

ELETRICIDADE BÁSICA

1 – Evolução da Eletricidade

A palavra Eletricidade provém do latim *electricus*, que significa literalmente “produzido pelo âmbar por fricção”. Este termo tem as suas origens na palavra grega para âmbar *elektron*.

O filósofo grego, Tales de Mileto, ao esfregar um pedaço de âmbar numa pele de carneiro, observou que este atraía pedaços de palha.

Em 1600 William Gilbert estudando esses fenômenos, verificou que outros corpos possuíam a mesma propriedade do âmbar. Designou-os com o nome latino “*electricus*”.

A partir de 1729, Stephen Gray descobriu a condução da eletricidade, distinguindo entre condutores e isolantes elétricos, bem como, da indução eletrostática.

Benjamin Franklin descobriu em 1750 que, os relâmpagos são o mesmo que descargas elétricas e inventou o pára-raios.

Charles Augustin de Coulomb publicou em 1785, estudos sobre medição das forças de atração e repulsão entre dois corpos eletrizados (Lei de Coulomb).

Em 1788 James Watt construiu a primeira máquina a vapor. Esse invento que impulsionou a 1ª Revolução Industrial. Em sua homenagem, foi dado o seu nome à unidade de potência elétrica: **Watt (W)**.

Foi fundado na Inglaterra em 1799, o *Royal Institution of Great Britain* que ajudou o campo de investigação da eletricidade e magnetismo.

Também em 1799, Alessandro Volta provou que a eletricidade podia ser produzida utilizando metais diferentes separados por uma solução salina. Volta utilizou discos de cobre e zinco separados por feltro embebido em ácido sulfúrico para produzir este efeito. Alessandro Volta explicou a experiência de Luigi Aloísio Galvani em 1786, colocando entre dois metais a perna de uma rã morta, produzindo contrações nesta. Ao agregar estes discos uns por cima dos outros, Volta criou a pilha elétrica. A pilha foi a primeira forma controlada de eletricidade contínua e estável. Em sua homenagem, foi dado o seu nome à unidade de medida de potencial elétrico: Volt (V).

Em 1819, Hans Christian Oersted detectou e investigou a relação entre a eletricidade e o magnetismo (eletromagnetismo).

André Marie Ampère desenvolveu em 1820, um estudo e estabeleceu as leis do eletromagnetismo. Em sua homenagem, foi dado o seu nome à unidade de medida de intensidade de corrente elétrica: **Ampère (A)**.

Em 1827, Joseph Henry iniciou uma série de experiências eletromagnéticas e descobriu o conceito de indução elétrica, construindo o primeiro motor elétrico.

Também em 1827, Georg Simon Ohm, trabalhando no campo da corrente elétrica desenvolveu a primeira teoria matemática da condução elétrica nos circuitos: Lei de Ohm. O trabalho só foi reconhecido em 1841. Em sua homenagem, foi dado o seu nome à unidade de resistência elétrica: **Ohm (Ω)**

Em 1831, Michel Faraday descobriu o fenômeno da indução eletromagnética, explicando que é necessária uma alteração no campo magnético para criar corrente. Faraday descobriu que a variação na intensidade de uma corrente elétrica que percorre um circuito fechado, induz uma corrente numa bobina próxima. Observou também, uma corrente induzida ao introduzir-se um ímã nessa bobina. Estes resultados tiveram uma rápida aplicação na geração de corrente elétrica.

Em 1838, Samuel Finley Breese Morse conclui o seu invento do telégrafo.

Em 1860, Antonio Pacinotti construiu a primeira máquina de corrente contínua com enrolamento fechado em anel. Nove anos depois, Zénobe Gramme apresentou a sua máquina dínamo - elétrico, aproveitando o enrolamento em anel.

Em 1875 foi instalado, em uma estação de trem em Paris, um gerador para acender as lâmpadas da estação, através da energia elétrica. Foram fabricadas máquinas a vapor para movimentar os geradores.

A distribuição de eletricidade é feita inicialmente em condutores de ferro, posteriormente de cobre e a partir de 1850, os fios são isolados por uma goma vulcanizada.

Em 1873 foi realizada pela primeira vez a reversibilidade das máquinas elétricas, através de duas máquinas Gramme que funcionavam, uma como geradora e a outra como motora. Ainda neste mesmo ano foi publicado o Tratado sobre Eletricidade e Magnetismo por James Clerk Maxwell. Este tratado, juntamente com as experiências levadas a efeito por Heinrich Rudolph Hertz em 1885 sobre as propriedades das ondas eletromagnéticas geradas por uma bobina de indução, demonstrou que as ondas de rádio e luz são ondas eletromagnéticas, diferindo apenas na sua frequência.

Em 1876, Alexandre Graham Bell patenteou o primeiro telefone com utilização prática.

Thomas Alvas Edison fez uma demonstração pública de sua lâmpada incandescente, em 1879. Essa lâmpada possibilitou o fim da iluminação feita através de chama de azeite, gás etc, que foi substituída pela iluminação de origem elétrica. No mesmo ano, Ernest Werner von Siemens pôs em circulação, em uma exposição em Berlim, o primeiro comboio movido a energia elétrica.

A primeira central hidroelétrica foi instalada em 1886 nas cataratas do Niágara. Na década subsequente foram ensaiados, os primeiros transportes de energia elétrica em corrente contínua. Máquinas elétricas como o alternador, o

transformador e o motor assíncrono foram desenvolvidos ao ser estabelecida a supremacia da corrente alternada sobre a corrente contínua.

Guglielmo Marchese Marconi aproveitando estas idéias dez anos mais tarde, utiliza ondas de rádio no seu telégrafo sem fio. Em 1901 foi transmitida a primeira mensagem de rádio através do Oceano Atlântico.

O elétron, partícula de carga negativa presente no átomo, foi descoberto por Joseph Jone Thompson em 1897.

Em 1907 Ernest Rutherford, Niels Bohr e James Chadwick estabeleceram a atual definição de estrutura do átomo, até então, considerada a menor porção de matéria não divisível.

1.1 - Energia

Energia é a capacidade de produzir trabalho e ela pode se apresentar sob várias formas: Energia Térmica; Energia Mecânica; Energia Elétrica; Energia Química; Energia Atômica, etc.

Uma das mais importantes características da energia é a possibilidade de sua transformação de uma forma para outra.

Por exemplo: a energia térmica pode ser convertida em energia mecânica (motores de combustão interna), energia química em energia elétrica (pilhas) etc.

Entretanto, na maioria das formas em que a energia se apresenta, ela não pode ser transportada, ela tem que ser utilizada no mesmo local em que é produzida.

1.1.1 - Energia Elétrica

A energia elétrica é uma forma de energia que pode ser transportada com maior facilidade. Para chegar a uma casa, nas ruas, no comércio, ela percorre um longo caminho a partir das usinas geradoras de energia.

A energia elétrica passa por 3 principais etapas:

- a) Geração:** A energia elétrica é produzida a partir da energia mecânica de rotação de um eixo de uma turbina que movimenta um gerador. Esta rotação é causada por diferentes fontes primárias, como por exemplo, a força da água que cai (hidráulica), a força do vapor (térmica) que pode ter origem na queima do carvão, óleo combustível ou, ainda, na fissão do urânio (nuclear).
- b) Transmissão:** As usinas hidroelétricas nem sempre se situam próximas aos centros consumidores de energia elétrica. Por isso, é preciso transportar a energia elétrica produzida nas usinas até os locais de consumo: cidades, indústrias, propriedades rurais, etc. Para viabilizar o

transporte de energia elétrica, são construídas as Subestações elevadoras de tensão e as Linhas de Transmissão.

c) Distribuição: Nas cidades são construídas as subestações transformadoras. Sua função é baixar a tensão do nível de Transmissão (muito alto, entre 34 kV até mais de 750 kV), para o nível de Distribuição. A Rede de Distribuição recebe a energia elétrica em um nível de tensão adequado à sua Distribuição por toda a cidade, porém, inadequada para sua utilização imediata para a maioria dos consumidores. Assim, os transformadores instalados nos postes das cidades fornecem a energia elétrica diretamente para as residências, para o comércio e outros locais de consumo, no nível de tensão (127/220 V, por exemplo), adequado à utilização.

1.2 - Tensão e Corrente Elétrica

Todas as substâncias, gasosas, líquidas ou sólidas, são constituídas de pequenas partículas invisíveis a olho nu, denominadas átomos.

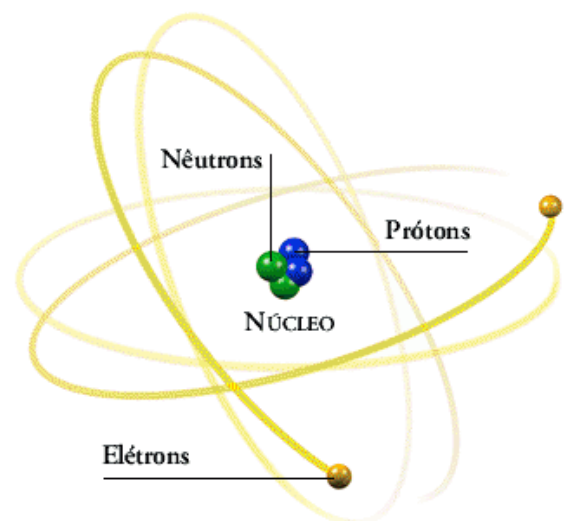
O átomo é composto de três partículas básicas: **Prótons**, **Nêutrons** e **Elétrons**. Os Prótons e os Nêutrons formam o núcleo do átomo. O Próton tem carga positiva e o Nêutron não possui carga elétrica. As suas massas são equivalentes.

O Elétron possui uma carga negativa e a sua massa, por ser muito pequena, é desprezível.

Em um átomo, o número de Elétrons é igual ao número de Prótons, sendo, portanto, o átomo eletricamente neutro, pois a soma das cargas dos Elétrons (negativas) com as cargas dos Prótons (positivas) é igual a zero. Os Elétrons existentes em um condutor de eletricidade estão em constante movimento desordenado.

Para que estes elétrons se movimentem de forma ordenada nos fios, é necessário ter uma força que os empurre. Essa força é chamada de **Tensão Elétrica** (U). Sua unidade de medida é o Volt. O símbolo desta unidade é V. Exemplo: Tensão elétrica de 127 V (Volts).

O movimento ordenado de elétrons, provocado pela tensão elétrica, forma uma **corrente de elétrons**. Essa corrente de elétrons é chamada de Corrente Elétrica (I). Sua unidade de medida é o Ampère. O símbolo desta unidade é A. Exemplo: Corrente elétrica de 10 A (Ampères).

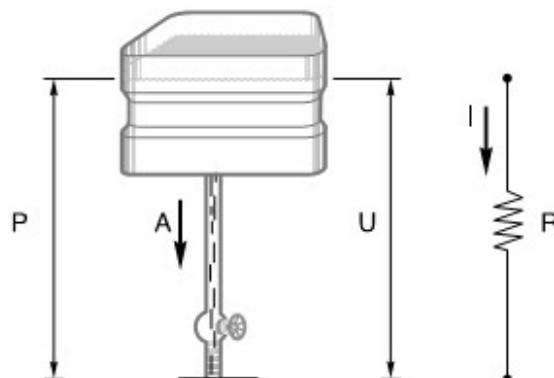


Para que se tenha uma idéia do comportamento da tensão e da corrente elétrica, será feita uma analogia com uma instalação hidráulica.

A pressão feita pela água depende da altura da caixa d'água. A quantidade de água que flui pelo cano vai depender: desta pressão, do diâmetro do cano e da abertura da torneira.

De maneira semelhante, no caso da energia elétrica, tem-se:

- A pressão da energia elétrica é chamada de DDP (Diferença de Potencial) ou Tensão Elétrica (U).
- A Corrente Elétrica (I) que circula pelo circuito depende da Tensão e da Resistência Elétrica (R).



Diferença de Potencial

Em virtude da força do seu campo eletrostático, uma carga elétrica é capaz de realizar trabalho ao deslocar uma outra carga por atração ou repulsão. A capacidade de uma carga realizar trabalho é chamada de potencial. Quando uma carga for diferente da outra, haverá uma diferença de potencial entre elas.

A soma das diferenças de potencial de todas as cargas do campo eletrostático é conhecida como força eletromotriz (fem).

A unidade fundamental de diferença de potencial é o volt (V). O símbolo usado para a diferença de potencial é V , que indica a capacidade de realizar trabalho ao se forçar os elétrons a se deslocarem.

A diferença de potencial é chamada de tensão. (Alguns usam inadequadamente a expressão voltagem).

Exemplo: Qual é o significado da tensão de saída de uma bateria ser igual a 6 V?

Uma tensão de saída de 6 V quer dizer que a diferença de potencial entre os dois terminais da bateria é de 6 V. Assim sendo, a tensão é basicamente a diferença de potencial entre dois pontos.

Corrente

O movimento ou o fluxo de elétrons é chamado de corrente. Para se produzir a corrente, os elétrons devem se deslocar pelo efeito de uma diferença de potencial. A corrente é representada pela letra I . A unidade fundamental com que se mede a corrente é o ampère (A). Um ampère de corrente é definido como

o deslocamento de um coulomb através de um ponto qualquer de um condutor durante um intervalo de tempo de um segundo.

Exemplo: Se uma corrente de 2 A passar através de um medidor durante 1 minuto, quantos coulombs passam pelo medidor?

1 A é 1 C por segundo (C/s). 2 A é 2 C/s. Como em 1 min existem 60 s, $60 \times 2 \text{ C} = 120 \text{ C}$ passam através do medidor em 1 min.

A definição da corrente pode ser expressa por meio de uma equação:

A carga difere da corrente, pois Q representa um acúmulo de carga e I mede a intensidade das cargas em movimento.

Calcule:

a) $I = 2 \text{ A}$, $T = 60 \text{ s}$, $Q = ?$

$$Q = I \times T$$

$$Q = 2 \times 60 = 120 \text{ C}$$

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

onde $I =$ corrente, A

$Q =$ carga, C

$T =$ tempo, s

ou $Q = I \times T = IT$

1.3 - Resistência Elétrica - Lei de Ohm

É chamada de **Resistência Elétrica (R)** a oposição que o circuito oferece à circulação da corrente elétrica. A unidade da Resistência Elétrica é o **Ohm** e o seu símbolo é o Ω (letra grega chamada de ômega).

Lei de Ohm, assim chamada, devido ao físico que a descobriu essa Lei estabelece que: se for aplicado em um circuito elétrico, uma tensão de **1 V**, cuja resistência elétrica seja de **1 Ω** , a corrente que circulará pelo circuito, será de **1 A**.

Com isso tem-se:

$$I = U / R$$

Desta relação pode-se tirar outras, como:

$$U = R \times I \text{ e } R = U / I$$

Onde:

U: Tensão Elétrica;

I: Corrente Elétrica;

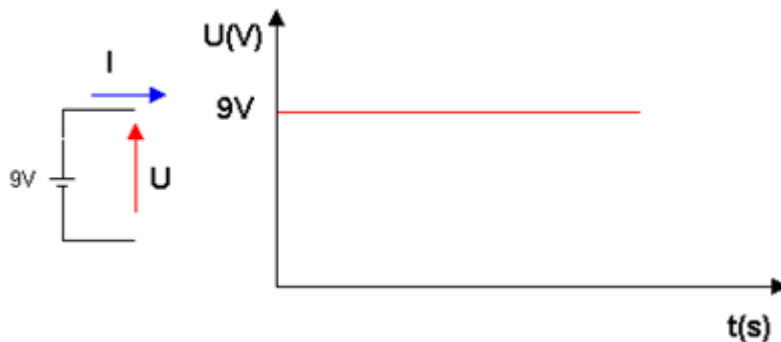
R: Resistência Elétrica.

1.4 - Corrente Contínua e Corrente Alternada

A energia elétrica é transportada sob a forma de corrente elétrica e pode apresentar-se sob duas formas:

- Corrente Contínua (CC)
- Corrente Alternada (CA)

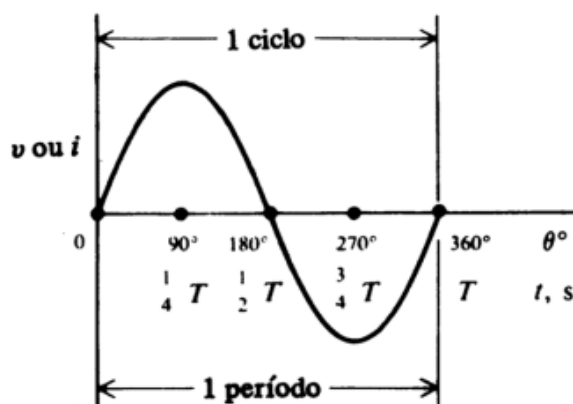
A **Corrente Contínua** (CC) é aquela que mantém sempre a mesma polaridade, fornecendo uma tensão elétrica (ou corrente elétrica) com uma forma de onda constante (sem oscilações), como é o caso da energia fornecida pelas pilhas e baterias. Tem-se um pólo positivo e outro negativo.



A **Corrente Alternada** (CA) tem a sua polaridade invertida certo número de vezes por segundo, isto é, a forma de onda oscila diversas vezes em cada segundo.

O número de oscilações (ou variações) que a tensão elétrica (ou corrente elétrica) faz por segundo é denominado de **Freqüência**.

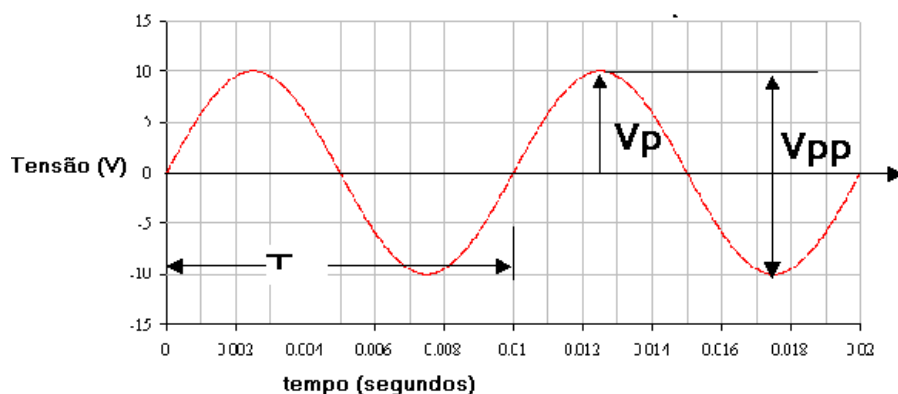
A sua unidade é **Hertz** e o seu símbolo é **Hz**. Um Hertz corresponde a um ciclo completo de variação da tensão elétrica durante um segundo. No caso da energia elétrica fornecida no Brasil, a freqüência é de 60 Hz, no Paraguai e em outros países encontramos freqüências de 50 Hz.



A grande maioria dos equipamentos elétricos funciona em corrente alternada (CA), como os motores de indução, os eletrodomésticos, lâmpadas de iluminação etc. A corrente contínua (CC) é menos utilizada. Como exemplo, tem-se: os sistemas de segurança e controle, os equipamentos que funcionam com pilhas ou baterias, os motores de corrente contínua, etc.

Na figura ao lado vemos a representação do valor de pico (V_p) e do valor de pico a pico (V_{pp}).

No caso da corrente alternada temos a tensão e corrente de pico V_p que é o valor máximo de tensão ou corrente que o circuito chega tanto positivo como negativo conforme ilustra a figura acima. Temos também V_{pp} (valor pico a pico) que seria o dobro da tensão ou corrente de pico, considerando que V_p tenha o mesmo valor tanto negativo quanto



positivo.

Temos também o RMS (valor eficaz), tanto a corrente quanto a tensão possuem um valor eficaz, que é a parcela que realmente é utilizada para fazer trabalho. Esta parcela em elétrica é 0,707 vezes o valor de pico.

1.5 - Potência Elétrica

A Potência é definida como sendo o trabalho efetuado na unidade do tempo. A **Potência Elétrica (P)** é calculada através da multiplicação da Tensão pela Corrente Elétrica de um circuito. A unidade da Potência Elétrica é o **Watt** e o seu símbolo é **W**.

Uma lâmpada ao ser percorrida pela corrente elétrica, ela acende e aquece. A luz e o calor produzido nada mais são do que o resultado da potência elétrica que foi transformada em potência luminosa (luz) e potência térmica (calor).

Tem-se que: **$P = U \times I$ (Watts)**

Como **$U = R \times I$** e **$I = U / R$**

Pode-se calcular também a **Potência (P)** através dos seguintes modos:

$P = (R \times I) \times I$ ou **$P = R \times I^2$**

Então tem-se: **$P = U \times (U / R)$** ou **$P = U^2 / R$**

Onde:

P: Potência Elétrica;

U: Tensão Elétrica;

I: Corrente Elétrica;

R: Resistência Elétrica.

1.6 - Cálculo da Energia Elétrica

A Energia Elétrica (E) é a Potência Elétrica (P) vezes o tempo de utilização (em horas, por exemplo) do qual o fenômeno elétrico acontece (uma lâmpada acesa, por exemplo).

$E = (U \times I) \times t$ ou **$E = P \times t$**

A unidade de Energia Elétrica (E) é o **Watt-hora** e o seu símbolo é **Wh**.

Onde:

E: Energia Elétrica;

P: Potência Elétrica;

U: Tensão Elétrica;

I: Corrente Elétrica;

t: Tempo normalmente nesse caso, é adotado em horas (h).