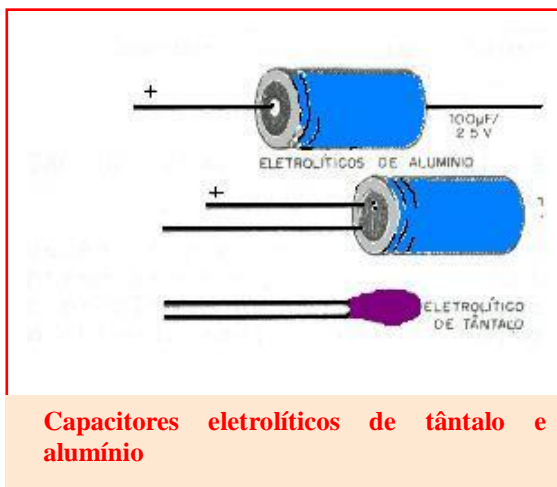
**Estrutura básica de um capacitor eletrolítico**



Uma de suas armaduras é de alumínio que, em contato com uma substância quimicamente ativa, se oxida formando uma finíssima camada de isolante que vai ser o dielétrico. Desta forma, como a **capacitância** é tanto **maior** quanto **mais fino** for o **dielétrico**, podemos obter capacitâncias muito grandes com um componente relativamente pequeno.

É preciso observar, que os capacitores eletrolíticos são componentes **polarizados**, ou seja, a armadura deve ser sempre a mesma. Se houver uma inversão, tentando-se carregar a armadura positiva com cargas negativas o dielétrico será destruído e o capacitor inutilizado.

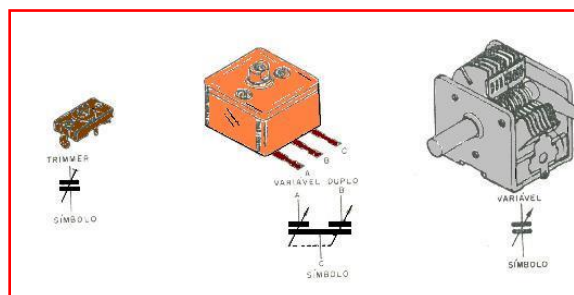
Na família dos capacitores eletrolíticos temos um tipo que emprega uma substância que permite obter capacitâncias ainda maiores que as obtidas pelo **óxido de alumínio**. Trata-se de **óxido de tântalo**, o que nos leva aos **capacitores de tântalos**.



Além destes capacitores já citados, cuja capacitância é fixa, existem também capacitores de **capacitância ajustável** (trimmer) e os capacitores de **capacitância variável** (figura seguinte).

Os trimmers são capacitores de ajustes com valores pequenos, de alguns picofarads. São especificados pela faixa de valores que podem adquirir. Um trimmer de **2 – 20 pF** é um trimmer que pode ter sua capacitância ajustada entre dois valores.

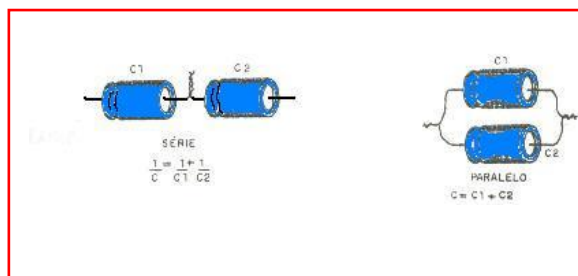
Os capacitores variáveis são usados em **sintonia** e podem ser especificados pela capacitância máxima, ou seja, quando estão com o eixo fechado.



**Capacitores ajustáveis (trimmer) e variáveis**

## Associação de capacitores: em série e paralela

Muitas vezes, é preciso usar capacitores com valores que não se encontram a venda no comércio. Então os técnicos resolvem estes problemas associando os capacitores em **série** ou em **paralelos** obtendo assim, um capacitor equivalente.

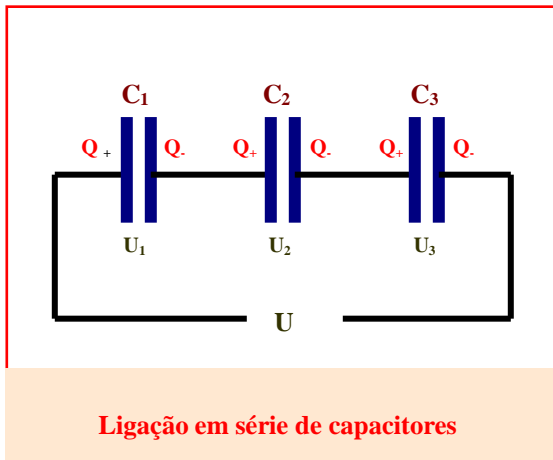


**Capacitores ligados em série e em paralelo**



### a) Associação em série

Na figura abaixo, representamos três capacitores associados em *série*, e a ddp da associação é  $U$



No caso de capacitores em série, valem as propriedades:

- A ddp total  $U$  aplicada á associação se repete nos terminais de cada capacitor

$$U = U_1 + U_2 + U_3$$

- Todos os capacitores da associação carregam-se com a **mesma carga  $Q$**
- O valor da capacitância equivalente é dada por:

$$\frac{1}{C_e} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$

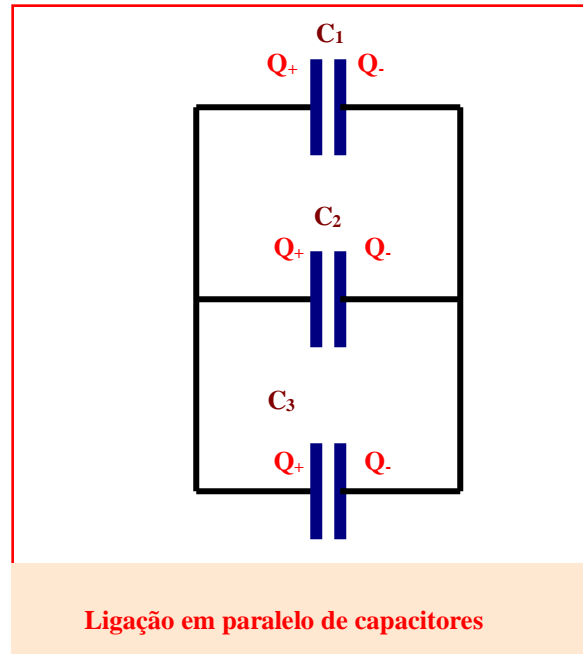
**Conclusão:** Numa associação de capacitores em *série*, o inverso da capacidade equivalente é igual à soma dos inversos das capacidades dos capacitores da associação.

#### Atenção

Este tipo de associação pode suportar uma ddp elevada, pois esta é moderada nos terminais de cada capacitor da associação.

### b) Associação em paralelo

Na figura abaixo, representamos três capacitores associados em paralelos. A ddp da associação é  $U$ .



No caso de capacitores ligados em paralelo, valem as propriedades:

- A Carga elétrica da associação é igual à **soma das cargas de cada capacitor**

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

- Todos os capacitores associados estão submetidos à **mesma ddp  $U$**
- O valor da capacitância equivalente é dado por:

$$C_e = C_1 + C_2 + C_3$$

**Conclusão:** A capacidade equivalente a uma associação de capacitores em paralelo é igual a soma das capacidades dos capacitores associado.

#### Atenção

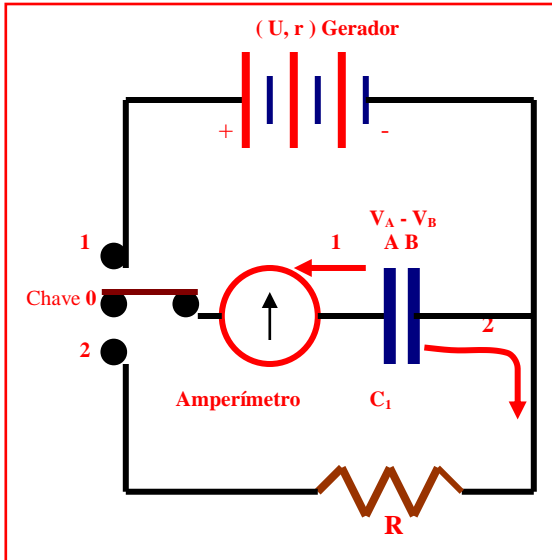
Este tipo de associação permite aumentar a capacidade e, portanto, armazenar grandes cargas sob uma moderada ddp





## Carga e descarga de um capacitor

Ao ligarmos as armaduras de um capacitor aos terminais de um gerador de corrente contínua (fig. Abaixo), ocorre a **carga** e a **descarga** do capacitor conforme descrito abaixo:



Carga e descarga de um capacitor

- 1 – Chave na posição 0: Não passa corrente (circuito aberto)
- 2 – Chave na posição 1: Breve corrente no sentido 1, a armadura A fica com carga positiva ( $Q_A$ ) porque cede elétrons ao terminal positivo da bateria. A armadura B fica com carga negativa ( $Q_B$ ), devido à chegada dos elétrons vindo do terminal da bateria. A eletrização das armaduras origina a ddp ( $V_A - V_B$ ). A corrente elétrica cessa quando ( $V_A - V_B$ ) torna-se igual a tensão ( $U$ ) do gerador. Assim, as duas armaduras ficam com cargas iguais e de sinais contrários. Diz-se que o capacitor está carregado.
- 3 – Chave na posição 2: A ddp ( $V_A - V_B$ ) origina uma breve corrente. Os elétrons se deslocam de B para A, através do circuito onde está apenas o resistor (R). A corrente se anula quando  $V_A - V_B = 0$ . Esta breve corrente corresponde a descarga do capacitor.

Portanto, um capacitor possibilita o armazenamento de uma certa carga elétrica e a sua restituição quando necessário.

O carregamento de um capacitor efetua-se num intervalo de tempo que depende da capacitância do aparelho e da resistência do circuito ao qual está ligado.

*Parabéns, por mais um tópico concluído. Portanto, vá em frente e fixe o que aprendeu resolvendo os exercícios de verificação.*



## EXERCÍCIO DE VERIFICAÇÃO

46-Complete as lacunas:

- a) Capacitores ou condensadores são pequenos dispositivos onde pode ser armazenada uma grande quantidade de .....
- b) Usa-se a expressão  $C = Q / V$  para medir a ..... de um capacitor.
- c) A unidade de capacidade elétrica é o ..... chamada ..... em homenagem ao físico
- d) Quando carregamos um capacitor, este adquire energia, a qual é calculada pela expressão: ..... ou .....
- e) Num capacitor de placas, a capacitância é (diretamente/inversamente) ..... proporcional à distância entre elas
- f) A capacitância de um capacitor é (diretamente/inversamente) ..... proporcional à carga  $Q$  e (diretamente/inversamente) ..... proporcional ao potencial do capacitor
- g) A capacitância de um capacitor depende de sua ..... e do ..... colocado entre as placas
- h) A associação de capacitores é feita de duas maneiras: associação em ..... e associação em .....
- i) A associação de capacitores em ..... realiza-se se unindo à ..... positiva do primeiro com a ..... negativa do segundo e assim .....
- j) A expressão para o cálculo da capacidade  $C$  equivalente a uma associação em série de  $n$  capacitores é dada por: .....
- k) A associação de capacitores em ..... se realiza unindo-se todas as armaduras de mesmo ..... entre si

- l) Uma das características de uma associação em paralelo é que os capacitores ficam sob uma mesma .....
- m) Numa ligação em série, a carga  $Q$  é a ..... em todos os capacitores da ligação e a ddp total é a ..... das ddp em cada capacitor.
- n) Em uma ligação em série de capacitores, pode-se trabalhar com ..... ddp, mas, ..... capacitância
- o) Em ligação em paralelo de capacitores, a capacitância é ....., mas a ddp é a ..... em cada capacitor

47-Marque **certo** ou **errado** nos parênteses

- a) Duas placas metálicas separadas por uma camada de ar, ou de qualquer material isolante, constituem um capacitor. Certo ( ) Errado ( )
- b) Dois discos metálicos, um em frente ao outro, sem encostar-se, formam um capacitor. Certo ( ) Errado ( )
- c) Quando um capacitor está carregado, há um campo elétrico entre suas placas. Certo ( ) Errado ( )
- d) No carregamento de um capacitor, o número de elétrons retirados da placa positiva é igual ao que é depositado na placa negativa. Certo ( ) Errado ( )
- e) A distância entre as armaduras e o dielétrico não influi na carga das placas de um capacitor. Certo ( ) Errado ( )
- f) A soma das cargas das armaduras de um capacitor carregado é nula. Certo ( ) errado ( )
- g) A capacitância de um capacitor plano é diretamente proporcional à área de suas placas e inversamente proporcional à distância entre elas. Certo ( ) Errado ( )



- h) O dielétrico de um capacitor plano não influi em sua capacitância. Certo ( ) Errado ( )
- i) A ddp entre as placas de um capacitor plano é independente da carga do mesmo. Certo ( ) Errado ( )
- j) Quanto maior a área das placas de um capacitor plano, maior a carga que ele pode conter. Certo ( ) Errado ( )
- l) Quanto maior a carga de um capacitor, maior sua energia. Certo ( ) Errado ( )
- m) A energia armazenada num capacitor é do tipo potencial elétrica. Certo ( ) Errado ( )
- n) Se a carga é dada em Coulomb e a voltagem em volt, a energia é dada em: Newton ( ) Newton/Coulomb ( ) Joule ( )

Marque a resposta certa

48-“Pequenos dispositivos capazes de armazenar grande quantidade de cargas elétricas”. Esta é a denominação dada aos:

- Induzidos
- Capacitores ou condensadores
- Fusíveis
- Soquetes
- NRC

49-Um capacitor serve para:

- Distribuir cargas elétricas
- Fornecer cargas elétricas aos fusíveis
- Acumular cargas elétricas
- Determinar as cargas elétricas num átomo
- NRC

50-A capacidade de um capacitor é medida pela expressão:

- $C = R / Q$
- $C = C.V/2$
- $C = V.Q^2 / 2$
- $C = Q / V$
- NRC

51-A unidade de capacitância é o:

- Newton
- Volt
- Joule
- Farad
- Columb

52-A capacidade de um capacitor depende somente:

- Da sua forma e do meio em que se encontra
- Da sua forma geométrica e do isolante colocado entre as armaduras
- Da sua forma geométrica
- Do isolante colocado entre as armaduras
- NRC

53-A expressão que usamos medir a energia de um capacitor carregado é:

- $E = C . V^2$
- $E = 2 C . V^2$
- $E = C . V^2 / 2$
- $E = Q . V^2 / 2$
- NRC

54-A associação de capacitores em série ou em paralelo é de grande utilidade nos meios técnicos, pois:

- Torna-se mais barato que se usasse um só de capacidade equivalente
- Substitui capacitores de características idênticas aos que não existem no mercado eletrônico
- É mais durável que o uso de um só capacitor
- É mais conveniente de maneja-lo
- NRC

55-O potencial de um capacitor é  $V = 250 \text{ V}$ , no instante em que sua carga  $Q = 5 \cdot 10^{-4} \text{ C}$ . A capacidade do capacitor vale:

- $2 \cdot 10^{-4} \text{ F}$
- $2 \cdot 10^{-5} \text{ F}$
- $2 \cdot 10^{-6} \text{ F}$
- $2 \cdot 10^{-3} \text{ F}$
- NRC



56-Numa associação de capacitores em série, tendo eles diferentes capacidades, pode-se afirmar:

- As cargas nos capacitores são inversamente proporcionais aos valores das respectivas capacidades
- As tensões nos diversos capacitores são inversamente proporcionais aos valores das respectivas capacidades
- A capacidade total é a soma das capacidades de cada um dos capacitores
- As tensões em cada capacitor são diretamente proporcionais as suas capacidades
- NRC

57-Um capacitor plano formado por duas placas planas e paralelas possui uma carga de  $12 \cdot 10^{-4} \text{ C}$ . A distância entre as placas é de  $0,2 \text{ mm}$ . Aumentando-se de  $0,4 \text{ mm}$  a distância entre as placas:

- A carga do capacitor aumenta
- A ddp entre as armaduras diminui
- A capacidade se torna o dobro da anterior
- A capacidade se torna um quarto da anterior
- NRC

58-A capacidade de um capacitor é de  $2 \mu\text{F}$ , o qual encontra-se ligado a um gerador cuja ddp é de  $200 \text{ V}$ . Determine a carga elétrica armazenada no capacitor.

- $2 \cdot 10^{-4} \text{ C}$
- $4 \cdot 10^{-2} \text{ C}$
- $3 \cdot 10^{-4} \text{ C}$
- $4 \cdot 10^{-4} \text{ C}$
- NRC

59-Um capacitor de capacidade  $C = 2 \cdot 10^{-6} \text{ F}$  possui uma carga elétrica armazenada no valor de  $4 \cdot 10^{-6} \text{ C}$ . Podemos afirmar que a ddp vale:

- $20 \text{ V}$
- $15 \text{ V}$
- $200 \text{ V}$
- $2 \cdot 10^3 \text{ V}$
- NRC

60-Um capacitor de capacidade igual a  $4,4 \text{ pF}$ , armazena energia no valor de  $220 \text{ J}$ . O potencial armazenado no capacitor vale aproximadamente:

- $20 \cdot 10^6 \text{ V}$
- $10^7 \text{ V}$
- $118,5 \cdot 10^6 \text{ V}$
- $13,5 \cdot 10^6 \text{ V}$
- NRC

61-Com os dados do teste anterior, determine a carga aproximada do capacitor:

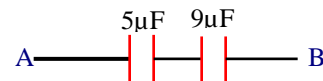
- $30 \cdot 10^{-6} \text{ C}$
- $40 \cdot 10^{-6} \text{ C}$
- $32,6 \cdot 10^{-6} \text{ C}$
- $50 \cdot 10^{-6} \text{ C}$
- NRC

62-Dois capacitores de capacidade iguais a  $6 \text{ nF}$  e  $8 \text{ nF}$  respectivamente estão ligados em série. A capacidade equivalente vale:

- $5 \cdot 10^{-9} \text{ F}$
- $4 \cdot 10^{-9} \text{ F}$
- $3,3 \cdot 10^{-10} \text{ F}$
- $8 \cdot 10^{-10} \text{ F}$
- NRC

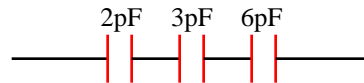
63-Com os dados do esquema abaixo, determine a capacidade equivalente.

- $4 \text{ nF}$
- $6 \text{ nF}$
- $3,2 \text{ nF}$
- $10 \text{ nF}$
- NRC



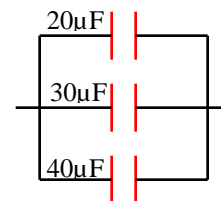
64-A associação abaixo, dá uma capacidade equivalente a:

- $2 \text{ pF}$
- $6 \text{ pF}$
- $3 \text{ pF}$
- $1 \text{ pF}$
- NRC



65-A capacidade equivalente da associação abaixo vale:

- $4 \cdot 10 \mu\text{F}$
- $8 \cdot 10 \mu\text{F}$
- $9 \cdot 10 \mu\text{F}$
- $6 \cdot 10 \mu\text{F}$
- NRC



66-Qual é a carga adquirida por um capacitor de  $15 \mu\text{F}$  ao ser ligado a uma ddp igual a  $105 \text{ V}$ ?

- a)  $157,50 \mu\text{C}$
- b)  $700,00 \mu\text{C}$
- c)  $15,75 \mu\text{C}$
- d)  $70,00 \mu\text{C}$
- e)  $7,00 \mu\text{C}$

Resolva:

67-É de  $220 \text{ V}$  a ddp entre as armaduras de um capacitor quando a sua carga é de  $11.10^{-4} \text{ C}$ . Determine a capacidade do condensador

68-Sendo  $300 \text{ V}$  a ddp entre as armaduras de um capacitor de capacidade igual a  $6 \text{ pF}$ , qual é o valor da carga desse capacitor?

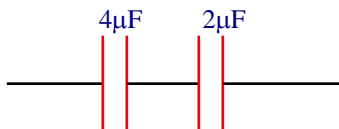
69-A capacitância de um capacitor é de  $3,2 \text{ nF}$ , o qual recebe uma carga elétrica de  $16 \text{ mC}$ . Determine o potencial adquirido pelo capacitor

70-Um capacitor de capacidade igual a  $6.10^{-3} \text{ F}$  possui potencial  $V = 110 \text{ Volts}$ . Qual o valor da energia armazenada nesse capacitor?

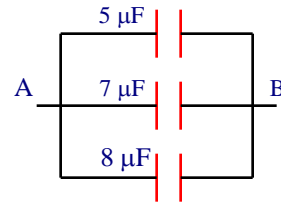
71-Entre as armaduras de um capacitor de capacidade igual a  $0,6 \text{ pF}$ , estabeleceu-se uma ddp de  $6000 \text{ V}$ . Qual o valor da carga acumulada?

72-Dois capacitores apresentam capacidades iguais no valor de  $12 \mu\text{F}$  (cada um). Associando-se em série, qual o valor da capacidade equivalente?

73-Com os dados da associação abaixo, determine a capacidade equivalente.



74-Com os dados da associação abaixo, determine a capacidade equivalente.



75-Com os dados do exercício 74, determine o valor da carga de cada capacitor, sabendo-se que a ddp entre A e B é de  $15 \text{ V}$

76-Dois capacitores estão associados em série, cujas capacidades são  $9 \mu\text{F}$  e  $3 \mu\text{F}$  respectivamente. Sendo que, seus extremos possuem uma ddp de  $8 \text{ V}$ , determine:

- a) A capacidade total da associação
- b) A carga total armazenada
- c) A ddp em cada capacitor
- d) A energia potencial elétrica de cada capacitor

77-Com os dados do exercício anterior (76), determine todos os itens no caso dos capacitores estarem em paralelo

78-Dois capacitores de capacitância  $C_1 = 6.10^{-12} \text{ F}$  e  $C_2 = 12.10^{-12} \text{ F}$  estão ligados em série e a associação é conectada a uma fonte de tensão de  $10000 \text{ V}$ . Determine:

- a) A capacitância equivalente da associação
- b) O valor da carga de cada capacitor
- c) O valor da carga total na associação
- d) O valor da ddp nos terminais da cada capacitor





## Capítulo - 2



# *Fundamentos de Eletrodinâmica*



### Assuntos

1. Corrente elétrica
2. Resistência elétrica

**ASPR**  
ASSESSORIA E SERVIÇOS EM PROTEÇÃO RADIOLÓGICA E  
CONTROLE DE QUALIDADE

Rua Paulo Portela, nº 90 - Bairro Castália - Cep: 45.603 - 194 - Itabuna/Bahia

Fone contato: (73) 99191 - 1119 ; E-mail: [aspronline@hotmail.com](mailto:aspronline@hotmail.com)



[www.aspronline.wix.com/aspronline](http://www.aspronline.wix.com/aspronline) ;  [www.facebook.com/asprcq](https://www.facebook.com/asprcq) 

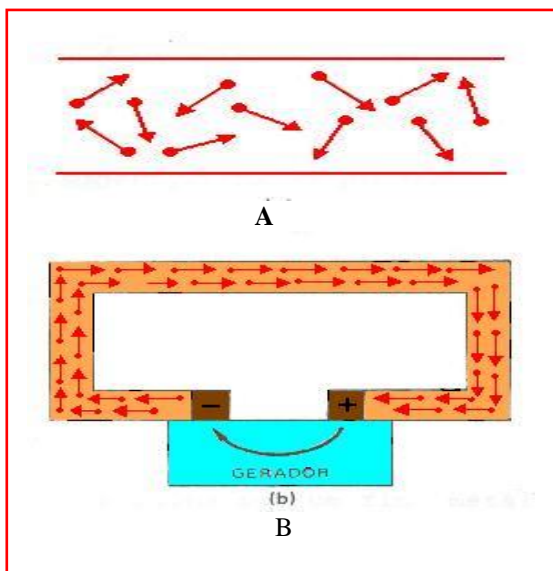


## 1. ELETRODINÂMICA: CORRENTE ELÉTRICA (I)

### Corrente elétrica

Num condutor metálico cada átomo tem um ou mais elétrons presos fracamente, **elétrons livres**. Tais elétrons estão em incessante movimento, isto é, movimentam-se em todas as direções de maneira desordenada devido a agitação térmica (fig. A).

Quando uma diferença de potencial ddp é aplicada nas extremidades do condutor, os elétrons põem-se em **movimento ordenado** no sentido do potencial maior, isto é, do terminal negativo para o terminal positivo do gerador (fig. B).



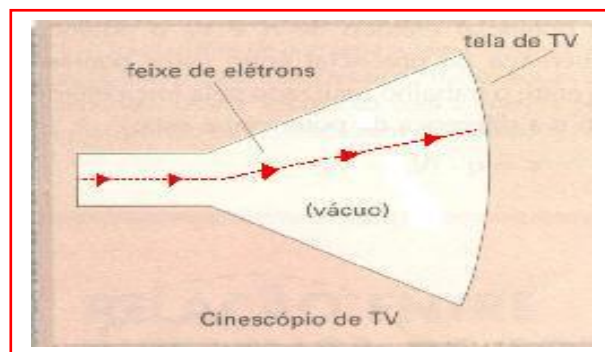
**Corrente elétrica num condutor**

Portanto,

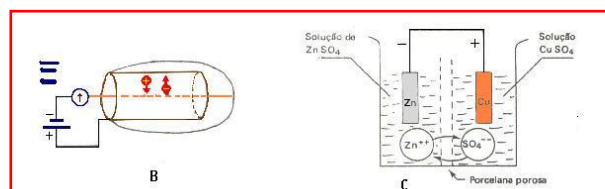
**Corrente elétrica é um fluxo ordenado dos elétrons livres do condutor quando submetido a uma ddp.**

Essa movimentação de elétrons prossegue no fio enquanto existir no fio uma ddp entre as extremidades

Apesar de o fluxo de cargas elétricas (corrente) ocorrerem mais comumente no interior de um condutor metálico, ele também ocorre em outros meios, por exemplo, a corrente elétrica pode ser um simples feixe de partículas no vácuo, como acontece num cinescópio de TV, tubo de R – X, Tubo GM (medidor Geiger) (fig. A e B) ou a corrente constituída por íons positivos e negativos, deslocando-se em sentido contrários nos condutores líquidos e gasosos (fig. C)



**Corrente elétrica num vácuo, como tubo de TV**



**B – Corrente elétrica nos gases  
C – Corrente elétrica constituída por íons**

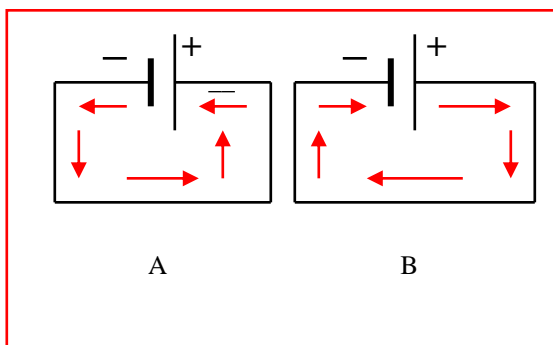
O recipiente de vidro da figura C contém soluções de sulfato de zinco ( $ZnSO_4$ ) e sulfato de cobalto ( $CuSO_4$ ), separado por uma parede de porcelana porosa. Dentro dessas soluções, estão imersas duas chapas, zinco (Zn) e cobre



(Cu), interligada por um fio. A chapa de zinco vai se corroendo com o tempo e a solução vai recebendo  $Zn^{++}$ . A chapa de zinco torna-se negativa com elétrons acumulados. A solução de sulfato de cobre vai perdendo  $Cu^{++}$  e os elétrons são retirados da chapa de cobre tornando-se positiva. O cobre perdido adere a própria chapa de cobre e aumenta a sua massa. Na solução da esquerda começa haver excesso de **íons positivos** ( $Zn^{++}$ ); Na solução da direita começa haver excesso de **íons negativos** ( $SO_4^{-}$ ). Para um melhor equilíbrio elétrico, surge um trânsito de íons de  $Zn^{++}$  para a direita e de íons  $SO_4^{-}$  para a esquerda, através da parede porosa; este movimento de íons representa uma **corrente elétrica iônica**.

### Sentido da corrente elétrica

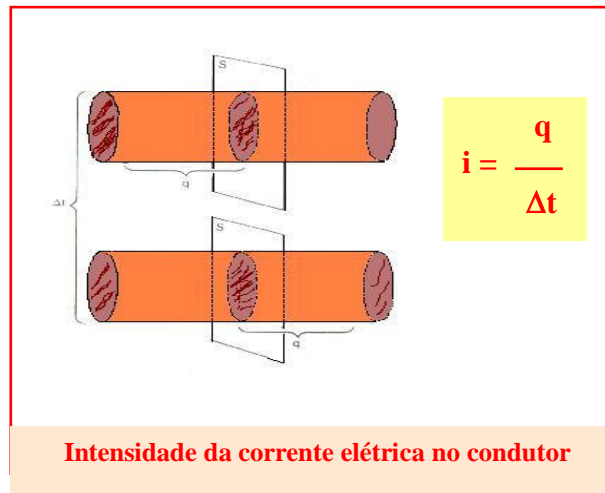
Quando ligamos os pólos de uma pilha por um fio metálico, os elétrons deslocam-se no fio sempre no sentido do **pólo negativo** para o **pólo positivo**. Este é o sentido da corrente elétrica, também chamado sentido eletrônico. Todavia, há uma convenção aceita internacionalmente que considera para o sentido da corrente elétrica o sentido do movimento das cargas positivas, que é oposto ao sentido eletrônico, figura abaixo.



**A – Sentido eletrônico**  
**B – Sentido convencional**

### Intensidade de corrente elétrica

A intensidade ( $i$ ) de corrente elétrica que passa por uma seção transversal ( $S$ ) do condutor é o quociente entre a quantidade de carga  $q$  que passa pela seção transversal ( $S$ ) e o tempo ( $t$ ) gasto na passagem (fig. Abaixo).



No SI a unidade de intensidade de corrente elétrica é o Coulomb por segundo ( $C/s$ ). Essa unidade é chamada **Ampère (A)**, em homenagem ao físico matemático francês André-Marie Ampère (1775-1836).

$$1 \text{ A} = 1 \frac{\text{C}}{\text{s}}$$

Os submúltiplos do ampère são:

- **mili-ampere**     $1 \text{ mA} = 10^{-3} \text{ A}$
- **micro-ampere**     $1 \mu\text{A} = 10^{-6} \text{ A}$

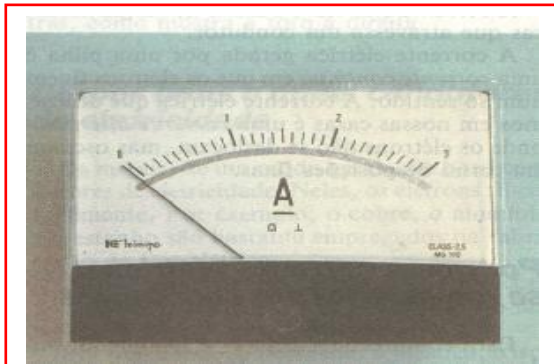
Podemos agora definir o Coulomb (C) que é a unidade de **carga elétrica do SI**

$$1 \text{ A} = 1 \frac{\text{C}}{\text{s}} \quad \Rightarrow \quad 1 \text{ C} = 1 \text{ A} \cdot 1 \text{ s}$$





Na prática, a intensidade da corrente elétrica, é medida pelo **amperímetro**.

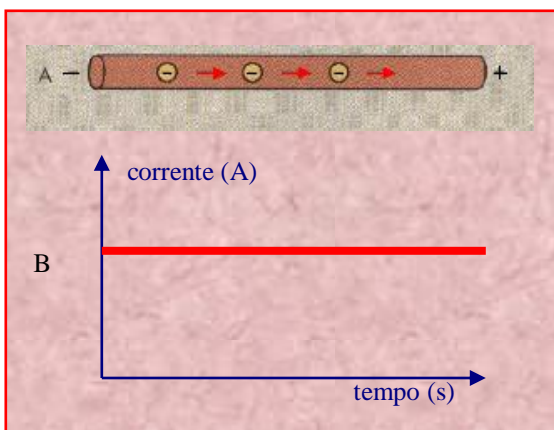


**Amperímetro**

## Tipos de corrente elétrica

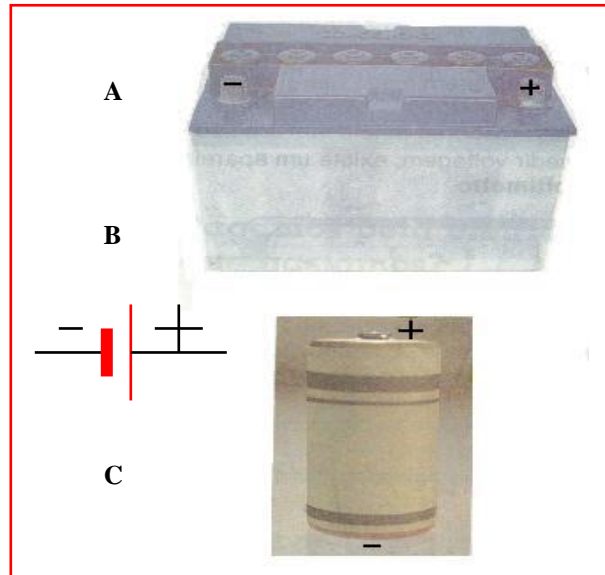
Existem a corrente contínua, a corrente alternada monofásica e a corrente alternada trifásica.

**Corrente contínua (CC ou DC)** ocorre quando os elétrons em um condutor fluem sempre no mesmo sentido em um circuito elétrico (fig. Abaixo). Assim uma corrente contínua de 10 ampère é um fluxo constante de elétrons invariavelmente de 10 A.



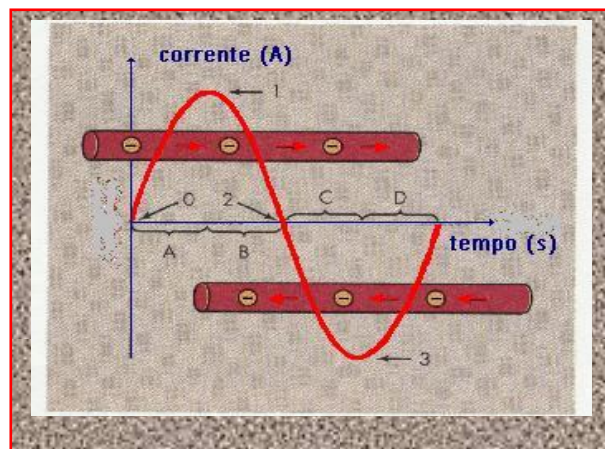
**A – Fluxo de elétrons em uma só direção (cc)**  
**B – Forma de onda associada é uma reta**

Em uma tomada de corrente contínua ou borne de um gerador de corrente contínua, existe sempre um terminal positivo (+) e outro negativo (-). Exemplos: Pilhas de rádio, bateria de carro, etc.



**A – Bateria B – símbolo do gerador de CC**  
**B – Pilha**

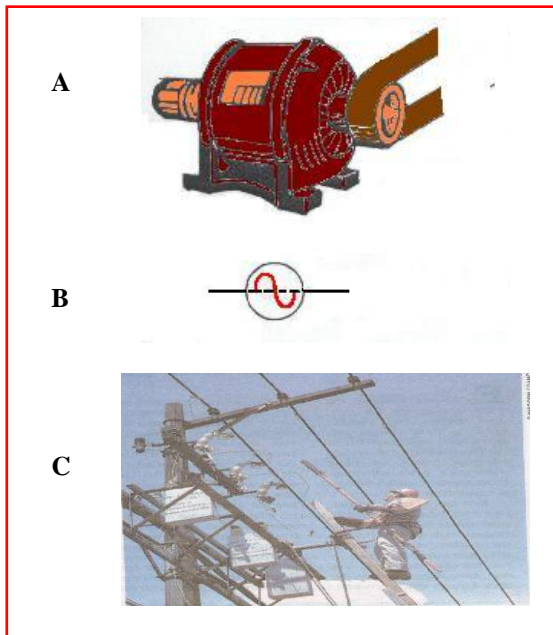
**Corrente alternada monofásica (CA ou AC)** ocorre quando os elétrons em um condutor movimentam-se alternadamente nos dois sentidos, ora no sentido **positivo (+)**, ora no sentido **negativo (-)**, figura abaixo.



**A corrente alternada é representada graficamente por uma forma de onda elétrica.**



Exemplos: Geradores das hidroelétricas, terminais das tomadas.



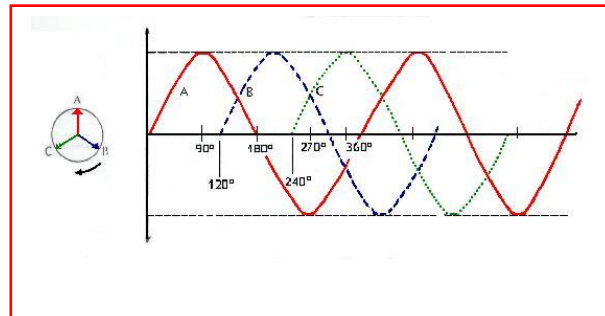
**A – Gerador de corrente alternada**  
**B – Símbolo do gerador de CA**  
**C - Corrente elétrica alternada na rede**

O sentido de uma **CA** muda duas vezes em cada intervalo de tempo e é chamado **período** ou **ciclo**. O número de períodos em cada segundo é chamado de **freqüência (f)**. A freqüência é medida em **ciclos por segundo (1/s)** e cuja unidade é chamada **Hertz (Hz)**, em homenagem ao físico alemão Heinrich Rudolf Hertz (1857 – 1894), o primeiro cientista que conseguiu detectar ondas eletromagnéticas.

Na maioria das cidades brasileiras a corrente utilizada é a corrente alternada. Por exemplo, no Rio de Janeiro a freqüência da rede é de 50 Hz e em São Paulo é 60 Hz.

**Corrente alternada trifásica** não constitui um tipo próprio de corrente, mas

sim, a combinação de três correntes alternadas monofásicas entrelaçadas, cada uma defasada de 1/3 de período, ou seja, defasada de **120°**.



**Representação gráfica de uma corrente alternada trifásica**

Uma forma usual de rede encontrada é a rede com conexão “**estrela**”, com fio neutro. Este tipo de rede possui a vantagem de oferecer duas tensões, pois a tensão entre as duas fases externa está na relação de **1,73:1** em uma fase externa e o terminal neutro. A tensão usual encontrada entre fases em uma corrente trifásica é de **220 V**.

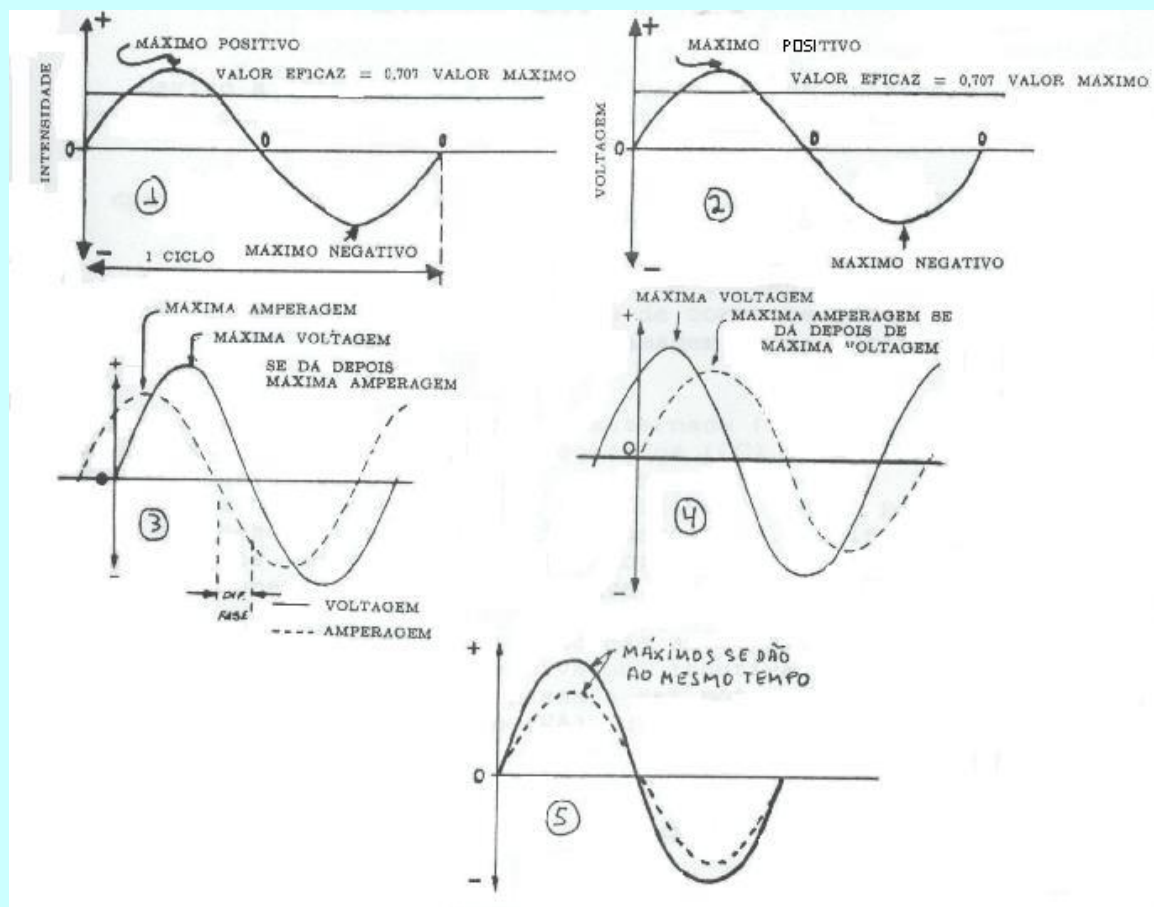
A tensão entre uma fase e o terminal neutro é então:

$$\text{ou } \frac{380 \text{ V}}{1,73} = 220 \text{ V}$$

$$\frac{220 \text{ V}}{1,73} = 127 \text{ V}$$



- Observações:** 1 – O valor de uma CA não se baseia no seu valor máximo. Foi determinado um valor denominado **eficaz** pela comparação com uma CC. Assim, uma corrente alternada de **1 Ampère** produz a mesma quantidade de calor que uma corrente contínua de **0,707 A**. Da mesma maneira, verificou-se que o **valor eficaz** da voltagem em corrente alternada equivale a **0,707 do valor eficaz** (fig. 1 e 2)
- 2– Nos circuitos da CA os capacitores além de armazenar eletricidade, estes também colocados num circuito ocasiona uma oposição a passagem da corrente elétrica, que é chamada de “**Reatância capacitiva**” atrasando a voltagem em relação a amperagem (fig. 4).
- 3– Outro componente que interfere também na circulação da CA são as bobinas ou indutores, que quando colocados nos circuitos da CA ocasionam uma oposição a passagem da corrente elétrica, que é chamada de “**Reatância indutiva**” atrasando a amperagem em relação a voltagem (fig. 3).
- 4 – Quando no circuito de CA só possui “**Resistência**”, isto é, aparelhos tais como ferro elétrico, lâmpadas de incandescência, etc., a amperagem e a voltagem estão em fase (os máximos e mínimos da amperagem e voltagem se dão ao mesmo tempo) (fig. 5).



**1 e 2 – Valor eficaz da corrente e voltagem; 3 – Reatância capacitiva;  
4 – Reatância indutiva; 5 resistiva.**



## Trabalho Elétrico e Potência Elétrica

A corrente elétrica sempre realiza trabalho. Por exemplo, faz funcionar uma máquina, girar hélice de um ventilador ou aquecer um ferro elétrico.

A relação entre o trabalho realizado pela corrente elétrica e o tempo gasto, é o que chamamos de **potência elétrica**, é dada por:

$$P = U \cdot I$$

Em circuitos de corrente contínua (CC) a unidade de potência elétrica no SI é dada em **Watts (W)**, em homenagem ao engenheiro inglês James Watt (12736 – 1819) e indica que:

$$1 \text{ W} = 1 \text{ V} \cdot 1 \text{ A}$$

Devido a obtenção de grandes valores de potencia em watts, é como se usar os seus múltiplos, tal como;

- **Quilowatt** 1 kW = 10<sup>3</sup> W
- **Megawatt** 1 MW = 10<sup>6</sup> W
- **Gigawatt** 1 GW = 10<sup>9</sup> W

A potência elétrica em circuitos de corrente contínua (CC) é fácil entender, mas, em circuitos de corrente alternada (CA), não é a mesma coisa em face da defasagem entre a corrente e a tensão.

A potência elétrica em corrente alternada (CA) só é igual a potencia elétrica em corrente contínua (CC) se a corrente e a tensão estão em fase. Isto acontece apenas

nos chamados “circuitos puramente ôhmicos” (resistivos), como por exemplo, na presença de lâmpadas incandescentes, filamentos de aquecimentos. Em tal caso, a potência é medida em (W), e representa a **potência ativa**.

Quando a corrente e a tensão não estão em fase (devido a presença de reatância capacitiva ou indutiva), a potencia deixa de ser ativa e passa a ser **potência aparente** expressando-se em **Volte-Ampère (VA)** ou (kVA) quando múltiplo, e é dada por:

$$P = U \cdot I \cdot \cos \theta \quad (\text{VA})$$

Onde,

$\cos \theta$  - é a medida da diferença de fase e representa um **fator de potencia (fp)**

## Potência dos geradores e tubos emissores de raios - X

A potência fornecida pelos geradores em aparelhos de radiodiagnósticos e consumida pelos tubos emissores de raios – X, medidos em quilowatts (kW), são calculados com grande aproximação da seguinte forma:

$$P_c = \frac{U \cdot I \cdot K}{1000}$$

onde,

$P_c$  – Potência consumida tanto no gerador como no tubo de raios - X

U (kV) –O valor de pico de tensão aplicado ao tubo de raios - X

I (mA) -O valor médio aritmético da intensidade da corrente aplicada ao tubo de R-X

K – Fator característico do gerador e do tubo, que tem os seguintes valores:

- P/ geradores de 1 ou 2 pulsações ..... 0,73
- P / geradores de 6 pulsações ..... 0,95
- P/ geradores de 12 pulsações ..... 0,98
- P/ geradores de tensão contínua ..... 1,0



## Efeitos da corrente elétrica

A passagem da corrente elétrica num condutor gera diversos efeitos, que analisaremos a seguir:

### Efeito magnético

Se colocarmos uma bússola próxima a um condutor onde circula uma corrente elétrica, notaremos que ocorre um desvio na sua direção.

### Efeito térmico (efeito Joule)

Devido as colisões entre os portadores de cargas em movimento e as partículas componentes dos condutores, a passagem da corrente elétrica eleva a temperatura desses condutores.

Este efeito tem grande aplicação em aparelhos destinados a produzir calor ou luz, tais como ferros elétricos, lâmpadas incandescentes (aonde a temperatura do filamento chega a  $2800^{\circ}\text{C}$ ), secadores de cabelo, chuveiro, torradeiras elétricas, torneiras elétricas, etc.

### Efeito químico

Este efeito ocorre quando se faz a corrente elétrica atravessar soluções eletrolíticas, provocando transformações químicas. É usado industrialmente nos processos de galvanização, que consiste em revestir um metal com outro (níquel, prata, etc.).

### Efeito luminoso

Este efeito baseia-se no fato de gases ionizados emitirem luz quando atravessado

por uma corrente elétrica. Como exemplo: lâmpadas fluorescentes, lâmpadas de vapor de mercúrio, lâmpadas de vapor de sódio, etc.

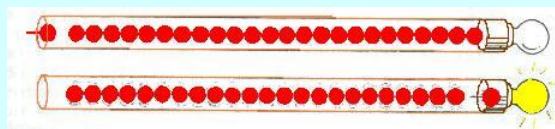
### Efeito fisiológico

Quando uma corrente elétrica atravessa um organismo vivo, além dos efeitos térmicos e químicos ocorrem também efeitos sobre os nervos e músculos. Uma corrente da ordem de **10 mA**, atravessando o organismo de uma pessoa, provoca uma sensação de desconforto, sendo que, acima desse valor, a corrente ocasiona uma perda do controle sobre os músculos, provocando contrações conhecida como “choque”.

## LEITURA COMPLEMENTAR

### Velocidade de deslocamento dos elétrons

Quando acionamos um interruptor e vemos que a luz se acende quase que instantaneamente, temos a impressão de que a velocidade com que os elétrons livres se movem ao longo do fio é elevadíssima. Mas, na realidade, a velocidade desses elétrons é da ordem de apenas alguns **mm/s**. O que ocorre é que os elétrons livres se encontram em grande quantidade ao longo do fio. Assim, quando um interruptor é acionado, o primeiro elétron “empurra” o segundo que, por sua vez “empurra” o terceiro, e assim por diante, até chegar ao último elétron, localizado na extremidade do fio e junto a lâmpada (fig.)



Portanto, a rapidez com que os “empurrões” entre elétrons se propagam é muito grande, mas a velocidade dos elétrons, na verdade, é muito pequena.

## EXERCÍCIO DE APRENDIZAGEM



## EXERCÍCIO DE APRENDIZAGEM

1 –Complete as lacunas:

- a) Em eletricidade o estudo da corrente elétrica chama-se .....
- b) ..... é um fluxo ordenado dos ..... do condutor quando submetido a uma .....
- c) Quando um condutor metálico está em equilíbrio eletrostático é porque seu ..... apresentam movimento (ordenado / desordenado)
- d) Geralmente a corrente eletrônica ocorre mais nos condutores ....., enquanto as correntes iônicas ocorrem nos condutores ..... e .....
- e) O quociente da carga elétrica pelo intervalo de tempo que atravessa o condutor ..... chama-se .....
- f) A unidade de intensidade de corrente elétrica é o .....
- g) Os submúltiplos mais usados do ampère são: .....
- h) O aparelho destinado a medir a intensidade da corrente é o .....
- i) A corrente elétrica pode ser de três tipos: ....., ..... e .....
- j) O sentido da corrente eletrônica em um condutor dar-se do..... enquanto no sentido convencional as cargas positivas movimentam-se do ..... para os .....
- k) Corrente contínua (CC) é quando os ..... movimentam-se em .....
- l) Corrente alternada (CA) é quando os ..... movimentam-se .....nos .....
- m) Como exemplo de corrente contínua podemos citar: .....

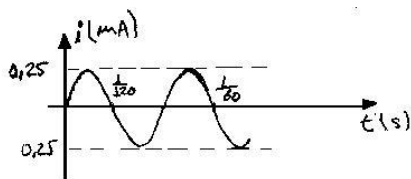
- n) Em tomadas e geradores de corrente contínua obrigatoriamente existe um ..... positivo e ..... negativo
- o) Em tomadas e geradores de corrente alternada não existe .....
- p) O sentido da ..... muda ..... em cada intervalo de tempo e é chamado ..... ou .....
- q) O número de ..... em cada segundo é chamado de ..... e cuja unidade é o .....
- r) Na maioria das cidades brasileiras a frequência da corrente alternada é de ..... ou .....
- s) A corrente alternada trifásica é uma ..... de três correntes ..... entrelaçadas, cada uma defasada de ..... ( ) de período
- t) O valor de uma corrente ou voltagem alternada não se baseia no seu valor máximo e sim no seu valor ..... que vale ..... do valor máximo.
- u) Quando um capacitor é colocado em um circuito de CA, este ocasiona a corrente uma ..... e ..... a voltagem em relação a amperagem.
- v) Quando uma bobina é colocada em um circuito de CA, este ocasiona a corrente uma ..... e ..... a amperagem em relação a voltagem.
- w) Quando o circuito de CA apresenta somente ..... elétrica, tanto a amperagem como as voltagens estão em .....

2 –Marque **certo** ou **errado** nos parênteses abaixo:

- a) É nulo o campo elétrico no interior de um fio metálico que une os dois pólos de uma pilha. Certo ( ) Errado ( )



- b) Os elétrons livres do material de um fio deslocam-se pelo mesmo quando há uma ddp entre suas extremidades. Certo ( ) Errado ( )
- c) Imediatamente ao cessar a ddp entre as extremidades de um fio, seus íons recebem elétrons e voltam a ser átomos. Certo ( ) Errado ( )
- d) Quando os elétrons se deslocam num fio, a energia potencial eletrostática dos mesmos: diminui ( ) aumenta ( ) fica inalterado ( )
- e) Nas soluções eletrolíticas há duas correntes elétricas quando nelas se mergulham dois eletrodos em potenciais diferentes. Certo ( ) Errado ( )
- f) A corrente elétrica nos gases é constituída pelo deslocamento de elétrons e de íons. Certo ( ) Errado ( )
- g) A intensidade da corrente elétrica nos fios que ligam os eletrodos do contador Geiger Muller depende da intensidade da radiação que penetra no tubo do aparelho. Certo ( ) Errado ( )
- h) Em corrente alternada não tem sentido falar-se em pólos positivos e negativos. Certo ( ) Errado ( )
- i) Certa corrente elétrica varia com o tempo, de acordo com o gráfico



- 1 – trata-se de uma corrente: Contínua ( ) Alternada ( )
- 2 – Nessa corrente o período é de: **1/60 s** ( ) **1/120 s** ( )
- 3 – A frequência é de : **60 Hz** ( ) **120 Hz** ( )
- 4 – A intensidade máxima dessa corrente é: **0,25 mA** ( ) **0,5 mA** ( )

- j) O ampère x segundo equivale ao Coulomb. Certo ( ) Errado ( )
- l) A corrente elétrica que chega às nossas casas é alternada e sua frequência gira em torno de **60 Hz**: Certo ( ) Errado ( )

Marque a resposta certa:

3 –O estudo da corrente elétrica chama-se:

- a) Eletrostática  
 b) Eletromagnetismo  
 c) Eletrodinâmica  
 d) Potencial elétrico  
 e) NRC

4 –O movimento ordenado dos elétrons deu origem:

- a) A corrente elétrica  
 b) A Lei de Ohm  
 c) Ao potencial elétrico  
 d) Aos condutores  
 e) NRC

5 –Numa corrente elétrica, os elétrons se movimentam:

- a) No sentido do vetor campo elétrico  
 b) Perpendicularmente ao vetor campo elétrico  
 c) Transversal ao vetor campo elétrico  
 d) Em sentido contrário ao vetor campo elétrico  
 e) NRC

6 –O número **n** de elétrons que passa na seção transversal num intervalo de tempo, é calculado pela expressão:

- a)  $n = q \cdot e$   
 b)  $n = q/e$   
 c)  $n = e/q$   
 d)  $n = q + e$   
 e) NRC

7 –Quem consome energia elétrica paga:

- a) Corrente (ampère)  
 b) Energia elétrica (quilowatt-hora)  
 c) Carga elétrica (Coulomb)  
 d) Intensidade elétrica (A)  
 e) NRC



8 –A unidade de intensidade de corrente elétrica a é o:

- a) Newton
- b) Voltímetro
- c) Ampère
- d) Ohm
- e) NRC

9 –O aparelho usado para medir corrente elétrica é o:

- a) Amperímetro
- b) Voltímetro
- c) Barômetro
- d) Termômetro
- e) NRC

10-As baterias elétricas acumulam:

- a) Tensão
- b) Cargas elétricas
- c) Resistência
- d) Energia química
- e) NRC

11-Por um condutor passa **600 elétrons por segundo**. Sabendo-se que a carga elementar vale  $1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ , podemos afirmar que a intensidade da corrente vale:

- a)  $9,6 \cdot 10^{-17} \text{ A}$
- b)  $9 \cdot 10^{-17} \text{ A}$
- c)  $19 \cdot 10^{-17} \text{ A}$
- d)  $96 \cdot 10^{-17} \text{ A}$
- e) NRC

12-Determine o número de elétrons que passa por segundo pela seção transversal de um condutor, sendo que pelo mesmo passa uma corrente elétrica de **32 A**.

- a)  $10^{20}$  elétrons
- b)  $15 \cdot 10^{19}$  elétrons
- c)  $2 \cdot 10^{20}$  elétrons
- d) 25,6 A
- e) NRC

13-Qual a intensidade de corrente elétrica que passa por um fio, sabendo-se que passam  **$3,2 \cdot 10^{20}$  elétrons em 2 segundos?**

- a) 20 A
- b) 18 A
- c) 25 A
- d) 25,6 A
- e) NRC

A intensidade de corrente elétrica que passa por um aparelho elétrico de **5A**, quando alimentado por uma ddp de **110 Volts**. Esse anunciado é para a questão de número 14 e 15

14-Podemos afirmar que a potência gasta pelo aparelho é de:

- a) 500 W
- b) 400 W
- c) 550 W
- d) 600 W
- e) NRC

15-Determine o trabalho gasto pela corrente elétrica durante **5 segundos**

- a) 2750 J
- b) 2700 J
- c) 2500 J
- d) 2800 J
- e) NRC

16-Pela resistência de um chuveiro elétrico passa uma corrente de **6 A** em **15 segundos**, qual a carga elétrica que passa por ela?

- a) 80 C
- b) 90 C
- c) 70 C
- d) 60 C
- e) NRC

17-Numa tomada de está escrito: **66 W – 110 V**. Quando ela estiver ligada, a intensidade de corrente vale:

- a) 6 A
- b) 66 A
- c)  $6600^A$
- d) 0,6 A
- e) NRC

18-Numa tomada de **220 volts**, ligou-se um ferro elétrico cuja corrente que passa pela resistência é de **4 A**. A potência do ferro elétrico é:

- a) 8800 W
- b) 6600 W
- c) 880 W
- d) 660 W
- e) NRC







19-O **Ah** (ampère-hora) é uma unidade de carga usada na prática. Qual a equivalência ao Coulomb?

- a) 36 C
- b) 1,0 C
- c)  $3,6 \cdot 10^3$  C
- d) 60 C
- e) 600C

20-Um condutor é percorrido por uma corrente constante de **0,1 A**. Calcule a carga que atravessa sua seção reta em **1 minuto**.

- a) 60 C
- b) 0,1 C
- c) 6 C
- d) 1 C
- e) NRC

21-Qual é a carga adquirida por um capacitor de **15  $\mu$ F** ao ser ligado a uma ddp de **105 V**?

- a) 157,50  $\mu$ C
- b) 700,00  $\mu$ C
- c) 15,75  $\mu$ C
- d) 70,00  $\mu$ C
- e) 7,00  $\mu$ C

Resolva

22-**Por um condutor passa 400 elétrons por segundo**. Sabendo-se que a carga elementar vale  **$1,6 \cdot 10^{-19}$  C**. Determine a intensidade da corrente.

23-Determine o número de elétrons que passa por segundo pela seção transversal de um condutor, sendo que pelo mesmo passa uma corrente elétrica de **40 A**.

24-Pela resistência de um ferro elétrico passa uma corrente de **8 A**. Em 12 segundos, qual a carga elétrica que passa por ela?

25-Uma força desloca uma carga elétrica  **$q_2 = 40 \mu$ C** de um ponto **A** para um ponto **B** cujo trabalho foi de **60 J**. Determine a ddp entre **A e B**.

26-Qual a intensidade de corrente elétrica que passa por um condutor, sabendo-se que passam  **$4,2 \cdot 10^{22}$  elétrons em 16 segundos**.

27-A intensidade de corrente elétrica que passa por um aparelho eletrodoméstico é de **5 A**, quando alimentado por uma ddp de **110 volts**. Determine:

- a) A potência gasta pelo aparelho
- b) O trabalho gasto pela corrente durante **6 s**

28-No ferro elétrico de minha casa lê-se: **115 V – 1000 W**. Determine:

- a) A intensidade da corrente elétrica que atravessa o ferro.
- b) A energia elétrica consumida (em KWh) em **1 hora**

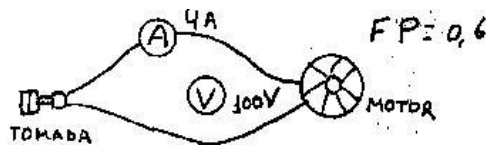
29-Com os dados do exercício anterior, determine o número de elétrons que passa por segundo pela resistência do ferro?

30-Dada a relação abaixo, calcule a potência fornecida por um gerador de radiodiagnóstico de **100 kV, 500 mA** de 2 pulsações cujo fator característico  **$K = 0,73$**  determine:

$$P_c = \frac{U \cdot I \cdot K}{1000}$$

31-Calcule a potência ativa conforme os valores obtidos nos instrumentos a partir do circuito:

Obs.: A potencia ativa (W) = potencia aparente x fator de potencia = 0,6 KVA



32-Uma unidade de R-X opera num exame com **80 A** de corrente e é suprido com **220 V**. Qual é a potência consumida?

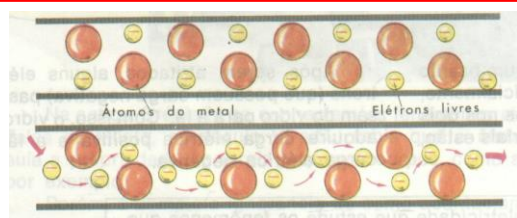


## 2. ELETRODINÂMICA: RESISTÊNCIA ELÉTRICA ( $R$ )

### Resistência elétrica

Nenhum material é condutor perfeito, todos oferecem alguma dificuldade à passagem da corrente elétrica.

Sabemos que, nos metais os elétrons das últimas camadas (elétrons livres) estão fracamente ligados aos núcleos atômicos e possuem grande mobilidade. Aplicando-se uma ddp entre os terminais de um condutor metálico, os elétrons do condutor adquirem movimento ordenado (corrente elétrica). Acontece que, os átomos do condutor ao perderem os seus elétrons, tornam-se íons positivos. Esses íons dificultam o movimento dos elétrons livres tanto pelas suas dimensões (os íons são quase fixos e muito maiores que os elétrons), como pela sua carga elétrica.



**Resistência elétrica à passagem da corrente elétrica em um condutor elétrico**

Podemos definir resistência elétrica ( $R$ ) como sendo a dificuldade que os elétrons livres encontram para se moverem no interior de um condutor.

Nos condutores metálicos, a dificuldade que os elétrons livres encontram para se mover traz como consequência, um aquecimento do condutor (efeito térmico ou efeito Joule) e uma queda de tensão.

Na prática esse efeito tem grande aplicação no funcionamento de aparelhos como o qual se obtém calor, tal como chuveiros elétricos, torradeiras, ferros de passar roupa, secadores de filmes, estufas esterilizadoras, etc.

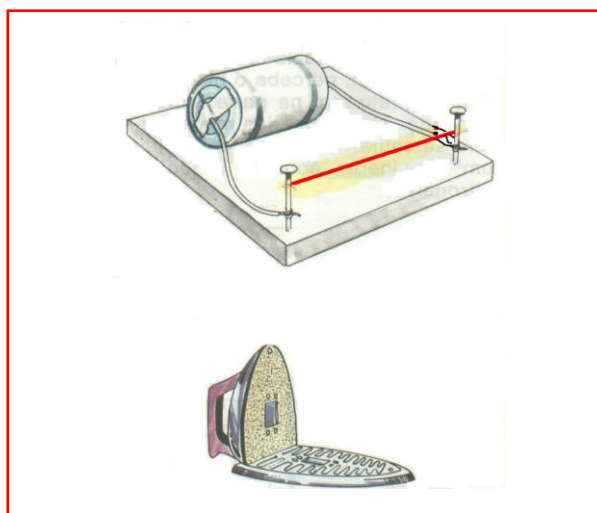
Para concluir, podemos dizer que:

A resistência elétrica é uma propriedade intrínseca dos materiais e se traduz pelo efeito que produzem durante a passagem de uma corrente: **Produzem sempre queda de tensão e produzem sempre calor**

No SI (Sistema Internacional de Unidades), a unidade de resistência elétrica é o **Ohm**, em homenagem ao físico e matemático alemão George Simon Ohm (1787– 1854). O símbolo da unidade ohm é a letra grega Omega ( $\Omega$ ).

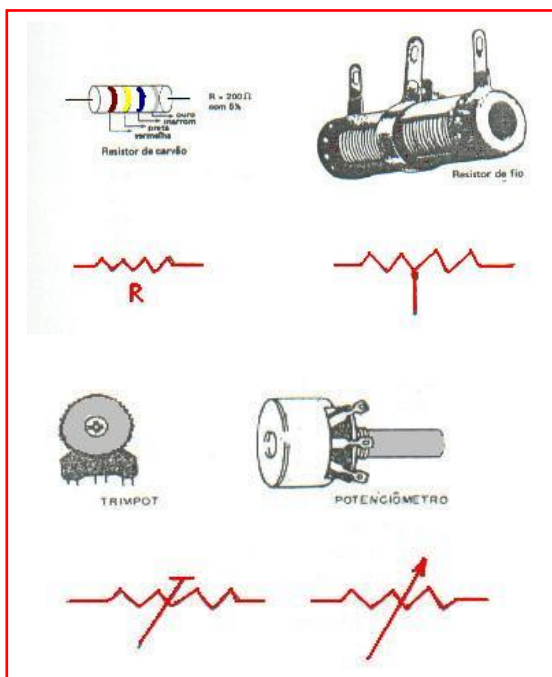
### Resistores elétricos

Resistor é todo corpo destinado a oferecer resistência à passagem da corrente elétrica. Nos aparelhos de aquecimento (torneiras elétricas e aquecedores), o resistor tem a finalidade de transformar energia elétrica em calor.



Nos circuitos eletrônicos (rádio, televisão, aparelhos de radiodiagnósticos, e outros, onde a corrente é pequena) os resistores destinam-se a **limitar** a corrente e a **reduzir** a voltagem.

Os resistores podem ser de resistência fixa, resistência ajustável e resistência variável. Na prática existem vários tipos de resistores utilizados em circuito eletrônico: o resistor de carvão e o resistor de fio.



**Resistores: Fixo, ajustável, variável e seus respectivos símbolos.**

### Resistor de fio

Os resistores de fio são constituídos por pedaços de fios de grande resistividade como constantã (54% de cobre e 45 de níquel e 1% de manganês) ou de carbono, enrolados em material isolante.

Os resistores de fio são normalmente usados para controlar corrente de elevadas

intensidades. Vimos que, quando uma corrente elétrica força a passagem por um resistor, este dispende energia na forma de calor (trabalho). Portanto, se o componente não for capaz de transferir calor para o ambiente, ele acaba por aquecer demais e **queimar**.

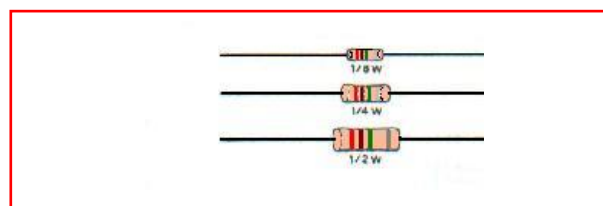


**Resistores de fios com valores de resistência e potência impressa no corpo do resistor**

A capacidade de um resistor em transferir calor para o ambiente está diretamente ligada ao seu tamanho (superfície de contato com o ar). Esta capacidade é dada pela **potência** (dissipação) do resistor, a qual é expressa em **Watts (W)**. Assim, os menores resistores (carvão) são de **1/8** ou **1/4 W**, enquanto que os maiores podem chegar a **20** ou mais **Watts (W)**

### Resistor de carvão

Os resistores de carvão (grafita), os mais empregados em circuitos eletrônicos, são feitos de um isolante (porcelana) em cuja superfície é depositada, em alta temperatura, uma fina camada de grafite misturada com outras substâncias. De cada lado do pequeno cilindro sai um terminal que se comunica com a camada de carvão.



**Resistores de carvão em vários tamanhos**



A “quantidade” de resistência que um resistor oferece à passagem da corrente elétrica, ou seja, sua resistência nominal é como já dissemos antes, medida em ohm e pode variar de **0,1** a mais de **22 . 10<sup>6</sup> Ω**.

Normalmente usamos também nas especificações de resistências os múltiplos de ohm, isto é, quiloohm (kΩ) e o megaohm (MΩ). Assim, em lugar de falarmos que um resistor tem 47000 Ω é comum dizermos **4,7 kΩ** ou simplesmente **4k7Ω** onde o “k” substitui a virgula.

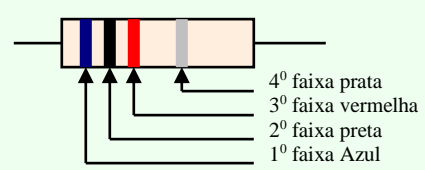
Para um resistor de 2700000 ohm falamos simplesmente **2,7Ω** ou então **2M7Ω**

Como os resistores são componentes em geral pequenos, os seus valores não são marcados com números e letras, mas sim através de um código especial que todos os praticantes de eletrônica devem conhecer.

Neste código são usadas faixas coloridas (anel) conforme explicamos a partir da seguinte tabela:

| COR      | 1º ANEL | 2º ANEL | X 3º ANEL | 4º ANEL |
|----------|---------|---------|-----------|---------|
| Preto    | -       | 0       | X1        | -       |
| Marron   | 1       | 1       | X10       | 1 %     |
| Vermelho | 2       | 2       | X100      | 2 %     |
| Laranja  | 3       | 3       | X1000     | 3%      |
| Amarelo  | 4       | 4       | X10000    | 4%      |
| Verde    | 5       | 5       | X100000   | -       |
| Azul     | 6       | 6       | X1000000  | -       |
| Violeta  | 7       | 7       | -         | -       |
| Cinza    | 8       | 8       | -         | -       |
| Branco   | 9       | 9       | -         | -       |
| Prata    | -       | -       | X 0,01    | 10%     |
| Dourado  | -       | -       | X 0,1     | 5 %     |

Partindo desta tabela o valor de um resistor é dado por 3 ou 4 faixas coloridas que são lidas da ponta para o centro.



4º faixa prata  
3º faixa vermelha  
2º faixa preta  
1º faixa Azul

**Resistor c/ faixa de cores que indica o valor**

Vamos supor que temos um resistor cujas cores na ordem são: Amarela, violeta, vermelho e dourado. Qual será o seu valor?



A primeira e segunda faixa fornece os dois algarismos da resistência, ou seja:

Amarelo = 4  
Violeta = 7

Formando assim a dezena 47. A terceira faixa nos dá o fator de multiplicação, ou seja, quantos zeros devem ser acrescentados ao valor já lido:

Vermelho = 00 ou X 100

Temos então

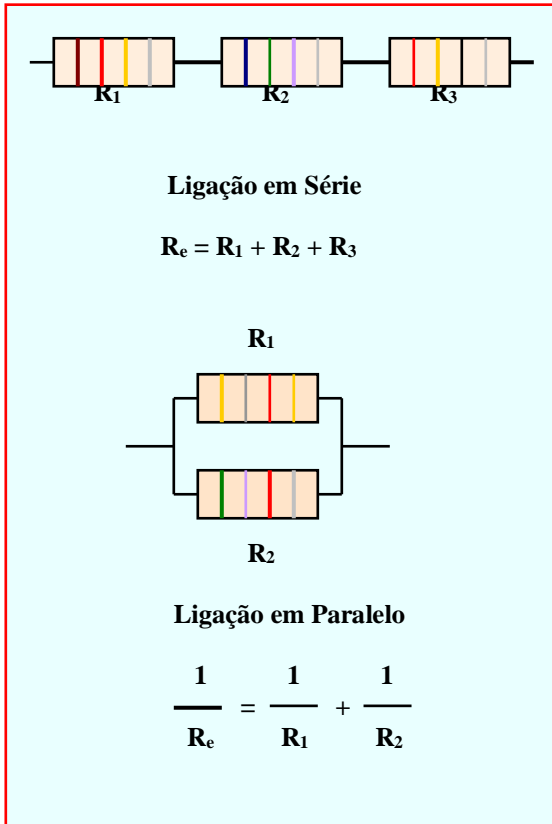
47 X 100 = 47 00 ohm ou 4k7Ω

A quarta faixa no caso de ela existir no componente, nos informa qual é a tolerância de erro no valor marcado no componente. Caso esta faixa não esteja impressa no componente, isto indica que o resistor tem uma margem de erro de 20% relativo ao valor marcado no resistor e o valor medido no mesmo. No nosso exemplo a faixa dourada nos informa que a tolerância é de 5%.

## Associação de resistores elétricos: Série e Paralelo

Na prática, quando não se dispõe de um resistor de certo valor de resistência para se obter determinada corrente ou voltagem, costuma-se se associa esses componentes em série e em paralelo ou por combinações dessas duas modalidades na chamada associação mistas, obtendo-se assim, uma **resistência equivalente** da associação.

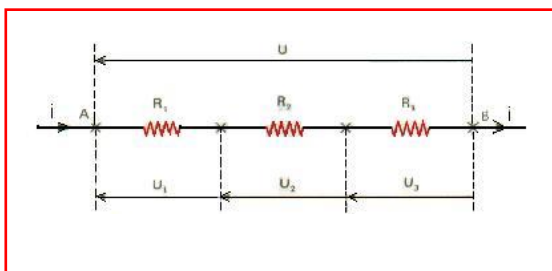




**Resistores ligados em Série e em Paralelo**

### a) Associação em série

Na figura abaixo, representamos três resistores associados em série e a ddp da associação é  $U$ .



**Ligações em série de resistores**

Os resistores  $R_1$ ,  $R_2$  e  $R_3$  estão ligados em série de forma que a corrente elétrica percorra um só caminho.

No caso de resistores em série, vale as propriedades:

- A corrente elétrica ( $i$ ) que passa pelos resistores em série é a mesma.
- A ddp ( $U$ ) fornecida pela bateria é igual à soma das ddp consumidas pelos resistores, ou seja:

$$U = U_1 + U_2 + U_3$$

Na associação em série, cada ddp é diretamente proporcional à cada resistência considerada

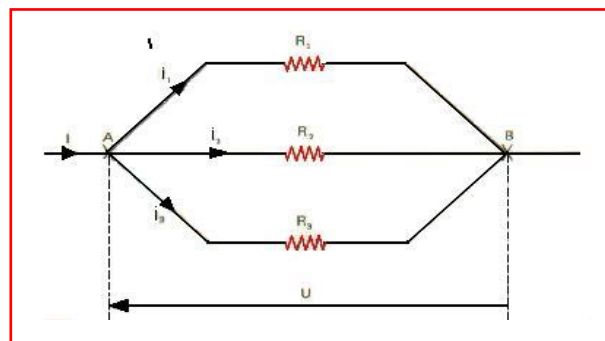
- Numa associação em série, o resistor equivalente é a soma de:

$$R_e = R_1 + R_2 + R_3$$

**Conclusão:** A resistência equivalente é uma associação de resistores em série é igual a soma das resistências desses resistores.

### b) Associação em paralelo

Na figura abaixo, representamos três resistores associados em paralelos e a ddp aplicada na associação é  $U$ .



**Ligações em paralelo de resistores**

Os resistores  $R_1$ ,  $R_2$  e  $R_3$  estão ligados em paralelo de forma que a corrente elétrica percorra mais que um caminho.



No caso de resistores em paralelo, vale as propriedades:

- A **Intensidade das correntes elétricas na fonte é igual à soma das intensidades das correntes elétricas nos resistores:**

$$I = i_1 + i_2 + i_3$$

- A **ddp entre os terminais dos resistores é a mesma e igual à ddp da fonte.**
- O **resistor equivalente é a soma dos inversos das resistências associadas:**

$$\frac{1}{R_e} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

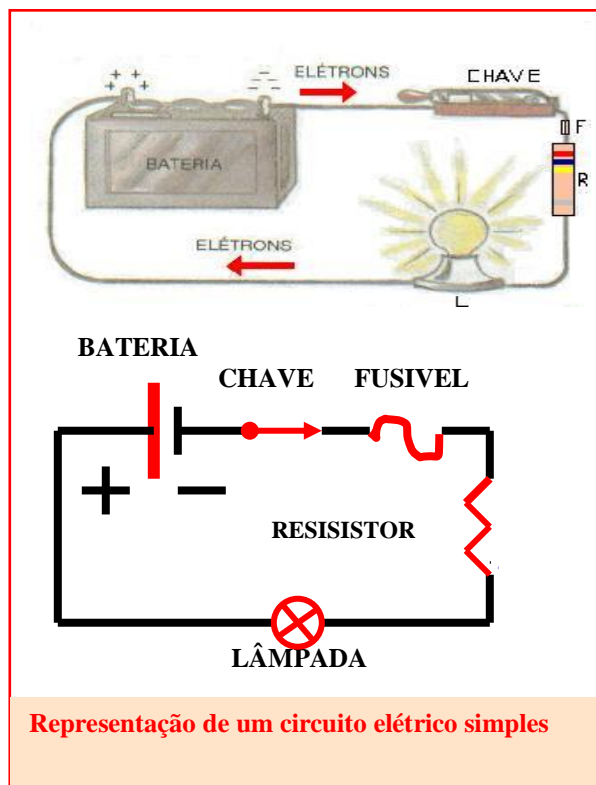
**Conclusão:** Numa associação de resistores em paralelo, o inverso da resistência equivalente é igual à soma dos inversos das resistências dos resistores associados.

#### Observações:

- 1- Na associação de resistores em série obtemos **resistências maiores** e na associação de resistores paralelo obtemos **resistências menores**.
- 2- Para o caso simples de apenas dois resistores ligados em paralelo podemos usar a relação:
 
$$R_e = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}$$
- 3- A maior parte dos aparelhos e instrumentos são instalados em paralelo, pois, se a corrente elétrica for interrompida num deles, os demais continuam a funcionar.
- 4- Além da associação em série e paralelo, temos também a associação mista que é a combinação de ligação em série e paralela.

## Circuitos Elétricos Simples

**Antende-se** por circuito elétrico simples um conjunto de dispositivos através dos quais pode ser estabelecida uma corrente elétrica.



Os principais elementos de um circuito elétrico são os **geradores**, os **receptores** e os **resistores**, além de alguns dispositivos auxiliares como: interruptores, fusíveis, amperímetros e voltímetros.

**Gerador elétrico** é um dispositivo capaz de transformar uma determinada forma de energia em energia elétrica.

**Receptor elétrico** é um dispositivo capaz de transformar energia elétrica em outra forma de energia que não seja exclusivamente térmica.

**Resistor elétrico** é um condutor em que a energia elétrica se transforma exclusivamente em calor.



## Leis de Ohm

Uma vez obtidos os instrumentos de medidas elétricas, muitos físicos, entre eles Gay-Lussac e Faraday, passaram a pesquisar as relações existentes entre a tensão elétrica e a corrente elétrica. O primeiro a obter resultados sistemáticos foi George Simon Ohm (1789 – 1854), ele publicou duas leis, posteriormente denominadas “Leis de Ohm”

### Primeira lei de Ohm

Em 1827, verificou que, para um mesmo condutor, nas mesmas condições, mudando sucessivamente a ddp de um resistor para  $U_1$ ,  $U_2$ , ...,  $U_n$  e que essas grandezas eram tais que tinha sempre:

$$\frac{U}{i} = \frac{U_1}{i_1} = \frac{U_2}{i_2} = \dots = \frac{U_n}{i_n} = R$$

onde, **R** é uma **constante de proporcionalidade**, sendo característica de cada condutor a qual representa a **Resistência** do resistor e pode ser expressa por:

$$R = \frac{U}{i} \quad \text{ou} \quad U = R \cdot i$$

**Conclusão:** A corrente elétrica num condutor metálico é diretamente proporcional à ddp em seus terminais se a **temperatura** e outras grandezas físicas forem constantes.

### Observações:

- Essa lei é válida desde que a **temperatura** do condutor não varie muito na experiência.
- Os condutores que obedecem a essa lei são chamados de **Condutores ôhmicos** e seu gráfico  $U \times i$ , é uma reta que passa pela origem (figura abaixo). Os metais e a grafite são exemplos de condutores ôhmicos, enquanto o de um tubo de iluminação não o é.

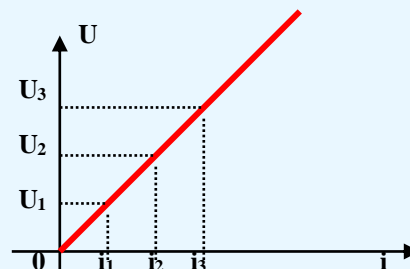


Gráfico de condutores ôhmicos em  $U \times i$

### Segunda lei de Ohm: Resistividade

A experiência mostra que a resistência elétrica de um condutor depende, basicamente de quatro fatores: o seu comprimento, a área de sua secção transversal, o material do qual é feito e a sua temperatura.

**Comprimento** – Em condutores feitos de mesmo material e com mesma secção transversal constante, a resistência elétrica é diretamente proporcional ao comprimento “L”

De modo simplificado, o condutor que possui maior comprimento apresenta maior resistência elétrica.

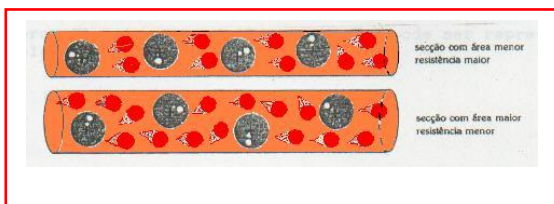


**Maior comprimento, mesma secção transversal de um mesmo material teremos maior resistência**



**Secção transversal** – Em condutores feitos de mesmo comprimento, a resistência elétrica é inversamente proporcional à área da secção transversal “S”

De modo simplificado, o condutor com secção transversal de menor área apresenta maior resistência elétrica.



**Área menor, maior resistência e vice-versa**

**Material** – Em condutores feitos de mesmo comprimento, mesmo diâmetro e substâncias diferentes, a resistência pode variar e à variação depende da Constancia de Proporcionalidade “ $\rho$ ” que é característico do material. Tal Constancia é chamada **resistividade**.



**Mesmo comprimento, mesmo diâmetro e diferentes materiais**

Esses resultados podem ser escritos matematicamente na forma da expressão:

$$R = \rho \frac{L}{A}$$

Onde:

**R** – é a resistência elétrica do condutor

**L** – é o comprimento do condutor

**A** – é a área da secção transversal do condutor (diâmetro do fio).

$\rho$  (rô) - é uma constante de proporcionalidade, característico do material de que é feito o fio (A resistividade depende da temperatura).

Da expressão anterior, concluímos que “ $\rho$ ” pode ser representado pela expressão:

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

No SI (Sistema Internacional) de unidades **R** é medido em ohm ( $\Omega$ ), **A** é medido em ( $m^2$ ) e **L** é medido em (**m**), temos, então,  $\rho$  medido em ohm . metro ( $\Omega \cdot m$ ).

A tabela abaixo fornece as resistividades de diversos condutores. Dentre eles, o melhor condutor é a prata, pois tem a menor resistividade.

| Material     | Resistividade elétrica |
|--------------|------------------------|
| prata        | $1,6 \times 10^{-8}$   |
| cobre        | $1,7 \times 10^{-8}$   |
| alumínio     | $2,7 \times 10^{-8}$   |
| tungstênio   | $5,6 \times 10^{-8}$   |
| ferro        | $1,0 \times 10^{-7}$   |
| platina      | $1,1 \times 10^{-7}$   |
| mercúrio     | $9,8 \times 10^{-7}$   |
| níquel-cromo | $1,0 \times 10^{-6}$   |





**Temperatura** – Na maioria das substâncias, quanto mais elevado a temperatura, maior a resistência oferecida por elas à passagem da corrente elétrica. Isso ocorre porque, com o aumento da temperatura, aumenta também o grau de agitação molecular das partículas que constituem a substância. Conseqüentemente, aumenta o número de colisões entre elétrons livres e os íons do condutor, aumentando sua resistência elétrica.

A variação da resistência elétrica de um resistor com a temperatura pode ser calculada por:

$$R = R_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta T)$$

Onde,

- $R_0$  – Resistividade do material a  $0^{\circ} \text{C}$
- $\alpha$  - Coeficiente de temperatura do material
- $\Delta T$  – Variação da temperatura.

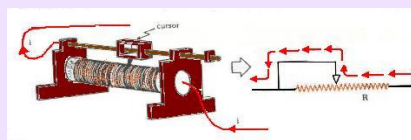
#### Observações:

- 1 – No grafite e nos condutores iônicos, a resistividade diminui com a temperatura. No grafite, o aumento de temperatura acarreta um aumento de elétrons livres, o que corresponde a uma diminuição de resistividade. Nos condutores iônicos, o grau de dissociação iônica com a temperatura e, conseqüentemente, a resistividade diminui.
- 2 – É interessante saber que, quando a temperatura se aproxima do zero absoluto ( $- 273,15^{\circ} \text{C}$ ), a resistência dos metais tende a zero. Dizemos então que, o metal está num estado de **supercondutividade**.

## LEITURA COMPLEMENTAR

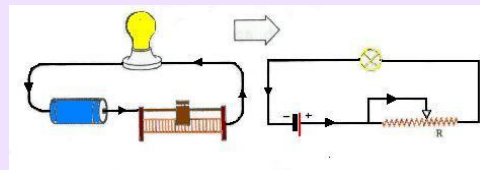
### REOSTATO OU POTENCIOMETRO

Muitos dispositivos encontrados em nosso dia-a-dia funcionam graças à variação de intensidade da corrente elétrica. Isso será possível se tivermos associado ao circuito um resistor de resistência variável, denominado **reostato** ou **potenciômetro**.



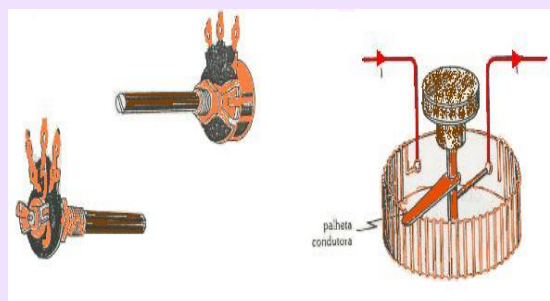
Fundamentalmente, o reostato é um resistor de fio sobre o qual corre um cursor metálico que isola parte desse resistor, desviando a corrente elétrica para um terminal preso a ele.

Observe, agora, o circuito abaixo. Ao deslocarmos o cursor do reostato, alteramos sua resistência, conseqüentemente, a intensidade elétrica do circuito também varia, fazendo com que a lâmpada brilhe mais ou menos.



Da mesma forma, a intensidade do som dos rádios é aumentada ou diminuída graças à ação de um reostato ou potenciômetro, que neste caso, tem um aspecto diferente, conforme vimos na figura abaixo.

O reostato tem, ainda aplicação nos aparelhos emissores de raios – X.



## Lei de Joule e Efeito Elétrico

**Efeito Joule** é a transformação da energia elétrica em energia térmica

Este efeito dá-se pelo choque dos elétrons com os átomos do material, havendo, portanto, aumento de temperatura. A este fenômeno costumamos dizer que o resistor dissipa energia elétrica.

A relação que usamos para calcular a potência elétrica dissipada é dada por:

$$P = U \cdot i \quad \text{ou} \quad P = R \cdot i^2$$

**Conclusão:** A potência elétrica dissipada é diretamente proporcional ao quadrado da intensidade da corrente elétrica que passa pelo resistor.

Considerando também que da Lei de Ohm  $i = U/R$ , a potência pode ser dada por:

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

**Conclusão:** A potência elétrica dissipada é diretamente proporcional ao quadrado da ddp e inversamente proporcional à sua resistência.

Podemos também medir a energia dissipada usando a expressão

$$E_{\text{Dissipada}} = R \cdot i^2 \cdot \Delta t$$

### LEITURA COMPLEMENTAR

**PROTEÇÃO DOS CIRCUITOS:** Os fusíveis e disjuntores

Vimos que um dos efeitos da corrente elétrica é o aquecimento dos condutores (efeito Joule). Quando esse aquecimento se torna exagerado, há necessidade de se proteger as ligações elétricas, bem como aparelhos servidos por elas. Recorremos, então aos fusíveis.

**Fusíveis** são dispositivos que, quando aquecidos acima de uma determinada temperatura, fundem-se, interrompendo, assim, a passagem da corrente.

Abaixo temos o fusível “caseiro”, constituído de um condutor feito de uma liga de chumbo-estanho (baixo ponto de fusão) e protegido por um envoltório isolante (louça) e o fusível de cartucho sólido (para proteção de instalações comerciais e industriais)



**Disjuntores térmicos** são dispositivos que externamente se parecem com interruptores. Internamente possuem um mecanismo que pelo aquecimento de um elemento térmico (efeito joule), automaticamente desligam o circuito, pelo deslocamento da alavanca para a posição de desligado; a alavanca de comando, idêntica à de um interruptor, mostra um ponto ou uma palavra “ON” quando o circuito está ligado. No topo da alavanca ou outro local vem impresso a capacidade em amperes.



Quando houver anormalidade no circuito (Curto-circuito ou carga acima do normal, isto é, acima da capacidade nominal do disjuntor). O disjuntor desliga-se; uma vez corrigida a anormalidade, basta girar a alavanca para a posição de ligado. No comércio os disjuntores são conhecidos com o nome de **quick-lag**.

**Disjuntores magnéticos** são interruptores automáticos que funcionam com eletroímãs; uma corrente elétrica acima da nominal provoca o deslocamento de uma armadura móvel e conseqüentemente interrupção do circuito.



## EXERCÍCIOS DE REVISÃO

33-Complete as lacunas:

- a) Resistor é um dispositivo que impõe resistência à passagem de .....
- b) A lei que determina o comportamento de um resistor é a lei de .....
- c) Desenhe um resistor em um circuito elétrico.....
- d) Simbolize um gerador de corrente contínua, e um gerador de corrente alternada.
- e) O aparelho que mede resistência elétrica chama-se .....
- f) Os tipos de resistores mais comuns são: ..... e reostato
- g) O efeito Joule é a transformação de energia elétrica em .....
- h) A potência elétrica dissipada calcula-se através da expressão: ..... ou .....
- i) A energia elétrica dissipada calcula-se através da expressão ..... ou .....
- j) A energia elétrica dissipada é (diretamente/inversamente) ..... proporcional ao ..... e (diretamente/inversamente) ..... à sua resistência .....
- k) Condutores ôhmicos são aqueles que obedecem a lei de ..... e os condutores não ôhmicos são aqueles que .....
- l) A resistência de um fio é (diretamente/inversamente) ..... proporcional ao seu ..... e (diretamente/inversamente) ..... proporcional ao seu .....
- m) A resistividade de um fio calcula-se pela expressão:
- n) A resistividade depende do ..... e da .....

- o) Em um circuito elétrico, um ferro elétrico classifica como um .....
- p) Os motores elétricos em um circuito são classificados como .....
- q) A unidade de energia elétrica é o .....

2 –Marque certo ou errado nos parênteses abaixo:

- a) As soluções iônicas não oferecem resistência ao deslocamento de íons. Certo ( ) Errado ( )
- b) A madeira seca, a borracha, o vidro, a louça e o material plástico são materiais que oferecem grande resistência ao deslocamento de elétrons. Certo ( ) Errado ( )
- c) Os metais nunca oferecem resistência ao deslocamento de elétrons. Certo ( ) Errado ( )
- d) A resistência elétrica dos maus condutores é muito grande, em comparação com a dos metais de dimensões idênticas. Certo ( ) Errado ( )
- e) Cargas elétricas positivas e negativas criam campo magnético quando estão em: Repouso ( ) movimento ( ) Repouso e movimento ( )
- f) Todo condutor metálico tem uma determinada resistência elétrica que depende da temperatura. Certo ( ) errado ( )
- g) Se para dois condutores diferentes a razão  $V/i$  é a mesma, ambos tem a mesma resistência elétrica. Certo ( ) Errado ( )
- h) Quanto maior a ddp nas extremidades de um condutor metálico, maior a corrente no mesmo. Certo ( ) Errado ( )
- i) A resistência elétrica de um condutor depende de suas dimensões e do material de que é feito. Certo ( ) Errado ( )
- j) Os gases ionizados são condutores: ôhmicos ( ) não - ôhmicos ( )



- l) Em temperatura constante, a resistência dos condutores ôhmicos: Varia com a voltagem ( ) é constante ( )
- m) Entre dois fios de mesmo comprimento e material, mas de diâmetro diferentes, o que tem maior resistência elétrica é o mais: grosso ( ) fino ( )
- n) Entre dois fios de mesmo material e diâmetro, o que tem maior resistência elétrica é o de comprimento: menor ( ) maior ( )
- o) Entre dois corpos de dimensões iguais, o melhor condutor é aquele feito de material cuja resistividade é: maior ( ) menor ( )
- p) Nos resistores de fio, o comprimento e a espessura do fio determinam a resistência do mesmo. Certo ( ) Errado ( )
- q) A resistência dos resistores de carvão depende da quantidade de grafite depositada. Certo ( ) Errado ( )
- r) Além de fazer variar a corrente num circuito, os resistores provocam queda da voltagem entre dois pontos. Certo ( ) Errado ( )
- s) Se em certo resistor o 4º anel é de prata, sua tolerância é de 5%. Certo ( ) Errado ( )
- t) Os volumes do som do rádio e da televisão são controlados por potenciômetros. Certo ( ) Errado ( )
- u) Quando a resistência do potenciômetro é máxima, a corrente pelo mesmo é mínima. Certo ( ) Errado ( )

**Marque a resposta certa:**

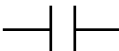



3 – Resistor é um dispositivo que:

- a) Facilita a passagem da corrente elétrica  
 b) Impõe resistência à passagem de corrente elétrica  
 c) Aumenta a passagem de elétrons  
 d) Gera a passagem de elétrons

71-O comportamento de um resistor é regido pela lei de:

- a) Ohm  
 b) Joule  
 c) Ampere  
 d) Newton  
 e) NRC

5 –Qual o símbolo que melhor representa um resistor em um circuito elétrico?

- a) 
- b) 
- c) 
- d) 

6 –O aparelho destinado a medir resistência elétrica é:

- a) Voltímetro  
 b) Amperímetro  
 c) Tensímetro  
 d) Ohmímetro  
 e) NRC

7 –O fenômeno da transformação da energia elétrica em energia calorífica chama-se:

- a) Efeito joule  
 b) Efeito Ohm  
 c) Efeito de ampere  
 d) Efeito luminoso  
 e) NRC

8 –Os geradores possuem dois pólos: um positivo (+) e outro negativo (-):

- a) Do pólo positivo entram cargas negativas e do pólo negativo entram cargas positivas  
 b) Do pólo positivo entram cargas positivas e do pólo negativo saem cargas negativas  
 c) Do pólo positivo entram cargas negativas e do pólo negativo saem cargas negativas  
 d) Do pólo negativo saem cargas negativas e do pólo positivo saem cargas positivas  
 e) NRC



9 –A energia elétrica dissipa, segundo Joule é:

- Inversamente proporcional ao quadrado da intensidade de corrente elétrica
- Diretamente proporcional ao quadrado da intensidade de corrente elétrica
- Diretamente proporcional à intensidade de corrente elétrica.
- Inversamente proporcional à intensidade de corrente elétrica
- NRC

10-Medidas de intensidade de corrente e ddp foram realizadas com dois condutores de metais diferentes e mantidos a mesma temperatura, encontrando-se os resultados da tabela seguinte

| CONDUTOR 1 |       | CONDUTOR 2 |       |
|------------|-------|------------|-------|
| i (A)      | U (V) | i (A)      | U (V) |
| 0          | 0     | 0          | 0     |
| 0.5        | 2.18  | 0.5        | 3.18  |
| 1.0        | 4.36  | 1.0        | 4.36  |
| 2.0        | 8.72  | 2.0        | 6.72  |
| 4.0        | 17.44 | 4.0        | 11.44 |

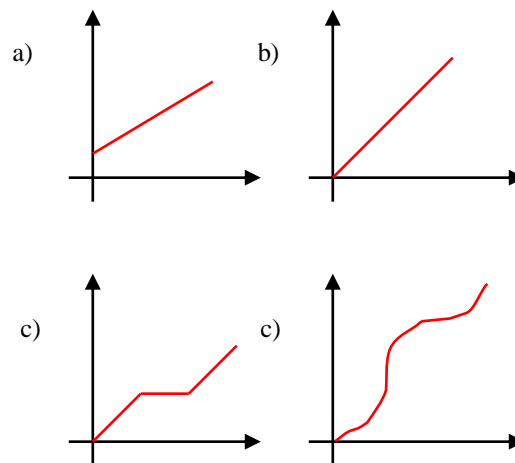
Nestas condições, pode-se afirmar que:

- Ambos os condutores obedecem a lei de Ohm
- Nenhum dos condutores obedecem a lei de Ohm
- Somente o condutor 2 obedece a lei de Ohm
- Somente o condutor 1 obedece a lei de ohm
- NRC

11-Ao empregar a formula  $U=R.i$  podemos usar:

- $U$  em watts,  $R$  em Ohms e  $i$  em ampere
- $U$  em Ohms,  $R$  em watts e  $i$  em ampere
- $U$  em volts,  $R$  em Ohms e  $i$  em ampere
- $U$  em ampere,  $R$  em volts e  $i$  Ohms
- $U$  em Joule,  $R$  em Ohms e  $i$  em ampere

12-A dependência entre a corrente ( $i$ ) e a voltagem ( $V$ ) numa resistência ôhmica à temperatura constante, será corretamente representada no gráfico:



13-A potencia dissipada em um condutor de resistência  $R$ , em cujos terminais é mantida a ddp  $U$ , quando a intensidade de corrente,  $i$ , pode ser dada por:

I)  $U/R$  II)  $U^2/R$ , mas não  $U.i$  III)  $U^2/R$  ou  $R.i^2$

- Só I é correta
- Só a III é correta
- Todas são incorretas
- Todas são corretas
- II e III são corretas

14-No caso de um chuveiro ligado à rede de distribuição de energia:

- Diminuindo-se a resistência do aquecedor, reduz-se a potencia consumida.
- Aumentando-se a resistência do aquecedor e conservando-se constante a razão, a temperatura da água aumenta.
- Para se conservar a temperatura da água, quando se aumenta a vazão deve-se diminuir a resistência do aquecedor.
- A potencia consumida independe da resistência do aquecedor
- NRC



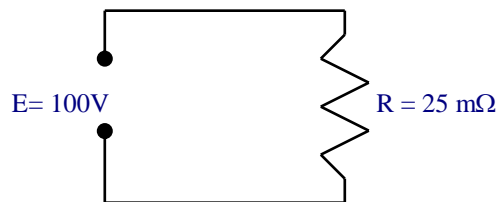
15-Por um resistor igual a  $8 \Omega$  passa uma corrente elétrica de  $0,5 \text{ A}$ . Neste caso a potência dissipado vale:

- a) 3 W
- b) 2 W
- c) 4 W
- d) 5 W
- e) NRC

16-Uma resistência de  $8 \Omega$  pode dissipar  $32 \text{ W}$  de potencia sem se estragar. A intensidade de corrente que o resistor agüenta é de:

- a) 3 A
- b) 4 A
- c) 8 A
- d) 2 A
- e) NRC

17-Com os dados do esquema abaixo, podemos afirmar que a intensidade de corrente (em mA) vale:



- a) 25 mA
- b) 20 mA
- c) 40 mA
- d) 60 mA
- e) NRC

18-Ao ser atravessado por uma corrente de  $2 \text{ A}$ , um condutor metálico dissipa  $6 \text{ W}$ . A resistência do condutor é:

- a) 1,5 Ohms
- b) 15 Ohms
- c) 24 Ohms
- d) 3 Ohms
- e) NRC

19-Um fio de  $15 \text{ m}$  de comprimento possui resistência de  $6 \Omega$ , cuja área de seção transversal (do fio) é de  $3 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$ . Assinale a resposta certa para o valor da resistividade desse material.

- a)  $12 \cdot 10^{-6} \Omega \text{m}$
- b)  $18 \cdot 10^{-6} \Omega \text{m}$
- c)  $0,12 \cdot 10^{-6} \Omega \text{m}$
- d)  $1,2 \cdot 10^{-6} \Omega \text{m}$
- e) NRC

20-Um fio  $12 \text{ m}$  comprimento tem área de seção transversal igual a  $2,2 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$ . Determine a resistência elétrica desse fio, sabendo-se que sua resistividade é de  $1,66 \cdot 10^{-6} \Omega \text{m}$ .

- a) 90 Ohm
- b) 10 Ohm
- c) 9 Ohm
- d) 19 Ohm
- e) NRC

21-A resistência de um fio é de  $3,2 \Omega$  a  $0^\circ \text{C}$ . Sabendo-se que o coeficiente de temperatura de resistência do fio vale  $6 \cdot 10^{-3}$ , determine sua resistência a  $40^\circ \text{C}$ .

- a) 4,2 Ohm
- b) 3,2 Ohm
- c) 3,9 Ohm
- d) 4,5 Ohm
- e) NRC

22-O filamento de um tubo de raios - X é percorrido por uma corrente de  $25 \text{ mA}$  quando há uma ddp de  $12 \text{ V}$ , aplicada aos seus terminais. A resistência elétrica do filamento em Ohms é:

- a) 20 Ohms
- b) 48 Ohms
- c) 200 Ohms
- d) 480 Ohms
- e) 2 Ohms

23-O filamento de uma válvula é percorrido por  $0,25 \text{ A}$  quando há uma ddp de  $5 \text{ V}$ , aplicada aos seus terminais. A resistência elétrica do filamento em Ohms é:

- a) 20
- b) 200
- c) 2
- d) 1/20
- e) NRC



**RESOLVA**

24- Por um resistor de **15 Ohms** passa uma corrente elétrica de **3A** Segundo a lei de Joule, determine a potencia dissipada.

25- Um resistor de **8 Ohms**, dissipa uma potencia de **288 Watts**. Determine sua corrente elétrica.

26- Um ferro elétrico está ligado a um circuito cuja ddp é de **120 V**. Sabendo-se que o ferro elétrico é percorrido por uma corrente de **4 A**, determine o consumo do ferro.

27- Se a bateria de um automóvel de **12 V** e pelo acendedor de cigarros passa uma corrente de **1,5 A**, determine a resistência do acendedor.

28- Uma bateria de um automóvel de **12V** de fem. Está ligada a certo circuito elétrico. Fornecendo ao mesmo **48 C** em cada **4 min**.

- Pelo pólo negativo da bateria: entram cargas negativas ( ) saem cargas negativas( )
- Qual a intensidade da corrente no pólo positivo da bateria? 2 mA ( ) 0,2 mA ( ) 12 A ( )
- Quantos elétrons percorrem o circuito durante 5 min.?  $5,25 \cdot 10^{19}$  elétrons ( )  $1,8 \cdot 10^{19}$  elétrons ( )  $1,6 \cdot 10^{19}$  elétrons ( )

29- Preencha as lacunas:

- A associação de dois resistores pode ser feita em ..... ou em .....
- Numa associação de resistores em série a ddp total é igual a soma das .....
- Numa associação de resistores em série, o resistor equivalente é igual à soma dos ....
- Associam-se dois resistores idênticos em série, a resistência equivalente é igual ao (dobro/triplo/quádruplo) ..... da resistência de um deles
- Em uma associação em série de resistores, a corrente percorrida (é a mesma/não é a mesma) ..... para cada resistor

- As lâmpadas elétricas de uma árvore de natal são associadas em .....
- Dois ou mais resistores estão ligados em paralelo, quando suas ligações estão nos mesmos .....
- Numa associação de resistores em paralelo, todos os resistores ficam com a mesma .....
- Uma das características de uma associação em paralelo, é que a intensidade de corrente em cada resistor é (diretamente/inversamente) ..... proporcional à sua .....
- As lâmpadas elétricas de uma residência estão associadas em .....
- Em um gerador ocorre curto-circuito quando seus terminais estão ligados por um ..... fio de resistência .....
- O material condutor de corrente elétrica dos fusíveis são de (baixa temperatura de fusão/alta temperatura de fusão) .....
- Os incêndios podem ser evitados com o uso de .....

30- Marque **Certo** ou **Errado** nos parênteses

- A resistência equivalente de uma associação em série é maior que qualquer uma das resistências da associação.  
Certo ( ) Errado ( )
- A resistência equivalente de uma associação em paralelo é menor que qualquer uma das resistências da associação.  
Certo ( ) Errado ( )
- Duas resistências de **2 ohms** equivalem, em paralelo, a uma de **1 ohm**, e em série, a uma de **4 ohms**. Certo ( ) Errado ( )
- Numa associação de resistores em série, a queda de tensão nas extremidades é igual à soma das quedas em cada um.  
Certo ( ) Errado ( )
- Se várias lâmpadas estão ligadas em série, quando uma delas é retirada ou queima, as outras apagam.  
Certo ( ) errado ( )



### Marque a resposta certa

31-Numa associação em série os resistores são ligados:

- a) Um em seguida do outro
- b) Nos mesmos terminais do gerador
- c) Paralelamente um ao outro
- d) Sem uma certa ordem
- e) NRC

32-Em uma associação de resistores em série:

- a) os resistores são percorridos por correntes diferentes
- b) Os resistores ficam sujeitos à mesma diferença de potencial
- c) Os resistores são percorridos pela mesma corrente
- d) A corrente que passa pelos resistores é diretamente proporcional à sua resistência.
- e) NRC

33-Numa associação de resistores em série:

- a) As ddps em cada resistor são inversamente proporcionais as suas resistências
- b) As ddps em cada resistor são diretamente proporcionais as suas resistências
- c) As ddps em cada resistor é a mesma
- d) A potência de cada resistor é nula
- e) NRC

34-As lâmpadas de uma árvore de natal são associadas em:

- a) Paralelo
- b) Série
- c) Série ou paralelo
- d) Série e paralelo
- e) NRC

35-Numa associação em paralelo de resistor eles são ligados:

- a) Um em seguida do outro
- b) Sem obedecer regras
- c) Em um único terminal do gerador
- d) Nos mesmos terminais do gerador
- e) Todos de um lado e do outro nos terminais do gerador

36-Em uma associação em paralelo:

- a) Todos os resistores ficam sujeitos à mesma ddp
- b) Os resistores ficam sujeitos à mesma ddp
- c) A corrente não se subdivide entre os resistores
- d) A intensidade de corrente em cada resistor é diretamente proporcional à sua resistência.
- e) NRC

37-Uma das características da associação em paralelo é que:

- i) A intensidade de corrente elétrica em cada resistor é diretamente proporcional à sua resistência
- j) A corrente não se subdivide entre os resistores
- k) A intensidade de corrente em cada resistor é inversamente proporcional à sua resistência
- l) A ddp em cada resistor é inversamente proporcional

38-A resistência equivalente de duas resistências em paralelo é:

- a) A relação da soma das resistências pela diferença entre elas
- b) Igual a diferença de duas resistências pelo seu produto
- c) Igual ao produto das duas resistências
- m) A relação do produto das duas resistências pela soma.

39-As **12** lâmpadas de uma árvore de natal são ligadas em série. Numerando estas lâmpadas de **1 a 12** e supondo que a quinta lâmpada queime:

- a) Ficam acesas as lâmpadas 1 e 12
- b) Todas apagam
- c) Somente a quinta lâmpada apaga
- d) Todas queimam
- e) Fica acesa somente a 12

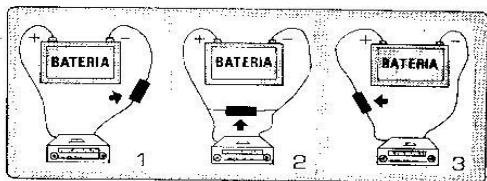
40-Três lâmpadas incandescentes iguais estão associadas em paralelo, ficando constante a ddp entre os extremos da associação. Se uma lâmpada queimar:

- a) A resistência da associação diminuirá
- b) A corrente total não sofrerá alteração
- c) A corrente em cada uma das outras lâmpadas não sofrerá alteração
- d) A corrente total aumentará
- e) A corrente, em cada uma das outras **2** lâmp.



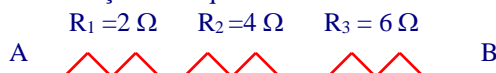


41-Um rádio está ligado a uma bateria, e um fusível protege a instalação de possível curto-circuito. Onde deve ser colocado o fusível para que ele preencha corretamente a sua função?



- f) Somente como em 1  
 g) Somente como em 2  
 h) Somente como em 3  
 i) Somente como em 1 ou 2  
 j) Como em 1 ou 3

32-Determine a resistência equivalente da associação no esquema:



- a)  $10\ \Omega$  b)  $12\ \Omega$  c)  $6\ \Omega$  d)  $8\ \Omega$  e) NRC

Com os dados abaixo, responda os testes de 43 a 46, sabendo-se que passa pela associação uma corrente de **1,5 A**

43-A resistência equivalente vale:

- a)  $8\ \Omega$  b)  $10\ \Omega$  c)  $6\ \Omega$  d)  $12\ \Omega$  e) NRC

44-O valor da ddp total é:

- f)  $8\text{V}$  b)  $18\text{V}$  c)  $13,5\text{V}$  d)  $12\text{V}$  e) NRC

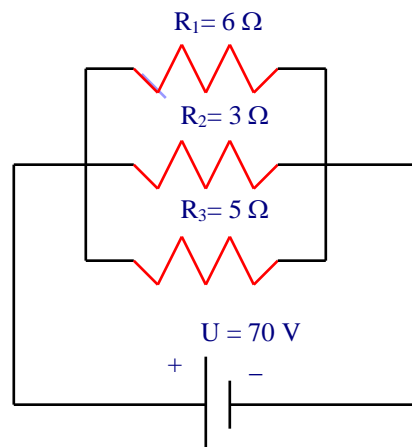
45-As tensões parciais em cada resistor são de:

- a)  $9\text{V}$ ,  $6\text{V}$ ,  $2\text{V}$   
 g)  $3\text{V}$ ,  $6\text{V}$ ,  $4\text{V}$   
 h)  $9\text{V}$ ,  $6\text{V}$ ,  $3\text{V}$   
 i)  $6\text{V}$ ,  $8\text{V}$ ,  $4\text{V}$   
 j) NRC

46-O valor da potência é:

- a)  $27\text{W}$  b)  $20\text{W}$  c)  $18\text{W}$  d)  $19,5\text{W}$  e) NRC

Considere o circuito abaixo e responda as questões 47 a 50



47-A resistência equivalente do circuito é aproximadamente:

- a)  $2\ \Omega$  b)  $3\ \Omega$  c)  $1,5\ \Omega$  d)  $6\ \Omega$  e) NRC

48-A intensidade de corrente elétrica que passa pelo gerador é:

- a)  $45\text{A}$  b)  $40\text{A}$  c)  $105\text{A}$  d)  $46,6\text{A}$  e) NRC

39-Determine aproximadamente a intensidade de corrente que passa por cada resistor.:

- a)  $16\text{A}$ ;  $27,2\text{A}$ ;  $7,3\text{A}$   
 b)  $11,6\text{A}$ ;  $23,3\text{A}$ ;  $14\text{A}$   
 c)  $14\text{A}$ ;  $23,3\text{A}$ ;  $6\text{A}$   
 d)  $12\text{A}$ ;  $23,3\text{A}$ ;  $14\text{A}$   
 e) NRC

50-A potência no circuito vale:

- a)  $300\text{W}$  b)  $320\text{W}$  c)  $326,2\text{W}$  d)  $312,6\text{W}$  e) NRC

51-Associam-se em paralelo duas resistências de **100 e 50 ohms**. A resistência equivalente é:

- a) 50 b) 20 c) 25 d) 30 e) NRC

RESOLVA

52-Qual a resistência indicada em código num resistor de carvão cujos anéis, da extremidade para o centro do aparelho, são de cores: verde, preta e prata?

- 52 c/10% ( ) 25 c/10% ( ) 25 c/5% ( )



## Geradores da Energia Elétrica

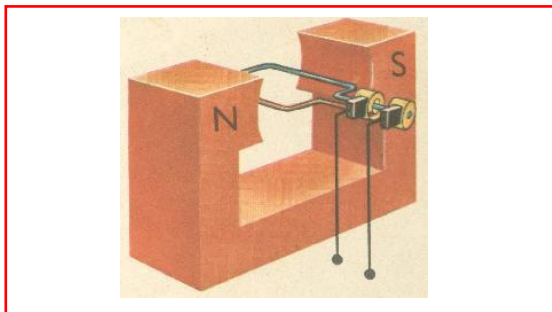
Geradores são dispositivos que transformam tipos de energias em energias elétricas.

Entre os geradores, temos os **Eletoquímicos** (pilhas e baterias), cuja energia é proveniente de **reações químicas** que ocorre entre seus componentes e os **não-eletoquímicos** que obtém suas energias por outros processos.



**Geradores eletroquímicos**

Algumas das fontes de energia (**Térmica, hidráulica, nuclear, etc**) que são aproveitadas para gerar corrente elétrica (via **energia cinética**), se utilizam de geradores baseado no fenômeno da indução eletromagnética, que basicamente consiste no seguinte: Quando um quadro metálico (bobina) gira entre os pólos de ímã, obtem-se, em consequência, uma corrente elétrica.

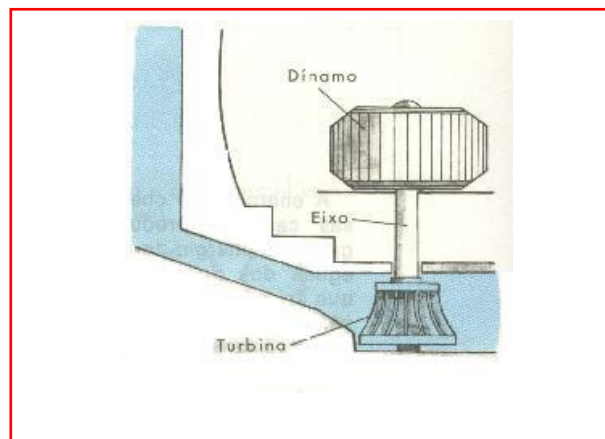


**Corrente elétrica obtida por indução eletromagnética**

Além das energias que se utilizam do gerador de efeito magnético para a transformação em energia elétrica, temos também outras fontes de energias tais como:

### Geradores não eletroquímicos

As Turbinas movidas pelas águas de uma represa giram dínamos a estes geram energias elétricas.



**Transformação de energia mecânica em energia elétrica**

### Inversão da energia térmica

Já vimos que a energia elétrica pode ser transformada em calor. Mas, o inverso também pode acontecer quando dois metais diferentes, dispostos como mostra a figura, são aquecidos simultaneamente.

Isso ocorre porque entre suas extremidades livres estabelece-se uma **ddp**. Se um amperímetro for ligado a elas, ele registrará à passagem de uma corrente elétrica. Esse dispositivo é denominado **par termoeletrico** e o fenômeno é denominado **efeito seebeck**. Tendo aplicação somente para fins de medição, de proteção e de comando (termosensores, termostatos).

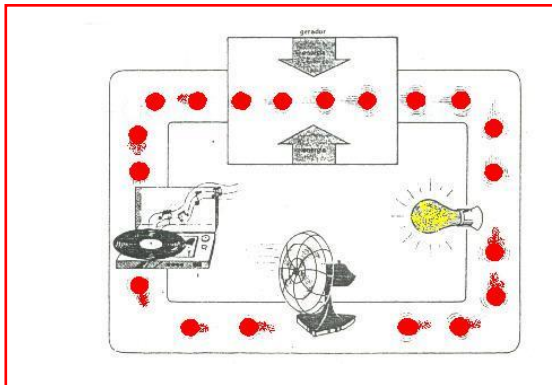


## Inversão do efeito biológico

Este se baseia no princípio segundo o qual a parte excitada de um músculo evidencia um potencial negativo em relação à parte não excitada (Lei fundamental bioelétrica). As diferenças de potencial elétrico entre as partes excitadas e não – excitadas, são utilizadas para fins de diagnóstico (eletrocardiograma, eletromiografia, eletroencefalografia).

## Função de um gerador

A função do gerador num circuito elétrico é fornecer energia suficiente aos elétrons, de modo que a corrente elétrica formada faça funcionar satisfatoriamente os aparelhos que ela percorre.



**Transformação de energia elétrica em outros tipos de energia**

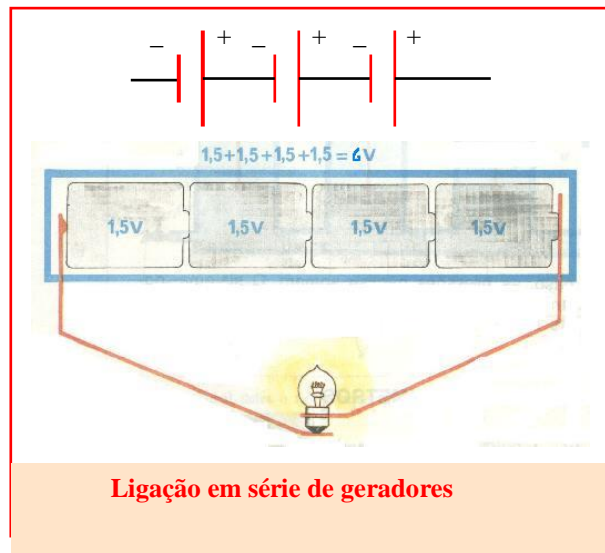
Como pode ser visto na figura, a energia que os elétrons recebem do gerador é transferida na forma de energia elétrica para os aparelhos e instrumentos atravessados pela corrente elétrica. Estes, por sua vez, transformam a energia elétrica recebida em outras formas de energias, como, **por exemplo, energia cinética, energia radiante, energia cinética.**

## Associação de geradores

Analogamente aos resistores, também os geradores podem ser associados, tanto em **série** como em **paralelo**, conforme veremos:

### a) Associação em série

Numa associação em série, o **pólo positivo** de cada gerador, deve ser ligado ao **pólo negativo** do gerador seguinte.



Neste tipo de associação temos as seguintes características:

- A intensidade ( $i$ ) da corrente elétrica que passa pelos geradores é a mesma
- A tensão total da ligação é a soma da tensão em cada gerador

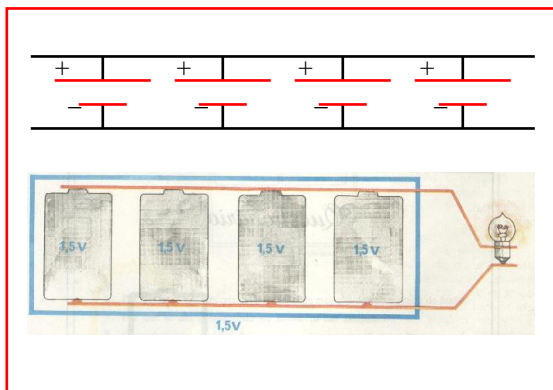
Como podemos ver na figura acima, a lanterna é uma aplicação prática de associação de geradores em série.



## b) Associação em paralelo

Ao contrário do que ocorre com resistores, este tipo de associação para geradores não é muito comum, pois só há sentido em se associar em paralelos geradores de mesma força eletromotriz.

Na associação em paralelo, os **pólos positivos** dos geradores estão ligados a um **único ponto**, o mesmo ocorrendo com os **pólos negativos**.



**Ligações em paralelo de geradores**

Temos então, as seguintes características.

- A corrente elétrica total é subdividida entre os geradores
- A ddp equivalente é igual a ddp de cada gerador

53-Complete as lacunas:

- a) Gerador é um dispositivo que ..... tipos de energias em energias .....
- b) Em geradores eletroquímicos, a energia é proveniente de ..... e tais geradores são .....
- c) Em geradores não eletroquímicos, a energia é obtida por ..... e tais geradores são .....
- d) Num gerador, o pólo negativo possui (maior/menor) ..... potencial e o pólo positivo são o de (maior/menor) ..... potencial
- e) Várias fontes de energia se utilizam do fenômeno da ..... para poder converter-las em energia elétrica.
- f) Ao aquecermos simultaneamente dois diferentes, estes produzem .....
- g) Numa associação em série de geradores é caracterizado porque o pólo ..... (positivo/negativo) de cada gerador deve ser ligado no pólo .....(positivo/negativo) do gerador seguinte.
- h) No tipo de ligação em série a intensidade de corrente que passa pelos geradores é a .....(mesma/diferente)
- i) A tensão total da ligação em série de geradores é a ..... (soma/diferença) em cada gerador
- j) Numa associação em paralelo de geradores é caracterizado porque os pólos ..... (positivos/negativos) estão ligados em pontos ..... (iguais/diferentes)
- k) Numa ligação em paralelo de geradores a corrente elétrica total é ..... (subdividido/somado) entre os geradores.
- l) Numa ligação em paralelo de geradores a ddp equivalente é ..... (igual/o dobro) em cada gerador.



**ASPR – Assessoria e Serviços**  
**em**  
**Proteção Radiológica e Controle de Qualidade Ltda.**

**Fone:** (73) 4141 – 1973 / (73) 3214 -4315

**Celular:** (73) 99191 – 1119

**Site:** [aspronline.wix.com/aspronline](http://aspronline.wix.com/aspronline)   **e-mail:** [aspronline@hotmail.com](mailto:aspronline@hotmail.com)

- ① **Plano de Transporte de Material Radioativo**
- ① **Transporte de Material Radioativo**
- ① **Plano de Radioproteção:** Radiodiagnóstico, Radioterapia e Medicina Nuclear.
- ① **Projetos de Cálculos de blindagens estruturais:** Radiodiagnóstico, Radioterapia e Medicina Nuclear.
- ① **Levantamento Radiométrico**
- ① **Teste de Radiação de Fuga**
- ① **Curso de Atualização e Treinamento de IOE ao RX**
- ① **Implantação de Programa de Controle de Qualidade**
- ① **Serviços de CQ e GQ:** RX Uso Geral, Mamografia, Fluoroscopia e TC em Diagnóstico e Odontológico.
- ① **Assessoria em Proteção Radiológica Junto a Vigilância Sanitária e CNEN.**
- ① **Elaboração de PGRSS**
- ① **Plano de Gerenciamento de Rejeito Radioativo**
- ① **Assessoria em Segurança do Trabalho Elaboração de PPRA**

**Físicos Médicos e Especialista em Radioproteção e CQ e GQ**

- ① **Milton Coelho Maciel**  
Físico Médico ABFM nº 0664  
Supervisor de Proteção Radiológica CNEN nº FT 0050  
Supervisor de Proteção Radiológica CNEN nº FM 0138