

## CORRENTE ELÉTRICA. LEI DE OHM. SENTIDO DA CORRENTE ELÉTRICA

Quando um átomo adquire carga elétrica, sua tendência natural é voltar às condições normais, isto é, ficar eletricamente neutro. Evidentemente, um corpo eletrizado tende a perder sua carga, libertando-se dos elétrons em excesso ou procurando receber elétrons para satisfazer suas necessidades. Assim, é fácil concluir que basta unir corpos em situações elétricas diferentes, para que se estabeleça, de um para o outro, um fluxo de elétrons – UMA CORRENTE ELÉTRICA.

Este fenômeno pode ocorrer, portanto, em qualquer uma das possibilidades abaixo:

- a) entre um corpo com carga positiva e outro com carga negativa;
- b) entre corpos com cargas positivas, desde que as deficiências de elétrons não sejam iguais;
- c) entre corpos com cargas negativas, desde que suas cargas não tenham o mesmo valor;
- d) entre um corpo com carga positiva e outro neutro;
- e) entre um corpo com carga negativa e outro neutro.

Para se ter uma idéia exata da grandeza (INTENSIDADE) de uma

corrente elétrica, tornou-se necessário estabelecer um padrão, e, deste modo, fala-se do maior ou menor número de elétrons que passam por segundo num determinado ponto de um condutor, quando se quer dizer que a corrente é mais forte ou mais fraca.

Falar em elétrons que passam por segundo é, porém, deixar de ser prático, pois as quantidades envolvidas nos problemas correspondem a números muito grandes. A fim de eliminar esse inconveniente, faz-se uso de uma unidade de carga – o COULOMB (C) – que corresponde a  $6,28 \times 10^{18}$  elétrons.

Quando se diz que a carga de um corpo é de  $-3\text{ C}$ , isto significa que ele tem um excesso (indicado pelo sinal) de  $3 \times 6,28 \times 10^{18}$  elétrons. Se sua carga fosse indicada pelo valor  $+5,8\text{ C}$ , compreenderíamos que lhe faltavam (carga positiva)  $5,8 \times 6,28 \times 10^{18}$  elétrons.

Vê-se que é grande a conveniência de usar o Coulomb como unidade de carga elétrica e de falar do número de coulombs que passam por segundo, para indicar a INTENSIDADE DA CORRENTE ELÉTRICA (I).

Uma intensidade de corrente de 1 COULOMB POR SEGUNDO (1 C/s) é o que chamamos de 1 AMPÈRE (A). Se, por exemplo, tivessem passado 30 coulombs por um certo ponto, no tempo

de 10 segundos, diríamos que a intensidade da corrente era de 3 ampères (3 coulombs por segundo). Naturalmente que, durante as considerações que fizemos, foi admitida uma corrente de valor uniforme.

Do exposto, concluímos que a intensidade de uma corrente elétrica é a quantidade de eletricidade (ou carga elétrica) que passa num determinado ponto, na unidade de tempo. Representando por “Q” a quantidade de eletricidade, por “t” o tempo e por “I” a intensidade da corrente:

$$I = \frac{Q}{t}$$

donde

$$Q = I t \quad \text{e} \quad t = \frac{Q}{I}$$

I = em AMPÈRES (A)

Q = em COULOMBS (C)

t = em SEGUNDOS (s)

EXEMPLOS:

1 – Pelo filamento de uma lâmpada incandescente passaram 5 C. Sabendo que ela esteve ligada durante 10 segundos, determinar a intensidade da corrente elétrica.

SOLUÇÃO:

$$Q = 5 \text{ C}$$

$$t = 10 \text{ s}$$

$$I = \frac{Q}{t} = \frac{5}{10} = 0,5 \text{ A}$$

2 – Pelo filamento de uma válvula eletrônica passou uma corrente de intensidade igual a 0,15 A. Sabendo que a válvula esteve funcionando durante 2 horas, determinar a carga que percorreu seu filamento.

SOLUÇÃO: Uma corrente de 0,15 A significa que em cada segundo passa 0,15 C pelo filamento. Logo, em 2 horas = 7.200 segundos passarão  $0,15 \times 7.200 = 1.080$  coulombs, ou,

$$I = 0,15 \text{ A}$$

$$t = 2\text{h} = 7.200 \text{ s}$$

$$Q = I t = 0,15 \times 7.200 = 1.080 \text{ C}$$

3 – Durante quanto tempo esteve ligado um aparelho elétrico, para que pudesse ter sido percorrido por 50 C? A intensidade da corrente era de 2,5 A.

SOLUÇÃO: Se em cada segundo passavam 2,5 C, os 50 C gastaram  $50/2,5 = 20$  segundos para percorrer o aparelho. Ou,

$$Q = 50 \text{ C}$$

$$I = 2,5 \text{ A}$$

$$t = \frac{Q}{I} = \frac{50}{2,5} = 20 \text{ s}$$

Sabemos que é normal a utilização de circuitos elétricos durante horas, e, por isso, utiliza-se uma unidade prática de quantidade de eletricidade muito conveniente chamada AMPÈRE-HORA (Ah).

Um ampère-hora é a quantidade de eletricidade que passa por um ponto de um condutor em 1 hora, quando a intensidade da corrente é de 1 ampère. É fácil concluir que 1 Ah corresponde a 3.600 coulombs:

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

$$1 \text{ Ah} = 1 \text{ A} \times 1 \text{ h}$$

$$1 \text{ h} = 3.600 \text{ s}$$

EXEMPLO:

O elemento aquecedor de um ferro elétrico foi percorrido durante 3 horas por uma corrente de intensidade igual a 7,5 A. Qual a quantidade de eletricidade que circulou por ele? Dar a resposta em coulombs e em ampères-horas.

SOLUÇÃO:

$$I = 7,5 \text{ A}$$

$$t = 3\text{h} = 10.800 \text{ s}$$

$$Q = I t = 7,5 \times 10.800 = 81.000 \text{ C}$$

$$Q = 7,5 \times 3 = 22,5 \text{ Ah}$$

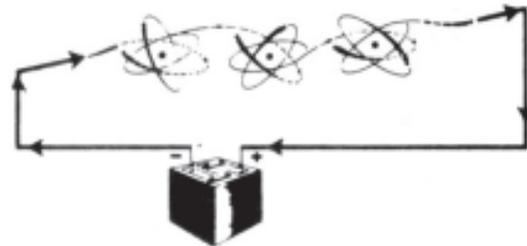
### Diferença de Potencial (d. d. p.) e Resistência Elétrica

Sempre que um corpo é capaz de enviar elétrons para outro, ou dele receber estas partículas, dizemos que tem POTENCIAL ELÉTRICO. Se um corpo "A" manda elétrons para um outro corpo "B", DIZ-SE QUE "A" É NEGATIVO EM RELAÇÃO A "B", e, naturalmente, "B" É POSITIVO EM RELAÇÃO A "A".

Dois corpos entre os quais pode se estabelecer um fluxo de elétrons apresentam uma DIFERENÇA DE POTENCIAL.

Vimos, assim, que entre dois corpos (ou dois pontos quaisquer de um circuito elétrico) que apresentam situações elétricas diferentes há sempre a POSSIBILIDADE DE SE ESTABELE-CER UMA CORRENTE ELÉTRICA, isto é, existe uma DIFERENÇA DE POTENCIAL.

Esta grandeza é conhecida também como FORÇA ELETROMOTRIZ (f.e.m.), TENSÃO, VOLTAGEM e PRESSÃO ELÉTRICA. É designada geralmente pela letra "E" e algumas vezes por "V" ou "U".



Movimento de elétrons em um condutor sólido ligando dois pontos em situações elétricas diferentes. Observar o movimento de elétrons livres.

FIG. III-1

Sabemos agora que, se houver uma d. d. p. entre dois pontos e eles forem postos em contato, haverá a produção de uma corrente elétrica. É evidente que o meio (o material usado para ligar os dois pontos) irá oferecer uma certa dificuldade ao deslocamento dos elétrons; esta oposição que um material oferece à passagem de uma corrente elétrica é denominada RESISTÊNCIA ELÉTRICA (R). Como consequência natural da dificuldade em apreço, podemos citar a produção de calor em qualquer corpo percorrido por uma corrente elétrica, e podemos tomar como UNIDADE DE RESISTÊNCIA ELÉTRICA A RESISTÊNCIA DE UM CORPO EM QUE É PRODUZIDA UMA QUANTIDADE DE CALOR DE UM JOULE, QUANDO ELE É ATRAVESSADO POR UMA CORRENTE DE UM AMPÈRE, DURANTE UM SEGUNDO. Esta unidade é chamada OHM e indicada com a letra  $\Omega$ , do alfabeto grego.

Quando unimos dois pontos por meio de um fio, cuja resistência sabemos que é de 1 OHM, e nele se estabelece

uma corrente de intensidade igual a 1 AMPÈRE, dizemos que entre os pontos considerados existe uma unidade de diferença de potencial, chamada VOLT (V).

### Lei de OHM

George Simon Ohm estudou as relações entre a tensão (E), a intensidade de uma corrente elétrica (I) e a resistência elétrica (R), e chegou à seguinte conclusão conhecida como LEI DE OHM:

“A INTENSIDADE DA CORRENTE ELÉTRICA NUM CONDUTOR É DIRETAMENTE PROPORCIONAL À FORÇA ELETROMOTRIZ E INVERSAMENTE PROPORCIONAL À SUA RESISTÊNCIA ELÉTRICA”.

Em outras palavras: se mantivermos constante a resistência elétrica, a intensidade da corrente aumentará se a tensão aumentar, e diminuirá se a tensão diminuir. Se a tensão for mantida constante, a intensidade da corrente decrescerá se a resistência aumentar, e crescerá se a resistência for reduzida.

Eis a equação que corresponde à Lei de Ohm:

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

I = intensidade da corrente em AMPÈRES (A)

E = tensão, em VOLTS (V)

R = resistência elétrica, em OHMS ( $\Omega$ )

Da expressão acima, podemos deduzir que:

$$E = I R \quad R = \frac{E}{I}$$

NUNCA se deve concluir, porém, ao observar as expressões acima, que a

resistência é diretamente proporcional à tensão e inversamente proporcional à intensidade da corrente; como veremos adiante, a resistência elétrica de um corpo depende apenas de características físicas por ele apresentadas.

Quanto à tensão, é bom lembrar que é CAUSA e não EFEITO.

### EXEMPLOS:

1 – Que corrente passará pelo filamento de uma lâmpada, se ela for ligada aos terminais de um gerador de 100 V? Seu filamento tem uma resistência de 20 ohms.

### SOLUÇÃO:

NOTA: Antes de resolvermos o problema acima, chamamos a atenção para o seguinte fato:

Denominamos de gerador de eletricidade a um dispositivo em que existem dois pontos (os terminais) com potenciais elétricos diferentes. Ao ligarmos os dois pontos, como neste problema, há a produção de uma corrente elétrica, com a tendência de igualar eletricamente os mesmos; tal objetivo não é conseguido devido aos fenômenos que ocorrem no interior do gerador e que mantêm a d. d. p. e a corrente.

Vejamos o problema:

$$E = 100 \text{ V}$$

$$R = 20 \text{ ohms}$$

$$I = \frac{E}{R} = \frac{100}{20} = 5 \text{ A}$$

Se recordarmos a definição de volt que foi dada, poderemos raciocinar que

a tensão de 100 volts poderia causar uma corrente de 100 A, se a resistência fosse de 1 ohm. Esta, sendo, porém, 20 vezes maior, a corrente terá que ser 20 vezes menor que 100 A, isto é, 5 A.

2 – Que resistência tem um pedaço de fio que, ligando dois pontos entre os quais há uma d. d. p. de 1,5 V, é percorrido por uma corrente de 2 A?

SOLUÇÃO:

$$E = 1,5 \text{ V}$$

$$I = 2 \text{ A}$$

$$R = \frac{E}{I} = \frac{1,5}{2} = 0,75 \text{ ohm}$$

3 – Que tensão foi aplicada a um aparelho elétrico de resistência igual a 5 ohms, se ele foi percorrido por uma corrente de 4 ampères?

SOLUÇÃO:

$$R = 5 \text{ ohms}$$

$$I = 4 \text{ ampères}$$

$$E = I R = 4 \times 5 = 20 \text{ V}$$

### Condutância (G)

Condutância é o inverso da resistência; refere-se, portanto, à facilidade encontrada pelos elétrons ao se deslocarem em um corpo qualquer. A unidade de condutância é o SIEMENS (S).

De acordo com a definição de condutância,

$$G = \frac{1}{R} \text{ ou } G = \frac{I}{E}$$

G = em SIEMENS (S)

I = em AMPÈRES (A)

E = em VOLTS (V)

R = em OHMS ( $\Omega$ )

EXEMPLOS:

1 – Que condutância apresenta o filamento de uma válvula, cuja resistência é de 20 ohms?

SOLUÇÃO:

$$G = \frac{1}{R} = \frac{1}{20} = 0,05 \text{ S}$$

2 – Qual a condutância de um aparelho elétrico que, ao ser ligado a uma fonte de 20 V, permite a passagem de uma corrente de 4 A?

SOLUÇÃO:

$$G = \frac{I}{E} = \frac{4}{20} = 0,2 \text{ S}$$

É útil observar que a resistência elétrica de um corpo exprime a tensão necessária para produzir uma corrente de 1 AMPÈRE no mesmo (OHM = VOLT/AMPÈRE). Assim, um corpo com uma resistência de 5 ohms exige que lhe seja aplicada uma tensão de 5 volts para ser percorrido por uma corrente de 1 ampère; da mesma forma exigiria uma tensão de 30 volts, se a corrente desejada fosse de 6 ampères.

A condutância de um corpo, porém, exprime a intensidade da corrente que se pode produzir num corpo, para cada volt de tensão aplicada ao mesmo (SIEMENS = AMPÈRE/VOLT). Se a condutância de um corpo é de 2 SIEMENS, isto significa que será produzida uma corrente de 2 ampères sempre que for aplicada ao mesmo uma tensão de 1 volt.

### Sentido da Corrente Elétrica

No início deste capítulo, chamamos de corrente elétrica ao movimento dos elétrons e, portanto, consideraremos

sempre o sentido do fluxo de elétrons como sendo o sentido da corrente elétrica.

Entretanto, este é um assunto que, em virtude de uma simples questão de denominação, traz dificuldades ao estudante, apesar de nada ter de difícil ou complexo. Isto porque, antes de adquirir os conhecimentos atuais sobre a constituição da matéria, o homem já fazia uso da eletricidade e dizia que “algo” percorria os condutores, tendo chamado este fenômeno de corrente elétrica e arbitrado um sentido para a mesma. Com o conhecimento dos elétrons, verificou que eram eles que se movimentavam nos condutores e produziam os efeitos atribuídos àquele “algo”. Havia, porém, um imprevisto: o sentido do movimento dos elétrons não era o mesmo que havia sido convencionalizado para a chamada corrente elétrica!

Teria sido muito simples (em nossa opinião) mudar o sentido da corrente até então adotado, e considerar a corrente elétrica e o fluxo de elétrons como uma única coisa. Contudo, dois grupos se constituíram: um deles de acordo com o ponto de vista que abraçamos e o outro considerando corrente elétrica e fluxo de elétrons duas coisas distintas e de sentidos opostos.

Quando o sentido da corrente elétrica é considerado igual ao dos elétrons, fala-se em SENTIDO ELETRÔNICO; quando se admite que o sentido da corrente é oposto ao do movimento dos elétrons, fala-se em SENTIDO CONVENCIONAL ou CLÁSSICO.

Mas, em que consiste essa corrente de sentido oposto ao do fluxo de elétrons?

Na realidade, nada está se movimentando no condutor ao contrário dos elétrons; o sentido convencional, hoje em dia, exprime apenas o sentido que teria uma corrente elétrica, se fosse

constituída por cargas positivas em movimento no condutor.

Os terminais de certos geradores de eletricidade recebem os sinais (-) e (+) para que se saiba de onde saem os elétrons (-) e para onde se dirigem (+), conforme convenção a que nos referimos na seção deste capítulo que tratou de diferença de potencial e de resistência elétrica.

De acordo com o que foi exposto indica-se a corrente elétrica saindo do negativo para o positivo do gerador, quando se trabalha com o SENTIDO ELETRÔNICO; se o sentido utilizado é o CONVENCIONAL, a corrente é indicada saindo do terminal positivo para o terminal negativo do gerador.

Convém ressaltar, porém, que tudo é apenas uma questão de denominação, porque não há divergência entre os dois grupos no que se refere ao sentido do movimento dos elétrons.

A Fig. III-2 resume todas as nossas observações.

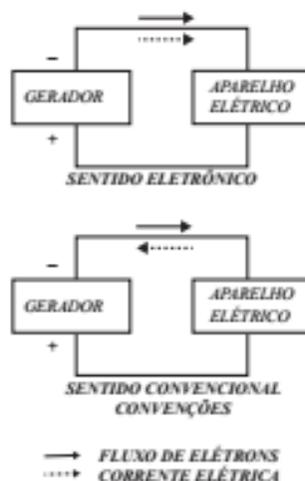


FIG. III-2

### Tipos de Correntes Elétricas

Há dois tipos gerais de correntes elétricas: corrente contínua (C.C.) e corrente alternada (C.A.).

Sabemos que uma corrente elétrica num condutor sólido é um fluxo de elétrons. Quando ligamos um aparelho elétrico a uma fonte de eletricidade, e os elétrons que percorrem o aparelho SAEM SEMPRE DO MESMO TERMINAL do gerador, dizemos que a CORRENTE É CONTÍNUA, isto é, tem sempre o mesmo sentido; neste caso, a fonte é um GERADOR DE CORRENTE CONTÍNUA.

O gerador de C.A. é aquele de onde os elétrons saem, ora de um terminal ora do outro. Conseqüentemente, os elétrons ficam num vaivém no circuito; durante algum tempo, um dos terminais é negativo em relação ao outro e, logo a seguir, as coisas se invertem. Esta mudança de sentido é normalmente periódica, variando, de acordo com o gerador, o número de vezes por segundo em que há mudança no sentido da corrente.

A C.A. é, por natureza, de intensidade variável. A C.C. pode ter ou não um valor constante.

Como exemplos mais comuns de fontes de C.C. podemos citar as pilhas. Os geradores existentes nas grandes usinas (Paulo Afonso, etc.) são fontes de C.A.

### Múltiplos e Submúltiplos Usuais

A seguir relacionamos os múltiplos e submúltiplos, geralmente usados, das unidades já estudadas:

#### Quantidade de Eletricidade (Q)

Quilocoulomb (kC)	= 1.000 C
Coulomb (C)	= 1 C
Milicoulomb (mC)	= 0,001 C
Microcoulomb ( $\mu$ C)	= 0,000.001 C

#### Intensidade de Corrente (I)

Quiloampère (kA)	= 1.000 A
Ampère (A)	= 1 A
Miliampère (mA)	= 0,001 A
Microampère ( $\mu$ A)	= 0,000.001 A

#### Tensão (E)

Megavolt (MV)	= 1.000.000 V
Quilovolt (kV)	= 1.000 V
Volt (V)	= 1 V
Milivolt (mV)	= 0,001 V
Microvolt ( $\mu$ V)	= 0,000.001 V

#### Resistência (R)

Megohm ( $M\Omega$ )	= 1.000.000 $\Omega$
Quilohm ( $k\Omega$ )	= 1.000 $\Omega$
Ohm ( $\Omega$ )	= 1 $\Omega$
Miliohm ( $m\Omega$ )	= 0.001 $\Omega$
Microhm ( $\mu\Omega$ )	= 0.000.001 $\Omega$

#### Condutância (G)

Siemens (S)	= 1 S
Milissiemens (mS)	= 0,001 S
Microsiemens ( $\mu$ S)	= 0,000.001 S

## PROBLEMAS

### QUANTIDADE DE ELETRICIDADE. LEI DE OHM. CONDUTÂNCIA

1 – Determinar o número de elétrons que percorrem o filamento de uma lâmpada, em 10 segundos, sabendo que um amperímetro acusou uma corrente de 2 ampères.

R.:  $125,6 \times 10^{18}$  elétrons

2 – Qual o tempo necessário para que o filamento de uma válvula seja percorrido por uma carga de 0,003 C, se a corrente que ele solicita é de 0,03 A?

R.: 0,1 s

3 – Um ferro elétrico esteve ligado durante meia hora, e um medidor colocado no circuito acusou uma corrente de 5 A. Qual a carga que passou pelo ferro?

R.: 9.000 C

4 – Se a quantidade de eletricidade que percorreu um circuito foi de 2 C, no tempo de 10 segundos, qual era a intensidade da corrente no mesmo?

R.: 0,2 A

5 – Uma bateria de acumuladores com uma “capacidade” de 30 Ah, que corrente máxima pode fornecer durante 5 horas?

R.: 6 A

6 – Um resistor de 30 ohms foi ligado a uma fonte de 150 V. Qual a quantidade de eletricidade que o percorreu em 3 horas?

R.: 54.000 C

7 – Uma lâmpada ligada a uma fonte de 110 V solicita uma corrente de 500 miliampères. Qual a resistência do seu filamento?

R.: 220 ohms

8 – Num circuito, um amperímetro indica uma corrente de 10 A. O aparelho que está ligado tem uma resistência de 300 ohms. Qual a tensão do gerador?

R.: 3.000 V

9 – O fabricante de uma válvula de rádio diz que seu filamento deve ser percorrido por uma corrente de 30 mA, para que funcione normalmente. Qual a tensão que lhe deve ser aplicada, sabendo-se que sua resistência é de 200 ohms? Determinar, também, a quantidade de eletricidade que passa pelo filamento em 3 horas.

R.: 6 V; 324 C

10 – Uma lâmpada tem indicada no seu bulbo uma tensão de 120 V. Qual a corrente que ela solicita quando é ligada a uma fonte de 112,5 volts? A resistência do seu filamento é de 200 ohms.

R.: 0,562.5 A

11 – Através de um resistor de 10 ohms passa uma quantidade de eletricidade de 1 Ah no tempo de 360 segundos. Calcular a tensão aplicada.

R.: 100 V

12 – Uma lâmpada ligada a um gerador solicita uma corrente de 0,5 A. Sabendo que esteve ligada durante 10 horas e que seu filamento tem uma resistência de 250 ohms, calcular:

- a) a tensão que lhe foi aplicada;
- b) a quantidade de eletricidade que passou pelo seu filamento;
- c) a condutância do filamento.

R.: 125 V; 18.000 C; 0,004 S

13 – Que valor deverá ter um resistor, para solicitar uma corrente de 0,5 A, ao ser ligado a uma fonte de 30 V? Dizer também qual será sua condutância e que quantidade de eletricidade irá percorrê-lo em meia hora.

R.: 60 ohms; 0,016 S; 900 C

14 – Por um resistor não deverá passar uma quantidade de eletricidade superior a 2,4 C, em 120 segundos, quando ele for submetido a uma diferença de potencial de 30 V. Qual o valor do resistor a ser usado? Qual a sua condutância? Qual a intensidade da corrente que irá percorrê-lo?

R.: 1.500 ohms; 0,000.6 S; 0,02 A

15 – Uma torradeira elétrica é projetada para solicitar 6 A, quando é aplicada uma tensão de 110 V aos seus terminais. Qual é o valor da corrente na torradeira, quando lhe são aplicados 120 V? Determinar também a condutância do elemento aquecedor da torradeira e a quantidade de eletricidade que o percorreu (com os 120 V) em dois minutos.

R.: 6,5 A; 0,05 S; 780 C