

ELETROTÉCNICA

## CÓDIGO DE CATÁLOGO : 1201

Trabalho elaborado pela Diretoria de Educação e Tecnologia do Departamento Regional do SENAI - PR , através do **LABTEC** - Laboratório de Tecnologia Educacional.

Coordenação geral      Marco Antonio Areias Secco  
Elaboração técnica      Senai - Maringá

### Equipe de editoração

Coordenação      Lucio Suckow  
Diagramação      José Maria Gorosito  
Ilustração      José Maria Gorosito  
Revisão técnica      Senai - Maringá  
Capa      Ricardo Mueller de Oliveira

Referência Bibliográfica.  
NIT - Núcleo de Informação Tecnológica  
SENAI - DET - DR/PR

S474e SENAI - PR. DET  
**Eletrotécnica**  
Curitiba, 2001, 100 p

CDU -

*Direitos reservados ao*

**SENAI — Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial**  
**Departamento Regional do Paraná**  
Avenida Cândido de Abreu, 200 - Centro Cívico  
Telefone:      (41) 350-7000  
Telefax:      (41) 350-7101  
E-mail:      senaidr@pr.senai.br  
CEP 80530-902 — Curitiba - PR

## SUMÁRIO

MATÉRIA .....	05
TENSÃO ELÉTRICA ( E ) .....	07
CORRENTE ELÉTRICA ( I ) .....	09
RESISTÊNCIA ELÉTRICA ( R ) .....	11
POTÊNCIA ELÉTRICA .....	12
CONDUTORES - ISOLANTES - RESISTORES .....	15
RESISTIVIDADE .....	18
CIRCUITOS ELÉTRICOS .....	23
LEI DE OHM .....	26
ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES .....	30
LEI DE KIRCHHOFF .....	34
MAGNETISMO .....	39
QUEDA DE TENSÃO .....	53
DIMENSIONAMENTO DE CONDUTORES .....	55
DISJUNTOR DIFERENCIAL RESIDUAL ( DR ) .....	63
ATERRAMENTO .....	66
LUMINOTÉCNICA .....	70
TIPOS DE LÂMPADAS .....	75
FONTES GERADORAS DE ELETRICIDADE .....	88
SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO .....	97



# MATÉRIA

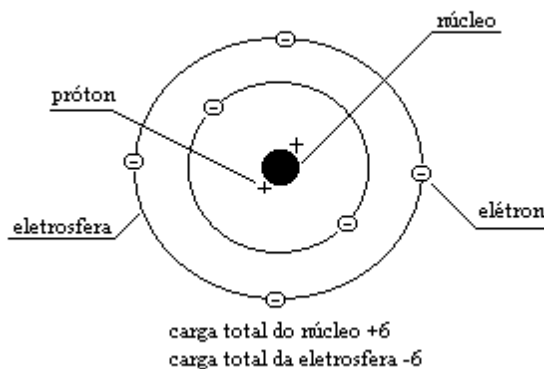
A compreensão dos fenômenos elétricos supõe um conhecimento básico da estrutura da matéria, cujas noções fundamentais serão reunidas a seguir.

Toda matéria, qualquer que seja seu estado físico, é formada por partículas denominadas moléculas. As moléculas são constituídas por combinações de tipos diferentes de partículas extremamente pequenas, que são os átomos. Quando uma determinada matéria é composta de átomos iguais é denominada elemento químico.

Os átomos são constituídos por partículas extraordinariamente pequenas, das quais as mais diretamente relacionada com os fenômenos elétricos básicos são as seguintes :

- **prótons**, que possuem carga elétrica positiva ;
- **elétrons**, possuidores de carga negativa,
- **nêutrons**, que são eletricamente neutros.

O modelo de Bohr tem uma estrutura muito semelhante à do sistema solar, onde os planetas giram em torno do sol, cada um em sua órbita. Ele representa o átomo com suas três partículas fundamentais: elétrons, prótons e nêutrons, como mostra a figura.



Os elétrons, que giram segundo órbitas mais exteriores, são atraídos pelo núcleo com uma força de atração menor que a exercida sobre os elétrons das órbitas mais próximas do núcleo. Os elétrons mais exteriores podem ser retiradas de sua orbita com certa facilidade, são denominados elétrons livres.

O acúmulo de elétrons em um corpo caracteriza a carga elétrica do mesmo.

Em certas substâncias, a atração que o núcleo exerce sobre os elétrons é pequena ; estes elétrons tem maior facilidade de se libertar e se deslocar. É o que ocorre nos metais como a prata, o cobre, o alumínio etc., denominados, por isso, **condutores elétricos**. Quando, pelo contrário, os elétrons externos se acham submetidos a forças interiores de atração que dificultam consideravelmente sua libertação, as substâncias em que tal ocorrem são denominadas isolantes elétricos. É o caso do vidro, das cerâmicas, dos plásticos etc. Pode-se dizer que um condutor elétrico é um material que oferece pequena resistência a passagem dos elétrons, e um isolante elétrico é o que oferece resistência elevada a corrente elétrica.

Assim como em hidráulica a unidade de volume do líquido é o m<sup>3</sup>, em eletricidade exprime-se a “quantidade” de eletricidade em **coulombs**.

### Resumo :

- **Matéria** : é tudo aquilo que tem massa e ocupa um lugar no espaço.
- **Molécula** : é a menor parte da matéria que conserva todas as propriedades dessa matéria.
- **Átomo** : é a menor porção de um elemento equilibrado eletricamente e apenas divisível por reação atômica.
- **Núcleo** : é a porção central do átomo, onde se encontram os prótons e nêutrons.

Obs.: 1C ( coulomb ) = 6,25x10<sup>18</sup> elétrons

## TENSÃO ELÉTRICA ( E ) :

Nos condutores, existem partículas invisíveis chamadas elétrons, que estão em constante movimento de forma desordenada. Para que estes elétrons passem a se movimentar de forma ordenada é preciso que se aplique uma força, de modo que se estabeleça um fluxo ordenado de elétrons.

Desta forma podemos considerar que, quando entre as extremidades de um condutor existir uma diferença de concentração de elétrons, isto é, de carga elétrica, existirá um **potencial elétrico** ou uma **tensão elétrica** entre esses dois pontos.

Através destes conhecimentos, definimos *tensão elétrica* da seguinte maneira:

**TENSÃO ELÉTRICA** : é a força que impulsiona os elétrons livres nos fios.

A tensão elétrica é também conhecida como diferença de potencial ( d.d.p. ).

- **Unidade de medida** : Volt ( V )
- **Aparelho de medida de tensão elétrica** : voltímetro

### RELAÇÃO ENTRE AS UNIDADES :

Relações	Denominação	Símbolo	Valor em relação ao volt
múltiplos	Megavolt $10^6$	<b>MV</b>	1000000V
"	Quilovolt $10^3$	<b>kV</b>	1000V
<b>unidade</b>	<b>volt</b>	<b>V</b>	
submúltiplos	Milivolt $10^{-3}$	<b>mV</b>	0.001V
"	Microvolt $10^{-6}$	<b>μV</b>	0.000001V

Tabela para a conversão de unidades de medida:

kA			A			mA			μA		

**TIPOS DE TENSÃO ELÉTRICA :**

- *Tensão contínua*
- *Tensão alternada*

**TENSÃO ELÉTRICA CONTÍNUA :**

***Tensão contínua*** - é aquela que não varia ao longo do tempo. Possui a sua polaridade definida.

Como exemplos de fontes de tensão contínua temos as pilhas e baterias

**TENSÃO ELÉTRICA ALTERNADA :**

***Tensão alternada*** - é aquela que troca de polaridade constantemente, provocando nos circuitos um fluxo de corrente ora em um sentido, ora em outro.

A tensão elétrica disponível nas residências é do tipo alternada, razão pela qual a maior parte dos equipamentos elétricos é construído para funcionar alimentado a partir deste tipo de corrente elétrica.



## CORRENTE ELÉTRICA ( I ) :

Os elétrons livres dos átomos de uma certa substância normalmente se deslocariam em todas as direções. Quando, em um condutor, o movimento de deslocamento de elétrons livres for mais intenso em um determinado sentido, diz - se que existe uma **corrente elétrica** ou um **fluxo elétrico** no condutor.

A intensidade da corrente elétrica é caracterizada pelo número de elétrons livres que atravessa uma determinada seção do condutor na unidade de tempo.

Através destas informações definimos corrente elétrica da seguinte forma :

**CORRENTE ELÉTRICA** é o movimento ordenado dos elétrons livres nos condutores, quando existe uma diferença de potencial ( tensão ) elétrico entre suas extremidades.

- **Unidade de medida** : ampère ( A );
- **Aparelho de medida de corrente elétrica** : amperímetro;

### RELAÇÃO ENTRE AS UNIDADES :

Relação	Denominação	Símbolo	Valor em relação ao ampère
múltiplos	quiloampere	<b>kA</b>	1000A
<b>unidade</b>	<b>ampère</b>	<b>A</b>	-
submúltiplos	miliampere	<b>mA</b>	0.001A
"	microampere	<b>µA</b>	0.000001A

Tabela para a conversão de unidades de medida:

	kA	A	mA	µA

**TIPOS DE CORRENTE ELÉTRICA :**

- *Corrente contínua*
- *Corrente alternada*

**CORRENTE CONTÍNUA ( CC ) :**

**Corrente Contínua** é aquela cuja intensidade é constante e sempre no mesmo sentido.

Ex. : pilhas comuns e baterias.

**CORRENTE ALTERNADA (CA ) :**

**Corrente Alternada** é aquela cuja intensidade varia senoidalmente com o tempo e cujo sentido inverte periodicamente.

Ex. : corrente utilizada nas residências.

## RESISTÊNCIA ELÉTRICA ( R ) :

**RESISTÊNCIA ELÉTRICA** é a dificuldade encontrada pela corrente elétrica ao atravessar um corpo.

• **Unidade de medida** : ohm (  $\Omega$  );

**Aparelho de medida de resistência elétrica** :

ohmmímetro;

**\*Obs. :** para medir a resistência de um aparelho, o aparelho deve ser desligado da rede, caso contrário poderá danificar o equipamento ( ohmmímetro ).

Todos os materiais apresentam resistência elétrica, desta forma podemos classificá-los em 3 grupos : **condutores, isolantes e semicondutores.**

a) **condutores** :oferecem relativa facilidade à passagem da corrente elétrica ( baixa resistência );

b) **isolantes** :oferecem muita dificuldade, sendo quase impossível a passagem da corrente elétrica ( alta resistência );

c) **semicondutores**: têm características intermediárias entre os condutores e os isolantes, e são largamente utilizados em eletrônica.

### RELAÇÃO ENTRE AS UNIDADES :

Relação	Denominação	Símbolo	Valor em relação ao ampère
Múltiplos	Megaohms	M $\Omega$	1000000 $\Omega$
Múltiplos	quiloohm	k $\Omega$	1000 $\Omega$
Unidade	ohm	$\Omega$	$\Omega$
Submúltiplos	miliohm	m $\Omega$	0,001 $\Omega$
Submúltiplos	microohm	$\mu\Omega$	0.000001 $\Omega$

Tabela para conversão de unidades de medidas

M $\Omega$	k $\Omega$	$\Omega$	m $\Omega$

o	Valor e relação ampère
	1000 $\Omega$
	-
	0.001
	0.00000

--	--	--	--

## POTÊNCIA ELÉTRICA ( P ):

**POTÊNCIA ELÉTRICA** é definida como sendo o trabalho efetuado na unidade de tempo. Assim como a potência hidráulica é dada pelo produto do desnível energético pela vazão, a potência elétrica, para um circuito com resistência, é obtida pelo produto da **tensão E** pela **corrente elétrica I**:

$$P = E * I$$

- **Unidade de medida** : watt ( W )

• **Aparelho de medida de potência elétrica** : wattímetro

Como vimos anteriormente a tensão ( E ) faz movimentar os elétrons, dando origem a corrente elétrica ( I ).

Existindo corrente ocorrerá algum tipo de fenômeno.

Ex. : circuito simples onde uma lâmpada é acesa. O que ocorre ? Quais os fenômenos que são percebidos ?

Luz e calor.

Esses fenômenos nada mais são do que a potência elétrica, que foi transformada em potência luminosa ( luz ) e potência térmica ( calor ).

Desta forma é fácil verificar que para existir potência elétrica é necessário que haja tensão e corrente elétrica.

**O dimensionamento de uma instalação elétrica é baseada na potência elétrica dos aparelhos de consumo.**

## RELAÇÃO ENTRE AS UNIDADES :

Relação	Denominação	Símbolo	Valor em relação ao ampère
Múltiplos	quilowatt	kW	1000W
Unidade	ohm	W	
Submúltiplos	miliohm	mM	0,001W
Submúltiplos	microohm	$\mu\Omega$	0.000001W

Tabela para conversão de unidades de medidas

kW			W			mW			$\mu W$		

## CONSIDERAÇÕES :

Na introdução ao estudo da potência elétrica definimos que potência elétrica é o produto de uma *tensão elétrica* E por uma *corrente* I, onde obtemos como unidade de medida o watt ( W ). No entanto, este produto fornece “na realidade” uma unidade de potência expressa em **volt - ampère ( VA )**, a qual denominamos **Potência Aparente**.

Esta diferenciação, para fins de entendimento, existe pelo fato de trabalharmos com dois tipos de tensão elétrica ( contínua e alternada ).

Portanto, sempre que trabalharmos em tensão contínua deveremos nos referir a uma potência, cuja unidade de medida é o Watt ( W ), e quando trabalharmos em tensão alternada (na maioria dos casos), utilizaremos o volt - ampère ( VA ) - **potência aparente**, a qual é composta de duas parcelas:

**potência ativa** ( W ) e **potência reativa** ( var ).

- **Potência ativa**: é a parcela efetivamente transformada em outras formas de potência :

Potência mecânica, potência térmica e potência luminosa, ou seja é a energia que realmente produz algum tipo de trabalho. Em termos práticos é a energia que **consumimos e pagamos**.

A unidade de medida desta forma de potência é o **Watt ( W )**.

• **Potência reativa**: é a parcela transformada em campo magnético, necessário por exemplo ao funcionamento de motores, transformadores e reatores. Este tipo de energia não gera trabalho nenhum ( desperdício ). Logo, é uma energia que **não consumimos mas pagamos**.

A unidade de medida da potência reativa é o **volt - ampère - reativo ( var )**.

A relação entre a potência ativa ( W ) e a potência aparente ( VA ) nos fornece o que chamamos de fator de potência, muito importante para as indústrias e concessionárias de energia elétrica.

## CONDUTORES - ISOLANTES - RESISTORES :

### CONDUTORES :

São materiais que, devido à sua constituição atômica, possuem um grande número de elétrons, e por não sofrerem forte atração por parte do núcleo do átomo, podem ser retirados de suas órbitas com relativa facilidade.

Devido a pouca atração exercida pelo núcleo do átomo, estes materiais apresentam **grande condutância e pequena resistência**.

Não existe um condutor perfeito, por maior que seja a sua condutância, sempre existirá resistência.

Os materiais condutores são utilizados para transportarem ou conduzirem a corrente elétrica.

Abaixo citaremos os 4 melhores condutores :

- **Ouro** : é o melhor condutor elétrico, devido ao seu alto custo é pouco empregado na eletricidade. Na eletrônica ele é utilizado nos terminais de CI's especiais.
- **Prata** : é considerado o 2º melhor condutor elétrico, sendo pouco empregado na eletricidade, devido ao seu alto custo. Na eletricidade a prata é utilizada em contadores, recobrimo ou mesmo confeccionando os contatos internos.
- **Cobre** : é o 3º melhor condutor elétrico, é o material mais empregado em eletricidade, devido ao seu custo relativamente baixo. O cobre é empregado na confecção de contatos de interruptores, receptáculos, fios, etc..
- **Alumínio** : é o 4º melhor condutor elétrico. É bastante empregado na confecção de condutores usados nas

linhas de transmissão de energia, das usinas geradoras até as cidades.

**ISOLANTES :**

São materiais que possuem grande resistência à passagem da corrente elétrica.

Neste grupo de materiais os elétrons estão presos aos átomos por uma força de atração muito maior do que nos materiais condutores.

Devido a essa característica, estes materiais oferecem pequena condutância e grande resistência. Não existe isolante perfeito, por maior que seja a sua resistência, sempre existirá condutância.

Os materiais isolantes mais utilizados são : o plástico, a borracha, a baquelita, a porcelana e a mica.

- **Plástico** : é empregado no isolamento de condutores, corpo de tomadas, carcaça de eletrodomésticos, interruptores, plugues, etc..
- **Borracha** : é empregado na fabricação de isolamento de condutores.
- **Baquelita** : é empregada na confecção do corpo de interruptores, tomadas e na base e corpo de chaves .
- **Porcelana** : é empregada na fabricação de roldanas e bases de chaves.
- **Mica** : é empregado em locais onde serão desenvolvidas altas temperaturas, como por exemplo, entre a resistência e a carcaça do ferro de soldar, ferro de passar roupas, etc..



## RESISTORES :

São materiais que oferecem uma certa resistência à passagem da corrente elétrica. Sua função específica é transformar energia elétrica em calor.

Nestes materiais os elétrons estão presos ao núcleo do átomo por uma força de atração maior do que nos materiais condutores e menor que nos materiais isolantes.

Devido a essa característica, estes materiais oferecem média condutância e média resistência. Dentre os materiais considerados resistores elétricos, os mais usados em eletricidade são : o tungstênio e o níquel-cromo.

- **Tungstênio** : é utilizado na confecção de filamentos de lâmpadas incandescentes.
- **Níquel - cromo** : é bastante utilizado na confecção de resistência de eletrodomésticos, tais como : chuveiros, fogão elétrico, etc..

## RESISTIVIDADE :

Todos os materiais, em sua constituição física, facilitam, dificultam ou até mesmo impedem à passagem da corrente elétrica.

A facilidade encontrada pela corrente elétrica ao passar pelos materiais é denominada **CONDUTÂNCIA ( G )**.

Porém, em contrapartida à condutância, os materiais sempre oferecem certa oposição à passagem da corrente elétrica.

A essa dificuldade encontrada pela corrente elétrica ao percorrer um material é denominada **RESISTÊNCIA ELÉTRICA ( R )**.

Todo material condutor de corrente elétrica apresenta certo grau de condutância e de resistência. Quanto maior for a condutância do material, menor será sua resistência. Se o material oferecer grande resistência, proporcionalmente apresentará pouca condutância.

A condutância e a resistência elétrica se manifestam com maior ou menor intensidade nos diversos tipos de materiais.

Por exemplo : no cobre a **condutância** é maior que a **resistência**,( figura a seguir ) já no plástico a resistência é muito maior que a condutância.



*material cobre.*

- **Maior resistência → Menor condutância**
- **Menor resistência → Maior condutância**

Os valores de resistência elétrica e de condutância variam de acordo com certos fatores:

- **natureza do material;**
- **comprimento do condutor;**
- **seção transversal;**
- **temperatura.**

**NATUREZA DO MATERIAL :**

Para a determinação dos valores de resistência, é importante levarmos em consideração a constituição atômica do material. Como cada material possui uma estrutura atômica diferente, logo teremos valores distintos de resistência.

**COMPRIMENTO :**

Um fator a ser considerado no estudo da resistência elétrica é o comprimento do fio, pois mesmo que tenhamos um material de mesma constituição atômica, mas comprimentos diferentes as respectivas resistências serão diferentes.

Portanto :

- **aumentando o comprimento → aumentará a resistência**
- **diminuindo o comprimento → diminuirá a resistência**

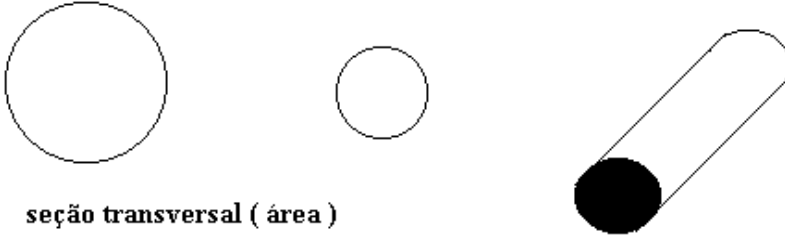
**Obs.:** é importante lembrar que estamos considerando materiais de mesma natureza.

Sabendo que a condutância é o inverso da resistência e levando em consideração o comprimento do material, concluímos que :

- **aumentando o comprimento → diminuirá a condutância**
- **diminuindo o comprimento → aumentará a condutância**

## SEÇÃO TRANSVERSAL:

Seção transversal é a área do material quando este é cortado transversalmente.



Interferência da seção transversal na resistência e condutância dos materiais, considerando materiais de mesma natureza e de igual comprimento.

Tomando-se dois materiais com as características citadas acima e seções transversais diferentes, conclui-se que :

- **aumentando a seção transversal → diminuirá a resistência**
- **diminuindo a seção transversal → aumentará a resistência**

Levando em consideração a condutância ( G ), conclui-se que :

- **aumentando a seção transversal → aumentará a condutância**
- **diminuindo a seção transversal → diminuirá a condutância**

## TEMPERATURA:

O último fator que pode influenciar nos valores de resistência e condutância elétrica dos materiais é a temperatura, onde levaremos em consideração materiais de

mesma natureza, igual comprimento e de mesma seção transversal, variando apenas os valores de temperatura.

Em relação a resistência, temos que :

• **aumentando a temperatura → aumentará a resistência**

• **diminuindo a temperatura → diminuirá a resistência**

Condutância :

• **aumentando a temperatura → diminuirá a condutância**

• **diminuindo a temperatura → aumentará a condutância**

Se um condutor for aquecido, a corrente do circuito sofrerá considerável redução e, quanto maior for o aquecimento, menor será a corrente no circuito.

Essa influência depende da natureza do material de que serão constituídos.

Demonstra-se matematicamente que, se  $R_0$  é a resistência de um condutor à temperatura de  $0^\circ\text{C}$ , o valor da resistência desse condutor à temperatura de  $t^\circ\text{C}$  é expresso pela fórmula :

$R = R_0.( 1 + \alpha t )$ , onde  $\alpha$  é o coeficiente de temperatura do metal que se considera, e representa a variação da resistência pelo aumento de um grau centígrado de temperatura para cada um de resistência inicial do condutor.

Conhecendo-se o valor de R da resistência elétrica de um condutor à temperatura  $t_1$ , pode-se calcular o valor da mesma para a temperatura  $t_2$ :

$$R_t = R.[ 1 + \alpha.( t_2 - t_1 ) ]$$

Os valores do coeficiente de temperatura dos materiais mais empregados nas instalações elétricas estão indicadas na tabela abaixo:

**coeficientes de temperatura**

material	$\alpha$
alumínio	0.00427
cobre	0.00426
ferro	0.00460
prata	0.00340

**RESISTÊNCIA ESPECÍFICA :**

Definição : é a resistência oferecida por um material com 1 metro ( m ) de comprimento, 1mm<sup>2</sup> de seção transversal e estando a uma temperatura de 20 ° C.

**Resistividade (  $\rho$  ) - é a resistência específica de cada material.(  $\Omega.mm^2/ m$  ).**

**Tabela de resistividade (  $\rho$  ) :**

material	$\rho$
prata	0.016
cobre	0.017
alumínio	0.030
tungstênio	0.050
níquel - cromo	1.000

Fórmula :

$$R = \rho. l / S, \text{ onde :}$$

R = resistência total do material, em ohms (  $\Omega$  )

$\rho$  ( rô ) = resistência específica do material (  $\Omega.mm^2/ m$  )

l = comprimento do material, em metros ( m )

S = seção transversal do material, em mm<sup>2</sup>

## CIRCUITOS ELÉTRICOS :

**Definição** : circuito elétrico é o caminho fechado, pelo qual circula a corrente elétrica.

Um circuito elétrico é constituído basicamente por quatro componentes fundamentais :

- fontes geradoras de energia;
- consumidor;
- condutor;
- dispositivo de manobra

### FONTES GERADORAS :

Fonte geradora de energia elétrica é a que gera ou produz energia elétrica, a partir de outro tipo de energia. Ex.: pilha da lanterna, bateria do automóvel e usina hidrelétrica.

### CONSUMIDOR:

Aparelho consumidor é o elemento do circuito que emprega a energia elétrica para realizar trabalho. A função do aparelho consumidor no circuito é transformar a energia elétrica em outro tipo de energia. Ex. : furadeira, ferro de soldar, televisor, etc..

### CONDUTOR ELÉTRICO :

O condutor elétrico faz a ligação entre o consumidor e a fonte geradora, permitindo a circulação da corrente.

### DISPOSITIVO DE MANOBRA:

O dispositivo de manobra é um componente ou elemento que nos permite manobrar ou operar um circuito. O dispositivo de manobra permite ou impede a passagem da corrente elétrica pelo circuito. Acionando o dispositivo de manobra, nós ligamos ou desligamos os consumidores de energia.

**CIRCUITO FECHADO :**

É o circuito não interrompido; ele tem continuidade e dá passagem à corrente elétrica.

**CIRCUITO ABERTO :**

É o circuito interrompido, que não tem continuidade, o circuito pode ter sido interrompido por um dispositivo de manobra ou , até mesmo por uma interrupção acidental.

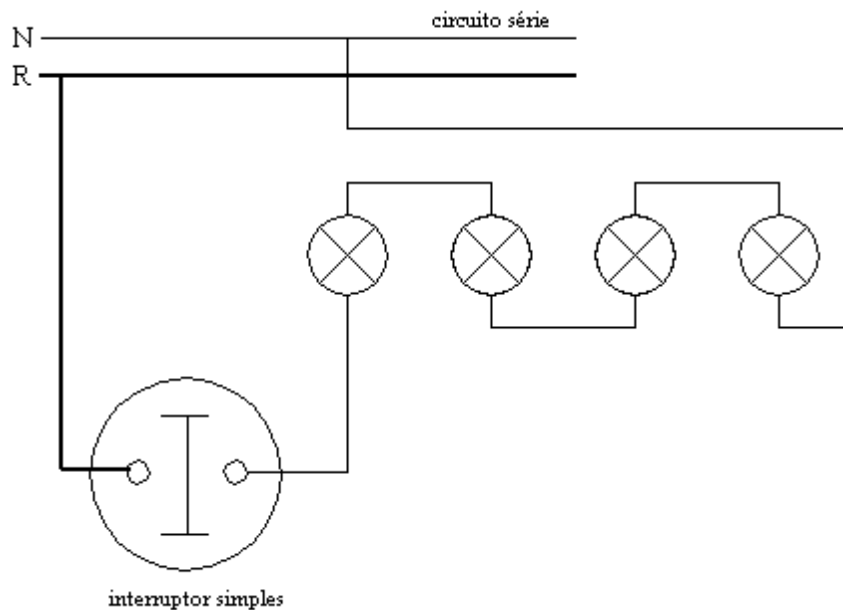
**TIPOS DE CIRCUITOS ELÉTRICOS :**

- *circuito elétrico série;*
- *circuito elétrico paralelo;*
- *circuito elétrico misto*

**CIRCUITO SÉRIE :**

**Circuito série** é o mais elementar dos circuitos, pois se caracteriza ligando seus componentes um após o outro, desta forma a corrente que passa por todos os elementos é a mesma.

A falha de um dos elementos do circuito faz com que o mesmo deixe de funcionar, isto é, ocasiona sua interrupção. Isto significa que o circuito em série tem funcionamento **dependente**, ou seja, um componente só pode funcionar quando todos os outros também funcionarem.



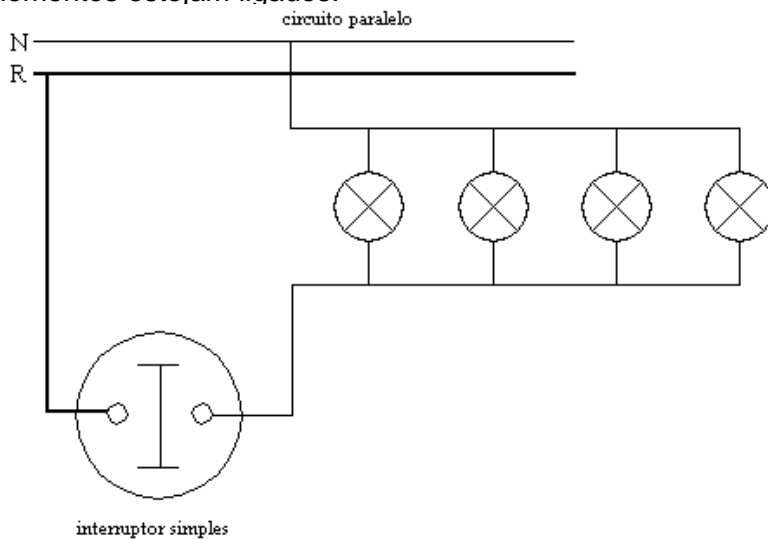


### CARACTERÍSTICAS DO CIRCUITO SÉRIE :

- funcionamento dependente;
- corrente elétrica ( I ) constante em todo o circuito;
- tensão elétrica variável;
- a corrente elétrica tem somente um caminho a percorrer

### CIRCUITO PARALELO :

**Circuito paralelo** é aquele em que o funcionamento de um elemento **independe** do funcionamento dos demais, isto é, uma fonte receptora pode funcionar sem que os outros elementos estejam ligados.



### CARACTERÍSTICAS DO CIRCUITO PARALELO :

- funcionamento independente;
- tensão elétrica ( E ) constante no circuito;
- corrente elétrica variável;
- o circuito oferece vários caminhos para a corrente elétrica percorrer

### CIRCUITO ELÉTRICO MISTO :

**Circuito misto** é o circuito que apresenta seus elementos ligados uns em série e outros em paralelo, ou seja, é a união dos dois circuitos estudados anteriormente.

Como o circuito misto é uma composição de circuitos em série com circuitos em paralelo, logo este apresenta num único circuito as características dos dois circuitos anteriores, ou seja, trechos com funcionamento independente (circuito paralelo) e trechos com funcionamento dependente (circuito série).

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

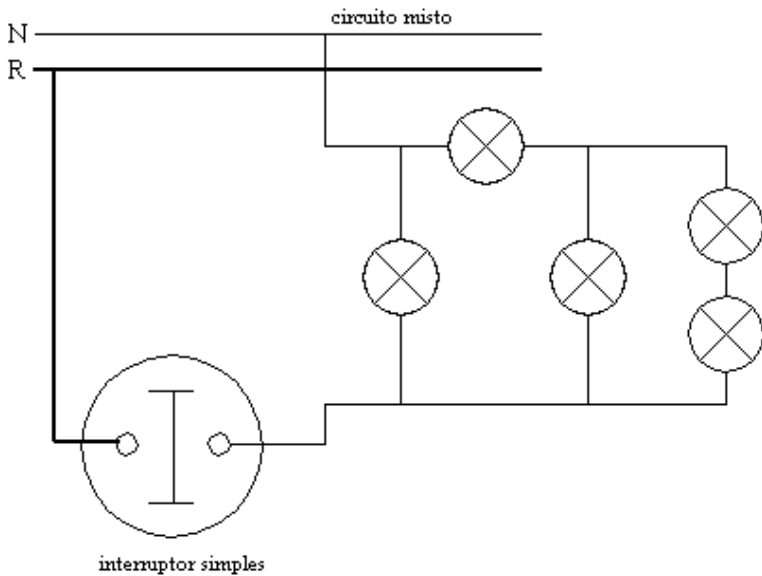
.....

.....

.....

.....

.....



**LEI DE OHM :**

Desde muito tempo os fenômenos elétricos tem despertado a curiosidade do homem.

Nos primórdios da eletricidade esta curiosidade levou um grande número de cientistas a se dedicarem ao estudo da eletricidade.

**George Simon Ohm** foi um destes cientistas, dedicando - se ao estudo da corrente elétrica.

Através dos seus estudos Ohm definiu uma relação entre a corrente, tensão e resistência elétrica em um circuito, denominado de “ **Lei de Ohm** “.

Nos dias de hoje, ampliando os conhecimentos sobre eletricidade, a Lei de Ohm é tida como a

## LEI BÁSICA DA ELETRICIDADE.

Observações realizadas por Ohm:

- Ohm verificou a interdependência entre a tensão aplicada sobre uma resistência e a corrente que por ela flui;
- Para uma mesma resistência, um aumento da tensão aplicada corresponde a um aumento proporcional na corrente que flui através da mesma;
- Mantendo constante a tensão, um aumento do valor da resistência corresponde a uma diminuição proporcional da corrente elétrica no circuito.

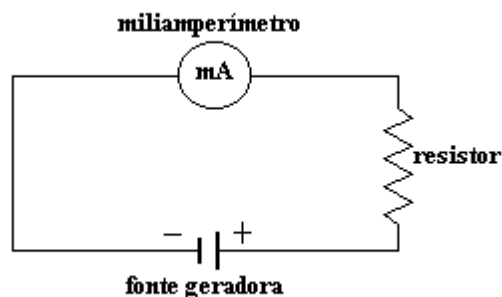
Isto se traduz da seguinte forma :

**“ A corrente que flui através de uma resistência é diretamente proporcional à tensão aplicada e inversamente proporcional à resistência . “**

$$I = \frac{E}{R} \quad (\text{Lei de Ohm})$$

**Determinação experimental da Lei de Ohm :**

A Lei de Ohm pode ser obtida a partir de medidas de tensão, corrente e resistência realizadas em circuitos elétricos simples, composto por uma fonte geradora e um resistor.

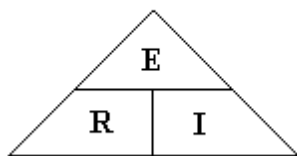


Diversas experiências podem ser realizadas variando - se a resistência ou aumentando a tensão.

**Aplicação da Lei de Ohm :**

A Lei de Ohm pode ser utilizada através da sua equação para determinar os valores de tensão (E), corrente ( I ) ou resistência ( R ) em um circuito.

Sempre que se conhecem dois valores em um circuito ( E e I; I e R ou E e R ) o terceiro valor desconhecido pode ser determinado pela Lei de Ohm.



Quando se deseja determinar a intensidade da corrente elétrica ( I ) que percorre um circuito, coloca - se o dedo sobre a letra I do triângulo.

Com a letra I ( corrente elétrica ) coberta, o triângulo fornece a equação que deve ser usada para calcular a corrente do circuito. No caso teríamos a seguinte equação :

$$I = E / R$$

Quando for necessário determinar a resistência ( R ) de um circuito deve - se cobrir a letra R do triângulo e a equação encontrada será :

$$R = E / I$$

Da mesma forma pode - se determinar a tensão aplicada em um circuito quando se conhece a corrente e a resistência.

$$E = R * I$$

Para que as equações decorrentes da Lei de Ohm sejam



## ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES :

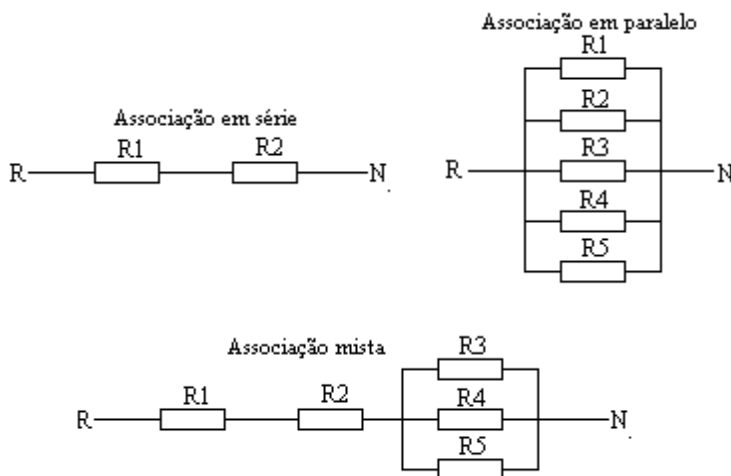
**RESISTORES** : elementos presentes no circuito, constituído de material de baixa condutibilidade elétrica, cuja função é oferecer resistência, transformando energia elétrica em calor ( energia térmica ).

Inúmeras vezes tem - se necessidade de um valor de resistência diferente do fornecido por um único resistor, outras vezes atravessar em resistor com uma corrente maior do que aquela que normalmente suportaria e que o danificaria. Nesses casos deve -se fazer uma **associação de resistores**.

Os resistores podem ser associados de diversos modos. Basicamente existem dois modos distintos de associá - los : em série e paralelo. Um outro método que podemos citar, seria a associação mista de resistores, que nada mais é do que a associação de resistores em série e paralelo.

Em qualquer uma dessas associações deveremos encontrar o **resistor equivalente**, ou seja, o resistor que faria o mesmo efeito do conjunto.

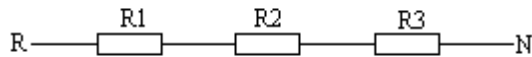
Exemplos das formas de se associar resistores :



## ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES EM SÉRIE :

Muitas vezes, nos circuitos elétricos, aparecem resistências ligadas uma em seguida à outra. Quando isto acontece, dizemos que as resistências estão **associadas em série**.

As lâmpadas usadas na decoração das árvores de Natal, por exemplo, geralmente são associadas desta maneira.



Na associação em série a resistência equivalente é a soma das resistências parciais :

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 + \dots R_n$$

No caso de termos vários resistores iguais ligados em série, teremos :

$$R_T = R + R + R + \dots$$

ou

$$R_T = n \times R, \quad \text{onde}$$

$n$  = número de resistores

$R$  = resistência de cada um dos resistores

## CARACTERÍSTICAS DA ASSOCIAÇÃO EM SÉRIE :

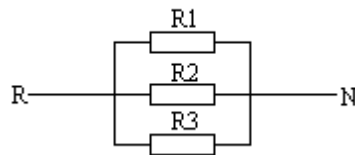
- o resistor equivalente é a soma de todos os resistores do circuito;
- todo o circuito é percorrido pela mesma corrente;
- as potências dissipadas pelas resistências são diretamente proporcionais às respectivas resistências ( Lei de Joule  $P = I^2 \times R$  );

- a tensão elétrica ou d.d.p. em cada resistor de uma associação em série são diretamente proporcionais às respectivas resistências

### ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES EM PARALELO :

Já estudamos anteriormente como se ligam elementos em paralelo. Do mesmo modo que, para o circuito série, vamos encontrar para a associação de resistores em paralelo um resistor equivalente à associação, isto é, que produz no circuito o mesmo efeito que ela.

**Lembrete :** os resistores estão associados em paralelo, quando são ligados de modo a ficarem submetidos à mesma d.d.p.



Na associação em paralelo a resistência equivalente da associação é igual à soma dos inversos das resistências associadas :

$$1 / R_T = 1 / R_1 + 1 / R_2 + 1 / R_3 + \dots 1 / R_n$$

No caso de termos dois resistores associados em série, temos :

$$R_T = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2} \quad (\text{produto})$$

Se tivermos vários resistores iguais :

$$R_T = R / n, \quad \text{onde}$$

R = valor de uma resistência

n = número de resistores iguais



## CARACTERÍSTICAS DA ASSOCIAÇÃO

### EM PARALELO :

- todas as resistências recebem a mesma d.d.p. ( tensão elétrica );
- a corrente elétrica total do circuito é igual a soma das correntes que percorrem cada resistência;
- a corrente elétrica que percorre cada resistor é inversamente proporcional às respectivas resistências;
- as potências dissipadas são inversamente proporcionais às respectivas resistências

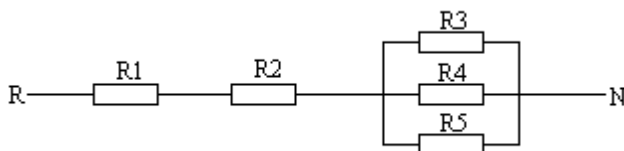
### ASSOCIAÇÃO MISTA DE RESISTORES :

A associação mista de resistores é uma combinação das duas associações anteriores : associação em série e associação em paralelo.

Qualquer associação mista pode ser substituída por um resistor equivalente, que se obtém considerando - se que cada associação parcial ( série ou paralelo ) equivale a apenas um resistor, reduzindo aos poucos a associação, até que encontremos um valor que será a resistência equivalente.

Não existe uma regra fixa para o cálculo deste tipo de ligação.

As associações mistas de resistores são consideradas simples, quando podemos perceber, à primeira vista, o trecho, em série ou paralelo, que será o ponto de partida para o cálculo da resistência total da associação.



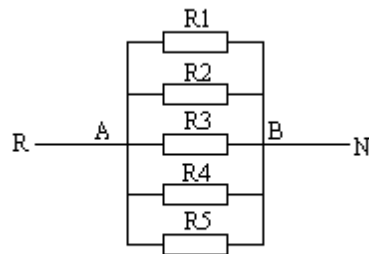
## LEI DE KIRCHHOFF

### PRIMEIRA LEI DE KIRCHHOFF :

A primeira Lei de Kirchhoff se refere a forma como a corrente se comporta nos circuitos paralelos.

### Enunciado da Primeira Lei de Kirchhoff :

**“ A soma das correntes que chegam a um nó do circuito é igual a soma das correntes que saem do nó.”**



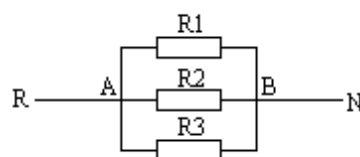
Obs.: chama - se “ nó “ ao ponto de união de três ou mais braços de um circuito elétrico.

Para darmos continuidade ao estudo da Primeira Lei de Kirchhoff, vamos relembrar as duas características fundamentais do circuito elétrico paralelo :

- fornecer mais de um caminho para a circulação da corrente elétrica;
- a tensão em todos os componentes associados é a mesma

Suponhamos agora três resistores ligados em paralelo a uma rede cuja tensão elétrica é E.

Os pontos A e B, onde se realizam as derivações para a ligação de cada componente se chamam nós.



A tensão com que funciona cada fonte receptora deve ser a mesma que a tensão de rede.

Se as potências dos resistores são P1, P2 e P3, as respectivas correntes serão :

$$I1 = P1 / E, \quad I2 = P2 / E, \quad I3 = P3 / E$$

Pelo condutor da linha geral deverá chegar uma corrente I, que se divide no nó A em I1, I2 e I3 para alimentar os resistores, estas correntes reúnem - se novamente no nó B, somam - se, e pelo outro condutor da linha geral, saem numa corrente de valor I. Assim teremos :

$$I = I1 + I2 + I3$$

No caso de vários resistores em paralelo, teremos :

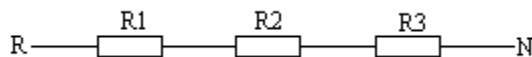
$$I = I1 + I2 + I3 + .....In$$

**SEGUNDA LEI DE KIRCHHOFF :**

A segunda Lei de Kirchhoff se refere a forma como a tensão se distribui nos circuitos série.

**Enunciado da Segunda Lei de Kirchhoff :**

***“ A soma das tensões nos componentes de uma associação série é igual a tensão aplicada nos seus terminais extremos. “***



Para darmos continuidade ao estudo da Segunda Lei de Kirchhoff vamos lembrar as características fundamentais dos circuitos série :

- fornece apenas um caminho para a circulação da corrente elétrica;

- a corrente tem o mesmo valor em qualquer ponto do circuito

Consideremos agora um circuito série constituído por dois componentes com resistências R1 e R2, respectivamente, sendo percorridas por uma corrente I.



A tensão aplicada ao circuito se distribui para os dois componentes, sendo assim, teremos :

$$E1 = I \times R1$$

$$E2 = I \times R2$$

Assim, teremos para o circuito uma tensão total de :

$$E = E1 + E2$$

No caso de termos vários componentes ligados em série, a tensão aplicada no circuito será :

$$E = E1 + E2 + E3 + \dots + En$$

**LEI DE JOULE :**

A energia se apresenta sob as mais variadas formas, tais como : energia elétrica, energia térmica, energia mecânica, energia luminosa, etc. Estas formas de energia podem sofrer transformações, passando de uma para outra; por exemplo, pode - se transformar a energia elétrica em energia térmica.

Quando a corrente elétrica passa através de um condutor ou resistor, encontra uma resistência elétrica, ocorrendo então o aquecimento do fio. Houve, portanto, uma transformação de energia elétrica em energia térmica, a esse fenômeno denominamos **Efeito Joule**.

O efeito Joule pode ser entendido como o choque de elétrons livres contra os átomos do condutor. Com o choque, os elétrons transformam parte da energia elétrica que recebem do gerador e esta energia transferida e transformada em calor.

Por sua vez, este calor determina a elevação da temperatura do condutor.

**Enunciado da Lei de Joule :**

**“ A energia térmica ou quantidade de calor desenvolvida pela passagem da corrente elétrica por um condutor ou resistor é diretamente proporcional ao quadrado da corrente elétrica, à resistência do resistor ou condutor e ao tempo durante o qual se efetua a transformação de energia. “**

**$Q = 0,24 \times I^2 \times R \times t$  onde**

- Q - quantidade de calor em calorias ( cal )
- 0,24 - equivalente térmico de calor ( 1J = 0,24 cal )
- R - resistência (  $\Omega$  )
- I - corrente elétrica ( A )
- t - tempo ( s )

O efeito Joule ocorre sempre, pois todos os dispositivos possuem resistência elétrica, porém nem sempre interessa a transformação de energia elétrica em calor, como por exemplo, o caso de um motor elétrico. Neste, a intenção é a transformação de energia elétrica em energia mecânica, mas nem toda energia é assim transformada, pois uma parcela se transforma em calor devido à resistência elétrica dos fios que constituem os enrolamentos do motor.

Como essa energia não é desejada, dizemos que a mesma se constitui numa energia perdida ou dissipada, pois o calor é trocado com o meio ambiente.

A transformação da energia elétrica em térmica aparece sob duas formas : aproveitamento Joule e perdas Joule.

O aproveitamento Joule se dá nos resistores ( estufas, ferros de soldar, etc. ), onde se deseja obter aquecimento através da corrente elétrica.

Nos condutores a transformação de energia elétrica em térmica é um inconveniente, pois ela não é desejada.

A perda Joule é expressa em watts pela seguinte fórmula .....

$P = I^2 \times R$ , onde .....

P - potência dissipada ou perdida ( W ) .....

I - corrente elétrica ( A ) .....

R - resistência elétrica (  $\Omega$  ) .....

**APLICAÇÕES DO EFEITO JOULE :** .....

O efeito Joule embora seja prejudicial as máquinas elétricas e nas linhas de transmissão, pois representa uma perda de energia elétrica, é por sua vez muito útil. Isso ocorre, por exemplo, nos aquecedores elétricos em geral : ferro elétrico, chuveiro, etc., nos fusíveis e nas lâmpadas de incandescência. ....

a ) As lâmpadas incandescentes criadas no século passado pelo inventor Thomas Edison, constituem também uma aplicação do efeito Joule. Os filamentos destas lâmpadas são geralmente feitos de tungstênio, que é um metal cujo ponto de fusão é muito elevado. Assim, estes filamentos, ao serem percorridos por uma corrente elétrica, se aquecem e podem alcançar altas temperaturas tornando - se incandescentes e emitindo grande quantidade de luz. ....

b ) Outra aplicação do efeito Joule é encontrada na construção de fusíveis, que são dispositivos usados para limitar a corrente que passa em um circuito elétrico como , por exemplo, em um automóvel, em uma residência, em um aparelho elétrico, etc.. Este dispositivo é constituído por um filamento metálico, geralmente de chumbo, que tem baixo ponto de fusão. Desta maneira, quando a corrente que passa no fusível ultrapassa um certo valor ( próprio de cada valor ), o calor gerado pelo efeito Joule provoca a fusão do filamento, interrompendo a passagem da corrente. ....

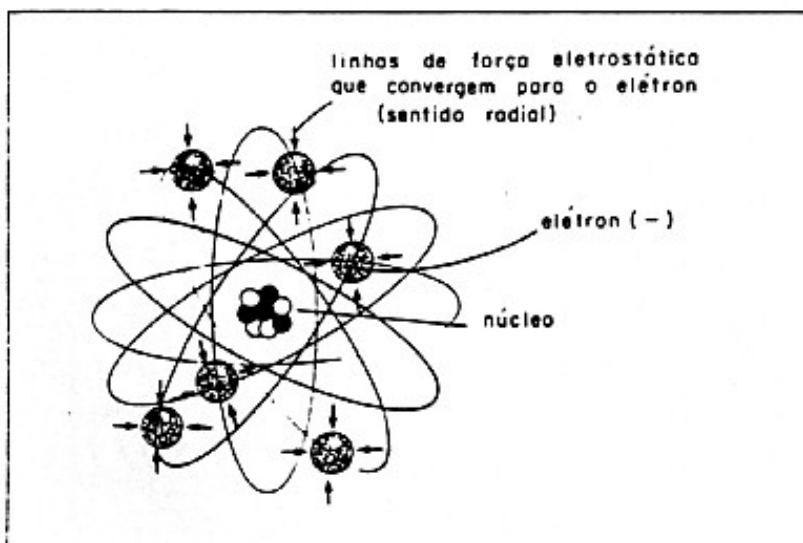
c ) Atualmente , os fusíveis nas residências são substituídos por disjuntores, o qual também possui o seu funcionamento baseado no efeito Joule. Nestes componentes, o aquecimento de um dispositivo bimetálico provoca a sua dilatação, fazendo com que o disjuntor desligue, protegendo o circuito. ....

## Formação do campo magnético em um condutor

De acordo com o que verificamos anteriormente, corpos com cargas elétricas de mesmo sinal se repelem e corpos com cargas elétricas de sinal contrário se atraem. As cargas elétricas possuem, em torno de si, um espaço denominado campo elétrico.

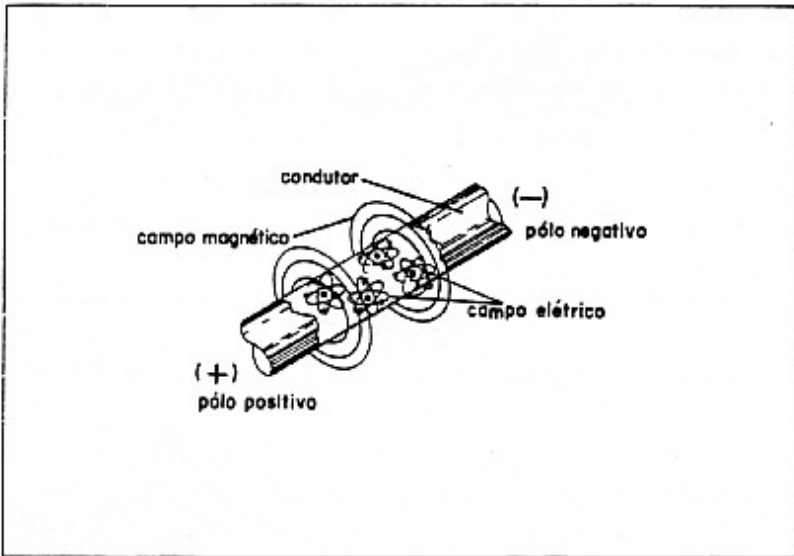
Nesse espaço, a força atuante é de origem elétrica.

O campo eletrostático de uma carga elétrica é a região em torno da carga onde age seu campo elétrico. Em um elétron, o campo elétrico pode ser representado por linhas de força eletrostática que convergem para o elétron no sentido radial, como se observa no desenho abaixo.



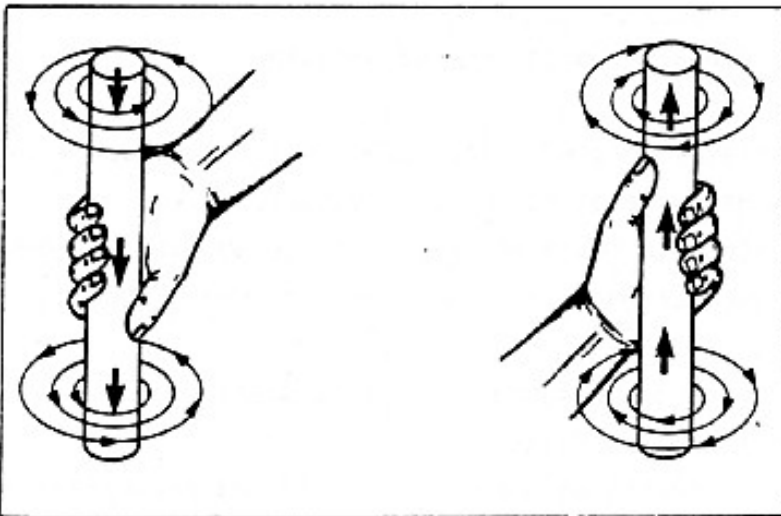
Quando o elétron se movimenta em um condutor, cria em torno deste um campo magnético.

O condutor estará, portanto, sob a ação de dois campos: campo elétrico e campo magnético.



O campo magnético é formado por linhas concêntricas que giram perpendicularmente ao condutor.

O sentido de rotação das linhas de força magnética é determinado segurando-se o condutor com a mão esquerda: o polegar indica o sentido da corrente e a curvatura dos dedos indica o sentido de rotação das linhas magnéticas.

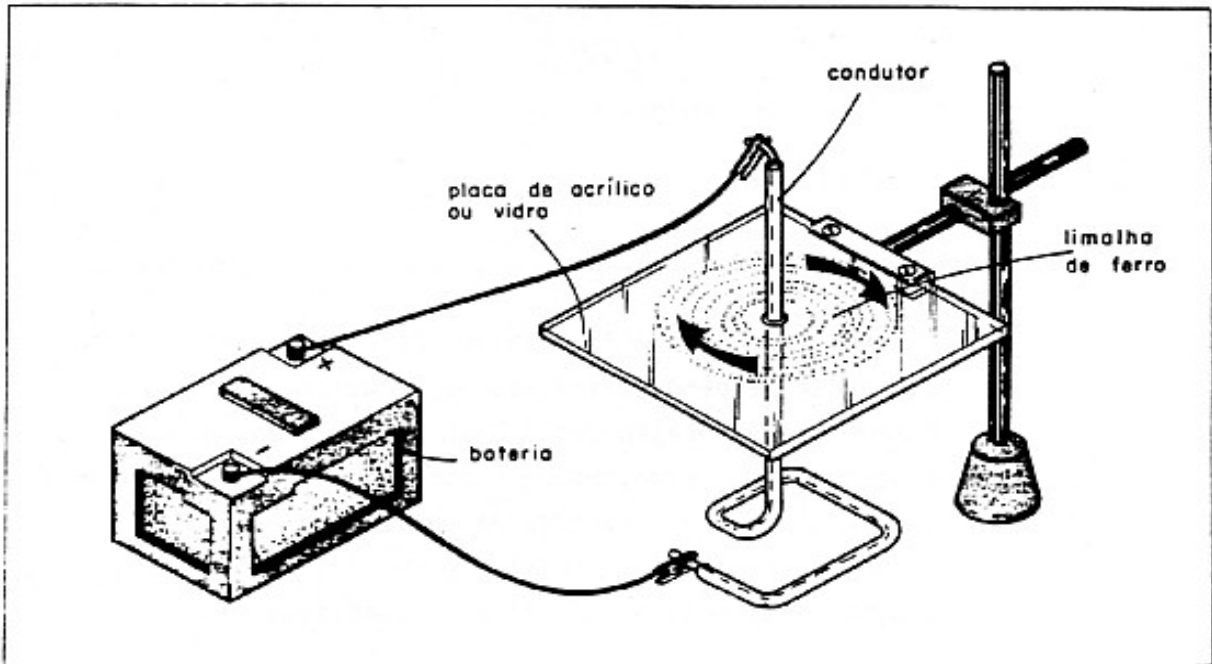


Para demonstrar-se a existência de um campo magnético ao redor de um condutor percorrido por corrente, liga-se, por intermédio de uma chave, um condutor “grosso” a um acumulador. O condutor deve ser introduzido em uma placa de acrílico mantida em posição horizontal e perpendicular a ele.

Com a chave ligada, espalha-se limalha de ferro sobre a placa. Batendo-se levemente com um lápis na placa de acrílico,



nota-se que a limalha de ferro forma linhas concêntricas em .....  
 torno do condutor. A conformação da limalha de ferro é .....  
 chamada espectro magnético. ....



**Sentido de linha de força segundo Oersted** .....

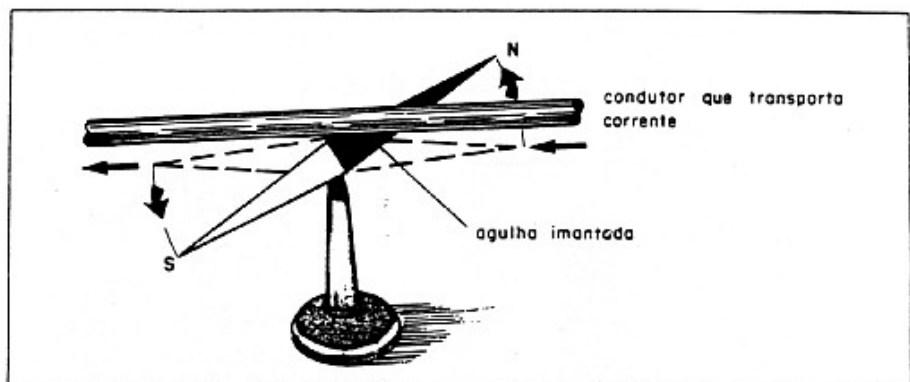
A experiência de Oersted também demonstra o sentido .....  
 de rotação das linhas de força ao redor de um condutor. Essa .....  
 experiência é feita com o auxílio de uma agulha imantada e um .....  
 condutor por onde circulará uma corrente elétrica. ....

Coloca-se um condutor sobre uma agulha imantada, .....  
 obedecendo à direção desta. ....

Ao circular corrente pelo condutor, a agulha deflexionará, .....  
 acompanhando o sentido de rotação das linhas magnéticas. ....

O sentido de .....  
 deflexão da agulha .....  
 depende do sentido da .....  
 corrente que circula no .....  
 condutor.

Observe a .....  
 deflexão na ilustração .....  
 ao lado



A deflexão da agulha ocorre quando a mesma toma .....  
direção perpendicular ao condutor. ....

Se a agulha estiver sobre o condutor ou se invertermos .....  
o sentido da corrente, o sentido da deflexão será contrário ao .....  
apresentado na figura. ....

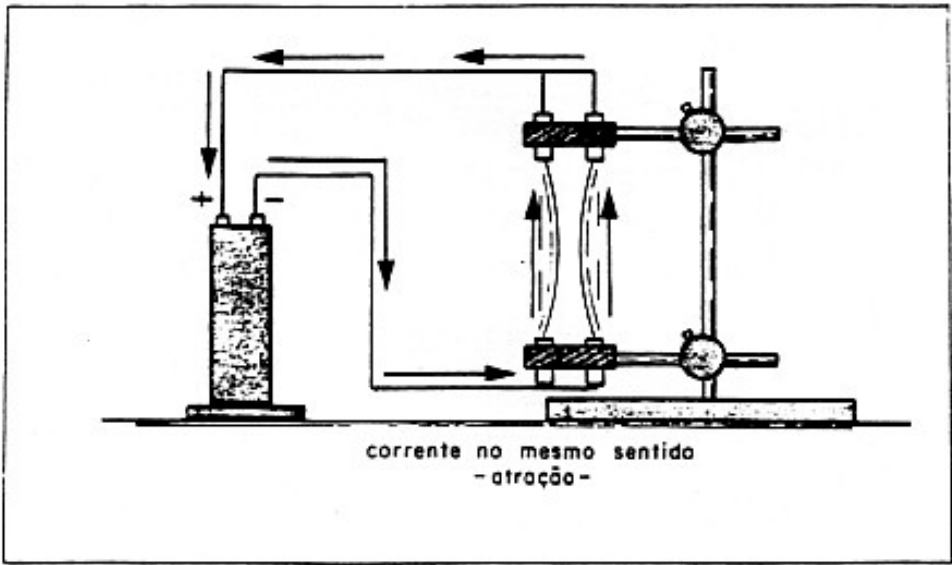
O sentido da deflexão da agulha deve-se à interação do .....  
campo magnético da agulha com o do condutor. ....

A interação de campos magnéticos ocorre também entre .....  
dois condutores paralelos, quando são percorridos por uma .....  
corrente elétrica. ....

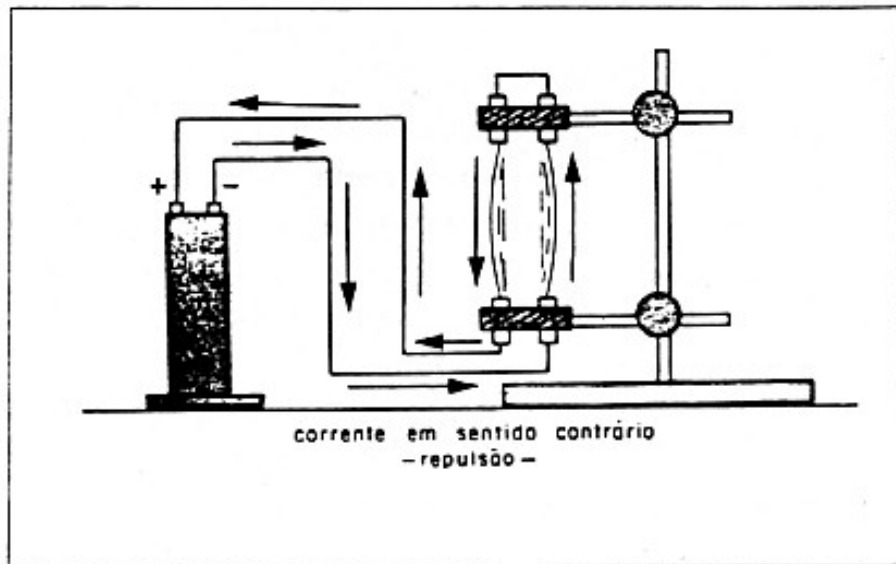
O campo magnético criado em torno dos condutores .....  
desenvolve uma força que pode ser de atração ou repulsão. ....

**Observação**

A atração ocorre quando o sentido da corrente é o mesmo .....  
em dois condutores, estando estes posicionados .....  
paralelamente entre si. ....

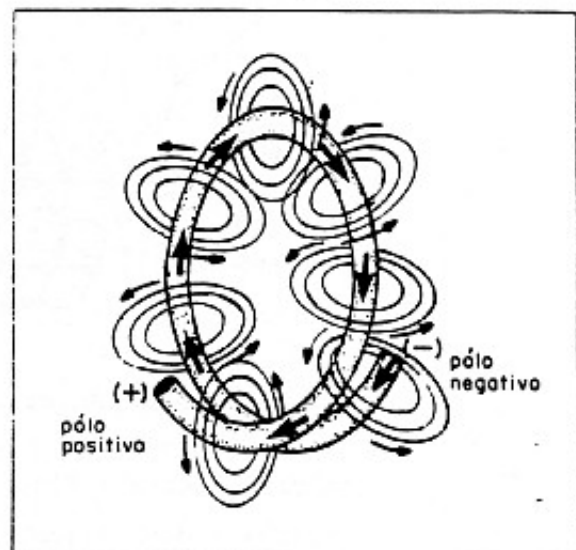
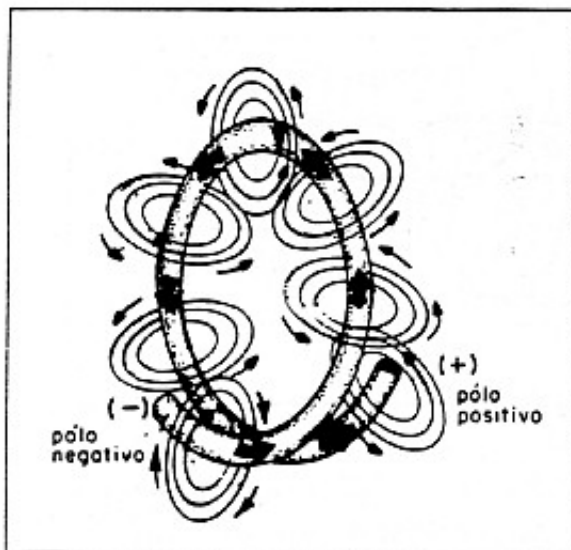


A repulsão ocorre quando o sentido da corrente é .....  
contrário nos condutores, estando estes paralelos entre si. ....



Se o condutor tomar a forma de anel ou espira, as linhas de força concêntricas produzirão um campo magnético perpendicular ao plano da espira com polaridade S-N.

.....  
 .....  
 .....  
 .....



### IDENTIFICAÇÃO DE POLARIDADE

.....

A identificação de polaridade de uma espira pode ser feita com a utilização de uma bússola ou através da regra da mão esquerda.

.....  
 .....  
 .....  
 .....

Utilizando-se bússola, coloca-se esta em posição horizontal e com a agulha perpendicular ao plano da espira.

.....  
 .....  
 .....

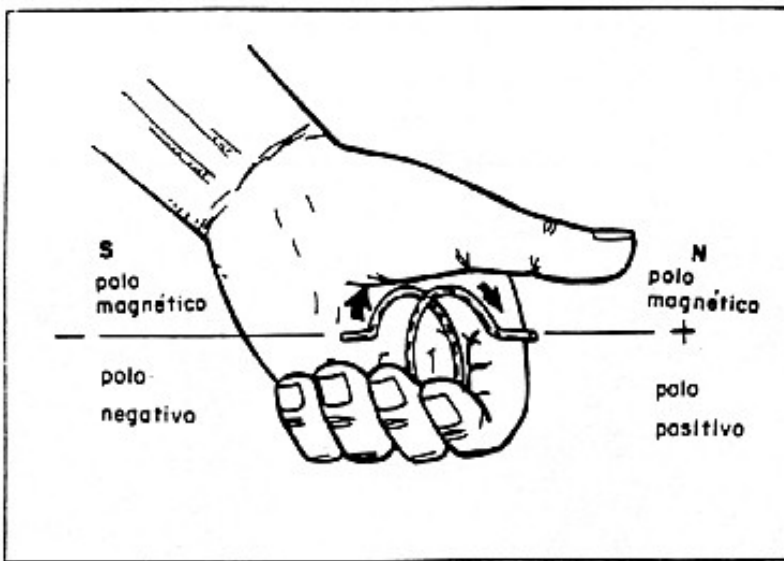
O campo magnético da espira atrairá um dos extremos da agulha, e em consequência, repelirá o outro.

.....  
 .....  
 .....

O pólo norte da espira atrairá o pólo sul da bússola e repelirá, conseqüentemente, o pólo norte.

Pode-se usar também a regra da mão esquerda para se determinar a polaridade da espira. Esta regra considera o sentido eletrônico ou real da corrente, ou seja, a corrente que flui do pólo negativo para o positivo.

A figura abaixo indica a maneira de se determinar a polaridade da espira.



Conforme mostra a ilustração, os dedos seguem o sentido da corrente e o polegar indica o pólo norte.

### Observação

Pode-se, também, determinar a polaridade da espira considerando o sentido convencional da corrente, ou seja, a corrente que flui do pólo positivo para o negativo. Neste caso, porém, deve-se utilizar a regra da mão direita.

### Solenóide

O campo magnético produzido por uma única espira é muito pequeno.

Com finalidade de aumentar esse campo magnético, utiliza-se o solenóide, que é um condutor formado por diversas espiras, uma ao lado da outra.



A passagem da corrente pelo solenóide cria um campo magnético com as mesmas propriedades do ímã permanente:

O pólo norte de um solenóide repele o pólo norte de outro solenóide ou de um ímã qualquer, atraindo, conseqüentemente, o pólo sul.

O campo magnético de um solenóide está condicionado a diversos fatores, pois o mesmo depende das condições físicas com que se trabalha, do material, do número de espiras do solenóide da corrente que circula pelo mesmo.

### Força magnetomotriz (fmm)

A força magnetomotriz é calculada multiplicando-se corrente que flui nas espiras pelo número de espiras do solenóide.

O símbolo de força magnetomotriz é fmm.

A força magnetomotriz é representada pela fórmula

$$\tau = N \cdot I$$

onde:

$\tau$  = força magnetomotriz, em ampères-espira;

N = Numero de espiras do solenóide;

I = Intensidade da corrente em ampères.

É possível, portanto, com solenóides diferentes, conseguir-se a mesma força magnetomotriz.

### Exemplos

1- Qual é o valor da fmm de um solenóide com 100 espiras quando por ele circula um total de 5 ampères?

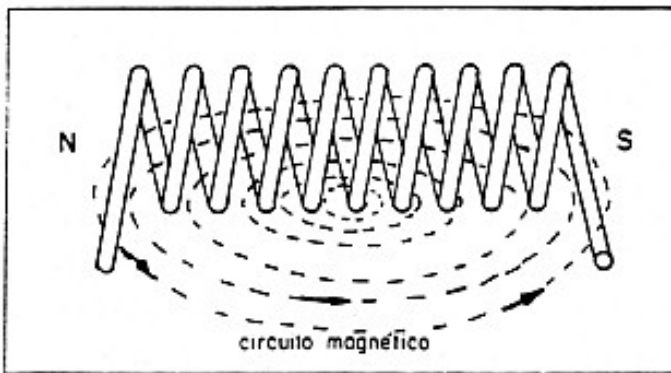
$$\tau = N \cdot I \Rightarrow \tau = 100 \cdot 5 = 500Ae$$

2- Quando é o valor da fmm de um solenóide com 1000 espiras quando por ele circula uma corrente de 0,5 ampère?

$$\tau = N \cdot I \Rightarrow \tau = 1000 \cdot 0,5 = 500Ae$$

Dois solenóides diferentes podem produzir a mesma fmm. Entretanto, a intensidade do campo magnético será maior naquele que apresentar menor circuito magnético.

Observe na ilustração abaixo a representação de um campo magnético formado pela passagem da corrente em um solenóide.



Convencionalmente as linhas de força saem do pólo norte e vão para o pólo sul magnético.

Essas linhas circulam continuamente por esse caminho formando o circuito magnético.

A intensidade do campo magnético é calculada pela fórmula.

$$H = \frac{\tau}{P_m}$$

Onde:

H = intensidade do campo magnético em A/cm ou A/m;

$\tau$  = Força magnetomotriz;

$P_m$  = perímetro médio do circuito magnético.

## Exemplos

Calcular a intensidade do campo magnético de um solenóide com 100 espiras quando por ele circulam 5 ampères, sendo o perímetro médio do circuito magnético igual a 20 cm.

$$1. H = \frac{\tau}{P_m} = \frac{I \cdot N}{P_m} = \frac{5A \cdot 100}{20 \text{ cm}} = \frac{500A}{20\text{cm}} = 25A/\text{cm}$$

$$2. H = \frac{\tau}{P_m} = \frac{I \cdot N}{P_m} = \frac{5A \cdot 100}{0,2 \text{ cm}} = \frac{500A}{0,2 \text{ cm}} = 2500A/\text{cm}$$

2- calcular a intensidade do campo magnético de um solenóide com 100 espiras quando por ele circulam 5 ampères, sendo o perímetro médio do circuito magnético igual a 40 cm.

$$1. H = \frac{\tau}{P_m} = \frac{I \cdot N}{P_m} = \frac{5A \cdot 100}{40 \text{ cm}} = 12,5A/\text{cm}$$

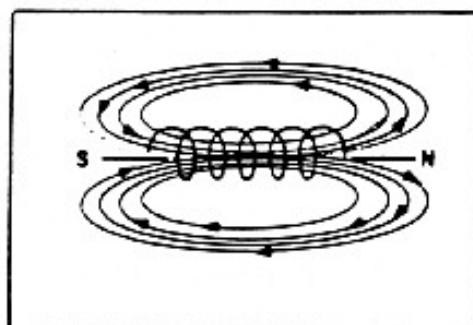
$$2. H = \frac{\tau}{P_m} = \frac{I \cdot N}{P_m} = \frac{5A \cdot 100}{0,4 \text{ cm}} = 1\ 250A/\text{cm}$$

## Eletroímã

A distribuição de um solenóide sobre o fluxo magnético é difícil de ser obtida, pois como vimos anteriormente, um solenóide nada mais é que um condutor enrolado em forma de espiral. Se a ele aplicarmos uma corrente, teremos formado um campo magnético.

O fluxo magnético sempre prefere percorrer um caminho através de um núcleo material ferroso ao invés de um núcleo de ar.

Denomina-se eletroímã ao conjunto de um ou mais solenóides montados em um núcleo ferroso.





O campo magnético encontra maior facilidade para fluir em uma bobina com núcleo material ferroso. Com a mesma corrente, o campo magnético será substancialmente maior.

### Notas

1- No solenóide com núcleo de ar, a densidade do fluxo magnético cresce proporcionalmente com a corrente.

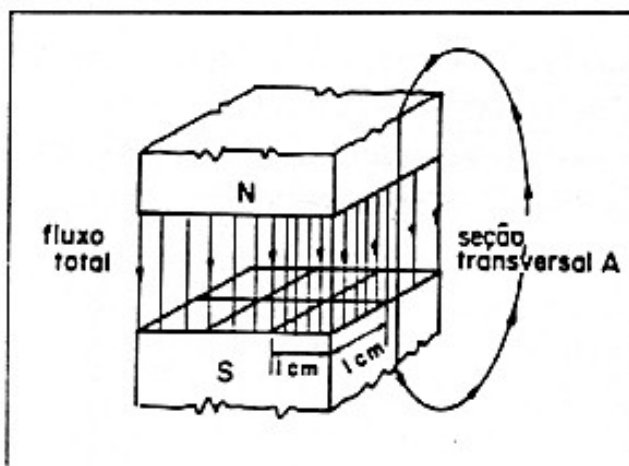
2- No solenóide com núcleo de material ferroso, a densidade do fluxo magnético aumenta sensivelmente no período inicial.

3- Entretanto, os materiais ferrosos ficam saturados com a crescente densidade do fluxo magnético e a variação da corrente não influirá no seu rendimento.

As forças magnéticas dispõem-se em linhas de força.

Essas linhas se apresentam um grande número, constituindo o campo magnético.

Portanto, fluxo de indução magnética é a quantidade total de linhas de força de um ímã.



O fluxo de indução magnética é representado graficamente pela letra grega maiúscula  $\Phi$  (lê-se fi).

No sistema Eletromagnético, uma linha de indução denomina-se Maxwell e a densidade magnética é expressa

em maxwells por centímetro quadrado. Neste sistema, a unidade de densidade magnética é o gauss:

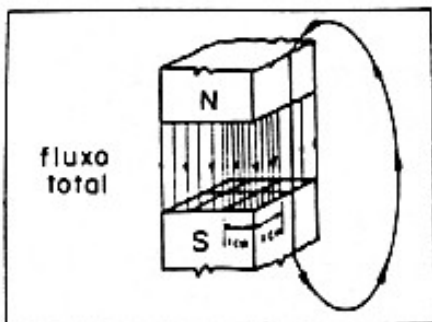
$$1 \text{ gauss} = \frac{1 \text{ Mx}}{\text{Cm}^2}$$

No sistema internacional, uma linha de indução denomina-se webber e a densidade magnética é expressa em webbers por metro quadrado. Neste sistema, a unidade de densidade magnética é o tesla:

$$1 \text{ tesla} = \frac{1 \text{ Wb}}{\text{m}^2}$$

### Observação

Densidade de um campo magnético significa o número de linhas por unidade de seção.



No sistema Eletromagnético é necessária a variação de  $10^8$  Mx/segundo para induzir 1 volt de tensão em um condutor.

No sistema internacional é necessária a variação de 1 Wb/segundo para induzir a mesma tensão no condutor.

Conclusão:

$$1 \text{ webber} = 10^8$$

e, por seguinte,

$$1 \text{ tesla} = 10^4 \text{ gauss.}$$

A intensidade do campo magnético para produzir uma densidade de fluxo magnético é distinta para cada material e se obtém experimentalmente. Por exemplo, o ferro fundido é mais difícil de ser magnetizado que o aço fundido.

Os resultados podem ser representados através de tabelas ou gráficos.

Valores de B e das amp-espiras-cm para materiais de qualidade média normal.

Ferro forjado e aço fundido		Ferro fundido		Lâmina de Ferro normal		Lâmina de ferro com silício	
B	A/cm	B	A/cm	B	A/cm	B	A/cm
1 000	0,7	1 000	2	1 000	0,45	1 000	0,8
2 000	0,9	2 000	4,5	2 000	0,5	2 000	1
3 000	1	3 000	8	3 000	,06	3 000	1,25
4 000	1,2	4 000	13	4 000	0,7	4 000	1,45
5 000	1,4	5 000	20	5 000	0,9	5 000	1,6
6 000	1,7	6 000	28	6 000	1,3	6 000	1,8
7 000	2,2	7 000	40	7 000	1,7	7 000	2
8 000	2,7	8 000	55	8 000	2,3	8 000	2,5
9 000	3,2	9 000	80	9 000	3,3	9 000	3,1
10 000	4	10 000	110	10 000	4,7	10 000	4
11 000	5	11 000	150	11 000	6,3	11 000	5
12 000	6,2	12 000	200	12 000	8	12 000	7
13 000	8,5			13 000	10,5	13 000	12
14 000	12			14 000	13,5	14 000	23
15 000	20			15 000	18	15 000	40
16 000	35			16 000	31	16 000	75
17 000	60			17 000	52	17 000	140
18 000	100			18 000	90	18 000	240
19 000	160			19 000	148		
20 000	250			20 000	300		
21 000	400			21 000	460		
22 000	750			22 000	670		
				23 000	900		
				24 000	1 200		
				25 000	1 530		
				26 000	1 900		
				27 000	2 300		

#### Nota

No gráfico e na tabela, a densidade do fluxo magnético é fornecida em gauss (maxwells por centímetro quadrado) e a intensidade do campo magnético em Ae/cm ou A/cm (ampères-espiras por centímetro).

#### Fatores de conversão

##### Transformação de A/cm para A/m

Para transformar A/cm para A/m basta, simplesmente, multiplicar o número de A/cm constante da coluna por 100, pois 1 m = 100 cm.

Transformação de gauss para tesla

.....  
.....

Como sabemos, gauss é o número de linhas magnéticas existentes em um centímetro quadrado.

.....  
.....  
.....

Para transformar gauss em teslas, multiplicamos por  $10^4$ , pois  $1 \text{ m}^2 = 10\,000 \text{ cm}^2$ .

.....  
.....  
.....

1 tesla =  $10^4$  gauss

.....  
.....  
.....

Nota

Quando utilizarmos a tabela acima e transformamos A/cm em A/m, necessariamente teremos que transformar B, que é dado em gauss, para teslas.

.....  
.....  
.....

Perímetro médio do circuito magnético

.....  
.....  
.....

O perímetro médio do circuito magnético obtém-se através da fórmula:

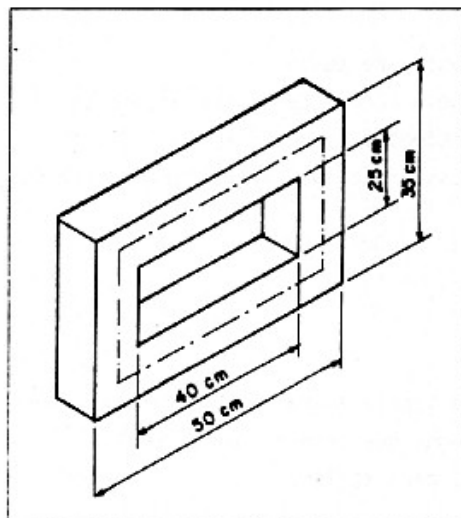
$$P_m = \frac{P_e + P_i}{2}$$

Onde:

$P_m$  = perímetro médio;

$P_e$  = perímetro externo;

$P_i$  = perímetro interno;



Nota

Todas as medidas devem ser tomadas em centímetros.

.....  
.....  
.....

Exemplos

1- Calcular o perímetro médio do circuito magnético da figura abaixo.

.....  
.....  
.....

$$P_e = 2 \cdot (50 + 35) = 100 + 70 = 170 \text{ cm.}$$

$$P_i = 2 \cdot (40 + 25) = 80 + 50 = 130 \text{ cm.}$$

$$P_m = \frac{P_e + P_i}{2} = \frac{170 + 130}{2} = \frac{300}{2} = 150$$

.....  
.....  
.....

Resposta:  $P_m = 150 \text{ cm}$

.....  
.....  
.....

## QUEDA DE TENSÃO

Os aparelhos de utilização de energia elétrica são projetados para trabalharem em determinadas tensões, com uma tolerância pequena.

Estas quedas são função da distância entre a carga e o centro de distribuição e a potência da carga.

A queda de tensão provocada pela passagem de corrente nos condutores dos circuitos de uma instalação deve estar dentro de limites pré - fixados, a fim de não prejudicar o funcionamento dos equipamentos de utilização ligados aos circuitos terminais.

A queda de tensão ( total ) é considerada entre a origem da instalação e o último ponto de utilização de qualquer terminal.

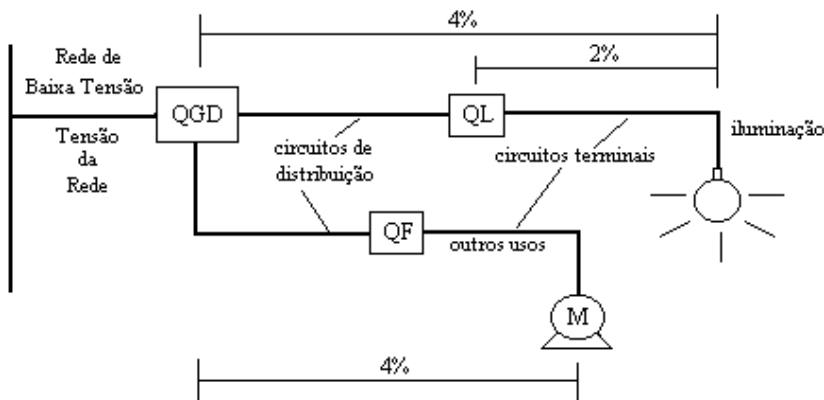
As quedas de tensão admissíveis são dadas em percentagens da tensão nominal ou de entrada :

$$\text{Queda de tensão percentual ( e \% )} = \left( \frac{\text{tensão de entrada} - \text{tensão na carga}}{\text{tensão de entrada}} \right) \times 100$$

Pela NBR 5410 admitem - se as seguintes quedas de tensão :

a ) para instalações alimentadas diretamente por um ramal de baixa tensão, a partir da rede de distribuição pública de baixa tensão :

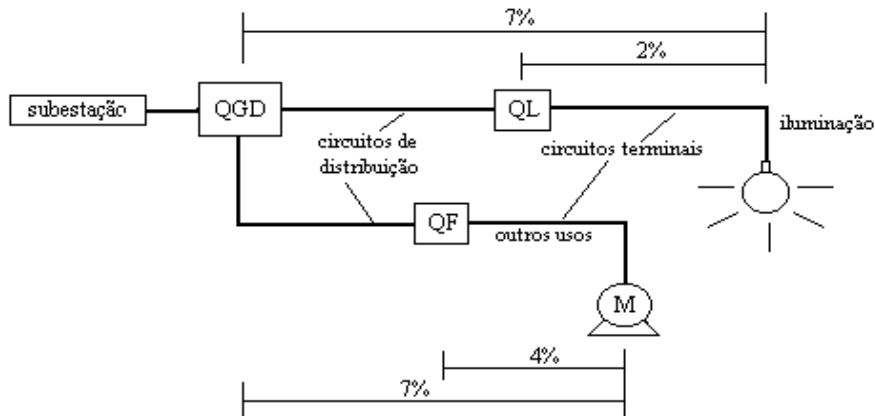
- iluminação :4%
- outras utilizações : 4%



QGD = quadro geral de distribuição  
 QL = quadro de Luz  
 QF = quadro de força

b ) instalações alimentadas diretamente por uma subestação de transformação a partir de uma instalação de alta - tensão ou que possuam fonte própria :

- iluminação : 7%
- o u t r a s utilizações : 7%



QGD = quadro geral de distribuição  
 QL = quadro de Luz  
 QF = quadro de força

Obs. : Em qualquer dos casos, a queda de tensão parcial nos circuitos terminais para iluminação deve ser igual ou inferior a 2%.

Quedas de tensão acima das especificadas, desde que dentro dos limites permitidos em suas normas correspondentes, são admitidas nos seguintes casos :

- motores, durante a partida;
- equipamentos com corrente de partida elevada

Para o cálculo das quedas de tensão nos circuitos devem ser utilizados os valores da cargas determinadas conforme NBR 5410.

## DIMENSIONAMENTO DE CONDUTORES

### DIMENSIONAMENTO DOS CONDUTORES PELA QUEDA DE TENSÃO ADMISSÍVEL :

Para que os aparelhos, equipamentos e motores possam funcionar satisfatoriamente, é necessário que a tensão, sob a qual a corrente lhes é fornecida, esteja dentro de limites prefixados. Ao longo do circuito, desde o quadro geral ou a subestação até o ponto de utilização em um circuito terminal, ocorre uma queda de tensão. Assim, é necessário dimensionar os condutores para que esta redução na tensão não ultrapasse os limites estabelecidos pela NBR 5410 ( especificados no capítulo 13 - Queda de tensão ).

Transcrevem - se a seguir, as tabelas que dão as quedas percentuais para os alimentadores e ramais, em função das distâncias e potências utilizadas, medidas em watts, para os circuitos monofásicos, com fator de potência unitário .

$\Sigma$  Potência P ( W ) x distância l ( m )

E= 110 V

Seção do fio ( mm <sup>2</sup> )	1%	2%	3%	4%
1,5	5263	10526	15789	21052
2,5	8773	17546	26319	35092
4	14036	28072	42108	56144
6	21054	42108	63162	84216
10	35090	70180	105270	140360
16	56144	112288	168432	224576
25	87725	175450	263175	350900
35	122815	245630	368445	491260
50	175450	350090	526350	701800
70	245630	491260	726890	982520
95	333355	666710	1000065	1333420
120	421080	842160	1263240	1684320
150	526350	1052700	1578050	2105400
185	649165	1298330	1947495	2596660
240	842160	1684320	2526480	3368640
300	1052700	2105400	3158100	4210800
400	1403600	2807200	4210800	5614400
500	1754500	3509000	5263500	7018000

$\Sigma$  Potência P ( W ) x distância l ( m )

E= 220 V

Seção do fio ( mm <sup>2</sup> )	1%	2%	3%	4%
1,5	21054	42108	63163	84216
2,5	35090	70180	105270	140360
4	56144	112288	168432	224576
6	84216	168432	253648	336864
10	140360	280720	421080	561440
16	224576	449152	673728	898304
25	350900	701800	1052700	1403600
35	491260	982520	1473780	1965040
50	701800	1403600	2105400	2807200
70	982520	1965040	2947560	3930080
95	1333420	2666840	4000260	5333680
120	1684320	3368640	5052960	6767280
150	2105400	4210800	6316200	8421600
185	2596660	5193320	7789980	10360640
240	3368640	6737280	10105920	13474560
300	4210800	8421600	12632400	16843200
400	5614400	11228800	16843200	22457600
500	7018000	14036000	21054000	28072000

Obs. :

a ) para os circuitos trifásicos equilibrados ( simétricos ), de fator de potência unitário, também se podem usar estas tabelas, desde que se multipliquem as distâncias por 0,57;

b ) para os alimentadores trifásicos ou bifásicos disponíveis em quadros com cargas monofásicas, divide - se a carga pelo número de fases ( 3 ou 2 ) e aplicam - se as tabelas.

### **DIMENSIONAMENTO DOS CONDUTORES PELA CAPACIDADE MÁXIMA DE CONDUÇÃO DE CORRENTE :**

A corrente ao passar pelo condutor, dissipa calor, segundo a Lei de Joule, e esse calor tende a elevar a temperatura do condutor até um nível, a partir do qual todo o calor é transmitido para o meio que circunda o condutor ( ar, outros condutores, isoladores e outras partes vizinhas ). Não se deve deixar que o calor eleve a temperatura a um nível tal que danifique o condutor, seu isolamento e outras partes próximas.

Os fabricantes de condutores e a própria NBR 5410 indicam, através de tabelas de capacidade de condução, as



correntes admissíveis para cada tipo, bitola e condição, segundo a qual cada condutor está sendo utilizado. O critério da capacidade de condução consiste em escolher o condutor, atendendo às indicações das tabelas.

**Fórmulas para a determinação das correntes dos circuitos :**

- *Circuitos monofásicos :*

$$I = P / FP \times E$$

- *Circuitos trifásicos :*

$$I = P / 1,73 \times FP \times E$$

I = corrente elétrica ( A )

FP = fator de potência

P = potência elétrica ( W )

E = tensão elétrica ( V )

**Tabela 1 . Capacidade de condução de corrente, em ampères, para a maneira de instalar : B - 5**

- *maneira de instalar B - 5 ( condutores isolados em eletroduto embutido em alvenaria )*
- *temperatura no condutor : 70° C;*
- *até 3 condutores carregados;*
- *condutores de cobre;*

Seção Nominal ( mm <sup>2</sup> )	AWG/ MCM	Corrente Elétrica ( A )
1,5	14	15,5
2,5	12	21
4	10	28
6	8	36
10	6	50
16	4	68
25	2	89
35	1	111
50	1/0	134
70	3/0	171
95	4/0	207
120	300	239
150	400	272

**Obs. :** De acordo com a NBR 5410 devemos utilizar as seguintes seções mínimas para as instalações residenciais :

- **iluminação** **1,5 mm<sup>2</sup>**
- **tomadas em quartos, salas** **1,5mm<sup>2</sup>**
- **tomadas em cozinhas, áreas de serviço** **2,5mm<sup>2</sup>**
- **aquecedores de água** **4mm<sup>2</sup>**
- **aparelhos de ar condicionado** **2,5mm<sup>2</sup>**
- **fogões elétricos** **6mm<sup>2</sup>**

**DIMENSIONAMENTO DE ELETRODUTOS :**

Dimensionar eletrodutos é determinar o tamanho nominal do eletroduto para cada trecho da instalação.

Tamanho nominal do eletroduto é o diâmetro externo do eletroduto expresso em mm, padronizado por norma.

O tamanho dos eletrodutos deve ser de um diâmetro tal que os condutores possam ser facilmente instalados ou retirados.

Para tanto é recomendado que os condutores não ocupem mais de 40% da área útil dos eletrodutos.

Tabela 2. **Eletroduto rígido de PVC :**

seção nominal ( mm <sup>2</sup> )	Número de condutores no eletroduto							
	2	3	4	5	6	7	8	9
	Tamanho do eletroduto ( mm )							
<b>1,5</b>	16	16	16	16	16	16	20	20
<b>2,5</b>	16	16	16	20	20	20	20	25
<b>4</b>	16	16	20	20	20	25	25	25
<b>6</b>	16	20	20	25	25	25	25	32
<b>10</b>	20	20	25	25	32	32	32	40
<b>16</b>	20	25	25	32	32	40	40	40
<b>25</b>	25	32	32	40	40	40	50	50
<b>35</b>	25	32	40	40	50	50	50	50
<b>50</b>	32	40	40	50	50	60	60	60
<b>70</b>	40	40	50	60	60	60	75	75
<b>95</b>	40	50	60	60	75	75	75	85
<b>120</b>	50	50	60	75	75	75	85	85
<b>150</b>	50	60	75	75	85	85		

Tabela 3. **Tamanho nominal dos eletrodutos - equivalência :**

( mm )	16	20	25	32	40	50	60	75	85
polegadas	3/8	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3

**CÁLCULO DA OCUPAÇÃO DE UM ELETRODUTO :**

• **Cálculo da área útil do eletroduto (  $A_E$  ) :**

$$A_E = ( \pi / 4 ) \times ( d_e - 2 e )^2 \text{ onde}$$

$d_e$  = diâmetro externo ( mm )

$e$  = espessura do eletroduto ( mm )

$A_E$  = área útil do eletroduto (  $mm^2$  )

• **Cálculo da área total do condutor (  $A_c$  ) :**

$$A_c = ( \pi / 4 ) \times d^2 \text{ onde}$$

$d$  = diâmetro externo do condutor ( mm )

$A_c$  = área total do condutor (  $mm^2$  )

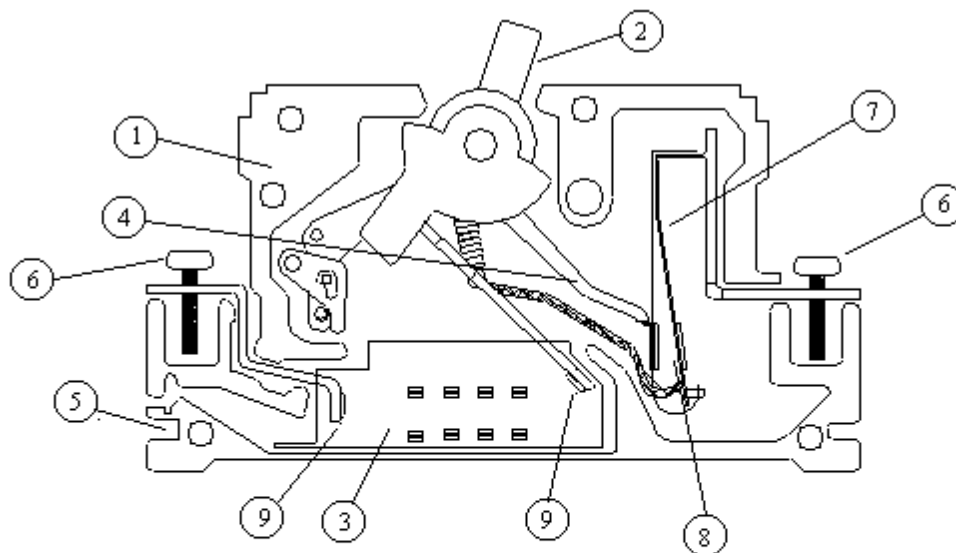
• **Número máximo de condutores (  $N$  ) :**

$$N = 0,40 \times ( A_E / A_c )$$

**DISJUNTORES :**

**Disjuntores** são dispositivos eletromecânicos que satisfazem simultaneamente às seguintes condições

- possuir baixa resistência entre seus bornes de ligação;
- abrir automaticamente no caso de sobrecarga no circuito;
- abrir automaticamente no caso de curto - circuito;
- possuir dispositivo para extinção do arco;
- permitir a ligação após a remoção do defeito no circuito.



1. Caixa moldada
2. Alavanca liga desliga
3. Extintor de arco
4. Mecanismo de disparo
5. Bocas para fixação
6. Bornes de ligação
7. Relê bimetalico
8. Relê eletromagnético
9. Contato

### **FUNCIONAMENTO:**

Na ocorrência de uma sobrecorrente, provavelmente de uma sobrecarga ou curto - circuito, o disjuntor atua interrompendo o circuito elétrico de modo a protegê - lo.

Estes disjuntores termomagnéticos possuem o elemento térmico contra sobrecarga e o elemento magnético contra curto - circuito.

Quando há um excesso de corrente fluindo num circuito, dizemos que está havendo uma sobrecarga, corrente além da prevista.

Surgindo esta condição num circuito, o elemento térmico que protege o circuito contra sobrecargas entra em ação e desliga o circuito. Considerando sobrecarga até  $10 \cdot I_n$  ( corrente nominal ).

O elemento térmico é chamado de bimetálico composto por dois metais soldados paralelamente, possuindo coeficientes de dilatação térmica diferente.

O disjuntor é inserido no circuito como um interruptor, o relé bimetálico e o relé eletromagnético são ligados em série. Ao acionarmos a alavanca, fecha - se o circuito que é travado pelo mecanismo de disparo, e a corrente circula pelo relé térmico e pelo relé eletromagnético.

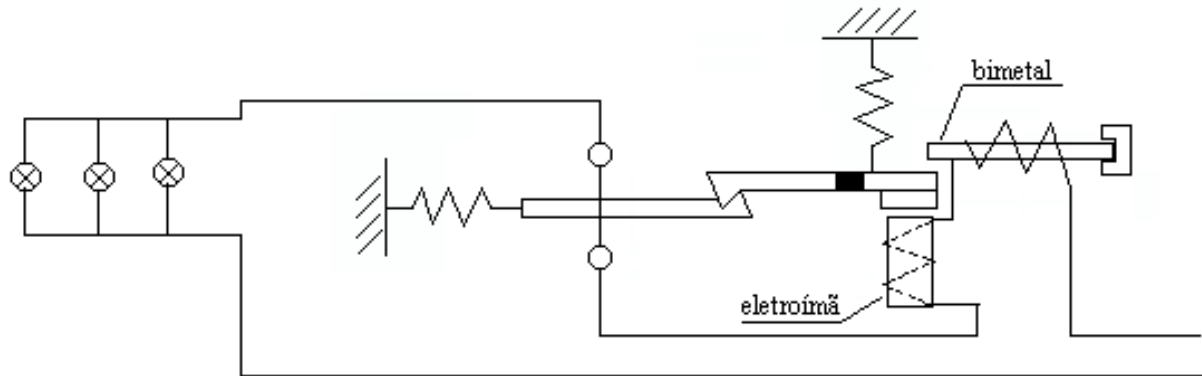
.....

.....

.....

.....

.....



Havendo no circuito uma pequena sobrecarga de longa duração, o relé bimetálico atua sobre o mecanismo de disparo, abrindo o circuito. No caso de haver um curto circuito, o relé eletromagnético é quem atua sobre o mecanismo de disparo, abrindo o circuito instantaneamente.

.....

.....

.....

.....

.....

O disjuntor substitui com vantagem o fusível, pois não é danificado ao abrir um circuito com sobrecarga ou curto circuito.

.....

.....

.....

.....

.....

**PROTEÇÃO CONTRA CURTO - CIRCUITO :**

Um curto - circuito pode ser definido como uma elevação brusca da carga de um circuito, acima de  $10 \cdot I_n$ . O elemento magnético que protege o sistema contra curto - circuito é chamado de magneto.

.....

.....

.....

.....

.....

A alta corrente produzida em consequência de um curto - circuito, cria um forte campo magnético quando circula pelo magneto, atraindo a armadura e soltando a engate de disparo do disjuntor.

.....

.....

.....

.....

.....

**CÁLCULO DE DISJUNTORES :**

- Para calcular disjuntores em redes monofásicos, usa - se a seguinte fórmula:

.....

.....

.....

.....

.....

$D = I * 1,25$  , onde

I = corrente nominal do circuito

D = disjuntor

1,25= coeficiente de segurança

$I = P / E \rightarrow$  corrente nominal do circuito

- Para redes trifásicas:

$$I = \frac{P}{1.73 * E * \cos\phi} ,$$

onde

I = corrente nominal ( A );

P = potência

1.73 = é a constante por ser trifásico

E = tensão

cos  $\phi$  = fator de potência

obs. a fórmula para o cálculo dos disjuntores em redes trifásicas é a mesma, muda apenas o cálculo da corrente do circuito.

## DISJUNTOR DIFERENCIAL RESIDUAL ( DR ):

É um dispositivo constituído de um disjuntor termomagnético acoplado a um outro dispositivo : o diferencial residual, que protege os fios do circuito contra sobrecarga e curto - circuito e as pessoas contra choques elétricos.

- **Descrição :**

Na NBR 5410 está preconizado o emprego dos dispositivos de proteção a corrente diferencial - residual ( dispositivos DR ) mais conhecidos no mercado como “ interruptores de corrente de fuga “.

Estes dispositivos asseguram a proteção contra tensões de contato perigosas, provenientes de defeitos de isolamento em aparelhos ligados à terra. Os dispositivos DR protegem contra contatos indiretos a totalidade da instalação, parte desta, ou consumidores individuais, de acordo com a sua localização. Os dispositivos DR com  $I_{\Delta N} = 30\text{mA}$  asseguram ainda a proteção contra contatos diretos com partes ativas da instalação. As correntes de falta à terra que atingem o valor da corrente de falta nominal, são igualmente cortadas ( proteção contra incêndios ).

Conforme NBR 5410, item 412.5.3. Os dispositivos de proteção a corrente diferencial residual tem a vantagem de, além de facilitar a proteção contra os contatos indiretos, ainda assegura de certa forma a supervisão permanente do isolamento das instalações em relação à terra, por detecção das correntes de falta.

- **Princípio de funcionamento :**

Para evitar tensões de contatos elevadas, a norma NBR 5410, tabela 24 estipula que o disparo do interruptor de corrente de falta deve ocorrer em 0,2 segundos, sob tensão de 110V ~, ou 0,05 segundos sob 220V ~.

• **Conceito de proteção :**

Os dispositivos DR tem as sensibilidades de  $I \Delta_N = 0,5$  A ( 500mA ) e 0,03 A ( 30mA ). Estes dispositivos com sensibilidade superior a 30mA asseguram apenas a proteção contra os contatos indiretos e contra incêndios ( NBR 5410 ). A utilização de dispositivos com  $I \Delta_N = 30$ mA asseguram uma proteção complementar contra contatos diretos com partes ativas da instalação, conforme aconselhado pela norma.

• **Proteção contra incêndio :**

A NBR 5410, item 472.2.9, exige que :

*Para limitar as consequências da circulação de correntes de falta nas instalações, sob o ponto de vista dos riscos de incêndio...os circuitos que servem a estes locais, devem ser protegidos por meio de dispositivos à corrente diferencial residual, igual ou inferior a 500mA.*

Assim, esta norma contempla não só as instalações comerciais e industriais, mas também as domiciliares.

A proteção contra incêndio com dispositivos DR deve ser utilizada não só em edifícios com atividades de elevado risco de incêndio ( código BE2 e BE3 da tabela 21 da NBR 5410 ), mas também todas as restantes instalações de um modo generalizado.

• **Utilização :**

É dada uma grande importância à segurança e à qualidade. Os dispositivos DR são sujeitos a ensaios de 10000 manobras à corrente nominal, sem apresentarem defeitos. Após estes ensaios permanecem em perfeito estado de funcionamento.

Os dispositivos DR podem ser utilizados em locais sujeitos a condições climáticas difíceis.



Os dispositivos DR podem ser utilizados em ambientes com umidade relativa de 95% e com temperaturas até 45° C. Neste caso, e para temperaturas elevadas, a corrente de carga do aparelho deve ser reduzida no que respeita ao valor da sua corrente nominal.

**Obs. :**

1 ) os disjuntores termomagnéticos somente devem ser ligados aos condutores fase dos circuitos;

2 ) os disjuntores DR devem ser ligados aos condutores fase e neutro dos circuitos, sendo que o neutro não pode ser aterrado após o DR.

## ATERRAMENTO

**Aterramento** é um complemento das instalações, tendo em vista a proteção contra choques perigosos nas pessoas que utilizem os equipamentos elétricos.

O aterramento é feito através de um fio chamado de condutor de terra que interliga o sistema ou equipamento elétrico ao eletrodo de terra. O condutor de terra não pertence ao circuito, servindo apenas como proteção contra choques elétricos.

Todos já devem ter ouvido falar que a superfície da Terra é o caminho natural de escoamento de cargas elétricas indesejáveis, como, por exemplo, dos relâmpagos, nas tempestades.

Então, a terra pode servir como condutor de corrente elétrica.

Quase todos os sistemas de distribuição de energia elétrica possuem um fio neutro em ligação com a terra, para proteção individual.

Nos chuveiros elétricos mal instalados era comum sentirem - se choques em todas as torneiras da casa, hoje em dia isso raramente ocorre devido a tubulação ser praticamente toda de PVC.

A água em contato com a resistência elétrica do chuveiro conduz um pouco de corrente para a sua carcaça e daí para o encanamento. Qualquer pessoa tocando uma torneira, estando com os pés no chão, deverá levar "choque", porém, se ligarmos um fio condutor qualquer entre a entrada e a saída da caixa d`água, esta hipótese ficará quase abolida, pois a corrente se escoará pelo encanamento de entrada da caixa para a terra, o qual oferece melhor caminho para a terra do que o corpo da pessoa.

Em todos os prédios, no ponto de alimentação de energia , deverá ser executado um eletrodo de terra, para ligação do condutor de proteção ( PE ).

O eletrodo de terra deverá apresentar a menor resistência de contato possível, devendo ser da ordem de 5 ohms e nunca ultrapassar 25 ohms.

O condutor terra é normalmente de cobre e deve ter a dimensão mínima, de acordo com o ramal de entrada do prédio ( consultar a concessionária local ).

### TIPOS DE ATERRAMENTO:

a ) **aterramento funcional** : consiste na ligação à terra de um dos condutores do sistema (geralmente o neutro ), e está relacionado com o funcionamento correto, seguro e confiável da instalação.

b ) **aterramento de proteção** : consiste na ligação à terra das massas e dos elementos condutores estranhos a instalação, visando à proteção contra choques elétricos por contato indireto.

### COMPONENTES DO SISTEMA DE ATERRAMENTO:

a ) **eletrodo de aterramento** : constitui a parte colocada em contato íntimo com o solo, com o objetivo de dispersar a corrente;

b ) **condutor de aterramento** : liga o eletrodo de aterramento ao terminal de aterramento principal;

c ) **condutores de equipotencialidade** : com os quais são feitas as ligações equipotenciais ( principal e suplementar ), que são :

- os condutores de equipotencialidade principais, que ligam ou interligam as canalizações metálicas não elétricas de abastecimento do prédio e os elementos metálicos acessíveis da construção;

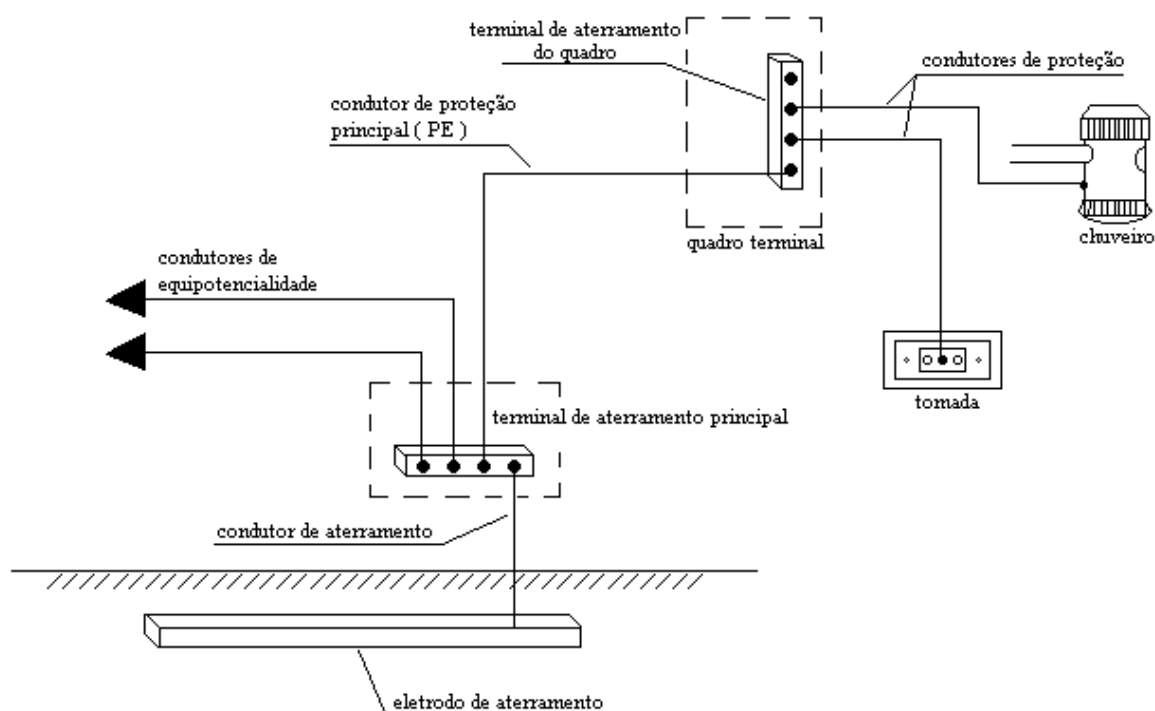
- os condutores de eqüipotencialidade das ligações eqüipotenciais suplementares que interligam massas e/ ou elementos condutores estranhos à instalação;

d) **condutor de proteção principal** : condutor ao qual são ligados, diretamente ou através de terminais de aterramento, os condutores de proteção das massas, o condutor de aterramento, e eventualmente, condutores de eqüipotencialidade;

e) **condutores de proteção das massas** : acompanham os circuitos terminais promovendo o aterramento das massas dos equipamentos de utilização alimentados;

f) **terminal de aterramento principal** : que deve reunir o condutor de aterramento, o condutor de proteção principal e os condutores de eqüipotencialidade principal.

## DESCRIÇÃO DOS COMPONENTES DE ATERRAMENTO DE ACORDO COM A NBR 5410:



Para solos que apresentam dificuldades para se conseguir baixa resistência de terra, podemos tomar duas providências :

- instalar mais de um eletrodo;
- fazer tratamento do solo com produtos químicos ( sal grosso, sulfato de cobre ou sulfato de magnésio );

Tabela de valores máximos de corrente de fuga admitidos em equipamentos de utilização :

Equipamentos	Correntes de fuga em mA
- aparelhos classe 0, I e III ( eletrodomésticos portáteis, algumas geladeiras domésticas )	0,50
- aparelhos classe I portáteis ( secador de cabelo, ferramentas sem dupla isolação )	0,75
- aparelhos classe I estacionários a motor ( condicionador de ar )	3,50
- aparelhos classe I estacionários para aquecimento ( chuveiro, torneira elétrica )	0,75/kW ou 5mA ( o que for maior )
- aparelhos classe II ( ferramentas portáteis com dupla isolação)	0,25

.....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....

## CONHECENDO A LUZ

A luz sempre foi um importante e indispensável elemento em nossas vidas. Por isso, ela é encarada de forma familiar e natural, e nós deixamos muitas vezes de lado a real necessidade de conhecê-la e compreendê-la.

Ao longo dos anos, graças aos avançados recursos tecnológicos, nada alterou tanto nossas vidas como a luz elétrica. Surgiram no mercado as mais variadas fontes de luz artificial, com propriedades e qualidades específicas. Desta diversidade, fez - se necessário conhecer as fontes de luz artificial adequadas a cada aspecto e necessidade da vida moderna.

A qualidade da luz é decisiva, tanto no que diz respeito ao desempenho das atividades, como na influência que ela exerce no estado emocional dos seres humanos.

Conhecer a luz, as alternativas disponíveis e saber controlar qualidade e quantidade, são ferramentas preciosas para o sucesso de qualquer instalação. Somando - se criatividade, o resultado pode ser transformador de nossa vida, de forma a torná-la mais produtiva, agradável, confortável e segura.

### LUZ:

Luz é uma radiação eletromagnética capaz de produzir sensação visual.

### FONTES LUMINOSAS :

A excitação dos corpos luminosos pode ser de origem térmica, como o sol. Outras fontes luminosas podem ser como os raios em uma tempestade ou como a luminescência de um vagalume.

As fontes de luz artificial estão apresentados em três grandes famílias : as de incandescência, de luminescência / fotoluminescência e de descarga.

### **LÂMPADAS :**

As lâmpadas modernas são fontes luminosas de origem elétrica. As com filamento convencional ou halógenas produzem luz pela incandescência, assim como os raios. E os diodos utilizam a fotoluminescência, assim como os vagalumes.

Existem ainda as lâmpadas mistas, que combinam incandescência e luminescência, e as fluorescentes, cuja característica é o aproveitamento da luminescência e fotoluminescência.

### **QUALIDADE DA LUZ :**

#### **• ESPECTRO VISÍVEL :**

É uma faixa de radiação que ocorre em um intervalo, com comprimento de ondas que vão de 380 a 780 nm ( nanômetros ), ou seja, da cor ultravioleta à vermelha, passando pelo azul, verde, amarelo e roxo. As cores azul, vermelho e verde, quando somadas em quantidades iguais, definem o aspecto da luz “ branca “.

Espectros contínuos ou descontínuos resultam em fontes de luz com presença de comprimentos de ondas de cores distintas. Cada fonte de luz tem, portanto, um espectro de radiação próprio que lhe confere características e qualidades específicas.

#### **• TEMPERATURA DE COR / APARÊNCIA DE COR DA LUZ :**

É a grandeza que expressa a aparência de cor da luz, sendo sua unidade o Kelvin. Quanto mais alta a temperatura de cor, mais branca é a cor da luz.

A “luz quente” é a que tem aparência amarelada e temperatura de cor baixa : 3000K ou menos. A “luz fria”, ao contrário, tem aparência azul - violeta, com temperatura de cor elevada : 6000K ou mais. A “luz branca natural” é aquela emitida pelo sol em céu aberto ao meio dia, cuja temperatura de cor é de 5800K.

• **ÍNDICE DE REPRODUÇÃO DE COR : Ra ou IRC**

É a medida de correspondência entre a cor real de um objeto ou superfície e sua aparência diante de uma fonte de luz.

A luz artificial, como regra, deve permitir ao olho humano perceber as cores corretamente, ou o mais próximo possível da luz natural do dia.

Lâmpadas com Ra de 100% apresentam as cores com total fidelidade e precisão. Quanto mais baixo o índice, mais deficiente é a reprodução das cores. Os índices variam conforme a natureza da luz e são indicados de acordo com o uso de cada ambiente.

• **CONCEITOS LUMINOTÉCNICOS :**

a ) **FLUXO LUMINOSO** ( lm ):

É a quantidade de luz emitida por uma fonte, medida em lúmens ( lm ), na tensão nominal de funcionamento.

b ) **POTÊNCIA CONSUMIDA** ( W ) :

É a energia elétrica consumida por uma fonte luminosa, medida em watts ( W ). Para fontes que funcionam com o auxílio de equipamentos ( transformadores, reatores ) deve - se considerar a potência consumida pelos mesmos, somada à potência das lâmpadas.



c) **EFICIÊNCIA ENERGÉTICA** ( lm / W ) :

É a relação entre o fluxo luminoso e a potência consumida, ou seja, é a eficiência luminosa de uma fonte que dissipa 1 watt para cada lúmen emitido.

d) **VIDA / DURABILIDADE DE UMA LÂMPADA** :

O conceito de vida de uma lâmpada é dado em horas e é definido por critérios pré - estabelecidos, considerando sempre um grande lote testado sob condições controladas e de acordo com as normas pertinentes.

No dia - a - dia a vida de uma lâmpada depende muito de como ela está sendo utilizada, da qualidade da instalação e de uma manutenção periódica.

e) **VIDA MEDIANA** ( h ) :

É o número de horas resultantes, onde 50% das lâmpadas ensaiadas ainda permanecem acesas.

f) **VIDA MÉDIA** ( h ) :

É a média aritmética do tempo de duração de cada lâmpada ensaiada.

g) **VIDA CUSTO / BENEFÍCIO** ( h ) :

É o número de horas atingido em que houve determinada depreciação do fluxo luminoso inicial do lote ensaiado, decorrente da depreciação do fluxo luminoso de cada lâmpada e de suas respectivas queimas.

h) **INTENSIDADE LUMINOSA** ( cd ) :

Expressa em candela ( cd ), é a intensidade do fluxo luminoso projetado em uma determinada direção.

i ) **ILUMINÂNCIA** ( E = Lux ) :

Expressa em lux, é o fluxo luminoso que incide sobre uma superfície situada à uma certa distância da fonte. Ela é a relação entre intensidade luminosa e o quadrado da distância ( $I/d^2$ ). Na prática, é a quantidade de luz dentro de um ambiente, e pode ser medida com o auxílio de um luxímetro. Para obter conforto visual, considerando a atividade que se realiza, são necessários certos níveis de iluminância médios. Os mesmos são recomendados por normas técnicas : ABNT - NBR 5523.

j ) **FATOR OU ÍNDICE DE REFLEXÃO** :

É a relação entre o fluxo luminoso refletido e o incidente. Varia sempre em função das cores ou acabamentos das superfícies e suas características de reflectância.

k ) **LUMINÂNCIA** ( L ) :

Medida em  $cd/m^2$  é a intensidade luminosa produzida ou refletida por uma superfície existente.

## TIPOS DE LÂMPADAS

As lâmpadas utilizadas em iluminação classificam - se basicamente em dois grupos :

- **Lâmpadas incandescentes**
- **Lâmpadas de descarga**

### **LÂMPADAS INCANDESCENTES :**

A lâmpada incandescente é uma das mais antigas fontes de luz e a mais familiar para a maioria das pessoas, funciona basicamente através da passagem da corrente elétrica pelo filamento de tungstênio que, com o aquecimento, gera a luz.

### **UTILIZAÇÃO :**

As lâmpadas incandescentes são utilizadas em locais onde se deseja a luz dirigida e com flexibilidade de escolha de diversos ângulos de abertura de fecho luminoso.

Geralmente são empregadas em residências, lojas e locais de trabalho que não exijam índices de iluminamento elevados.

Devido ao seu alto desempenho em relação a reprodução de cores, a lâmpada incandescente é largamente utilizada nas lojas com a finalidade de destacar as mercadorias.

Nas indústrias empregam - se as lâmpadas incandescentes na iluminação geral ou suplementar nas máquinas de produção ou em locais com problemas de vibração ( lâmpadas para serviço pesado ) ou ainda em estufas de secagem ( infravermelhas ).

### **CARACTERÍSTICAS DAS LÂMPADAS INCANDESCENTES :**

Possuem um bulbo de vidro, em cujo interior existe um filamento de tungstênio, que pela passagem da corrente elétrica, fica incandescente.

Para evitar que o filamento se queime, utiliza - se um dos seguintes processos :

- o vácuo no interior do bulbo, ou seja, é retirada de todo o oxigênio contido no bulbo, já que o oxigênio alimenta a combustão;
- substituição do oxigênio por um gás inerte, geralmente o nitrogênio ou argônio.

O tungstênio é um metal de ponto de fusão muito elevado ( 3400° C ), o que permite uma temperatura no filamento, de cerca de 2500° C.

**TIPOS DE LÂMPADAS INCANDESCENTES :**

a ) **Comuns ou de uso geral** : são empregadas em residências, lojas e locais de trabalho que não exijam índices de iluminação elevados. Podem ser de bulbo transparente, translúcido ou opalizado, e são fabricadas nas potências indicadas na tabela.

**Tabela Lâmpadas incandescentes OSRAM para iluminação geral :**

Referência	INC 25	INC 40	INC 60	INC 75	INC 100	INC 150	INC 200	INC 300	INC 300	INC 500	INC 500
Potência ( W )	25	40	60	75	100	150	200	300	300	500	500
Fluxo Luminoso (lm)	230	430	730	960	1380	2220	3150	5000	5000	8400	8400
Comprimento ( mm )	105	105	105	105	105	114	114	183	183	207	207

As lâmpadas acima referem - se a tensão de 120V e 220V, apresentando vida útil de 1000h conforme catálogo.

b ) **Bulbo temperado** : são fabricadas para funcionarem ao tempo, sem a necessidade de uma luminária protetora.

c ) **Bulbo de quartzo ou incandescentes halógenas** : é um tipo aperfeiçoado da lâmpada incandescente, constituída de um bulbo tubular de quartzo, dentro do qual existem um

filamento de tungstênio e partículas de iodo. ( daí o nome de halógenas ), que através de uma reação cíclica, reconduzem o tungstênio volatilizado de volta ao filamento, evitando o escurecimento do bulbo. Em temperaturas próximas a 1400 °C, o halogênio adiciona - se ao gás contido no bulbo. Por efeito de convecção, o composto se aproxima novamente do filamento. A alta temperatura aí reinante decompõe o chamado *haleto*, e parte do tungstênio deposita - se de volta no filamento.

Apresenta - se as seguintes vantagens sobre a lâmpada incandescente comum : vida mais longa, ausência de enegrecimento do tubo, alta eficiência luminosa, excelente reprodução de cores e reduzidas dimensões, obviamente, mais caras.

Encontram - se aplicação na iluminação de praças de esporte, pátios de carga e descarga de mercadorias, teatros, museus, estúdios de TV, iluminação externa em geral, etc..

A tabela 2 apresentará algumas características referentes as lâmpadas halógenas refletoras, ideais para iluminação dirigida de destaque.

Podem ser utilizadas interna e externamente em ambientes residenciais, hotéis, vitrinas, museus, galerias, bem como em paisagismo decorativo, monumentos ou fachadas.

**Tabela Lâmpadas halógenas refletoras OSRAM  
para uso interno e externo :**

Referência	HALOPAR 16NFL*	HALOPAR 20NFL**	HALOPAR 20FL*	HALOPAR 30NFL**	HALOPAR 30FL*	HALOPAR 38FL*
Tensão ( V )	120	130	220	120	220	120
Potência ( W )	75	50	50	75	75	90
Int. Luminosa ( cd )	2000	1250	1300	3000	2200	4000
Comprimento ( mm )	73	82,5	91	92	90,5	135

\* vida útil : 2000h / \*\* vida útil 2500h

A tabela a seguir apresentará as características de lâmpadas halógenas em baixa tensão, conhecidas popularmente como “ palito “.

Apresentam luz clara e brilhante que proporciona uma excelente reprodução de cor, elevado fluxo luminoso e funcionam diretamente ligados à rede. São utilizadas na iluminação decorativa residencial e em luminárias para luz indireta, como luz difusa na iluminação de lojas, vitrinas, grandes áreas internas, auditórios, fachadas, paisagismo ou ainda em pequenas quadras esportivas, condomínios, canteiros de obra etc..

**Tabela Lâmpadas halógenas OSRAM :**

Referência	64690	64696	64703	64700	64701	64702	64740	64760
Tensão ( V )	220	220	120	120	220	220	220	220
Potência ( W )	100	150	300	500	300	500	1000	1500
Fluxo Luminoso(lm)	1650	2200	5400	10500	5000	9500	22000	33000
Comprimento	74,9	114,2	114,2	114,2	114,2	114,2	185,7	250,7

d ) **Lâmpadas incandescentes refletoras** : são fontes de luz de alto rendimento luminoso, dimensões reduzidas e fecho dirigido. Possuem o bulbo de formatos especiais e internamente um revestimento de alumínio em parte de sua superfície, de modo a concentrar e orientar o fecho de luz. As lâmpadas de bulbo prateado orientam o fecho luminoso no sentido de sua base e devem ser usadas com um refletor adequado que produza a reflexão da luz, proporcionando iluminação indireta.

A tabela a seguir apresentará algumas características das lâmpadas refletoras OSRAM para uso interno.

Estas lâmpadas apresentam fechos de luz dirigidos que valorizam objetos e espaços.

### **Lâmpadas refletoras OSRAM :**

Referência	40R63	60R63	60R75	100R75	120PAR38FL
Potência ( W )	40	60	60	100	120
Ângulo	30 <sup>o</sup>	30 <sup>o</sup>	100 <sup>o</sup>	100 <sup>o</sup>	30 <sup>o</sup>
Int. Luminosa ( cd )	540	960	480	890	3100
Comprimento ( mm )	103	103	125	125	136

\* vida útil : 1000h      Tensão de funcionamento 127 e 220V.

e ) **Lâmpadas infravermelhas** : usadas em secagem de tintas, lacas, vernizes, no aquecimento em certas estufas e, também, em fisioterapia e criação de animais em climas frios. Nunca podem ser usadas como fontes luminosas, uma vez que sua radiação se encontra na faixa de ondas caloríficas ( 10<sup>6</sup> a 780 nm ).

### **LÂMPADAS DE DESCARGA :**

Nas lâmpadas de descarga, a energia é emitida sob forma de radiação, que provoca uma excitação de gases ou vapores metálicos, devido à tensão elétrica entre eletrodos especiais.

A radiação, que se estende da faixa do ultravioleta até a do infravermelho, passando pela do espectro luminoso, depende, entre outros fatores, da pressão interna da lâmpada, da natureza do gás ou da presença de partículas metálicas ou halógenas no interior do tubo.

### **OPERAÇÃO DE LÂMPADAS DE DESCARGA :**

As lâmpadas de descarga em geral não podem ser operadas sem um dispositivo de limitação da corrente, ou reator, ligado no circuito da lâmpada.

### **TIPOS DE LÂMPADAS DE DESCARGA :**

a ) **Lâmpada fluorescente** : é uma lâmpada que utiliza a descarga elétrica através de um gás para produzir energia luminosa.

São constituídas por um tubo cilíndrico de vidro, em cujas .....  
paredes internas é fixado um material fluorescente ( cristais .....  
de fósforo ) e onde se efetua uma descarga elétrica, a baixa .....  
pressão, em presença de vapor mercúrio. Produz - se, então, .....  
uma radiação ultravioleta que, em presença do material .....  
fluorescente existente nas paredes se transforma em luz .....  
visível. ....

**Tabela Lâmpadas Fluorescentes OSRAM :** .....

Referência	L15LD	L20LDE	L30LD	L40LDE	L110LDE H.O
Potência ( W ) lâmpada + reator	15 + 10	20 + 12	30 + 10	40 + 11	110 + 25
Fluxo Luminoso ( lm )	840	1060	2000	2700	8300
Bulbo	T8	T10	T8	T10	T12
Diâmetro (mm)	26	33	26	33	38
Comprimento	438	590	895	1200	2400

\* vida útil = 7500h

\*\* são consideradas universais, ou seja, funcionam em reatores eletromagnéticos partida convencional com starter, partida rápida ou reatores eletrônicos. ....



**Tabela Lâmpadas Fluorescentes GE :**

Código	17036	22647	15949	22656	22657
Potência ( W )	17	17	32	32	32
Fluxo Luminoso (lm)	1325	1375	2850	2950	2950
Diâmetro (mm)	25	25	25	25	25
Comprimento	610	610	1220	1220	1220

\* vida mediana 20000h

b ) **Lâmpada de Luz Mista** : é uma lâmpada que reúne as vantagens da lâmpada incandescente, fluorescente e da vapor de mercúrio, pois consiste num bulbo preenchido com gás, revestido na parede interna com fósforo, contendo um tubo de descarga ligado em série com um filamento de tungstênio. Na lâmpada de luz mista a radiação ultravioleta da descarga de mercúrio é convertida em radiação visível pela camada de fósforo. Somada a esta radiação visível, está a radiação visível do próprio tubo de descarga, bem como a luz de cor quente do filamento incandescente. A radiação das duas fontes mistura - se harmoniosamente, passando através da camada de fósforo para dar uma luz branca difusa com uma aparência de cor agradável.

O filamento da lâmpada age como um reator para a descarga, estabilizando assim a corrente da lâmpada. Não é necessário o uso de um reator. As lâmpadas de luz mista, portanto, poderão ser ligadas diretamente à rede. Isto significa que as instalações de iluminação existentes, quando usam lâmpadas incandescentes, poderão facilmente ser modernizadas com o uso de lâmpadas de luz mista, que têm praticamente duas vezes a eficácia e quase seis vezes a vida daquelas, sem custo extra em termos de reatores, fiação ou luminárias.

**Tabela Lâmpadas de Luz Mista OSRAM :**

Referência	HWL160	HWL250	HWL250	HWL500
Potência ( W )	160	250	250	500
Fluxo Luminoso(lm)	3100	5600	5600	14000
Diâmetro ( mm )	75	90	90	120
Comprimento (mm)	177	226	226	275

\* vida útil 6000h

c ) **Lâmpada Vapor de Mercúrio** : consta de um tubo .....  
 de quartzo ou vidro duro, contendo uma pequena quantidade .....  
 de mercúrio e cheio de gás argônio, com quatro eletrodos - .....  
 dois principais e dois auxiliares - colocados nas extremidades .....  
 do tubo. Os dois eletrodos auxiliares e o gás argônio .....  
 estabelecem um arco de ignição preliminar que vaporiza o .....  
 mercúrio. Forma - se, em seguida, o arco luminoso definitivo .....  
 entre os dois eletrodos principais. O bulbo é revestido .....  
 internamente com uma camada fluorescente de fosfato de ítrio .....  
 vanadato, o que transforma a radiação ultravioleta em luz .....  
 avermelhada, que melhora a reprodução das cores e distribui .....  
 uniformemente a luz do tubo por toda a superfície do bulbo, .....  
 evitando ofuscamento à visão. O bulbo de vidro evita a .....  
 irradiação ultravioleta fora do tubo, protegendo, assim, a vista .....  
 das pessoas. ....

As lâmpadas de vapor de mercúrio possuem um fluxo .....  
 luminoso grande e uma vida útil longa, o que as torna muito .....  
 econômicas. São muito usadas na iluminação de vias públicas, .....  
 estacionamentos, áreas industriais internas e externas, .....  
 depósitos e fachadas. Assim como as lâmpadas fluorescentes, .....  
 as lâmpadas a vapor de mercúrio também necessitam de um .....  
 reator para proporcionar uma sobretensão de modo que .....  
 ocasione a partida da lâmpada e ao mesmo tempo limite a .....  
 corrente de operação. ....

**Tabela Lâmpadas de Vapor de Mercúrio OSRAM :** .....

Referência	HQL80	HQL125	HQL250	HQL400	HQL700	HQL1000
Potência ( W ) lâmpada+reator	80+9	125+12	250+12	400+25	700+35	1000+45
Fluxo Luminoso(lm)	3800	6300	13000	22000	38500	58000
Diâmetro ( mm)	70	75	90	120	140	165
Comprimento	156	170	226	290	330	390

\* vida mediana 24000h .....

## PROJETO DE ILUMINAÇÃO PARA INTERIORES :

O projeto de iluminação de um recinto supõe algumas opções preliminares.

Deve - se escolher entre :

- iluminação incandescente, mista ou fluorescente;
- iluminação direta, indireta, semi - direta ou semi - indireta;

Esta opção envolve aspectos de decoração do ambiente e principalmente o conhecimento da destinação do local ( escritório, sala, loja, indústria, etc. ), e as atividades que serão desenvolvidas no local ( trabalho bruto, trabalhos que exijam iluminamento intenso, etc. ). Deve - se de imediato, determinar :

- dimensões do local;
- as cores das paredes e do teto;
- altura das mesas e bancadas de trabalho ou máquinas a serem operadas, conforme o caso.
- possibilidade de fácil manutenção dos aparelhos

Existem vários métodos que podem ser aplicados na elaboração de um projeto de iluminação de ambientes interiores. O método proposto para o curso é o **Método dos Lúmens** muito empregado na prática por projetistas e engenheiros e também por se tratar de uma rotina de cálculo sem maiores dificuldades.

## SELEÇÃO DA ILUMINÂNCIA :

A NBR 5413/82 estabelece um procedimento para a escolha da “ iluminância ” constante da tabela a seguir

Observa - se que nessa tabela constam três valores de “iluminância” para cada grupo de tarefas visuais. Para a escolha da “iluminância” em determinado problema, deve - se atender para os três fatores que constam na tabela posterior.

- idade do observador;
- velocidade e a precisão exigidas na operação;
- refletância da superfície onde se desenvolve a tarefa

**Tabela Iluminâncias ( índices de iluminação )  
para cada grupo de tarefas visuais, segundo  
a NBR5413/82**

Faixa	Iluminância ( lux )	Tipo de atividade
A Iluminação geral para tarefas visuais simples	20	Áreas públicas com arredores escuros
	30	
	50	
	50	Orientação simples para permanência curta
	75	
	100	
B Iluminação geral para área de trabalho	100	Recintos não usados para trabalho contínuo
	150	
	200	
	200	Tarefas com requisitos visuais limitados trabalho bruto de maquinaria, auditórios
	300	
	500	
C Iluminação adicional para tarefas visuais difíceis	500	Tarefas com requisitos visuais normais, trabalho médio de maquinaria, escritórios
	750	
	1000	
	1000	Tarefas com requisitos especiais, gravação manual, inspeção, indústria de roupas, etc..
	1500	
	2000	
C Iluminação adicional para tarefas visuais difíceis	2000	Tarefas visuais exatas e prolongadas, eletrônica de tamanho pequeno, relógios
	3000	
	5000	
	5000	Tarefas visuais muito exatas, montagem de microeletrônica,etc.
	7500	
	10000	
C Iluminação adicional para tarefas visuais difíceis	10000	Tarefas visuais muito especiais, cirurgia,etc..
	15000	
	20000	

**Tabela Fatores determinantes da iluminância adequada:**

Característica da tarefa e do observador	-1	0	+1
Idade dos Ocupantes	inferior a 40 anos	40 a 55 anos	superior a 55 anos
Velocidade e Precisão	sem importância	importante	crítica
Refletância do fundo da tarefa	superior a 70%	30 a 70%	inferior a 30%

1º ) determinar o peso ( -1, 0, +1 ) correspondente a cada característica.

2º ) Somam - se algebricamente os valores encontrados ( considerando, portanto, os sinais ).

3º ) Se o valor total for igual a -2 ou -3, usa - se a iluminância mais baixa do grupo na tabela 9. Se a soma for igual a +2 ou +3, usa - se o maior valor da iluminância. Nos demais casos, usa - se o valor central.

**Tabela Iluminância em Lux, por tipo de atividade segundo a NBR 5413/91**

Atividades	Baixa	Média	Alta	Atividades	Baixa	Média	Alta
a) auditórios				e) escritórios			
anfiteatros				registro	750	1000	1500
tribuna	300	500	700	engenharia e	750	1000	1500
platéia	100	150	200	arquitetura			
bilheterias	300	150	750				
b) bancos				f) residências			
atendimento	300	500	750	geral	100	150	200
contabilidade	300	500	750	cozinhas	200	300	500
recepção	100	150	200	banheiros	100	150	200
guichês	300	500	750				
arquivos	200	300	500				
c) bibliotecas				g) hotéis			
s.de leitura	300	500	750	geral	100	150	200
estantes	200	300	500	cozinha	150	200	300
fichário	200	300	500	quartos	100	150	200
				restaurantes	100	150	200
d) escolas				h) garagens			
s. de aula	200	300	500	oficinas	150	150	300
s. de desenho	300	500	750	bancadas	300	300	750
salão	100	150	200	estacionamento.	100	150	200

## **ESCOLHA DA LUMINÁRIA :**

A escolha da luminária depende de diversos, tais como: objetivo da instalação ( comercial, industrial, residencial, etc. ), fatores econômicos, razões da decoração, facilidade de manutenção, etc.

Para a escolha da luminária recomenda - se a consulta nos catálogos dos fabricantes de modo a especificar a luminária adequada para o ambiente.

## **DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DO LOCAL :**

Este fator relaciona as proporções entre o comprimento, largura e à altura do local de montagem, ou seja, altura da luminária em relação ao plano do trabalho, de acordo com o tipo de iluminação ( direta, semi-direta, indireta e semi-indireta ) e difusa-geral.

## **DETERMINAÇÃO DO FATOR DE DEPRECIAÇÃO ( d ):**

É a relação entre o fluxo luminoso produzido por uma luminária no fim do período de manutenção e o fluxo emitido pela mesma luminária no início de seu funcionamento.

## **DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE UTILIZAÇÃO ( $\mu$ ):**

É a relação entre o fluxo luminoso que incide sobre o referido plano ( fluxo útil ) e o fluxo total emitido pelas lâmpadas ( fluxo total ) -  $\epsilon$ . Evidentemente, este coeficiente dependerá das dimensões do local, da cor do teto, das paredes e do acabamento das luminárias.

Para encontrar o coeficiente de utilização, precisamos entrar na tabela, com a refletância dos tetos e paredes :

- teto branco 75%
- teto claro 50%
- paredes brancas 50%
- paredes claras 30%
- paredes médias 10%

### **CÁLCULO DO FLUXO TOTAL E DO NÚMERO DE LÂMPADAS :**

- *Cálculo do fluxo total* (  $\phi$  ) :

$$\phi = \frac{S \times E}{\mu \times d}$$

$\phi$  = fluxo total, em lumens ( lm )  
S = área do local ( m<sup>2</sup> )  
E = nível de iluminação ( lux )  
 $\mu$  = fator de utilização  
d = fator de depreciação

- *Cálculo do número de lâmpadas* :

$$n = \frac{\phi}{\varphi}$$

n = número de lâmpadas  
 $\phi$  = fluxo total ( lm )  
 $\varphi$  = fluxo por lâmpada ( lm )

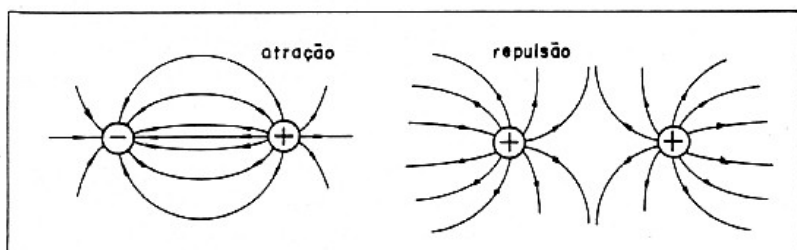
## FONTES GERADORAS DE ELETRICIDADE

### Eletricidade estática

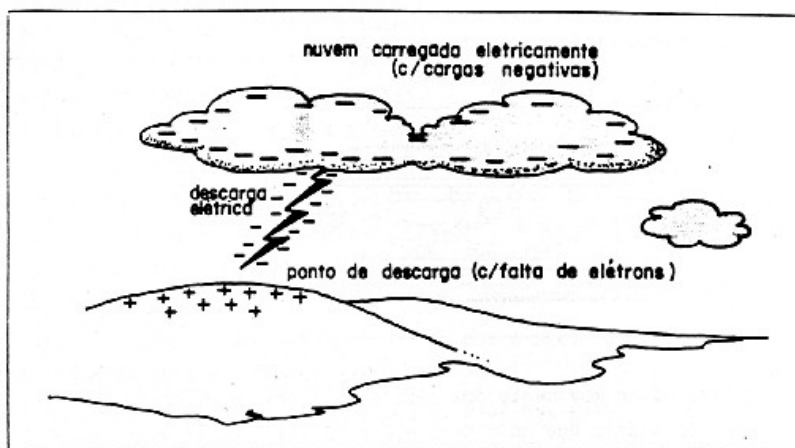
Na eletricidade estática estudamos as propriedades e ação mútua das cargas elétricas em repouso, nos corpos eletrizados.

Um corpo se eletriza negativamente quando ganha elétrons e positivamente quando perde elétrons.

Entre corpos eletrizados ocorre o efeito de atração quando suas cargas elétricas têm sinais contrários e ocorre efeito de repulsão quando suas cargas elétricas têm sinais iguais.



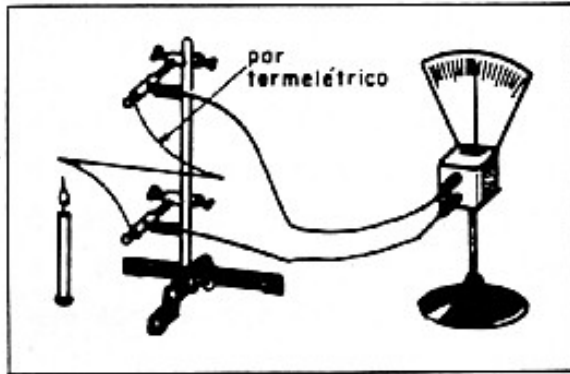
Sempre que dois corpos com cargas elétricas contrárias são colocados próximos um do outro, em condições favoráveis, o excesso de elétrons de um deles é atraído na direção daquele que está com falta de elétrons, sob a forma de uma descarga elétrica.





Essa descarga poderá ser visível se tiver potencial elétrico elevado e se ela ocorrer através do ar, como você pode observar, por exemplo, na ilustração anterior.

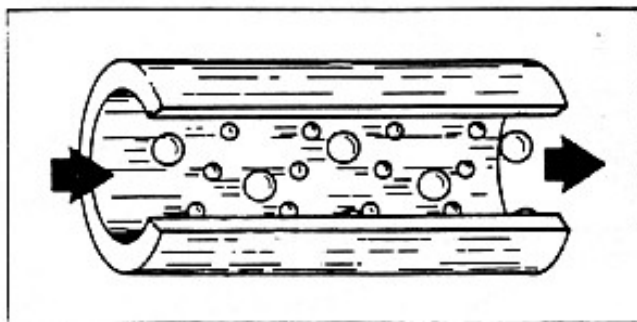
Entretanto, uma descarga elétrica não pode ser vista se ela ocorrer através de um fio condutor em condições normais de uso, mas apenas comprovada pelo efeito produzido, com o aquecimento deste fio condutor.



### Eletricidade dinâmica ou eletrodinâmica

A eletricidade dinâmica refere-se aos elétrons livres, em movimento de um átomo para outro, constituindo, assim, uma corrente elétrica nos corpos sólidos.

Por exemplo:  
Uma barra de ferro



Para haver movimento dos elétrons livres em um circuito é necessário que nele seja exercida uma pressão elétrica. Essa pressão elétrica pode ocorrer de modos diferentes e resulta na formação de um pólo com excesso de elétrons, denominado pólo negativo, e de outro com falta de elétrons, denominado pólo positivo.

A energia elétrica disponível entre esses dois pólos é chamada força eletromotriz (fem) quando é medida sem carga ligada. Quando é medida com carga ligada, chama-se diferença de potencial (ddp) ou, simplesmente, tensão elétrica.

### **Eletricidade por ação química**

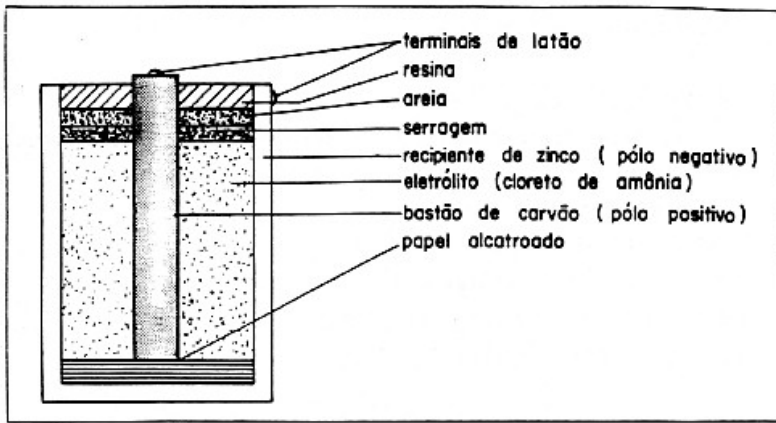
Em 1970, Luigi Galvani descobriu a eletricidade produzida pelo contato entre materiais diferentes. Alguns anos mais tarde, depois de várias experiências, Alessandro Volta conseguiu enunciar o princípio da teoria dos contatos: “Dois corpos heterogêneos colocados em contato, sejam eles condutores ou isolantes, apresentam uma diferença de potencial.”

Ainda com suas experiências, Volta estabeleceu uma ordem de sucessão para os metais mais comuns, segundo a qual cada metal fica positivo quando em contato com qualquer um dos que o precedem. A ordem de sucessão é a seguinte: zinco, chumbo, estanho, ferro, cobre, platina, etc.

Esta lei é válida apenas para séries puramente metálicas, pois colocando-se uma solução condutora entre os metais, a ordem da sucessão perde a validade. A essa solução condutora dá-se o nome de eletrólito.

Mergulhando-se uma placa de zinco e outra de cobre numa solução eletrolítica, de salmoura ( $H_2O + NaCl$ ), constituiu-se uma célula primária e constata-se entre as placas uma diferença de potencial, contrária à aquela que se obtém pelo contato direto entre elas. Isto ocorre porque o zinco adquire potencial maior que o do cobre, devido à ação do eletrólito.

A pilha seca, conhecida como pilha lanterna, é a mais conveniente das fontes portáteis de energia elétrica. O pólo positivo é um bastão de carbono (carvão) e o pólo negativo é o próprio recipiente de zinco metálico que abriga um eletrólito pastoso de cloreto de amônia.

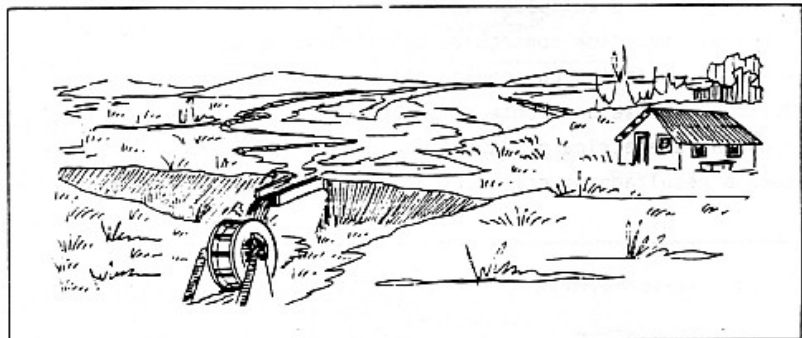


Vista em corte de uma pilha seca

A força eletromotriz (fem) de uma pilha seca nova é de 1,5 a 1,6 volts, diminuindo à medida que ela vai sendo usada.

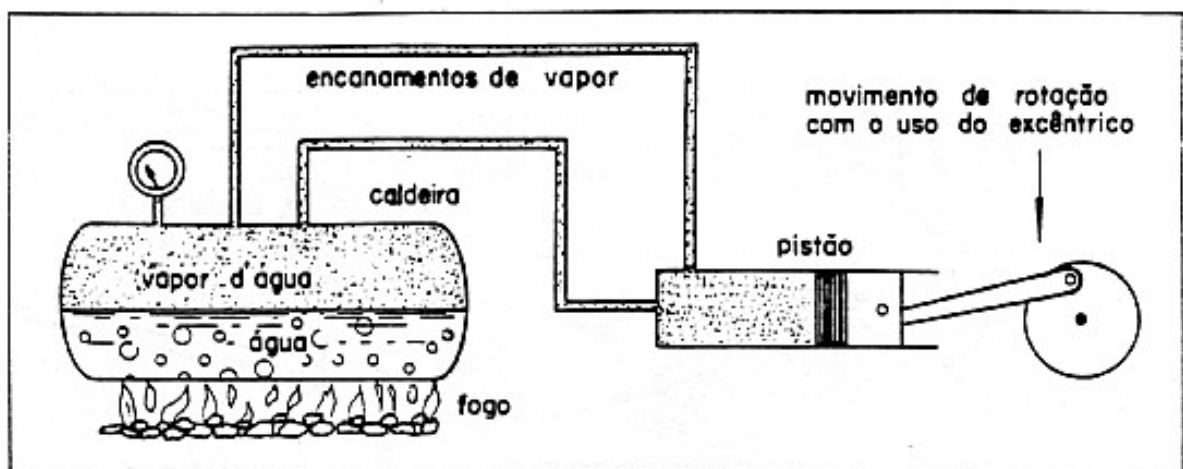
### Eletricidade produzida pelo magnetismo

O método mais usual de produção de eletricidade em larga escala deriva da utilização do magnetismo. O



magnetismo é uma condição, um meio pelo qual se produz a energia elétrica por indução, cujo movimento é produzido pela energia mecânica.

### Transformação de energia



Energia mecânica obtida através de uma máquina a vapor.

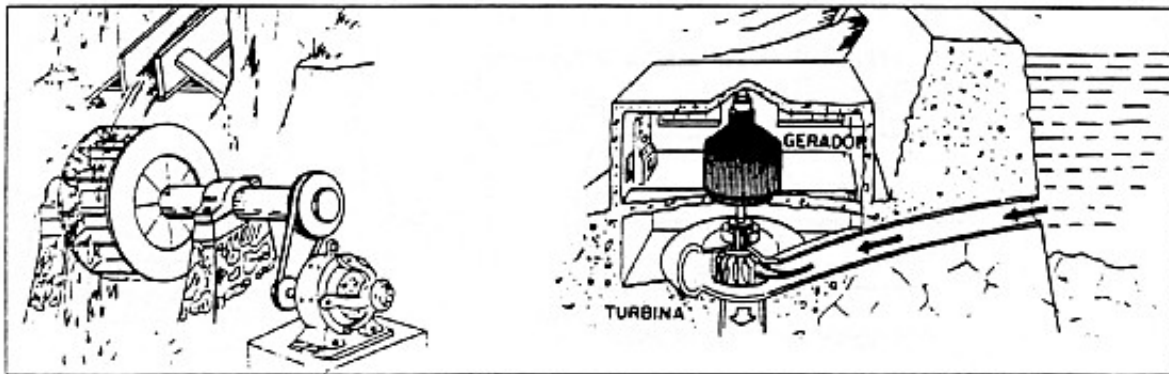
.....  
.....  
.....

Energia mecânica obtida através de um potencial hidráulico, que faz girar uma roda d'água

.....  
.....  
.....

Há também a transformação de energia mecânica em energia elétrica. Este fenômeno se verifica, por exemplo, nos geradores das usinas elétricas. Tais geradores se utilizam dos potenciais hidráulicos como fontes de energia mecânica.

.....  
.....  
.....



Em resumo temos:

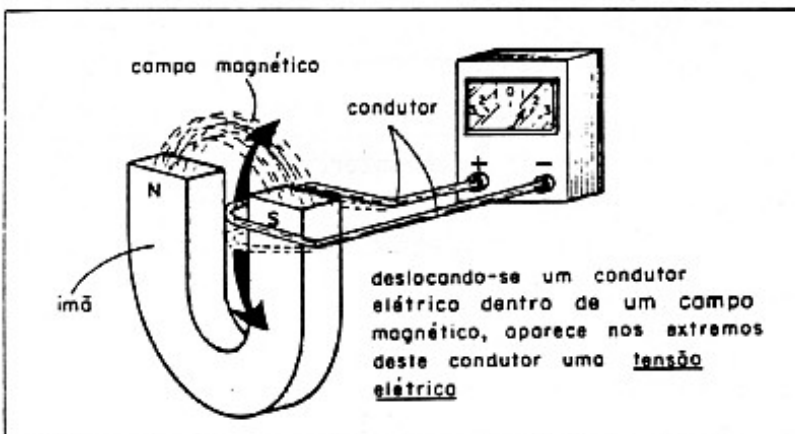
.....  
.....

- Potencial hidráulico obtido através dos rios;
- Energia mecânica conseguida pela roda d'água;
- Energia elétrica conseguida pelo gerador.

.....  
.....  
.....

Qualquer que seja a fonte de energia mecânica, a potência elétrica produzida nos geradores será o resultado do corte das linhas magnéticas pelos condutores.

.....  
.....  
.....

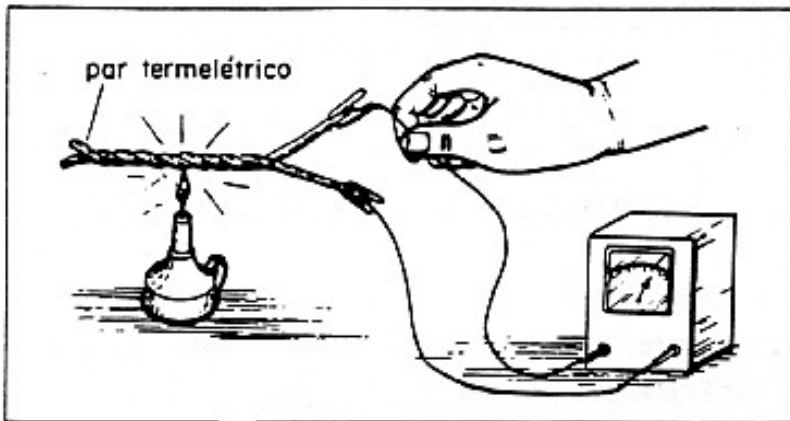


.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

## Transformação de energia térmica em elétrica

Outro método de obtenção de energia elétrica é o do aquecimento direto da junção de dois metais diferentes.

Se um fio de cobre e outro de constantan forem unidos por um dos seus extremos, e se aquecermos os fios neste ponto, aparecerá uma tensão elétrica nos outros extremos. Constantan é uma liga de cobre e níquel. A medida que aumentamos a temperatura no extremo unido, aumenta também o valor da tensão elétrica.



Esse dispositivo chama-se par termelétrico e é usado como elemento sensor nos pirômetros, que são aparelhos usados para medir a temperatura.

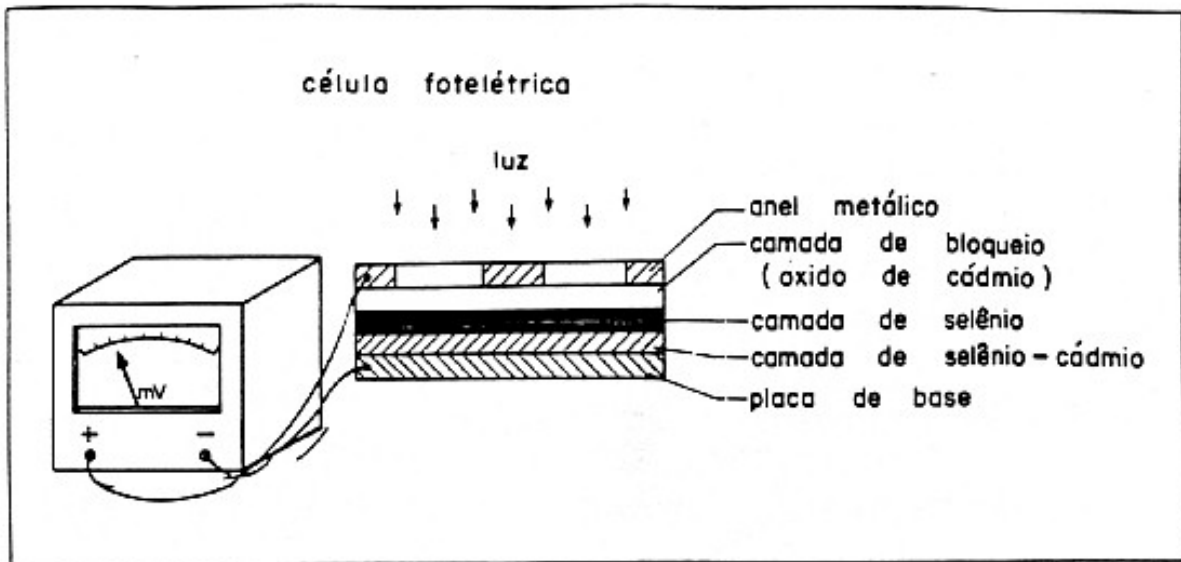
## Transformação de energia luminosa em elétrica

Os modernos foto elementos funcionam com a utilização de semicondutores, materiais que se situam entre os condutores e os isolantes quando à condutibilidade elétrica.

### Construção

Os foto elementos são construídos sobre uma placa base, na qual é aplicada uma fina camada de material semicondutor (selênio, birmânio ou silício). Sobre essa camada aplica-se outra, bem fina, geralmente de selênio-cádmio.

Em seguida vem o eletrodo de oposição, que é uma película metálica transparente à luz, por exemplo, de óxido de cádmio. Para finalizar, o conjunto recebe um anel metálico.



**Funcionamento**

O efeito fotoelétrico ocorre quando irradiações luminosas passam pela camada metálica transparente, fazendo com que os elétrons livres da camada semicondutora se desloquem até o anel. Assim, o anel se torna negativo e a placa base, positiva. Durante a incidência luminosa, aparece uma força eletromotriz e entre as placas.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

**Aplicação**

O uso mais comum desse tipo de célula é como medidor de luz ou fotômetro, usado em fotografia, por exemplo, para medir a intensidade da luz existente em um recinto.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

A célula fotoelétrica, comumente chamada "olho elétrico", funciona segundo o mesmo princípio da fotocélula. A célula fotoelétrica, no entanto, depende de uma bateria ou de alguma outra fonte de tensão elétrica para cumprir sua função de detectar variações de luminosidade. A célula fotoelétrica tem muitos usos, entre eles o controle automático de portas, de máquinas cinematográficas de projeção, controles automáticos contra roubos, etc.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

**Energia elétrica através do atrito**

Toda vez que se atritam dois corpos diferentes, alguns elétrons passam de um dos corpos para o outro. O corpo que

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

recebe os elétrons adquire carga elétrica negativa. O corpo que cede os elétrons adquire carga elétrica positiva.

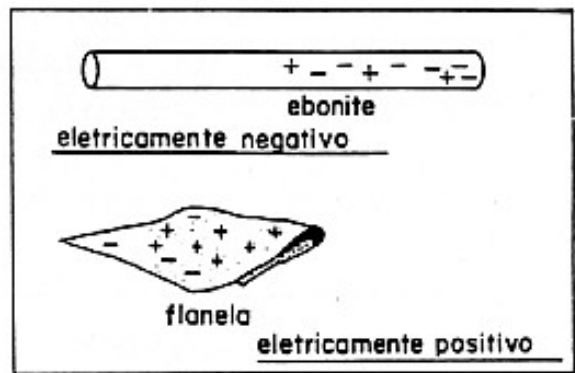
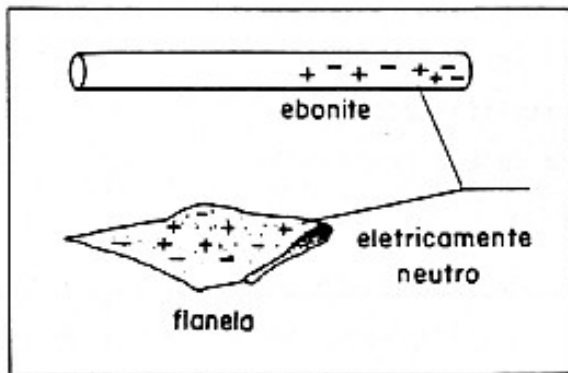
.....  
 .....  
 .....

Esse deslocamento de elétrons é provocado pelo aquecimento dos corpos durante o atrito, que acelera a velocidade dos elétrons, aumentando força centrífuga dos átomos e, assim, possibilitando a fuga dos elétrons.

.....  
 .....  
 .....  
 .....

Algumas substâncias como o vidro, âmbar, ebonite, ceras, flanelas, seda, nylon, rayon, etc., produzem facilmente eletricidade estática. Quando se esfrega um bastão de ebonite em uma flanela, esta perde elétrons para o bastão. Assim, o bastão fica carregado negativamente e a flanela, positivamente.

.....  
 .....  
 .....  
 .....



antes (equilíbrio de cargas) - depois (desequilíbrio de cargas)

.....  
 .....

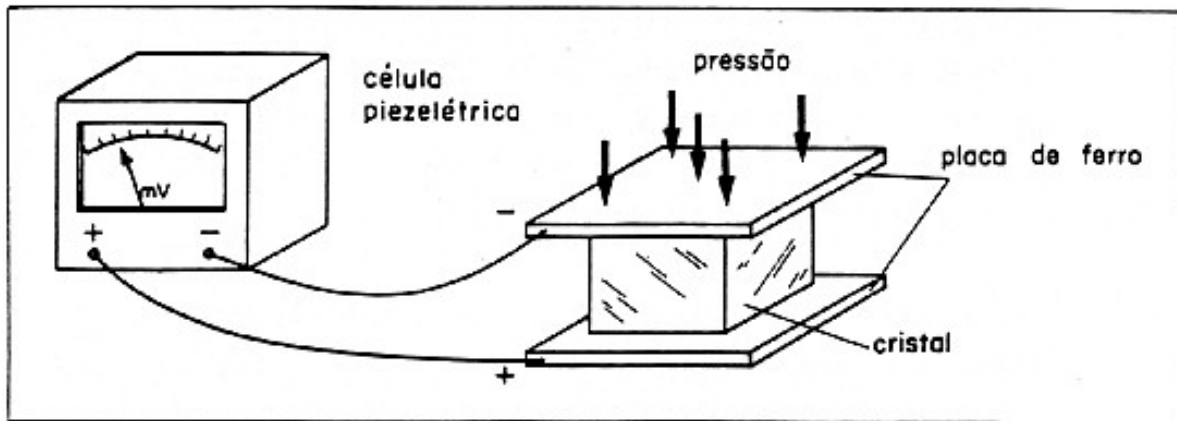
**Energia elétrica obtida através de um cristal sob pressão**

Alguns cristais, quando submetidos a ações mecânicas, como compressão ou torção, desenvolvem uma diferença de potencial. Por exemplo, o quartzo, a turmalina e os sais de Rochelle são cristais que se enquadram no princípio de obtenção de energia elétrica através de pressão.

.....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....

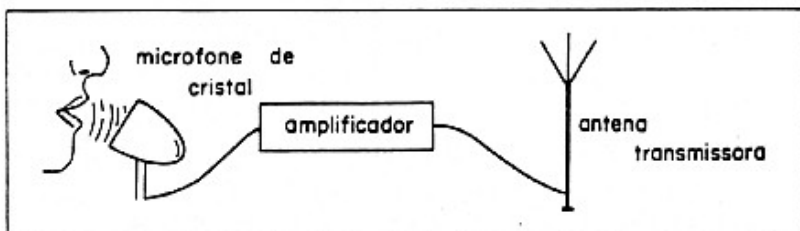
Se um cristal de um desses materiais for colocado entre duas placas metálicas e sobre elas for aplicada uma pressão obteremos uma ddp, produzida por pressão. O valor dessa diferença de potencial, dependerá da pressão exercida.

.....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....



O uso de cristais como fonte de energia elétrica é largamente observado em equipamentos de pequena potência, como, por exemplo, nos toca-discos.

O braço desses aparelhos tem um cristal, que conforme a pressão recebida pelas variações do disco, gera uma corrente de valores variados. Essa corrente é conduzida a um amplificador e, depois amplificada, é emitida pelo alto-falante, em forma de som.



Os microfones usados nas emissoras de rádio e TV, geralmente, operam segundo esse princípio.



## SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO

Um sistema elétrico, na sua concepção mais geral, é constituído pelos equipamentos e materiais necessários para transportar a energia elétrica desde a “fonte” até os pontos em que é utilizada.

Desenvolve - se em quatro etapas básicas : **geração, transmissão, distribuição e utilização.**

A **geração** é a etapa desenvolvida nas usinas geradoras que produzem energia elétrica por transformação, a partir das fontes primárias. Podemos classificar as usinas em :

- hidroelétricas : utilizam a energia mecânica das quedas d’água;
- termoelétricas : utilizam a energia térmica da queima de combustíveis ( carvão, óleo diesel, gasolina, etc. )
- nucleares : utilizam a energia térmica produzida pela fissão nuclear de materiais ( urânio, tório, etc. ).

A etapa seguinte é a **transmissão**, que consiste no transporte da energia elétrica, em tensões elevadas, desde as usinas até os centros consumidores. Muitas vezes segue - se à transmissão uma etapa intermediária ( entre ela e a distribuição ) denominada **subtransmissão**, com tensões um pouco mais baixas. Nas linhas de transmissão aéreas são usados, geralmente, cabos nus de alumínio com alma de aço, que ficam suspensos em torres metálicas através de isoladores.

Grandes consumidores, tais como complexos industriais de grande porte, são alimentados pelas concessionárias de energia elétrica a partir das linhas de transmissão ou de subtransmissão.

Nesses casos, as etapas posteriores de abaixamento da tensão são levadas a efeito pelo próprio consumidor.

Segue - se a **distribuição** etapa desenvolvida, via de regra, nos centros consumidores.

As linhas de transmissão alimentam subestações abaixadoras, geralmente situadas nos centros urbanos; delas partem as **linhas de distribuição primária**. Estas podem ser aéreas, com cabos nus ( ou, em alguns casos, cobertos ) de alumínio ou cobre, suspensos em postes, ou subterrâneas, com cabos isolados.

As **linhas de distribuição primária** alimentam diretamente indústrias e prédios de grande porte ( comerciais, institucionais e residenciais ), que possuem subestação ou transformador próprios. Alimentam também transformadores de distribuição, de onde partem as **linhas de distribuição secundária**, com tensões mais reduzidas. Estas alimentam os chamados pequenos consumidores : residências, pequenos prédios, oficinas, pequenas indústrias, etc.. Podem, também, ser aéreas ( com cabos cobertos ou isolados, geralmente de cobre ) ou subterrâneas ( com cabos isolados, geralmente de cobre ).

Nos grandes centros urbanos, com elevado consumo de energia, dá - se preferência à distribuição ( primária e secundária ) subterrânea. Com a potência elevada a transportar, os cabos a serem empregados são de seção elevada, complicando bastante o uso de estruturas aéreas. Por outro lado, melhora - se a estética urbana, suprimindo - se os postes com seus inúmeros fios e cabos, aumentando - se também a confiabilidade do sistema ( não existe, por exemplo, interrupção no fornecimento de energia devido a choque de veículos com postes ).

A última etapa de um sistema elétrico é a utilização. Ela ocorre, via de regra, nas instalações elétricas, onde a energia gerada nas usinas é transportada pelas linhas de transmissão e distribuição é transformada, pelos equipamentos de utilização, em energia mecânica, térmica e luminosa, para ser finalmente utilizada.

