

E201 – Circuitos Elétricos I

Capítulo 2

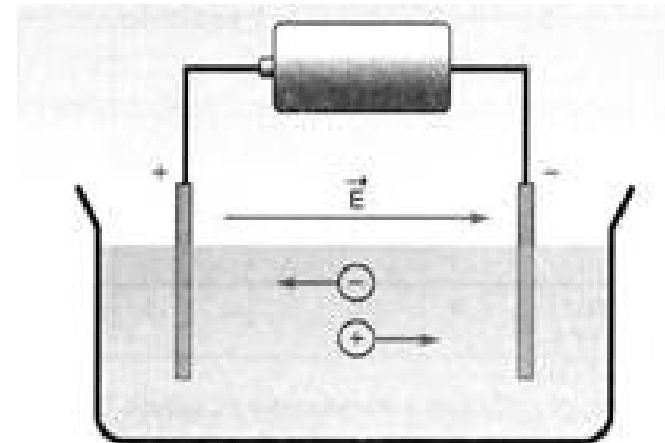
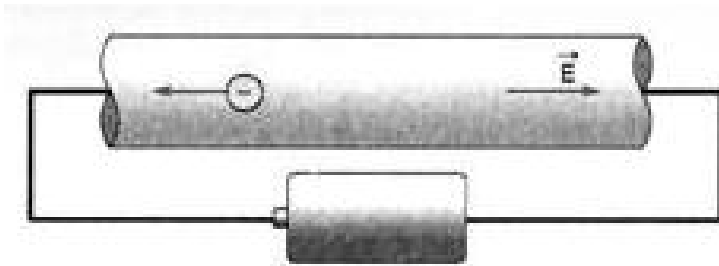
Corrente e Tensão

2. Corrente e Tensão

2.1. Corrente Elétrica

Corrente Elétrica: definida como sendo o movimento ordenado de **cargas elétricas** no interior de um **condutor** ou de alguns líquidos, motivado por uma **diferença de potencial** (ddp) entre as extremidades do condutor ou do líquido, dando-lhes um sentido definido de movimento (de A para B, de B para A ou ambos, de forma alternada).

Este movimento é organizado a partir da ação de um **campo elétrico** que irá atuar sobre as **cargas elétricas**.



2. Corrente e Tensão

2.1. Corrente Elétrica

São necessárias duas condições para que se possa estabelecer uma corrente elétrica entre dois pontos

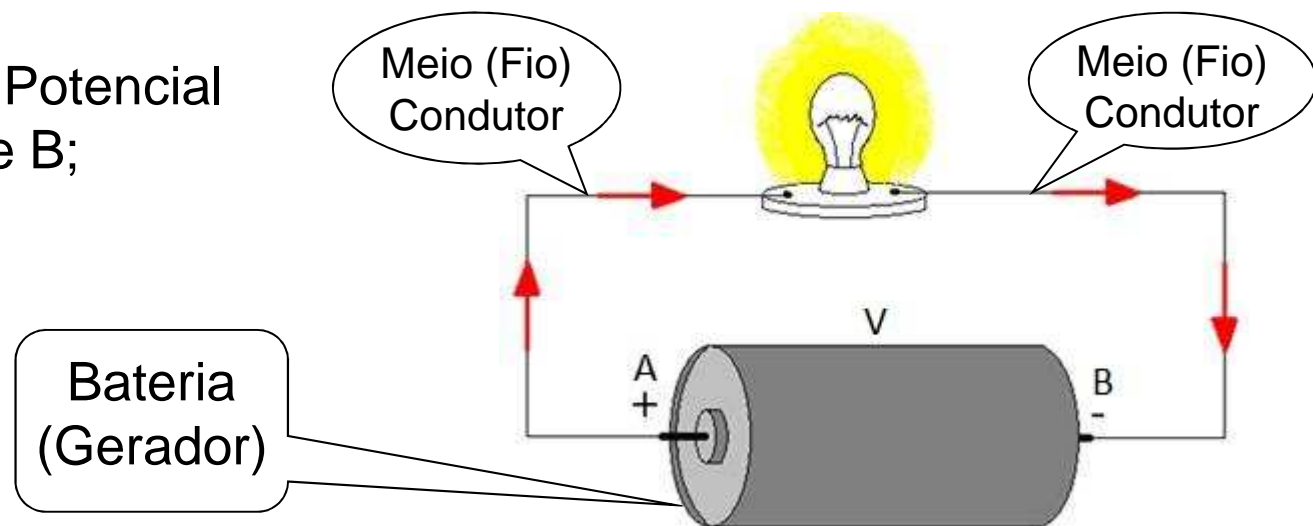
- 1) Deve haver um percurso (meio) entre os dois pontos, ao longo do qual as cargas possam se movimentar.

A maior ou menor facilidade de movimento das cargas elétricas através do meio depende da natureza do meio (condutor, semi-condutor, isolante).

- 2) Deve existir uma Diferença de Potencial (ddp) entre os dois pontos.

$V \Rightarrow$ Diferença de Potencial entre os pontos A e B;

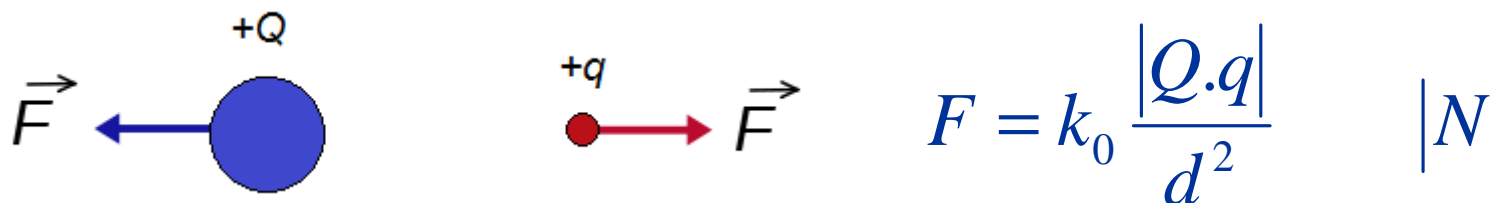
$$V = V_A - V_B$$



2. Corrente e Tensão

2.2. Carga Elétrica

São partículas dotadas de uma propriedade especial que produzem em torno delas uma região do espaço dentro da qual outra carga elétrica (carga de prova) fica submetida a uma força de atração ou de repulsão. Esta região é denominada **campo de forças elétricas**, ou simplesmente **campo elétrico**, e a força entre as partículas é denominada de **força elétrica**. O **campo elétrico** é similar ao campo gravitacional da terra.


$$F = k_0 \frac{|Q \cdot q|}{d^2} \quad |N|$$

Esta propriedade de exercer uma força e deslocar outras cargas configura a capacidade de realização de um trabalho e, portanto, a carga elétrica possui uma **forma de energia**. É a esta forma de energia, capaz de permitir a ação de uma força sobre uma carga elétrica, que se denomina de **Energia Elétrica**.

2. Corrente e Tensão

2.2. Carga Elétrica

Exemplos de Cargas Elétricas (partículas carregadas):

- Elétrons (carga negativa);
- Prótons (carga positiva);
- Íons (átomos que perderam ou ganharam elétrons);

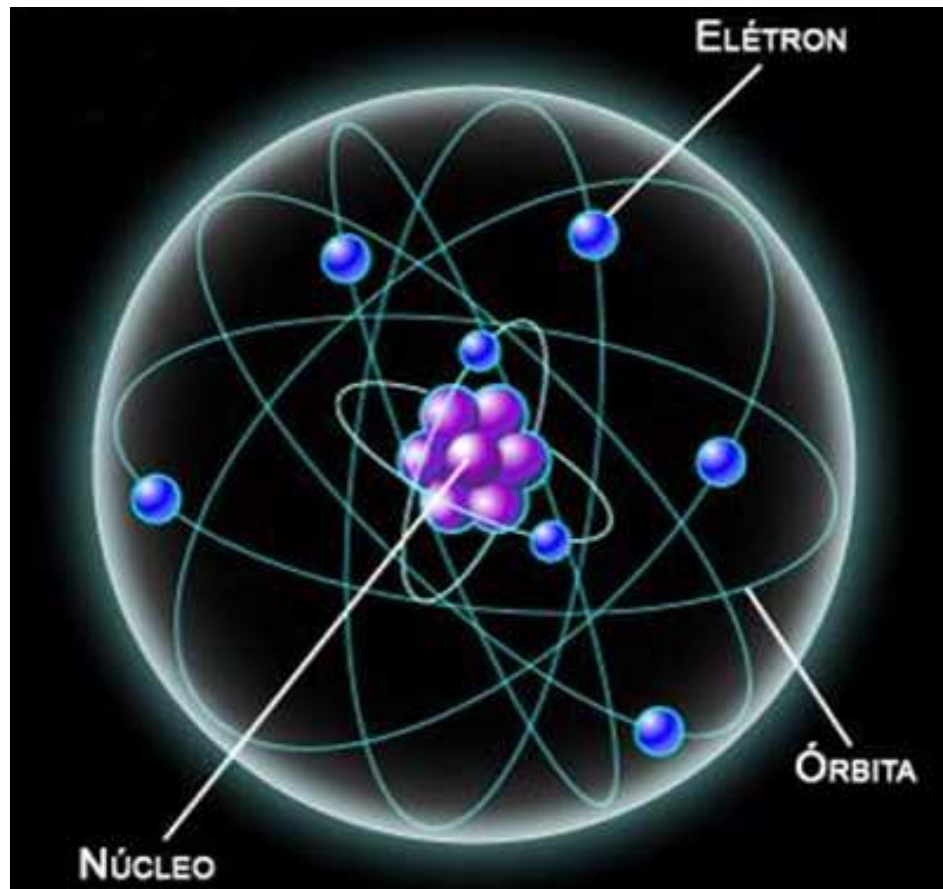
Na prática, a corrente elétrica é formada por movimentos ordenados de elétrons, de íons ou de ambos;

Não é possível se organizar o movimento de prótons, tal a força que os “prende” em suas posições nos átomos (no núcleo);

Estes movimentos, porém, não podem ser organizados de forma significativa, do ponto de vista prático, em qualquer meio. Somente alguns possuem características especiais com propriedades de serem condutores de cargas elétricas (elétrons e/ou íons), daí a denominação que recebem de **Condutores Elétricos**.

2. Corrente e Tensão

2.3. Os Átomos e sua Estrutura



Número de
elétrons
por órbita:

$$K = 2$$

$$L = 8$$

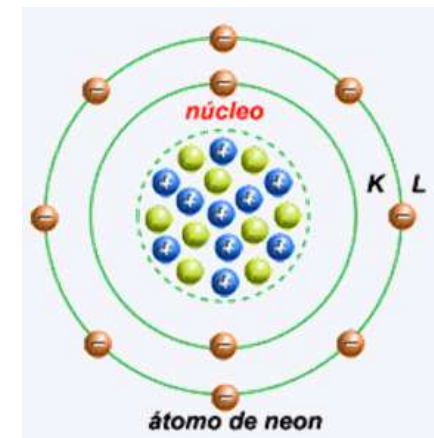
$$M = 18$$

$$N = 32$$

$$O = 32$$

$$P = 18$$

$$Q = 2$$



2. Corrente e Tensão

2.4. Estruturas Distintas nos Átomos

Núcleo:

- É constituído por prótons e nêutrons e possui carga elétrica positiva;
- **Nêutron:** não tem carga elétrica.
- **Próton:** tem carga elétrica positiva; **$+e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{C}$** . (**C=Coulomb**)
- Os raios orbitais são da ordem de 10^{-15} metros, sendo aproximadamente 25.000 vezes maior que a dimensão característica do núcleo.
- **Cargas de mesmo sinal se repelem e de sinal contrário se atraem.**

Órbitas:

- Camadas ao redor do núcleo, em número de 7 (K, L, M, N, O, P, Q), onde estão localizados os elétrons no átomo .

2. Corrente e Tensão

2.4. Estruturas Distintas nos Átomos

- **Elétrons:** Carga elétrica negativa, de mesmo valor absoluto que a do próton, e vale $e = -1,6 \cdot 10^{-19} C$.
- No mesmo átomo o número de elétrons é igual ao de prótons, o que torna o átomo eletricamente neutro.
- Os elétrons giram ao redor do núcleo, dispostos nas várias órbitas.
- A distribuição dos elétrons nessas órbitas é conhecida, sendo que para cada órbita há um número máximo de elétrons admissível.
- A distância dos elétrons ao núcleo é muito grande, comparada ao tamanho do núcleo.
- A distribuição dos elétrons em torno do núcleo parece um sistema solar em miniatura.

2. Corrente e Tensão

2.5. Força entre as Partículas do Átomo

As cargas elétricas se atraem ou repelem conforme Lei de Coulomb, que diz:

$$F = k \frac{Q_1 Q_2}{d^2} (\text{Newton, N})$$

k = constante eletrostática ou
Constante de Coulomb

- O núcleo, com carga positiva, provoca nos elétrons, com carga negativa, intensa força de atração, principalmente nos elétrons da primeira camada.
- Para as camadas mais distantes do núcleo a força de ligação diminui, atingindo seu menor valor para a camada mais distante.
- Devido a força de atração mais fraca nas últimas camadas, a remoção de um elétron da última camada consome menos energia que a remoção de elétrons das primeiras camadas.
- Também é mais fácil remover elétrons cujas camadas mais externas são incompletas, o que facilita a mobilidade destes elétrons fracamente presos ao núcleo.

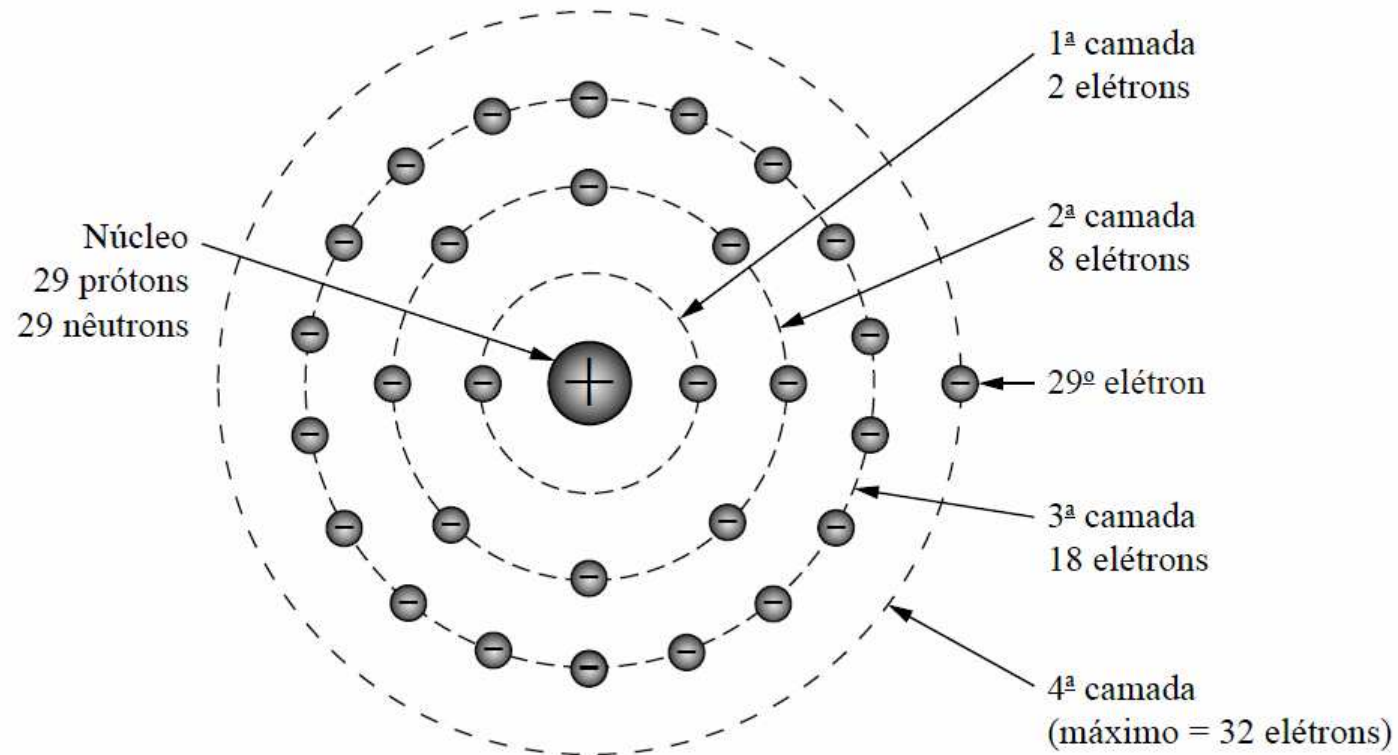
2. Corrente e Tensão

2.6. O Material Cobre

- O cobre, é o material mais utilizado na indústria eletroeletrônica;
- Possui o número atômico 29, apresentando somente um elétron na última camada (N).
- Essa camada N incompleta, com apenas um elétron, e a distância em relação ao núcleo nos sugere que este último elétron está fracamente ligado ao restante do átomo de cobre.
- Se este último elétron receber energia de fonte externa poderá se liberar do átomo, passando a ser chamado elétron livre;
- Em 1 cm cúbico de cobre existem, aproximadamente 9×10^{22} elétrons livres.
- Outros metais que apresentam características semelhantes ao do cobre são: ouro, prata, alumínio e o tungstênio.

2. Corrente e Tensão

2.6. O Material Cobre – Estrutura Atômica



Exercício: Qual a intensidade da força eletrostática entre o 29º elétron e o próton, no átomo de cobre, se o raio é de $1,5 \times 10^{-11} \text{m}$?

Dado: $k = 9,0 \times 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2$.

2. Corrente e Tensão

2.7. Fontes de Tensão ou Potencial Elétrico

Para produzir o campo de forças elétricas (campo elétrico) no meio onde se deseja produzir a corrente usa-se um dispositivo, que conhecemos muito bem no nosso dia-a-dia, denominado **Bateria, Fonte ou Gerador de Tensão**.

Para transportar uma carga elétrica entre dois pontos de um campo elétrico, a força resultante sobre a carga realiza um trabalho, que representa a medida da energia, denominada Energia Potencial (ϵ_{POT}) necessária para realizar este trabalho.

Esta Energia é medida em (tem como unidade) **Joules (J)**

$$\epsilon_{POT} = \tau_{PR} = F \cdot d = k_0 \frac{|Q \cdot q|}{d^2} \cdot d$$

$$\epsilon_{POT} = k_0 \frac{|Q \cdot q|}{d} \quad (Joules)$$

2. Corrente e Tensão

2.7. Fontes de Tensão ou Potencial Elétrico

Considerando-se as definições anteriores, podemos entender que uma fonte que gera uma tensão igual a 12 [V] é uma fonte capaz de disponibilizar uma energia de 12 [J] por Coulomb de carga que se deseja deslocar entre seus terminais, ou seja a cada 1[C] de carga elétrica que a fonte entrega ao circuito externo, transporta uma energia elétrica de 12 Joules (12 V equivalem a 12 J/C).

Assim:

$$V = \frac{\mathcal{E}_{POT}}{q} \left(\frac{J}{C} \right); \quad \text{onde } \frac{J}{C} = \frac{\text{Joule}}{\text{Coulomb}}$$

Em homenagem a Alessandro Volta, a unidade mais usada para a Tensão é **Volt (V)**. Assim, 1 [V] é o mesmo que 1 [J/C].

2. Corrente e Tensão

2.8. Potência Elétrica P

A relação entre a energia (ϵ_{POT}) necessária para realizar o trabalho (deslocamento) e o tempo gasto para realizar esse trabalho é denominado de **Potência Elétrica P** .

$$P = \frac{\epsilon_{\text{POT}}}{t} \left(\frac{J}{s} \right), \quad \text{onde } \frac{J}{s} = \frac{\text{Joule}}{\text{segundo}}$$

Em homenagem a James Watt, a unidade mais usada para a Potência é **WATT (W)**. Assim, 1 [W] é o mesmo que 1 [J/s].

De uma forma mais clássica, a **Potência** representa a taxa ou a velocidade com que a energia varia no tempo (Joule/segundo ou Watt).

Quando se fala de uma lâmpada de 60 W, informa que ela consome 60 **J** de energia por segundo. Ou seja, a energia nela varia à taxa de 60 **J/s**.

2. Corrente e Tensão

2.8. Potência Elétrica P

Para calcularmos a Energia a partir da Potência, podemos utilizar a relação:

$$\mathcal{E}_{POT} = \mathcal{E} = P \times \Delta t$$

Como vimos, no sistema internacional (SI), a energia elétrica é dada em joule (J), porém, na prática, a unidade de medida mais utilizada é o quilowatt-hora (kWh).

As companhias energéticas utilizam o kWh para a medição do consumo de energia elétrica de um determinado estabelecimento. Para calcular a conta de energia elétrica, a companhia energética, multiplica o custo unitário do kWh pela quantidade de energia consumida durante o mês.

2. Corrente e Tensão

2.13. Exercícios Complementares:

1. Quanto de energia elétrica consome uma lâmpada de 100 W ligada 10 horas por dia durante 30 dias? Resp: $\varepsilon = 30\text{kWh}$ ou $\varepsilon = 108\text{MJ}$

2) Se o custo do kWh imposto pela CEMIG é de R\$0,65, qual a participação dessa lâmpada em R\$ na conta de luz. Resp: R\$19,50

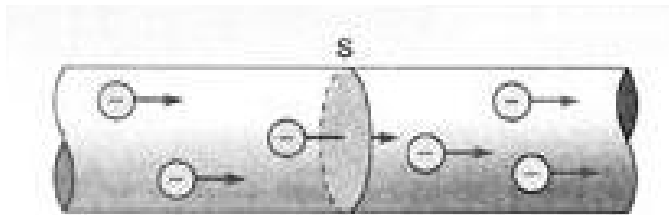
3) Um chuveiro elétrico cuja especificação seja de 5000 [W] ficando ligado por 15 minutos qual será o seu consumo de energia elétrica em Joules e kWh? Qual o custo de um banho a R\$0,65 o kWh? Resp: R\$0,8125

2. Corrente e Tensão

2.14. Intensidade de Corrente Elétrica I

Em um condutor metálico a **corrente elétrica I** é definida como o **movimento ordenado de elétrons** em seu interior motivado por uma diferença de potencial aplicada nas extremidades do condutor.

A **intensidade da corrente elétrica** é calculada através da **relação** entre a quantidade de **carga elétrica** que atravessa uma seção transversal **S** de um condutor na unidade do **tempo** (1 seg.), ou seja, definida pela taxa ou velocidade com que a carga varia no tempo.



$$I = \frac{dq}{dt} \quad \left| \frac{C}{s} \right|$$

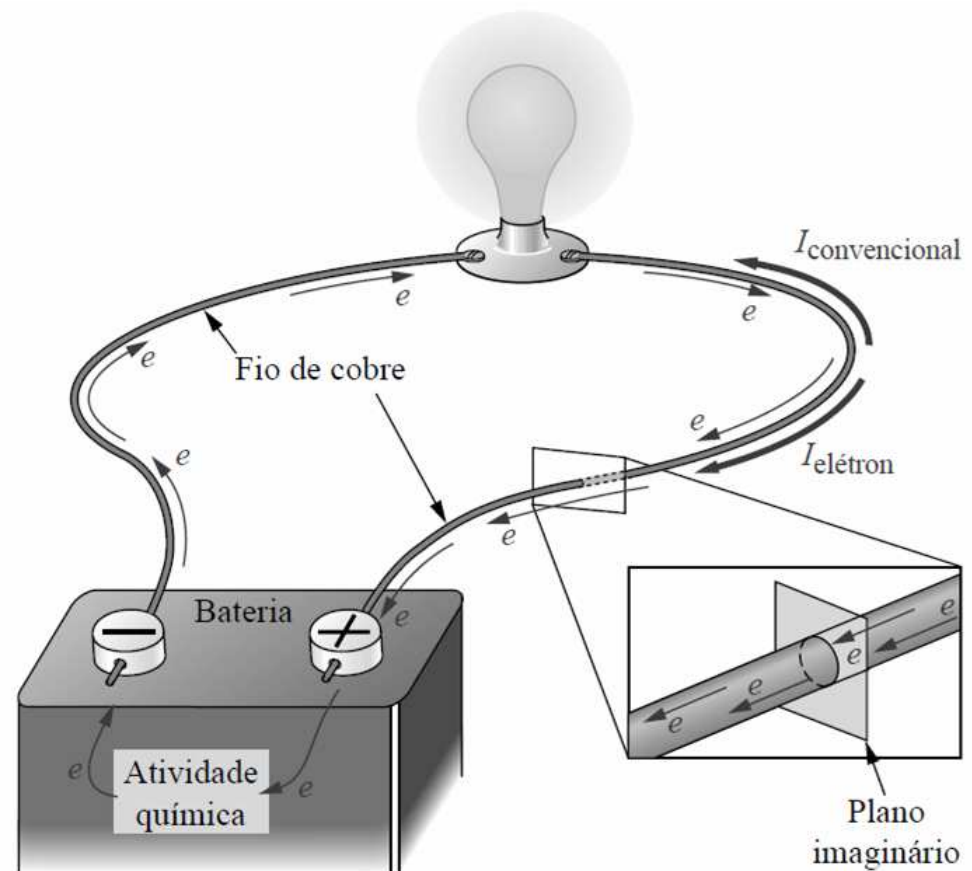
$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \quad |A|$$

2. Corrente e Tensão

2.15. Sentido da Corrente Elétrica

Nos Condutores Metálicos, a corrente elétrica é constituída pelo movimento ordenado de elétrons livres.

O sentido com que os elétrons se deslocam nos condutores é do ponto de **menor (-)** potencial elétrico para o de **maior (+)** potencial elétrico, ou seja: do - para o +. Este sentido é denominado **Sentido Real** da corrente.



2. Corrente e Tensão

2.15. Sentido da Corrente Elétrica

Porém, quando ainda não se conhecia perfeitamente tal fenômeno, foi assumida a hipótese de que as cargas se deslocavam do ponto de **Maior (+)** potencial para o de **Menor (-)** potencial (dizemos: do **+** para o **-**).

Depois se comprovou que era exatamente o oposto. Como esta hipótese não afetava os estudos, ela continuou sendo usada e passou a ser denominada de **Sentido Convencional**.

O sentido convencional para uma corrente elétrica é o mais adotado nos livros textos e é aquele com o qual trabalharemos em nossa disciplina.

IMPORTANTE: notar que o uso do **-** e do **+** aqui, tem significado de **MENOR (-)** e **MAIOR (+)**.

2. Corrente e Tensão

2.16. Exercício Complementar

4) Pela seção transversal de um condutor passam $1,640 \cdot 10^{10}$ elétrons em 2,3ms. Qual a intensidade da corrente elétrica por este condutor? Resp: $I = 1,14\mu\text{A}$

5) Por um condutor percorre uma corrente elétrica de intensidade 10 A. Quantos elétrons atravessam uma seção transversal deste condutor em 1 minuto. Resp: $3,75 \cdot 10^{21}$ elétrons

2. Corrente e Tensão

2.17. Relação entre Potência, Corrente Elétrica e Tensão

$$P = \frac{\mathcal{E}_{POT}}{t} \quad (\text{equação 1})$$

$$I = \frac{q}{t} \quad (\text{equação 2})$$

$$V = \frac{\mathcal{E}_{POT}}{q} \therefore \mathcal{E}_{POT} = q \times V \quad (\text{equação 3})$$

Substituindo (3) em (1)

$$P = \frac{q \times V}{t}$$

Comparando com (2)

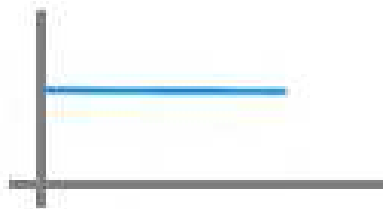
$$P = V \times I$$

2. Corrente e Tensão

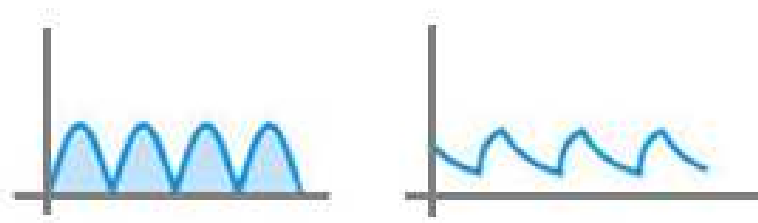
2.18. Tipos de Corrente Elétrica

I. Corrente Contínua: o sentido de deslocamento das cargas é sempre o mesmo ao longo do tempo. Em função de sua intensidade, pode ser:

a) Corrente Contínua Pura: sua intensidade não varia no tempo.



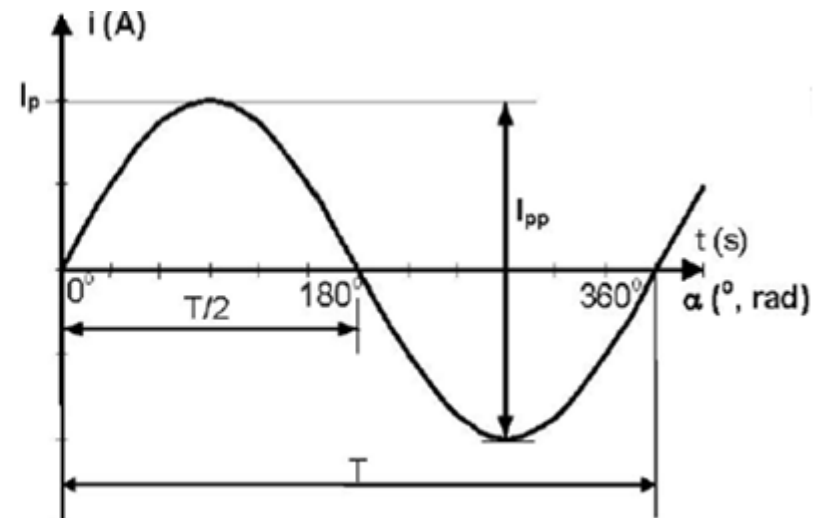
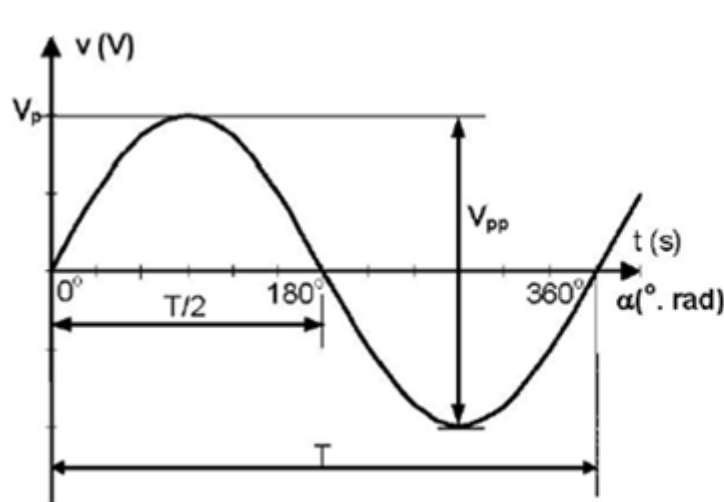
b) Corrente Contínua Pulsativa: sua intensidade varia no tempo, de forma periódica ou de forma não-periódica (ou aperiódica).



2. Corrente e Tensão

2.18. Tipos de Corrente Elétrica

II. Corrente Alternada: é aquela cujo sentido de deslocamento das cargas varia ao longo do tempo (ora para um lado, ora para o outro). Esta inversão de sentido pode se dar de forma periódica ou não-periódica (ou aperiódica). Sua intensidade também irá variar, decorrência da própria variação de sentido.



2. Corrente e Tensão

2.19. Aplicação de Correntes Alternada e Contínua

Uma aplicação em que temos a presença de tensões e correntes contínua e alternada é apresentado no sistema retificador abaixo, onde uma tensão alternada é transformada em contínua por meio de um circuito retificador, filtro e regulador de tensão, fruto de estudos posteriores.

