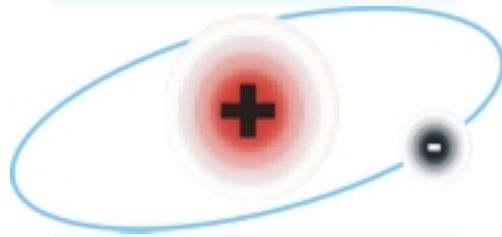


# SISTEMAS ELÉTRICOS



MARÍTIMO



## Sumário

<b>1</b>	<b>A Natureza da eletricidade</b> .....	<b>5</b>
1.1	Conceito .....	5
1.2	Teoria atômica .....	5
1.3	Fontes da eletricidade .....	7
1.4	Cargas elétricas .....	8
1.5	Forças de atração e repulsão entre as cargas .....	9
1.6	Lei de Coulomb .....	9
<b>2</b>	<b>Tensão, corrente e resistência elétricas</b> .....	<b>10</b>
2.1	Resistividade e condutividade elétricas .....	10
2.2	Materiais condutores e materiais isolantes .....	10
2.3	Tensão, força eletromotriz, diferença de potencial e voltagem .....	10
2.4	Tensões contínua e alternada .....	12
2.5	Valores das tensões contínua e alternada .....	13
2.6	Freqüência elétrica de uma tensão .....	15
2.7	Descarga elétrica .....	16
2.8	Corrente elétrica .....	17
2.9	Corrente contínua e corrente alternada .....	18
2.10	Sentido da corrente elétrica .....	18
2.11	Resistência elétrica .....	20
2.12	Lei de OHM .....	21
2.13	Choque elétrico .....	21
<b>3</b>	<b>Potência e energia</b> .....	<b>22</b>
3.1	Potência elétrica .....	22
3.2	Potência elétrica em corrente contínua .....	23
3.3	Potência elétrica em corrente alternada .....	23
3.4	Diferentes potências elétricas .....	23
3.5	Efeito Joule .....	24
3.6	Energia Elétrica .....	25
<b>4</b>	<b>Medições com instrumentos elétricos</b> .....	<b>26</b>
4.1	Voltímetro .....	26
4.2	Amperímetro .....	27
4.3	Alicate amperímetro .....	27
4.4	Ohmímetro .....	28
4.5	Megohmetro .....	29
4.6	Wattímetro .....	29
4.7	Multímetro ou multiteste .....	30
<b>5</b>	<b>Circuitos elétricos</b> .....	<b>31</b>
5.1	O Circuito elétrico .....	31
5.2	Curto-circuito .....	32
5.3	Sobrecarga elétrica .....	32
5.4	Proteção do circuito elétrico .....	33

<b>6</b>	<b>Geradores</b> .....	<b>36</b>
6.1	Definição .....	36
6.2	Composição estrutural do gerador .....	36
6.3	Princípio de funcionamento do gerador .....	36
6.4	Tipos de gerador .....	37
6.5	Paralelismo de geradores .....	37
6.6	Sincronização de geradores .....	38
<b>7</b>	<b>Baterias</b> .....	<b>39</b>
7.1	A Pilha voltaica ou célula química .....	39
7.2	Pilhas primária secundária .....	39
7.3	Bateria de chumbo-ácido .....	41
7.4	Descarga e recarga da bateria .....	42
7.5	Bateria de níquel-cádmio .....	43
	<b>Bibliografia</b> .....	<b>44</b>

## Introdução

O conhecimento do sistema de produção de energia elétrica a bordo é essencial para operação e segurança das embarcações.

Nesta disciplina vamos apresentar conceitos básicos referentes à eletricidade, bem como a descrição a descrição e operação dos geradores e baterias.

### 1 A Natureza da eletricidade

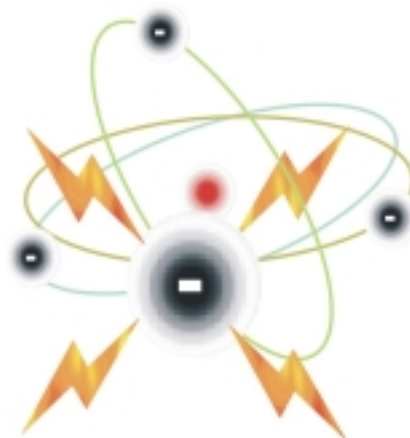
Tão utilizada nos tempos atuais e, por conseguinte, bastante mencionada, praticamente todos compreendem a sua importância. Mas, na verdade, o que é a eletricidade?

#### 1.1 Conceito

Eletricidade é o resultado do movimento de elétrons de um ponto para outro ou do excesso ou falta de elétrons em um corpo.

Essa definição, apesar de compacta, engloba os conceitos da **eletricidade dinâmica**, quando cita a movimentação dos elétrons, e da **eletricidade estática ou potencial**, quando menciona a quantidade de elétrons em um corpo.

Ao apreciarmos o conceito físico em geral, podemos observar que tanto em sua parte dinâmica como em sua parte estática a participação dos elétrons é essencial, sendo estes considerados como partículas minúsculas de eletricidade que estão presentes em todas as substâncias.



**Elétrons em órbitas**

#### 1.2 Teoria atômica

Foi no século XX, entre 1921 e 1930, que os cientistas conseguiram visualizar um átomo, a menor parte de uma substância que mantém as características dessa substância, e, assim, estudá-lo e compreendê-lo.

Observou-se que um átomo é composto de duas partes distintas: um núcleo, onde se armazenam os prótons e os nêutrons e, a girar em torno desse núcleo, a chamada órbita, os elétrons.

Se observarmos a representação de um átomo de Hidrogênio, notaremos que sua estrutura é como a de um sol com um planeta girando a seu redor.



**Átomo de hidrogênio**

O sol é o núcleo do átomo enquanto o planeta vem a ser o elétron.

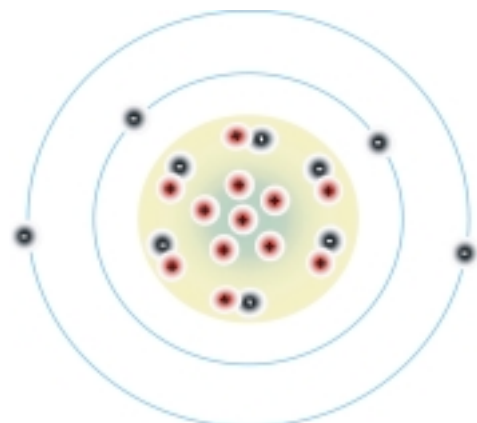
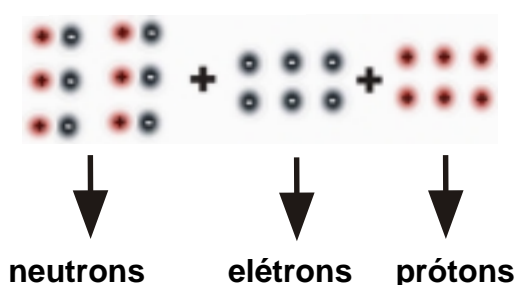
O elétron possui carga elétrica negativa e o núcleo, por influência do próton, carga elétrica positiva. A órbita do elétron é mantida por uma força de atração entre este e o núcleo.

Eletricamente, o nêutron não é importante, sendo desconsiderado quando do estudo do átomo, por não apresentar nenhum tipo de carga elétrica, vindo daí sua designação que reflete sua condição elétrica: neutra.

Sob condição normal, em um átomo o número total de elétrons, carregados negativamente, que orbitam ao redor do núcleo se iguala ao número total de prótons, carregados positivamente, existentes nesse núcleo. Assim, sob condição normal, um átomo possui carga elétrica neutra, ou não possui carga elétrica, devido à carga positiva dos prótons anular a carga negativa dos elétrons. Em resumo: sob condição normal, a quantidade de elétrons de um átomo é igual à quantidade de prótons desse mesmo átomo.

Átomos de elementos diferentes possuem quantidades diferentes de prótons em seus núcleos e, conseqüentemente, quantidades diferentes de elétrons em suas órbitas, que acompanharão em número a quantidade de prótons de seus respectivos átomos.

Vejamos por exemplo um átomo de Carbono.



**Átomo de carbono**

Os elétrons das órbitas externas, ou seja, das órbitas mais distantes do núcleo, são atraídos pelo núcleo com menor força que os elétrons das órbitas mais próximas. Esses elétrons externos são chamados de “elétrons livres”, pois podem ser facilmente retirados das suas órbitas. Já os elétrons das órbitas internas, ou seja das órbitas mais próximas do núcleo, são chamados de “elétrons presos”, porque não podem ser retirados de suas órbitas com facilidade.

É o movimento dos elétrons livres, ao serem retirados de suas órbitas, que forma uma corrente elétrica, ou seja, a eletricidade dinâmica.

### 1.3 Fontes da eletricidade

Para a retirada dos elétrons livres, uma força externa ao átomo, chamada de fonte de eletricidade, deverá ser utilizada.

São em número de seis as fontes básicas de eletricidade que podem ser utilizadas:

- 1) Fricção (ou atrito) - friccionando-se dois materiais distintos, um cederá elétrons livres ao outro.
- 2) Pressão (ou piezoelectricidade) - a pressão mecânica sobre certos cristais, como o cristal de quartzo por exemplo, faz com que estes cedam elétrons livres.
- 3) Calor (ou termoelectricidade) - o aquecimento da junção de dois metais diferentes faz com que um dos metais ceda elétrons livres ao outro. Também conhecido como sistema do “termopar”, que não deve ser confundido com a “termoelétrica”.
- 4) Luz (ou fotoelectricidade) - a incidência de luz sobre substâncias fotossensitivas faz com que estas liberem elétrons livres.
- 5) Ação química - a reação química entre elementos distintos envoltos numa solução faz com que um dos elementos ceda elétrons livres ao outro elemento.
- 6) Magnetismo - o movimento de um corpo dentro de um campo magnético faz com que este varie sua quantidade de elétrons livres.

Das seis fontes citadas, as fontes da “ação química”, encontrada nas pilhas e baterias em geral, e do “magnetismo”, encontrada nos geradores, são os meios comumente utilizados como fontes de eletricidade nas condições industriais e comerciais, sendo as demais fontes utilizadas em condições específicas ou laboratoriais.

## 1.4 Cargas elétricas

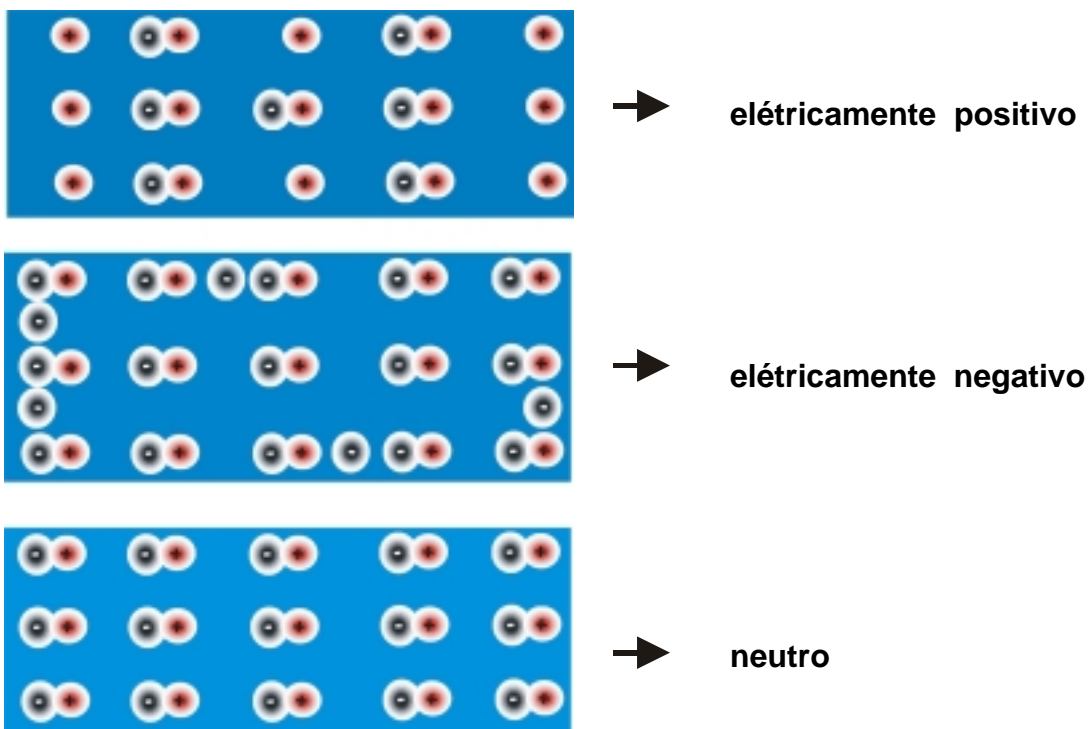
Os elétrons livres que forem retirados de suas órbitas causarão uma falta de elétrons no lugar de onde saíram e, conseqüentemente, um excesso no ponto que atingiram.

A quantidade de elétrons livres que foram retirados de um corpo e atingiram um outro corpo é expressa em "Coulomb".

Para uma melhor compreensão dessa unidade, podemos fazer uma comparação com a medição de cereais. Cada grão em si, como o do arroz por exemplo, é muito pequeno para ser usado como unidade de medida e por isso emprega-se o quilograma, que contém algumas dezenas, centenas ou mesmo milhares de grãos, dependendo do tipo de cereal, como unidade prática. O mesmo raciocínio emprega-se para a medição dos elétrons livres que formarão a carga elétrica, visto o elétron ser muito pequeno. Assim, como unidade prática para sua quantificação emprega-se o Coulomb, que representa aproximadamente 6,25 milhões de milhões de milhões de elétrons. Portanto, o Coulomb mede a quantidade de carga elétrica ou o número de elétrons de uma carga.

O excesso de elétrons em uma substância é chamado de carga negativa, devido ao maior número de elétrons em relação ao número de prótons, enquanto que a falta de elétrons em uma substância é chamada de carga positiva, devido ao menor número de elétrons em relação ao número de prótons.

Quando essas cargas existirem, positiva ou negativa, teremos o que é conhecido como eletricidade estática ou potencial.

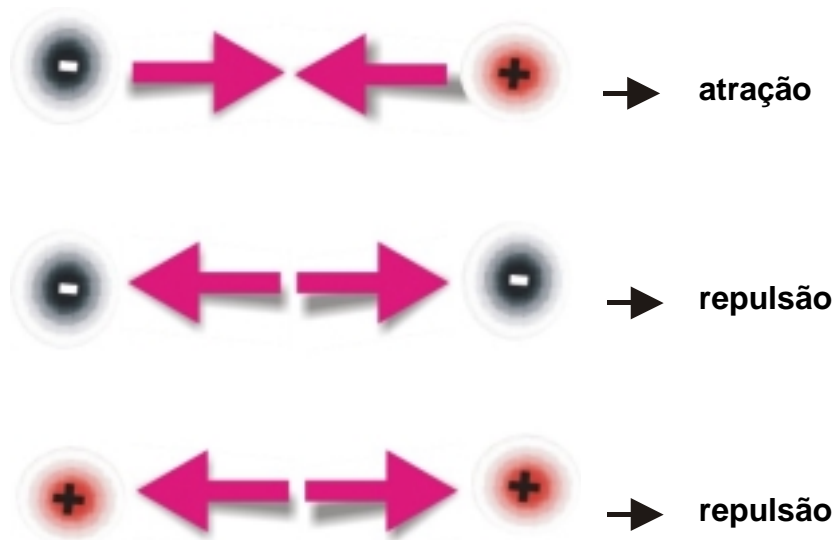


## 1.5 Forças de atração e repulsão entre as cargas

Quando os corpos se apresentam carregados de eletricidade estática, eles se comportam de maneira diferente do normal.

Se uma esfera carregada positivamente for colocada próxima de outra carregada negativamente, elas se atrairão mutuamente, ou seja uma atrairá a outra. Esta atração acontece porque o excesso de elétrons da carga negativa procura encontrar um lugar que tenha necessidade de elétrons, o corpo carregado positivamente.

Já se uma esfera carregada positivamente for colocada próxima de outra também carregada positivamente, ou estando ambas carregadas negativamente, elas se repelirão mutuamente, devido a ambas as cargas terem o mesmo interesse: o de obter elétrons, quando carregadas positivamente, ou o de descarregar elétrons, quando carregadas negativamente.



**Forças de atração e repulsão**

## 1.6 Lei de Coulomb

A força que age entre dois corpos carregados é variável, dependendo da carga elétrica de cada corpo e da distância entre esses dois corpos.

Após observar e estudar esse fenômeno, o pesquisador físico Coulomb resumiu seu trabalho no seguinte enunciado, que em sua homenagem recebeu a designação de “Lei de Coulomb”: “A intensidade da força elétrica entre duas cargas elétricas é diretamente proporcional ao produto dos módulos das quantidades de carga e inversamente proporcional ao quadrado da distância entre esses dois corpos.”

Pelo enunciado da Lei, podemos, então, observar que para uma mesma quantidade de carga, quanto mais próximos estiverem os corpos maior será a força atuante entre eles e vice-versa, ou que para uma mesma distância entre os corpos carregados, quanto maior for a quantidade de carga elétrica dos corpos maior será a força atuante entre esses e vice-versa.

## 2 Tensão, corrente e resistência elétricas

### 2.1 Resistividade e condutividade elétricas

Assim como observamos que átomos de elementos diferentes apresentam quantidades diferentes de prótons em seus núcleos e, conseqüentemente, de elétrons em suas órbitas, também átomos de elementos diferentes apresentam uma maior ou menor facilidade em liberar seus elétrons livres.

Substâncias consideradas de boa, ou grande, condutividade elétrica são aquelas formadas por átomos com maior facilidade em liberar seus elétrons livres, enquanto outras substâncias, ditas de maior resistividade elétrica, são aquelas compostas por átomos que libertam facilmente seus elétrons das órbitas externas.

Portanto, a condutividade elétrica é o oposto da resistividade elétrica e vice-versa.

### 2.2 Materiais condutores e isolantes

Materiais ditos condutores elétricos são aqueles compostos por substâncias de grande condutividade elétrica, oferecendo assim baixa resistência à passagem do fluxo de elétrons. Empregados para conduzir ou transportar a eletricidade, são os metais, como o ouro, a prata, o cobre e o alumínio os condutores elétricos mais empregados. O carbono e a água, principalmente a salgada, são exemplos de substâncias não metálicas, entre outras, que podem ser usadas como condutores elétricos.

Já os materiais ditos isolantes elétricos são aqueles compostos por substâncias de grande resistividade elétrica, oferecendo assim grande resistência à passagem do fluxo de elétrons. São utilizados para bloquear ou isolar a eletricidade. Dentre os materiais isolantes elétricos mais utilizados podemos destacar o vidro, o papel, a borracha, a madeira, a cerâmica e alguns tipos de plásticos.

Um fio elétrico comum de emprego doméstico é um bom exemplo de um condutor elétrico.

### 2.3 Tensão, força eletromotriz, diferença de potencial e voltagem

Chama-se “força eletromotriz” (FEM) a força responsável pelo fluxo de elétrons de uma carga elétrica mais negativa, maior número de elétrons, para uma carga menos negativa, com menor número de elétrons, ou positiva, com ausência de elétrons em relação ao seus prótons.



**Força eletromotriz**

O potencial elétrico de uma carga é igual à quantidade de trabalho, de uma das fontes de eletricidade, que se utilizou para produzir a carga, sendo a unidade utilizada para representar esse trabalho expressa em Volt, cujo símbolo é V.

No caso da retirada de elétrons de um corpo, considera-se o potencial elétrico desse corpo como sendo positivo, enquanto na adição de elétrons a um corpo, considera-se seu potencial elétrico como negativo.

A força eletromotriz que existe entre duas cargas é igual à diferença dos potenciais elétricos entre essas cargas, sendo, portanto, também expressa em Volt. Observe-se que, como numa conta comum de subtração, o valor menor será sempre retirado do valor maior.

Em termos práticos, podemos considerar as designações tensão, força eletromotriz, diferença de potencial e voltagem como sinônimos, expressando uma mesma grandeza, sendo todas essas designações expressas em Volt.

Existirá sempre uma tensão entre duas cargas elétricas que não sejam exatamente iguais, a diferença de potenciais elétricos, pois no caso de potenciais idênticos, em grandeza e sentido, o diferencial será zero.

**Exemplos:**  $(12 \text{ V}) - (12 \text{ V}) = 0 \text{ V}$   
 $(-24 \text{ V}) - (-24 \text{ V}) = 0 \text{ V}$

Mesmo um corpo sem carga elétrica, 0 V, terá uma diferença de potencial elétrico em relação a um outro corpo carregado.

**Exemplos:**  $(36 \text{ V}) - (0 \text{ V}) = 36 \text{ V}$   
 $(0 \text{ V}) - (-36 \text{ V}) = 36 \text{ V}$

Entre duas cargas de potenciais elétricos positivos ou de potenciais elétricos negativos, ou seja, cargas elétricas de mesmo sentido, haverá uma voltagem, desde que quantitativamente as cargas não sejam iguais.

**Exemplos:**  $(12 \text{ V}) - (10 \text{ V}) = 2 \text{ V}$   
 $(-24 \text{ V}) - (-36 \text{ V}) = 12 \text{ V}$ . Não esqueça que é o menor retirado do maior.

Portanto, a tensão não é usada para expressar a quantidade de carga elétrica disponível, mas para indicar uma comparação entre as cargas, ou os potenciais elétricos e, conseqüentemente, a força eletromotriz entre estas.

Pelo princípio da diferença entre potenciais, podemos afirmar que uma tensão sempre terá um valor positivo, mesmo que obtida entre cargas negativas.

O referencial maior para se medir o potencial elétrico de um corpo é compará-lo com a Terra, representada pelo solo propriamente dito, que apresenta potencial 0 V. Assim, ao se comparar o potencial pretendido com o potencial da Terra, ou seja, obter a tensão, encontra-se o valor do potencial.

**Exemplo:**  $(X \text{ V}) - (0 \text{ V}) = 12 \text{ V}$ . Representa que potencial X V vale 12 V.

## 2.4 Tensões contínua e alternada

Quando a diferença de potencial entre dois corpos mantiver a condição de um dos corpos ser sempre o mais positivo, ou o mais negativo, entre as duas cargas, independentemente das grandezas dessas cargas, durante todo o tempo de suprimento da tensão teremos a chamada tensão contínua, expressa como VCC, voltagem de corrente contínua, ou, em inglês, VDC, “voltage of direct current”.

### Exemplos:

Corpo “A” (12 V)	Corpo “B” (10 V)	= 2 V.	(Instante 1)
Corpo “A” (12 V)	Corpo “B” (8 V)	= 4 V.	(Instante 2)
Corpo “A” (10 V)	Corpo “B” (6 V)	= 4 V.	(Instante 3)
Corpo “A” (10 V)	Corpo “B” (8 V)	= 2 V.	(Instante 4)
Corpo “A” (-12 V)	Corpo “B” (-24 V)	= 12 V.	(Instante 5)
Corpo “A” (-10 V)	Corpo “B” (-12 V)	= 2 V.	(Instante 6)

Mesmo variando as grandezas das cargas e das tensões, o Corpo “A” é sempre o mais positivo, ou o Corpo “B” é o mais negativo em todos os instantes da tensão. Ou seja, o fluxo de elétrons sempre será do Corpo “B” para o Corpo “A”.

Quando numa diferença de potencial entre dois corpos, mesmo mantendo o valor da tensão constante, variar a condição de um dos corpos ser o mais positivo, ou o mais negativo, durante o tempo de suprimento da tensão teremos a chamada tensão alternada, expressa como VCA, voltagem de corrente alternada ou, em inglês, VAC, “voltage of alternated current”.

### Exemplos:

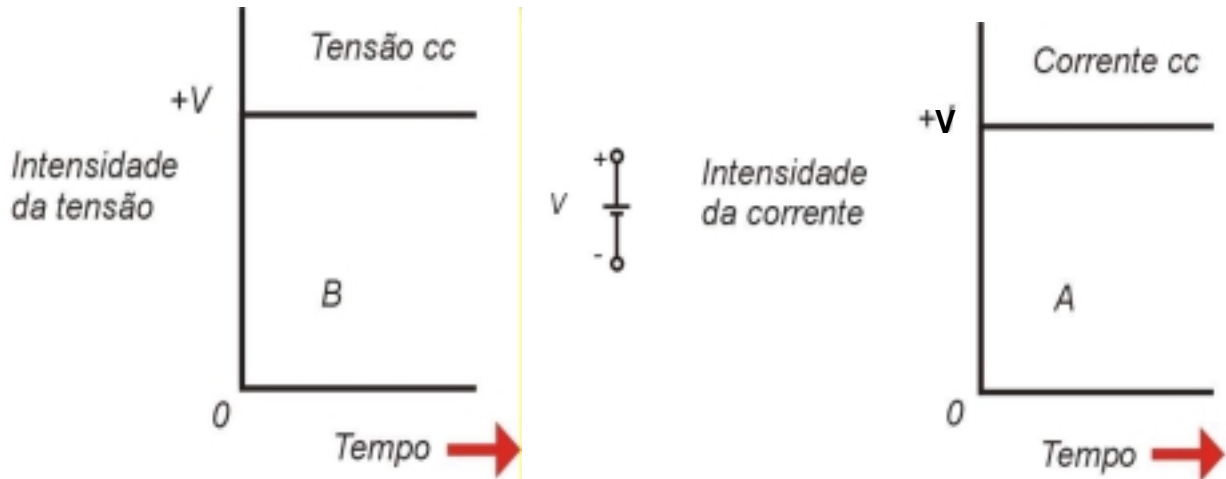
Corpo “A” (12 V)	Corpo “B” (4 V)	= 8V	(Instante 1)
Corpo “B” (20 V)	Corpo “A” (12 V)	=8 V	(Instante 2)
Corpo “A” (10 V)	Corpo “B” (2 V)	= 8V	(Instante 3)
Corpo “B” (3 V)	Corpo “A” (-5 V)	= 8V	(Instante 4)
Corpo “A” (-5 V)	Corpo “B” (-13 V)	= 8V	(Instante 5)
Corpo “B” (-4 V)	Corpo “A” (-12 V)	= 8V	(Instante 6)

Mesmo mantendo o valor da tensão constante, nota-se que durante o tempo de suprimento da tensão, ora o Corpo “A” era o mais positivo, ou o Corpo “B” era o mais negativo, ora o Corpo “A” era o mais negativo, ou o Corpo “B” era o mais positivo. Portanto, em alguns instantes, 1, 3 e 5, o fluxo de elétrons será do Corpo “B” para o Corpo “A”, enquanto nos demais instantes, 2, 4 e 6, o fluxo de elétrons será do Corpo “A” para o Corpo “B”.

Enfim, quando numa diferença de potencial os elétrons mantiverem um sentido de fluxo contínuo, temos a tensão contínua, enquanto se numa diferença de potencial os elétrons alternarem seu sentido de fluxo, temos a tensão alternada.

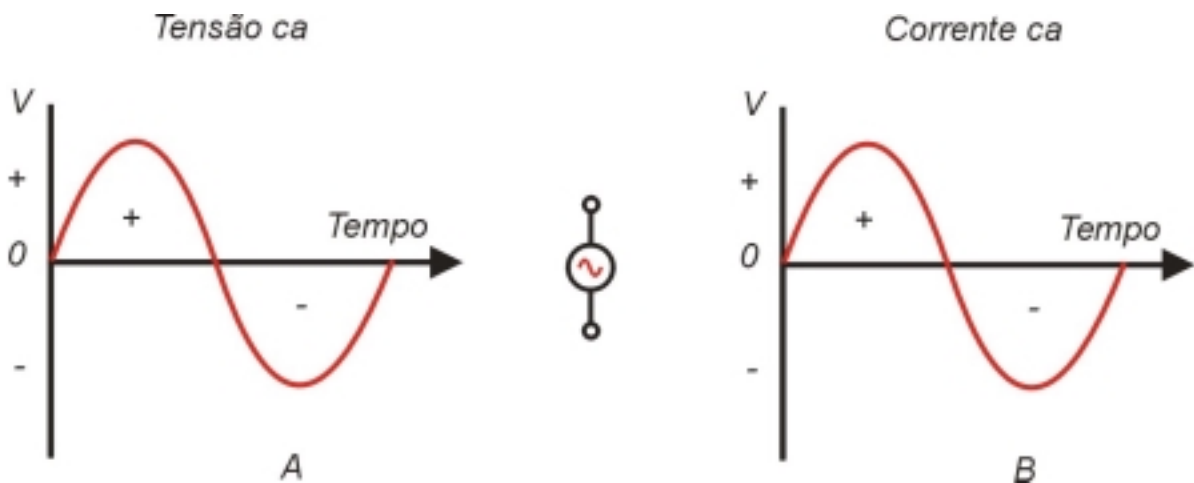
## 2.5 Valores das tensões contínua e alternada

A representação gráfica de uma tensão contínua, na condição “tempo” X “valor da tensão”, será uma reta horizontal, paralela ao eixo horizontal das abcissas, já que seu valor é constante e, no mesmo sentido, por todo o tempo do seu suprimento.



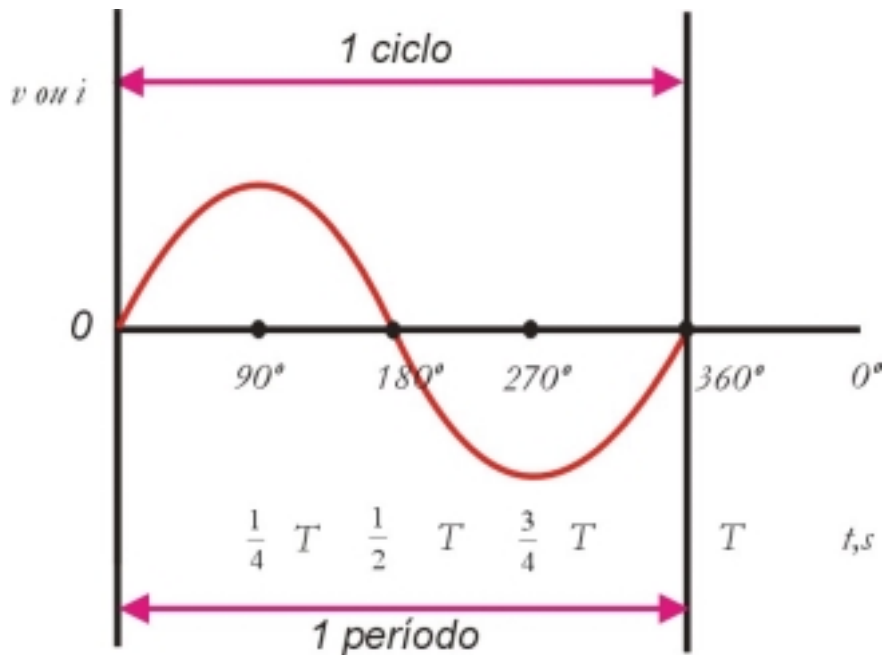
**Tensão e corrente contínuas**

Já a representação gráfica de uma tensão alternada, na mesma condição “tempo” X “valor da tensão”, será uma senóide, pela variação de seus valores e mesmo do seu sentido. A senóide iniciará no valor 0 V, com o passar do tempo aumentará o valor da tensão até um valor máximo, depois, ainda com o passar do tempo, diminuirá este valor até retornar a 0 V, quando, ainda com o passar do tempo, aumentará o valor da tensão até a um valor máximo, no sentido oposto ao da condição máxima anterior, devido à inversão de sentido do fluxo de elétrons, retornando após, à condição inicial de 0 V.



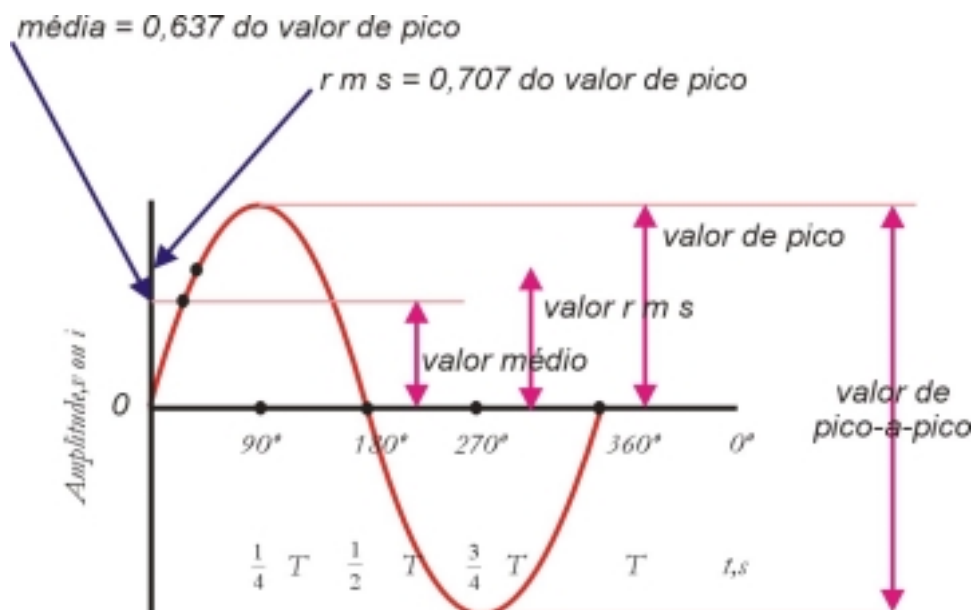
**Tensão e corrente alternadas**

Esta representação, “zero”, “máximo positivo”, “zero”, “máximo negativo” e “zero”, representa a descrição de um ciclo, ou um período, da tensão alternada, que repete-se indefinidamente enquanto houver o suprimento da tensão.



**Ciclo ou período de tensão alternada**

Devido à variação dos valores da tensão alternada, o que não acontece com a tensão contínua, o valor final da tensão alternada foi determinado por meio de estudos e ensaios laboratoriais, considerando-se somente o lado positivo de um ciclo, sendo este valor denominado como “valor eficaz” da tensão alternada, ou valor “RMS”, que representa 70,7% do valor máximo, também chamado “valor de pico” da tensão. Assim, uma tensão de 127 VCA, fornecida por exemplo para o consumo elétrico doméstico, é o “valor eficaz” de uma tensão de “valor máximo” de, aproximadamente, 180 VCA.



**Valor eficaz da tensão alternada**

## 2.6 Frequência elétrica de uma tensão

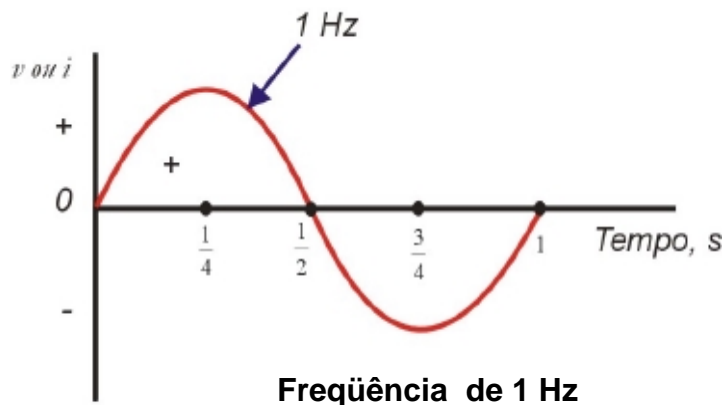
Chama-se frequência elétrica ao número de ciclos realizados por segundo de uma tensão alternada.

A realização de um ciclo por segundo recebe a designação de um Hertz, cuja simbologia é Hz. Assim, uma frequência de 60 Hz, que é o valor mais usual na instalações elétricas em geral, representa uma tensão alternada que descreve 60 ciclos no tempo de 1 segundo.

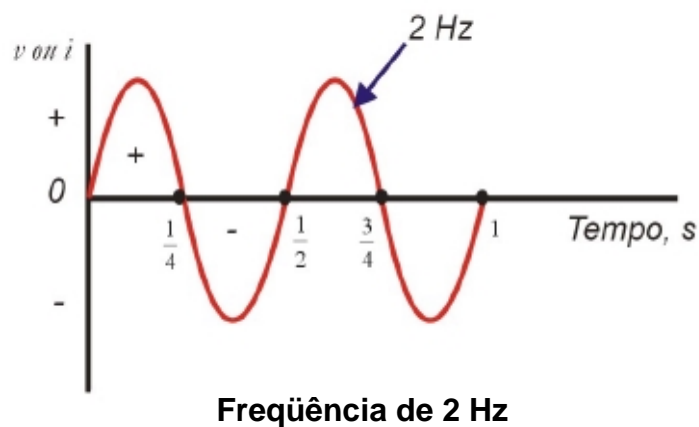
$$f = \frac{1}{T}$$

$$T = \frac{1}{f}$$

(a)  $f = 1\text{Hz}$



(b)  $f = 2\text{Hz}$



O valor da frequência de uma tensão é determinado quando de sua geração.

Uma tensão contínua, por não apresentar ciclos, não tem como indicação o parâmetro frequência. Portanto, ao se mencionar a frequência de uma tensão subentende-se que esta seja alternada.

## 2.7 Descarga elétrica

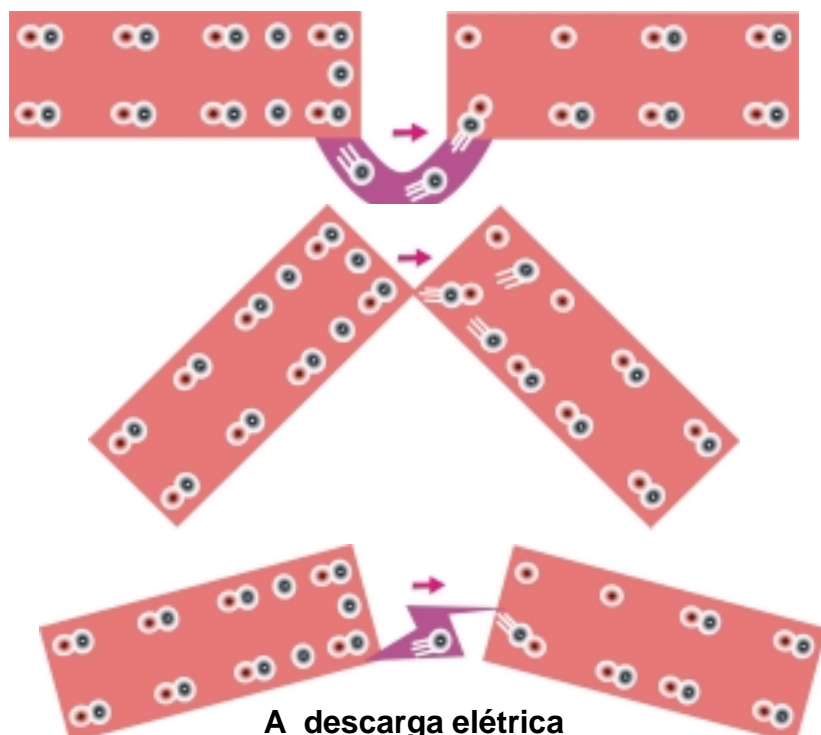
Quando dois corpos com potenciais elétricos que não sejam exatamente iguais são postos em contato, seja fisicamente ou através de um condutor, haverá um fluxo de elétrons da carga mais negativa, ou menos positiva, para a carga menos negativa, ou mais positiva. Este fluxo tem a característica de procurar um equilíbrio elétrico entre os corpos pela igual distribuição da carga elétrica.

Este fluxo de elétrons é a denominada descarga elétrica, ou descarga estática, sendo momentânea, pois tão logo a carga esteja distribuída, isto é, haja o mesmo potencial elétrico nos dois corpos, perderá sua razão de existência.

Mesmo sendo momentânea, essa descarga, dependendo da grandeza da tensão elétrica entre os corpos, poderá ter um valor muito alto, causando risco à vida.

No caso de corpos com alta tensão elétrica, a descarga elétrica é possível independentemente do contato, pois o fluxo de elétrons poderá “pular” entre os corpos numa descarga sob a forma de arco voltaico, que muitas vezes chama-se simplesmente de raio.

A descarga elétrica por arco voltaico é a que acontece, por exemplo, nas tempestades de nuvens pesadas, quando, pelo atrito dos ventos, as nuvens adquirem um alto potencial elétrico que acaba sendo descarregado em relação à terra, o corpo sem carga, na forma de raios.



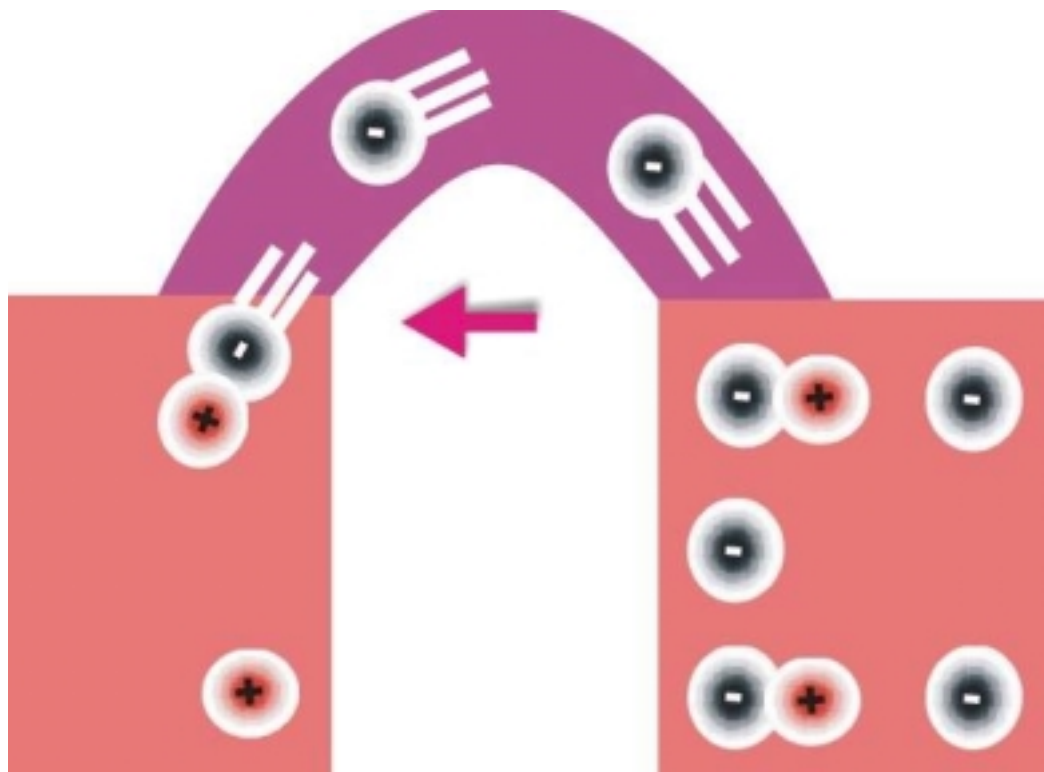
## 2.8 Corrente elétrica

Apesar de basicamente sua concepção ser a mesma de uma descarga elétrica, sua diferença é a condição de não ser considerada momentânea, pois uma corrente existirá, por meio do contato ou mesmo por arco voltaico, enquanto for mantida a tensão, ou diferença de potencial entre os corpos. Ou seja, enquanto uma das fontes de eletricidade suprir os elétrons do potencial mais negativo e retirar os elétrons do potencial mais positivo, mantendo a tensão mesmo após a descarga elétrica, teremos a corrente elétrica.

A intensidade de uma corrente é a quantidade de elétrons que flui por um condutor, a quantidade de Coulombs, por unidade de tempo (segundo). Assim, uma corrente é uma vazão de elétrons na unidade de Coulombs por segundo, que recebe a denominação de Ampère, cujo o símbolo é o "A".

Portanto, uma corrente de 1 A representa a passagem de 1 C/s numa área de seção reta do condutor. A passagem de 2 C/s representa uma corrente elétrica de 2 A e assim sucessivamente.

Resumindo, em tese, inicialmente a intensidade de uma corrente elétrica depende da quantidade de elétrons que fluem pelo condutor que, por sua vez, depende da diferença de potencial entre os corpos, ou seja da tensão. Assim, a princípio, quanto maior a tensão entre dois corpos, maior será a corrente que fluirá entre esses corpos e vice-versa.



Corrente elétrica

## 2.9 Correntes contínua e alternada

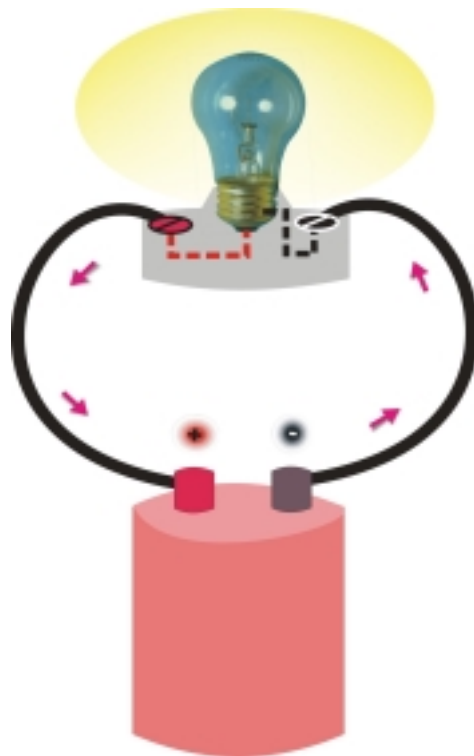
Como já pudemos perceber, a tensão é de vital importância à existência da corrente elétrica. Dentro desse raciocínio, podemos concluir que uma tensão contínua gerará uma corrente também contínua, enquanto uma tensão alternada gerará uma corrente alternada.

As correntes terão suas representações gráficas similares, em formato, às das tensões que lhes deram origem. Ou seja, haverá uma proporcionalidade entre as tensões e suas respectivas correntes.

## 2.10 Sentido da corrente elétrica

Podemos concluir que o sentido da corrente é da carga mais negativa para a menos negativa ou, ainda, da carga menos positiva para a mais positiva. Enfim, pela teoria eletrônica, a corrente flui no sentido do “negativo” para o “positivo”, sendo este também chamado de “sentido real da corrente”.

Porém, antes do conhecimento e estudo da teoria atômica, de onde iniciou-se a teoria eletrônica, o homem já conhecia e utilizava a eletricidade, visto a lâmpada elétrica ser uma invenção ainda do século XIX e, portanto, já imaginava que “alguma substância” passasse pelo fio, fazendo com que a lâmpada se acendesse. Nesse tempo, estudava-se a eletricidade pela compreensão da hidráulica. Se em dois tanques iguais, posicionados numa mesma altura, um cheio de água e o outro vazio, fosse colocado um cano comunicando os dois tanques pelos fundos, a água fluiria do cheio para o vazio até que a altura dos níveis de água nos tanques ficassem iguais.



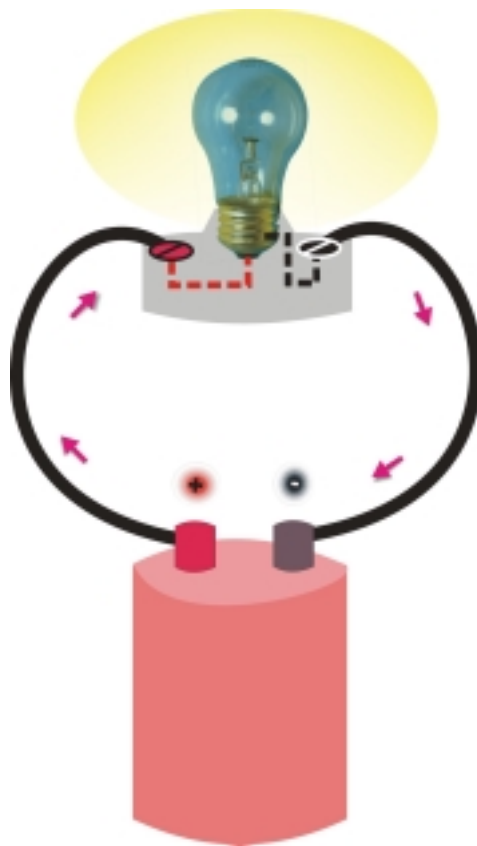
**Sentido eletrônico da corrente**

Nesse raciocínio, os tanques eram os corpos, os níveis de água os potenciais elétricos, o cano seria o condutor e a água a corrente. Portanto, assim como a água fluía do tanque “mais” cheio para o “menos” cheio, a corrente fluiria do “mais” para o “menos”. E todos os estudos da época se apoiavam nesta condição.

Com o conhecimento da teoria eletrônica, observou-se que na verdade o sentido da corrente era justamente o contrário do que se considerava até então. Mas todos os estudos, manuscritos e livros da época se utilizavam do sentido anterior. Seria um transtorno tentar modificar todas as publicações de então.

Como saída, numa convenção de físicos e cientistas, resolveu-se continuar utilizando o sentido antigo, adotado até os dias de hoje, porém com a indicação de ser o **sentido convencional da corrente**, que faz a corrente fluir do “positivo” para o “negativo”.

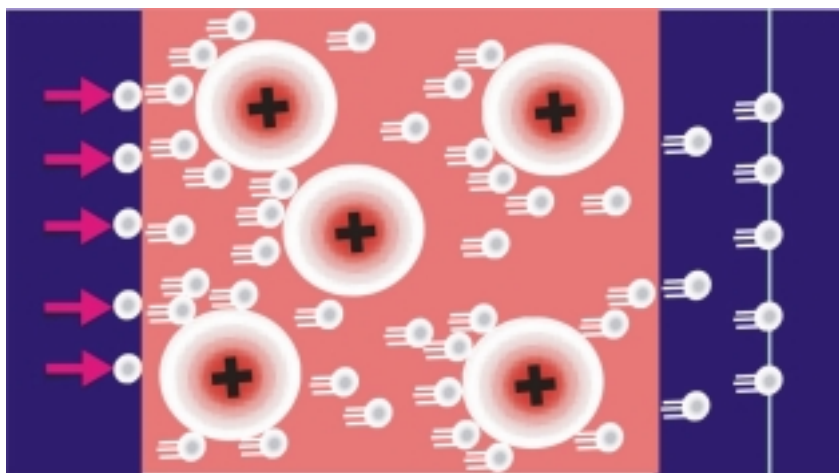
Nos dias atuais, publicações técnicas são editadas com qualquer um dos dois sentidos, sendo explicado qual o escolhido: o sentido eletrônico da corrente, verdadeiro, ou o sentido convencional da corrente.



**Sentido convencional da corrente**

## 2.11 Resistência elétrica

Em síntese, resistência elétrica é a oposição ao fluxo de corrente elétrica, agindo como uma “cola” que tende a segurar os elétrons em movimento. Quanto maior o valor da resistência elétrica, melhor a eficiência da cola e vice-versa.

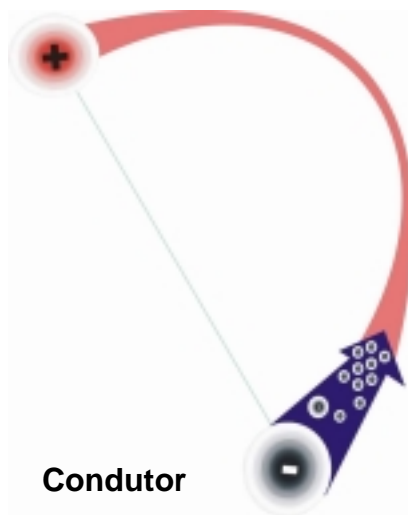


### Resistência elétrica

Para uma alimentação de intensidade constante de força eletromotriz, a tensão, quanto maior for a oposição ao fluxo de corrente, a resistência elétrica, menor será o número de elétrons que circularão através do condutor, a corrente elétrica, e vice-versa. Assim, pela variação da intensidade da resistência elétrica pode-se ajustar a intensidade da corrente elétrica, de modo que esta satisfaça às necessidades de determinado equipamento elétrico.

Para se expressar a grandeza de uma resistência elétrica, utiliza-se como unidade o Ohm, que é representado pela letra grega maiúscula ômega, “ $\Omega$ ”.

É necessária uma resistência elétrica de  $1 \Omega$  inserida num condutor alimentado por uma tensão elétrica de 1 V para que possa fluir uma corrente elétrica de 1 A.



### 2.12 Lei de OHM

Ohm foi o físico que transcreveu, matematicamente, a relação existente entre tensão, resistência e corrente elétrica.

Por sua equação, a Lei de Ohm, compreende-se que o valor da grandeza de uma corrente elétrica é o resultado do valor da grandeza de uma tensão elétrica aplicada num

condutor dividido pelo valor da grandeza de uma resistência elétrica inserida neste condutor, estando todas as grandezas expressas em suas unidades padrões.

Lei de Ohm:  $I = V/R$ , onde:

I – é a intensidade da corrente elétrica, expressa em Ampère;

V – é a tensão elétrica, expressa em Volt;

R – é a resistência elétrica, expressa em Ohm.

O emprego da Lei de Ohm torna-se fundamental para a compreensão e utilização dos fenômenos elétricos.

### 2.13 Choque elétrico

Caracteriza-se como choque elétrico a passagem de um fluxo de elétrons pelo corpo de um ser vivo.

Ao contato com um condutor energizado, ou seja, por onde esteja circulando uma corrente, o corpo humano serve como um caminho alternativo desse fluxo de elétrons entre o condutor energizado e a terra, ou, ainda, ao se aproximar de um terminal com alto potencial elétrico, uma descarga elétrica por arco voltaico pode também se utilizar do corpo humano como um caminho para terra.

Em ambas as situações, por corrente ou descarga elétrica, um fluxo de elétrons percorrerá o corpo humano, podendo ser fatal para a vida desse corpo.

Estudos já realizados comprovam que a partir da intensidade de 0,2 A, ou 200 mA, uma corrente ou descarga elétrica já causa conseqüências ao organismo vivo, podendo mesmo chegar ao ponto de ser fatal a este.

Além de possíveis queimaduras, que se estenderão e agravarão em função da intensidade do fluxo de elétrons, outra característica do choque elétrico é a de provocar contrações musculares que podem afetar o coração e o diafragma, acarretando numa situação de irregularidade de funcionamento ou mesmo parada cárdio-respiratória, que, se não tratadas devida e prontamente, podem levar à morte.

Portanto, ao se lidar com eletricidade, toda a atenção e cuidado devem ser observados. Atenção ao que se está fazendo, mesmo com uma simples troca de lâmpada queimada, e cuidado em verificar se o objeto de trabalho está devidamente isolado eletricamente.

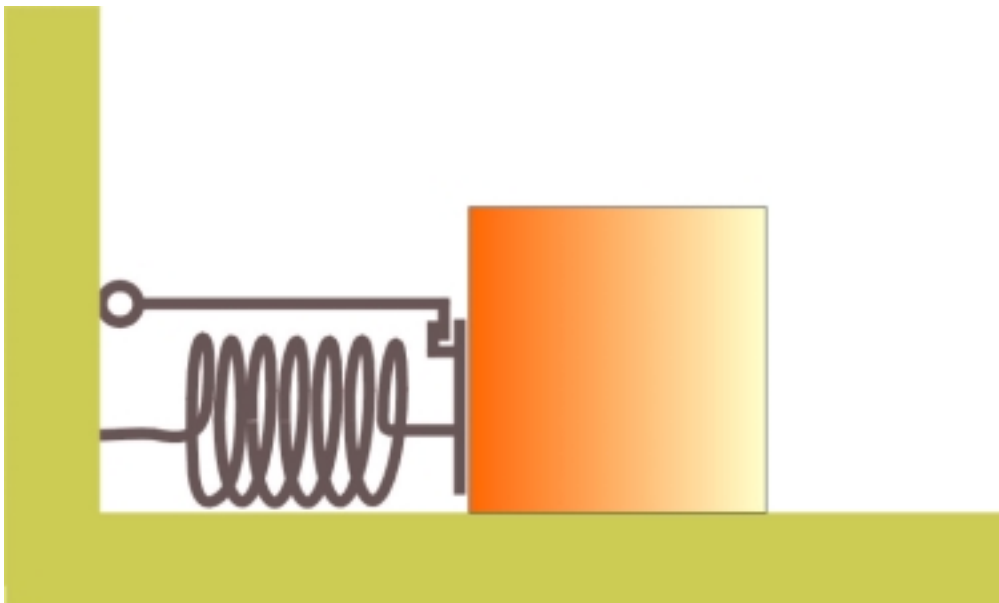
O emprego de **Equipamento de Proteção Individual**, EPI, como luvas, calçados, capacete, óculos e necessárias ferramentas e acessórios, todos com a máxima segurança possível quanto ao aspecto isolamento elétrico, minimiza sensivelmente o perigo de um choque elétrico.

Infelizmente, a grande maioria dos acidentes elétricos acontece com “técnicos experientes” que, pela “vasta experiência”, menosprezam a atenção, o cuidado e consideram o emprego do EPI como desnecessário.

### 3 Potência e energia

#### 3.1 Potência elétrica

Fisicamente, potência é a rapidez com que se faz um trabalho. Por sua vez, um trabalho é efetuado sempre que uma força produz um movimento. Uma força exercida sem causar movimento, como a força de uma mola sob tensão mecânica entre dois objetos imóveis, não produz trabalho e, conseqüentemente, não apresenta potência.



**Mola sob tensão mecânica e imóvel**



**Mola produzindo trabalho**

Tensão elétrica é a força que pode causar uma corrente, ou seja, o movimento de elétrons. A tensão elétrica existente entre dois pontos sem causar corrente, pela falta de um condutor por exemplo, é semelhante à mola sob tensão mecânica e imóvel, não produzindo trabalho.

Desde que a tensão elétrica, “força”, cause uma corrente elétrica, “movimento” de elétrons, é realizado um trabalho.

A razão em relação ao tempo em que esse trabalho é realizado é chamada de potência elétrica.

O fator tempo já está incluído na própria definição de corrente elétrica, que é uma vazão da quantidade de elétrons, o Coulomb “por segundo”. Assim, potência elétrica é produto da tensão multiplicada pela corrente elétrica.

Portanto, a fórmula básica da potência elétrica é:  $P = V \cdot I$ .

A unidade representativa básica da potência elétrica é o “Watt”, cujo o símbolo é o W, sendo a tensão e a corrente elétricas apresentadas em suas unidades básicas, ou seja Volt e Ampère, respectivamente.

### 3.2 Potência elétrica em corrente contínua

Por ser a corrente contínua gerada por uma tensão contínua, que não apresentam variações em suas gerações, podemos considerar a potência elétrica por sua fórmula básica.

Assim, para um circuito elétrico de corrente contínua, a potência elétrica será calculada pela expressão:  $P = V \cdot I$ .

### 3.3 Potência elétrica em corrente alternada

Por ser a corrente alternada gerada por uma tensão alternada, que apresentam variações de intensidade em suas gerações, um fator de correção deverá ser aplicado ao cálculo da potência elétrica.

Esse fator de correção recebe a designação de “fator de potência”, normalmente representado como “ $\cos \varphi$ ”, cosseno de  $\varphi$ , que, apesar de na prática ter seu valor variável entre 0,62 e 0,98, para fins de cálculos teóricos de potência tem seu valor estipulado em 0,8.

Assim, para um circuito elétrico de corrente alternada, a potência elétrica será calculada pela expressão:  $P = V \cdot I \cdot \cos \varphi$ .

Portanto, para mesmos valores de tensões e correntes, um circuito de corrente contínua apresentará uma potência elétrica maior do que um outro circuito de corrente alternada.

### 3.4 Diferentes potências elétricas

A potência aplicada para produzir um trabalho elétrico pode apresentar, e normalmente apresenta, perdas, quer seja por calor, por efeitos magnéticos, ou outras razões. Enfim, parte da potência aplicada é perdida, sendo esta perda denominada como “potência elétrica reativa”.

Assim, de uma potência aparentemente aplicada será subtraída uma potência reativa, resultando então numa potência efetiva ou real.

Esta é a representação das potências elétricas:  $P_e = P_a - P_r$ , onde “Pe” é a potência efetiva, “Pa” é a potência aparente e “Pr” é a potência reativa.

Para facilitar a distinção entre as potências, pois as três são potências elétricas, convencionou-se designar cada tipo de potência elétrica por uma unidade específica.

Por essa convenção, a potência efetiva é expressa em Watt, “W”, a potência aparente é expressa em Volt-Ampère, “VA”, e a potência reativa em Volt-Ampère reativo, “VAR”.

Portanto, outra representação das potências elétricas, considerando-se suas unidades representativas específicas, é:  $W = VA - VAR$ .

### 3.5 Efeito Joule

É o efeito do aquecimento de um condutor quando da passagem de corrente elétrica por ele.

Sua intensidade, ou seja a intensidade do aquecimento, varia, principalmente, em função da intensidade da corrente elétrica circulante ou do valor da resistência contida no condutor.

O Efeito Joule é utilizado nos serviços elétricos de aquecimento, como em fornos, fogões, torradeiras, chuveiros, entre outros, onde a produção de calor é a intenção do emprego da eletricidade, mas é também uma forma de perda quando o objetivo do circuito elétrico não é o da produção de aquecimento, o que acontece na maioria dos casos.

Assim, o calor produzido por uma lâmpada incandescente, que tem a função de iluminar e não de aquecer, é uma forma de perda elétrica por Efeito Joule.

Sua intensidade pode ser calculada, como demonstrada pelo físico Joule, pelo emprego da expressão matemática:  $E_j = I^2 \cdot R$ , que representa que a intensidade do Efeito Joule é igual ao produto da intensidade da corrente elevada ao quadrado pelo valor da resistência inserida no circuito.

Por uma manipulação matemática, pode-se observar que o Efeito Joule é uma forma de potência elétrica, ou seja:

$P = V \cdot I$ . Pela Lei de Ohm,  $I = V / R$  donde  $V = R \cdot I$ . Pela substituição do valor da tensão na equação da potência, teremos  $P = R \cdot I \cdot I$ , ou seja:  $P = I^2 \cdot R$  donde  $P = E_j$ .

Assim, o Efeito Joule tanto pode atuar como uma potência efetiva, expressa em “W”, quando o objetivo da eletricidade é produzir calor, como pode atuar como uma potência reativa, expressa em “VAR”, como nos demais empregos da eletricidade.

### 3.6 Energia Elétrica

Denomina-se energia elétrica a quantidade de potência elétrica fornecida durante um período de tempo.

Como representação dessa grandeza convencionou-se o Watt como unidade de potência e a hora como unidade de tempo.

Portanto, a unidade representativa de energia elétrica é o “Wh”, Watt-hora, que é a maneira como se representa o consumo de uma potência elétrica. Em outras palavras: consome-se energia elétrica e não potência elétrica, sendo por esta razão que o consumo doméstico, por exemplo, é expresso dessa forma nas contas apresentadas pelas concessionárias.

## 4 Medições com instrumentos elétricos

### 4.1 Voltímetro

É o instrumento utilizado para medir a grandeza de uma tensão elétrica.



**Voltímetro**

Assim como uma tensão apresenta duas modalidades distintas, a contínua e a alternada, também um voltímetro apresentará terminais diferentes, devidamente identificados, para o emprego específico da medição em cada modalidade.

Antes do seu emprego, deverá ser observada a capacidade máxima de leitura do instrumento tanto para a tensão contínua como para a tensão alternada, pois nessas duas modalidades podem haver limites distintos.

Outro aspecto que também deve ser apreciado previamente ao uso, é a escala a ser utilizada em função da grandeza da tensão a ser medida. Na dúvida do valor a ser medido, a maior escala deverá ser utilizada, sendo empregada a escala subsequente inferior no caso de não sensibilidade à medição.

A unidade padrão de representação da tensão é o Volt, podendo ainda o voltímetro, dependendo de suas especificações e devido emprego, apresentar escalas em múltiplos do Volt, como o quilovolt, “kV”, que representa 1000 V, e submúltiplos do Volt, como o milivolt, “mV”, que representa 0,001 V.

Para se realizar a medição, sua ligação ao circuito é feita pelo contato de suas ponteiros com os terminais dos potenciais elétricos que geram a tensão, numa ligação chamada de paralela, que representa uma ligação por um caminho alternativo à corrente no circuito.

## 4.2 Amperímetro

É o instrumento utilizado para medir a grandeza de uma corrente elétrica.



**Amperímetro**

Assim como no caso do voltímetro, apresenta leitura para os dois tipos de corrente elétrica, a contínua e a alternada, com terminais específicos.

Geralmente, seu campo de medição é restrito, devido principalmente aos fatores risco e robustez entre outros, sendo suas medições restritas à grandeza de 10 A ou mesmo em limite ainda menor.

Como consequência da limitação de seu campo de medição, a unidade padrão de representação da corrente é o Ampère, "A", não apresentando, geralmente, múltiplos dessa unidade mas sim submúltiplos como o miliampère, "mA", que representa 0,001 A, e mesmo o microampère, "mA", que representa 0,000001 A.

Para se realizar a medição, sua ligação ao circuito é feita pela inserção no circuito, ligação de suas pontes com terminais de um mesmo condutor, numa ligação chamada de série, que representa uma ligação onde a corrente circulante é a mesma do circuito.

## 4.3 Alicate amperímetro

É um tipo de amperímetro especial, aplicado à medição de maiores intensidades de correntes alternadas.



**Alicate amperímetro**

Seu princípio de funcionamento baseia-se no processo de indução eletromagnética, o que resolve os problemas de periculosidade e robustez, já que a corrente em medição não circula pelo interior do instrumento.

Sua instalação no circuito a ter sua corrente medida é feita pela abertura de garras móveis possibilitando o envolvimento do condutor onde a medição será realizada. Em nenhum momento o alicate amperímetro é inserido no circuito, o que torna seu emprego seguro e ágil.

Quanto aos cuidados na escolha de escala, devem ser seguidos os mesmos procedimentos do amperímetro.

#### 4.4 Ohmímetro

É o instrumento utilizado para medir a grandeza de uma resistência elétrica.



Ohmímetro

Dos instrumentos de medição elétrica, é o único que, obrigatoriamente, deve ser utilizado com o circuito desenergizado.

Sua unidade básica de representação é o Ohm, “ $\Omega$ ” havendo ainda escala em múltiplos, como o quilohm, “ $k\Omega$ ”, que representa **1000  $\Omega$** , e em submúltiplos, como o miliohm, “ $m\Omega$ ”, que representa **0,001  $\Omega$** .

Sua instalação para efetuar a medição é feita pelo contato de suas pontes com os terminais da resistência elétrica a ser medida, sempre com o circuito desenergizado.

Outro emprego para o ohmímetro é a realização do “teste de continuidade”, que consiste de, pela medição da resistência elétrica, verificar se um condutor encontra-se íntegro ou rompido.

Estando o condutor íntegro, a resistência elétrica será mínima, praticamente “zero”. Porém, estando o condutor rompido, o ohmímetro estará ligado como que a dois condutores distintos, compondo uma alta resistência elétrica pela falta de continuidade.

#### 4.5 Megohmetro

É um tipo especial de ohmímetro utilizado para medições de grandes resistências elétricas. Para tanto, sua unidade básica de representação da resistência elétrica é o megaohm, “MΩ”, que representa 1000000 W, daí vindo sua designação.

Seu princípio de funcionamento é, basicamente, idêntico ao do ohmímetro, assim como também seus cuidados operacionais.

Em termos práticos, utiliza-se um ohmímetro para se realizar medições de resistências elétricas de um circuito, enquanto utiliza-se um megohmetro para medir resistências de isolamento elétrico.



**Megohmetro**

#### 4.6 Wattímetro



**Wattímetro**

É o instrumento utilizado para se medir a grandeza da potência elétrica de um circuito. Por estar ligado à tensão e à corrente do circuito, ou seja informações reais, sua indicação é de potência efetiva, portanto em Watt, “W”.

Normalmente possui três terminais de ligações, sendo um comum, a ser ligado num terminal do condutor, um paralelo, ligado em relação ao comum, que medirá a intensidade da tensão no circuito, e um série, ligado em relação ao comum, que medirá a intensidade da corrente no circuito.

No caso de um circuito de corrente contínua, sua indicação é basicamente o mesmo valor da multiplicação do valor demonstrado pelo voltímetro pelo valor demonstrado pelo amperímetro.

Já no caso de um circuito de corrente alternada, onde a presença de um wattímetro torna-se essencial, o valor da leitura deste dividido pelo produto dos valores das leituras do voltímetro e do amperímetro, permitirão a determinação real do valor de grandeza do fator de potência, o “ $\cos \phi$ ”, que, como já observado, tem valor real variável.

Geralmente, sua unidade básica de representação da potência elétrica é feita em quilowatt, “kW”, que representa 1000 W.

#### 4.7 Multímetro ou multitest

Muito cuidado deve ser tomado com esta designação pois, a princípio, multímetro ou multitest quer dizer aparelho de várias medições, não havendo vínculo com o tipo de medição e nem mesmo se esta medição se refere ao universo eletricidade.

Assim, por exemplo, um multímetro ou multitest não efetua a medição de uma tensão, que é realizada pelo voltímetro, mas sim, pode ser composto por um voltímetro entre seus outros medidores.

Portanto, um multímetro ou um multitest pode ser composto por um voltímetro, um amperímetro e um ohmímetro, ou somente por um ou dois destes entre outros medidores.



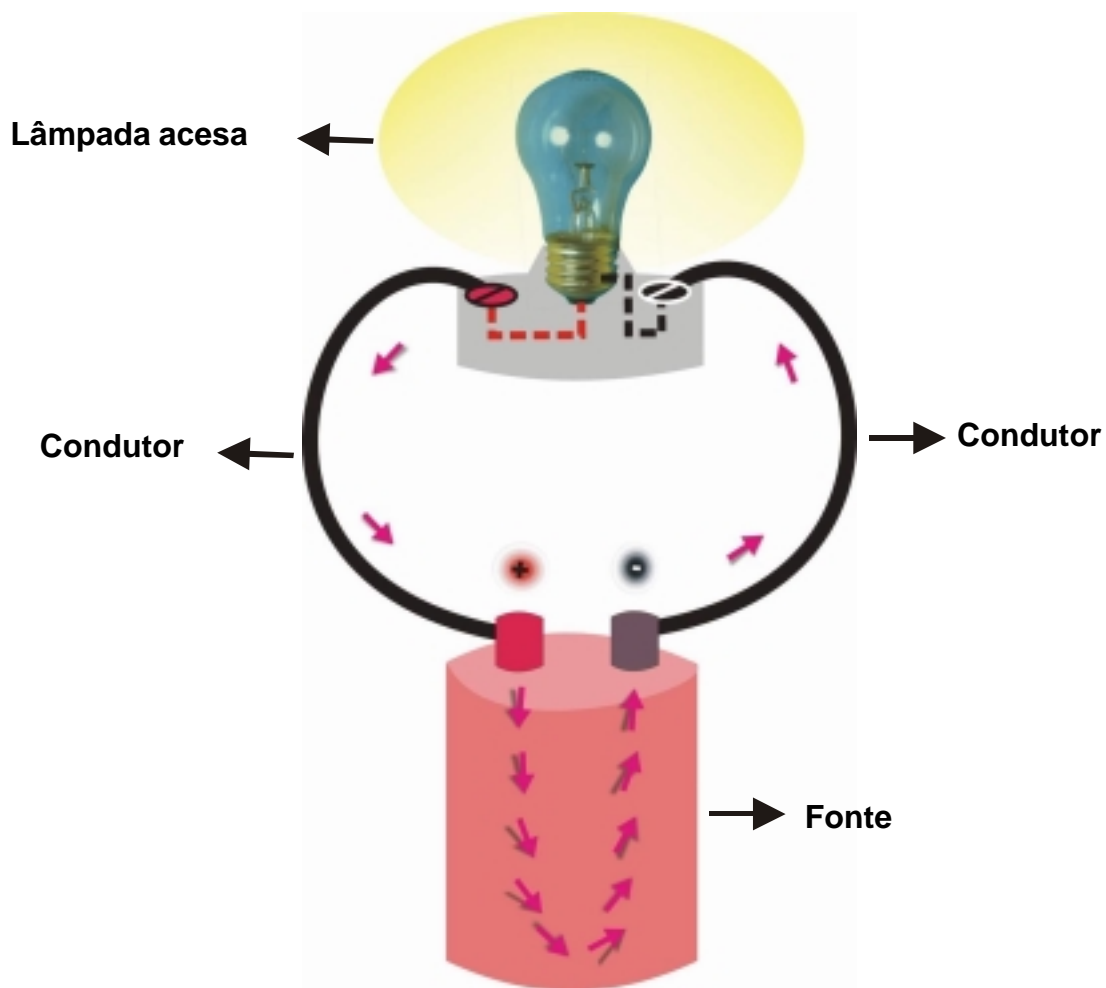
**Multímetro**

## 5 Circuitos elétricos

### 5.1 O circuito elétrico

Um circuito elétrico é um caminho eletricamente completo, que pressupõe a existência de uma fonte de eletricidade (alimentando a tensão elétrica), uma resistência elétrica (que pode ser do próprio utilizador da energia elétrica), e um condutor (ligando o potencial elétrico maior ao utilizador e deste ao potencial elétrico menor).

Para que um circuito elétrico esteja operante, ou seja, esteja produzindo um trabalho elétrico, precisa estar fechado, o que significa um caminho contínuo através do condutor, normalmente uma fiação, pois somente dessa maneira a corrente elétrica poderá fluir.



**Um circuito elétrico fechado**

Pela razão descrita acima, entende-se que o mais simples comando operacional de um circuito elétrico é uma chave de intersecção, normalmente chamada simplesmente de interruptor, que apresenta duas condições: uma abrindo o circuito, quando este ficará desenergizado, e outra fechando o circuito, permitindo a realização do trabalho elétrico.

O exemplo de um circuito elétrico simples é o circuito de uma lâmpada incandescente: um condutor liga um dos terminais da fonte de eletricidade a um dos terminais do bocal da lâmpada; um outro condutor liga o outro terminal do bocal da lâmpada a um dos terminais do interruptor e um outro condutor liga o outro terminal do interruptor ao outro terminal da fonte de eletricidade.

Em uma das posições do interruptor, o circuito estará fechado, permitindo que a corrente flua e, conseqüentemente, a lâmpada acenda.

Já na outra posição do interruptor, o circuito estará aberto, não permitindo o fluxo de corrente e, conseqüentemente, a lâmpada fica apagada.

## 5.2 Curto-circuito

Tem-se um curto-circuito quando, por alguma razão, a corrente que flui de um dos potenciais de uma fonte de eletricidade atinge o outro potencial dessa fonte sem que tenha havido uma resistência elétrica capaz de dosar essa corrente, como se um condutor, num circuito bem curto, ligasse diretamente os dois potenciais da fonte de eletricidade.

Matematicamente essa condição é demonstrada pela Lei de Ohm,  $I = V / R$ , pois quando o valor da resistência elétrica, “R”, tende a “zero”, o valor da corrente, “I”, tende a “infinito”, ou seja, um valor tremendamente elevado.

No exemplo do circuito simples da lâmpada incandescente, a própria resistência elétrica dos filamentos da lâmpada é suficiente para dosar a corrente. Porém, se o bocal da lâmpada fosse retirado e a fiação dos seus terminais fosse ligada, a resistência elétrica do circuito passaria a ser somente o valor da pequena resistividade do fio, na prática considerada “zero”, o que acarretaria uma corrente de curto-circuito.

## 5.3 Sobrecarga elétrica

Todo circuito elétrico, em função do valor de sua capacidade, é calculado para um determinado valor máximo de corrente.

Se, por alguma razão qualquer, o valor da intensidade dessa corrente máxima, também chamada de corrente nominal, for ultrapassado, mesmo que por pouco, diz-se que o circuito encontra-se em sobrecarga elétrica.

Essa sobrecarga é perigosa, tanto para o circuito em si quanto para o ambiente onde se encontra o circuito, pois corrente em excesso é sinônimo de calor em excesso, como nos demonstra o “Efeito Joule”, e esse excesso de calor dissipado pode provocar danos a componentes do circuito, como deformações térmicas, ou mesmo ocasionar um incêndio, que poderia resultar na destruição do ambiente.

Num raciocínio lógico, quanto maior a intensidade da corrente elétrica em excesso, maior é a sobrecarga elétrica e, conseqüentemente, maior a possibilidade de geração de danos.

## 5.4 Proteção do circuito elétrico

Basicamente, duas são as proteções essenciais a um circuito elétrico: a proteção ao curto-circuito e a proteção à sobrecarga.

A grandeza, a complexidade e a importância do circuito a ser protegido definirão o tipo de proteção a ser empregada, mas em linhas gerais, nos circuitos industriais e comerciais, três são os dispositivos adotados ao mesmo tempo: o fusível, o relé térmico e o disjuntor.

O fusível, conforme a própria designação já deixa perceber, é normalmente composto por um arame condutor de liga metálica que, com uma temperatura superior à relativa de sua corrente nominal, se funde abrindo o circuito, provocando, como consequência, a desenergização imediata do circuito.

O fusível, escolhido em função da corrente nominal calculada do circuito, quando acionado tem que ser substituído por outro similar.

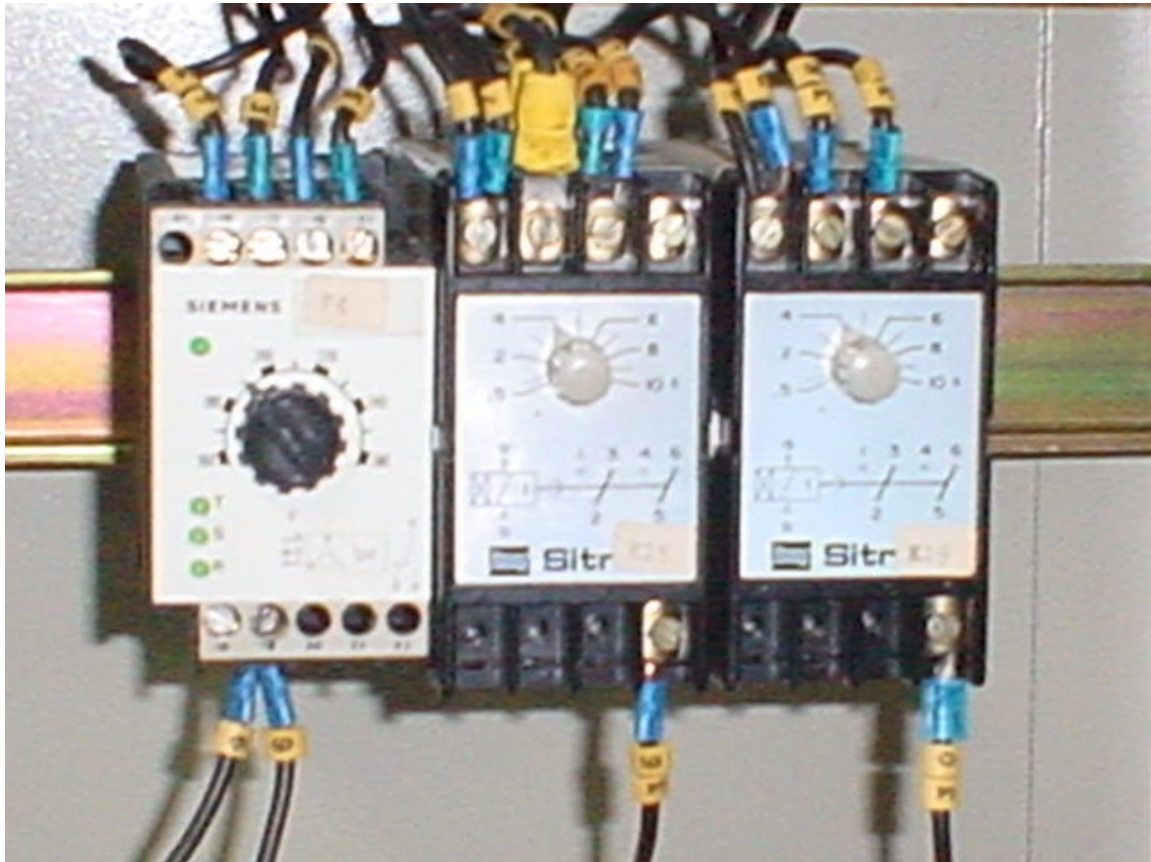
É a proteção ideal em relação ao curto-circuito.



O relé térmico é normalmente composto por um sistema de contatos por par bimetálico, metais diferentes que apresentam deformações diferentes em caso de temperaturas acima de suas condições nominais, que ao se deformarem, com a passagem de uma corrente superior a sua projetada, perdem o contato abrindo o circuito.

É ajustado, dentro de uma zona operacional de valores de corrente, em função da corrente nominal calculada do circuito e quando acionado, após algum momento para que a temperatura baixe e os contatos percam a deformação; pode ser rearmado, não havendo necessidade de substituição.

É a proteção ideal em relação à sobrecarga.



Já o disjuntor é normalmente composto por dois princípios de atuação: o princípio magnético e o térmico.

O princípio magnético baseia-se no processo do eletromagnetismo atuante em uma bobina interna. Ao passar corrente por uma bobina, esta desenvolve um campo magnético, ou seja, transforma-se num ímã. Quanto maior a intensidade da corrente elétrica, maior a força de atração do ímã.

Nesse princípio, o ímã interno ao disjuntor tenta atrair um dos contatos do par bimetálico que, por força de uma mola, encontra-se fechado. Ao fluir uma corrente superior à nominal, o aumento da força magnética, que depende da corrente, torna-se suficiente para vencer a tensão da mola abrindo os contatos e, conseqüentemente, abrindo o circuito.

Já o princípio térmico do disjuntor opera de maneira similar ao do relé térmico.

O princípio magnético torna o disjuntor mais operacional em relação ao curto-circuito, enquanto o princípio térmico torna-o mais operacional em relação à sobrecarga.

Seja qual for o motivo, o disjuntor pode ser rearmado não sendo necessária a sua substituição.

Nos circuitos domésticos, normalmente o fusível e/ou o disjuntor são empregados, porém nenhuma razão técnica impede a utilização dos três dispositivos.

Sempre que um dos dispositivos de proteção for utilizado, o circuito elétrico e as condições de operação devem ser inspecionados pois, a princípio pelo menos, algo de errado acionou o sistema de proteção.



**disjuntor doméstico**

## 6 Geradores

### 6.1 Definição

Geradores são máquinas que, pelo processo do magnetismo, transformam a energia mecânica em elétrica, sendo, portanto, uma das fontes de eletricidade.

### 6.2 Composição estrutural do gerador

Um gerador é composto de uma parte fixa, a “carcaça”, chamada de estator, e de uma parte móvel, o “eixo”, chamada rotor.

Numa das duas partes, estator ou rotor, estarão montados os condutores, chamados de enrolamento da armadura, e na outra estará montado um eletroímã, chamado enrolamento de campo.

### 6.3 Princípio de funcionamento do gerador

A parte móvel do gerador, o rotor, é acionada por uma energia mecânica, que pode ser um motor de combustão, uma turbina a vapor, o fluxo de uma queda d’água, entre outros, adquirindo um movimento de giro.



**Gerador**

Numa das condições de montagem do gerador, no rotor girante estará montado o enrolamento da armadura, o condutor que, ao girar, “cortará” as linhas de força do campo magnético provenientes do enrolamento de campo montado no estator.

Na outra condição de montagem do gerador, no rotor girante estará montado o enrolamento de campo que formará linhas de força magnética que, ao girar, “varrerão” o enrolamento da armadura montado no estator.

Um condutor ao “cortar” linhas de força magnética ou ao ser “varrido” por linhas de força magnética, produz uma diferença de potencial elétrico em suas extremidades, ou seja, gera uma tensão elétrica.

Na primeira condição de montagem, o gerador recebe o nome de gerador de pólos externos, enquanto na segunda o gerador de pólos internos.

## 6.4 Tipos de gerador

Gerador é tudo aquilo que gera uma tensão elétrica por ação do magnetismo. Como a tensão elétrica pode ser contínua ou alternada, teremos um gerador de tensão contínua ou um gerador de tensão alternada.

O termo gerador por si não distingue o tipo de tensão que pode ser gerada.

Para melhor se classificar um gerador, sua nomenclatura foi dividida em dois tipos: o “dínamo” e o “alternador”.

Dínamo é a denominação do gerador de tensão contínua, independentemente da grandeza da tensão a ser gerada ou do seu tamanho físico

Alternador é a denominação do gerador de tensão alternada, independentemente da grandeza da tensão a ser gerada ou do seu tamanho físico do gerador.

Atualmente, tanto em terra como em embarcações marítimas em geral, a utilização e, conseqüentemente, a geração são normalmente de tensão alternada, assim o emprego de alternadores é muito maior do que de dínamos.

## 6.5 Paralelismo de geradores

Colocar geradores em paralelo significa colocar mais de um gerador para suprir (fornecer tensão) os mesmos circuitos elétricos.

Essa medida, o paralelismo, faz-se necessária quando o circuito elétrico tem uma carga, ou seja, o número de utilizadores é muito variável. Assim, um gerador que é suficiente para alimentar um circuito com “carga baixa”, poucos utilizadores, pode ser insuficiente para alimentar esse mesmo circuito quando com “carga alta”, muitos utilizadores. Nessa condição faz-se o paralelismo entre dois ou mais geradores, dependendo da grandeza da carga e da capacidade de alimentação elétrica de cada gerador.

Ainda, o paralelismo pode ser empregado quando, normalmente por razões de segurança, não se pode correr o risco de uma falha de alimentação elétrica.

O paralelismo só pode ser realizado entre geradores do mesmo tipo, ou seja: entre dínamos ou entre alternadores.

## 6.6 Sincronização de geradores

Para se realizar o paralelismo entre geradores, deve-se antes sincronizar o gerador que vai auxiliar na geração com o que já está alimentando o circuito.

Esta operação de sincronização varia de acordo com o tipo de gerador.

Entre os dínamos, o gerador estará sincronizado quando sua tensão de geração estiver igualada à do dínamo que já alimenta o circuito. Feito o ajuste de igualdade das tensões geradas, eles estarão sincronizados.

Já entre os alternadores, a operação de sincronização é mais minuciosa. Além da igualdade das tensões entre os geradores, o gerador que vai auxiliar na geração deverá ter sua frequência ajustada ao mesmo valor da frequência do gerador que já alimenta o circuito e, ainda, ter a mesma relação de fase, que representa o mesmo momento de desenvolvimento do ciclo, entre os dois geradores.

Em síntese, sincronizar os geradores significa:

- Dínamos – mesma tensão de geração entre os geradores.
- Alternadores – mesma tensão de geração, mesma frequência e mesma relação de fase entre os geradores.

Feita a sincronização, os geradores podem sofrer o paralelismo.



**Sincronizador**

## 7 Baterias

### 7.1 A Pilha voltaica ou célula química

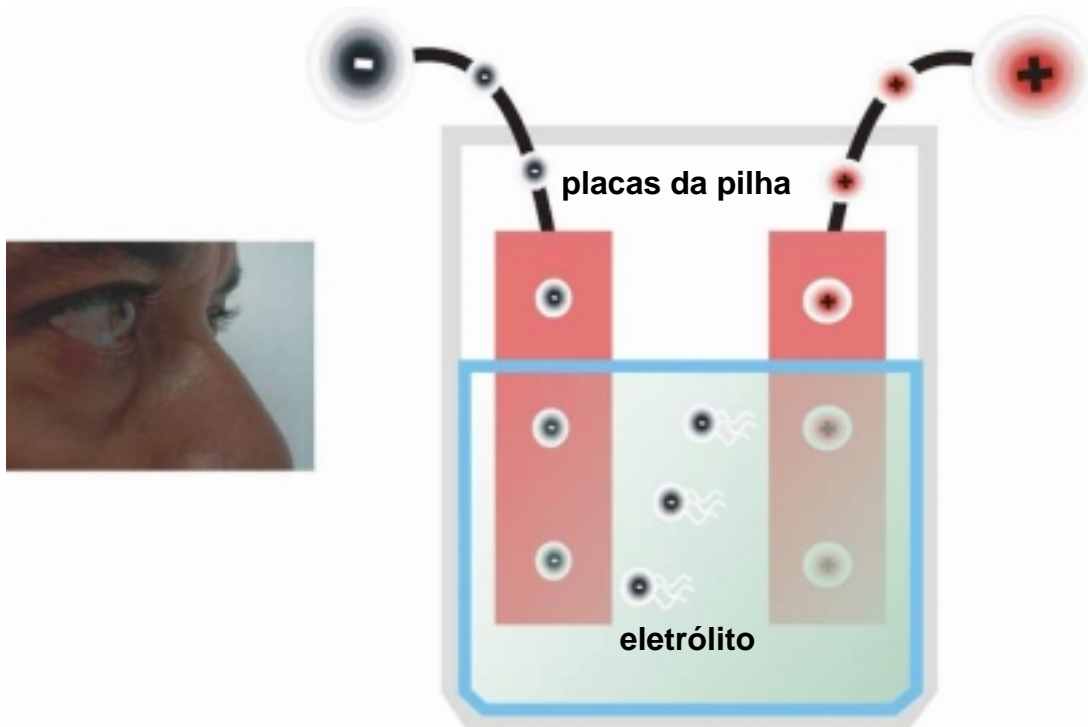
A pilha voltaica ou célula química é a responsável pela conversão da energia química em energia, na forma de geração de uma tensão contínua.

A pilha, ou célula, é formada por dois eletrodos, tipo pequenas barras, de metais diferentes, ou ligas metálicas diferentes, envolvidos por um eletrólito, que é uma mistura capaz de conduzir uma corrente elétrica.

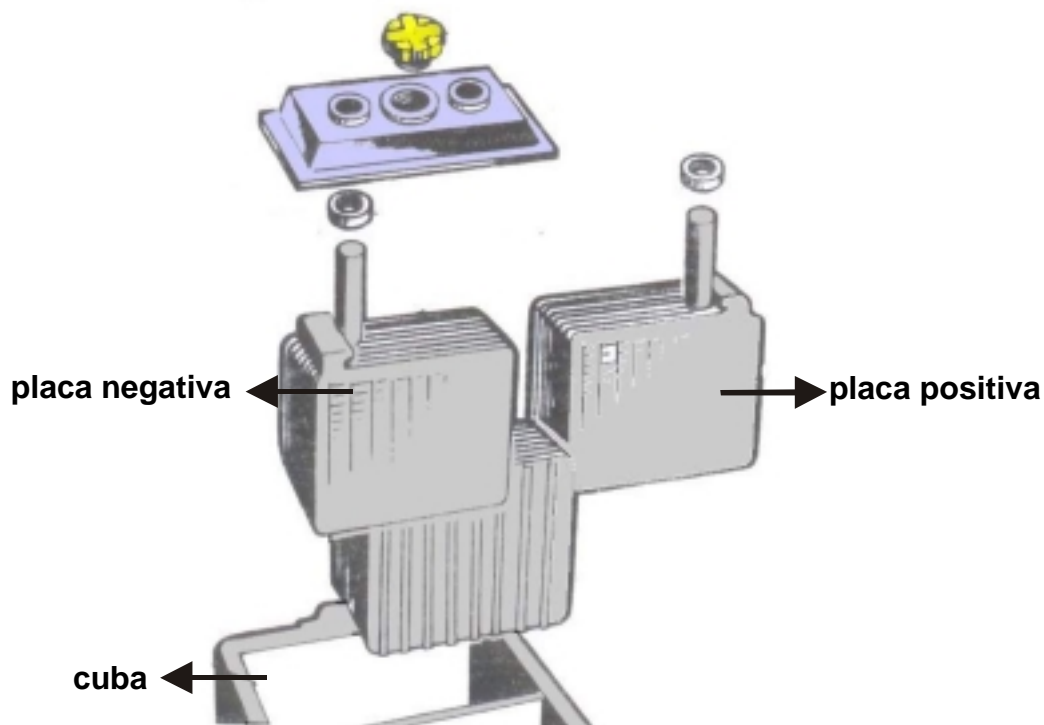
O eletrólito de uma pilha pode ser líquido ou pastoso.

### 7.2 Pilhas primária e secundária

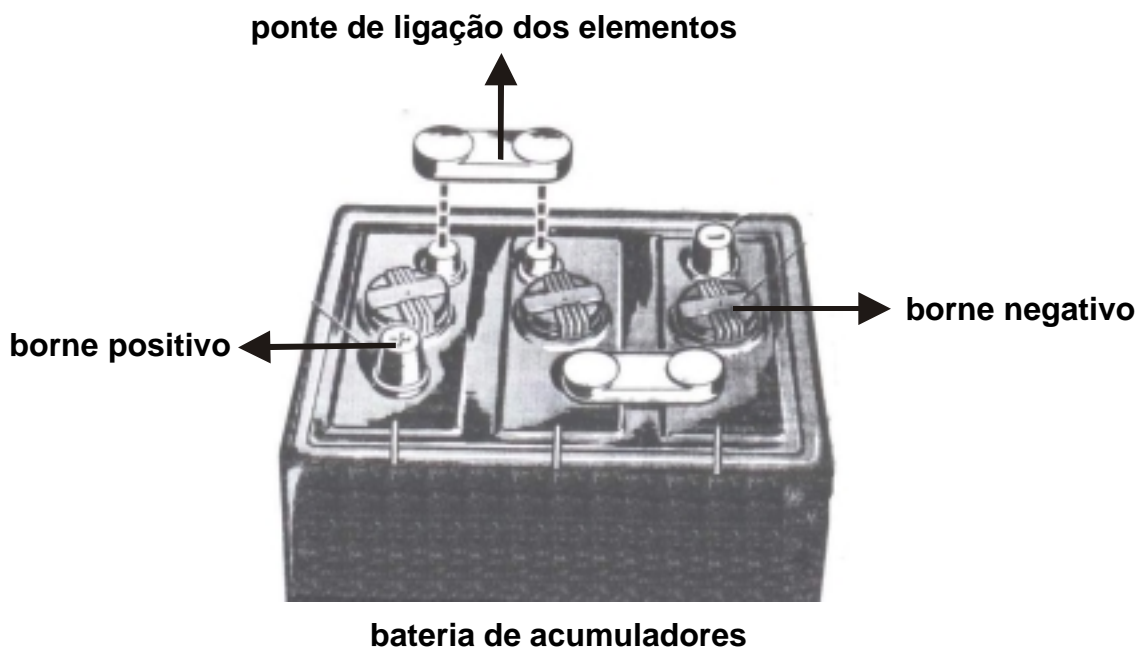
Pilha primária é aquela que não pode ser recarregada depois de sua tensão de saída ter diminuído sensivelmente. Geralmente são pilhas de eletrólito pastoso, sendo por isso também chamadas de “pilhas secas”.



Pilha secundária é aquela que pode ser recarregada, mesmo depois de sua tensão de saída ter diminuído sensivelmente. Geralmente são pilhas de eletrólito líquido. Durante sua recarga, feita pela passagem de corrente elétrica contínua proveniente de uma fonte externa no sentido oposto ao da corrente liberada pela pilha, os produtos químicos que produzem a energia elétrica são quase que totalmente restituídos às suas condições originais.



O conjunto de duas ou mais pilhas secundárias forma uma bateria de acumuladores ou, simplesmente, uma bateria.



### 7.3 Bateria de chumbo-ácido

A bateria de chumbo-ácido é formada por células, ou pilhas secundárias de chumbo-ácido.

Cada célula possui dois eletrodos de chumbo, sendo um positivo e outro negativo.

Todos os eletrodos das células são, respectivamente, ligados em conjunto, formando uma placa positiva e outra negativa.

Entre as placas, encontram-se folhas de material isolante elétrico que impedem de se tocarem produzindo um curto-circuito que destruiria a bateria.

A placa positiva é formada por peróxido de chumbo, uma combinação de chumbo e oxigênio, enquanto a negativa é composta por chumbo puro poroso, em forma de uma “esponja”.

Os dois conjuntos de placas, com as devidas folhas isolantes, são colocados num recipiente contendo uma mistura diluída de ácido sulfúrico e água, o eletrólito.

É dessa composição, eletrodos de chumbo e eletrólito ácido, que surge a designação da bateria: chumbo-ácido.





## 7.5 Bateria de níquel-cádmio

É a única bateria composta de células secundárias secas, permitindo sua descarga e recarga por várias vezes.

Seu eletrodo positivo é feito de óxido de cádmio e seu eletrodo negativo de hidróxido de níquel, envolvidos por um eletrólito pastoso de hidróxido de potássio.

Este tipo de bateria é fabricado em diversos tamanhos, inclusive em forma de “pastilha”, sendo ideal para utilização em equipamentos portáteis que devam ser recarregáveis.

## Bibliografia

FOWLER, Richard J. **Eletricidade - Princípios e Aplicações**. São Paulo: Makron Books do Brasil, 1992.

GUSSOW, Milton. **Eletricidade básica**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1985.

U.S. NAVY, Bureau of Naval Personnel. **Curso completo de eletricidade**. São Paulo: Hemus, 1980.