

GESTÃO DA MANUTENÇÃO SISTEMA ELÉTRICO DE POTÊNCIA – SEP



Sumário

<u>INTRODUÇÃO À ELETRICIDADE</u>	3
<u>LEI DE COULOMB</u>	19
<u>PODER DAS PONTAS</u>	27
<u>ELETRODINÂMICA</u>	28
<u>CÉLULA TÉRMICA OU TERMO ELEMENTO</u>	29
<u>CIRCUITOS ELÉTRICOS</u>	35
<u>CONDUTORES ELÉTRICOS</u>	39
<u>GRANDEZAS ELÉTRICAS</u>	39
<u>CARGA ELÉTRICA</u>	39
<u>CORRENTE ELÉTRICA</u>	40
<u>TENSÃO ELÉTRICA OU FORÇA ELETROMOTRIZ (F.E.M.)</u>	41
<u>RESISTÊNCIA ELÉTRICA</u>	42
<u>LEI DE OHM</u>	43
<u>POTÊNCIA ELÉTRICA</u>	46
<u>CIRCUITOS COM MÚLTIPLAS RESISTÊNCIAS</u>	47
<u>MAGNETISMO</u>	53
<u>ELETROMAGNETISMO</u>	58
<u>SOLENOIDE</u>	60
<u>GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA</u>	63
<u>TRANSFORMADORES</u>	69
<u>PRINCIPAIS DEFINIÇÕES DA RN 414 DE 2010</u>	72
<u>LIGAÇÕES ELÉTRICAS</u>	75
<u>INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DE BAIXA TENSÃO</u>	80
<u>CÁLCULO DE CARGA</u>	98
<u>TOMADAS</u>	101
<u>POTÊNCIA INSTALADA X POTÊNCIA DEMANDADA</u>	104
<u>CÁLCULO DA CORRENTE</u>	106
<u>CONDUTORES ELÉTRICOS: FIOS E CABOS</u>	110
<u>SEÇÃO DOS CONDUTORES</u>	113
<u>TIPOS DE CONDUTORES</u>	116
<u>CONDUTORES E SUAS CORES</u>	117

<u>ATERRAMENTO</u>	135
<u>CHOQUE ELÉTRICO</u>	142
<u>DISPOSITIVOS DE CONTROLE E PROTEÇÃO</u>	151
<u>DISPOSITIVOS DE COMANDO</u>	151
<u>Relé de subtensão e sobrecorrente</u>	161
<u>RELÉ DE TEMPO</u>	161
<u>RELÉS DE PARTIDA</u>	162
<u>CÉLULAS FOTOELÉTRICAS</u>	163
<u>CORREÇÃO DO FATOR DE POTÊNCIA</u>	169
<u>CAPACIDADE DE CARGA E FATOR DE POTÊNCIA</u>	169
<u>LINHAS AÉREAS</u>	199
<u>PROJETO RESIDENCIAL E PREDIAL</u>	203
<u>FUNDAMENTOS DE ELETRÔNICA</u>	205
<u>GERAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA</u>	216
<u>SISTEMA INTERLIGADO NACIONAL (SIN)</u>	219
<u>INTRODUÇÃO À AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL</u>	220
<u>DISPOSITIVOS DE MANOBRA E COMANDOS ELÉTRICOS</u>	226
<u>INTRODUÇÃO AOS CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMÁVEIS (CLP)</u>	228
<u>REFERÊNCIAS</u>	233

A ciência, ao longo dos anos, vem demonstrando que a eletricidade aparenta se comportar de maneira constante e previsível em muitas situações, ou quando submetidas a certas condições. Cientistas como Faraday, Ohm, Lenz e Kirchhof observaram e descreveram as características previsíveis da eletricidade e da corrente elétrica e estabeleceram regras, também conhecidas como “Leis”. Ao conhecer as regras ou leis fundamentais você terá aprendido muito sobre a eletricidade.

O QUE É ELETROTÉCNICA

A eletrotécnica é uma ciência que estuda os fenômenos elétricos e magnéticos com um caráter prático. Preocupa-se, portanto, com as aplicações da eletricidade desde a produção, distribuição, transmissão até o consumo final.

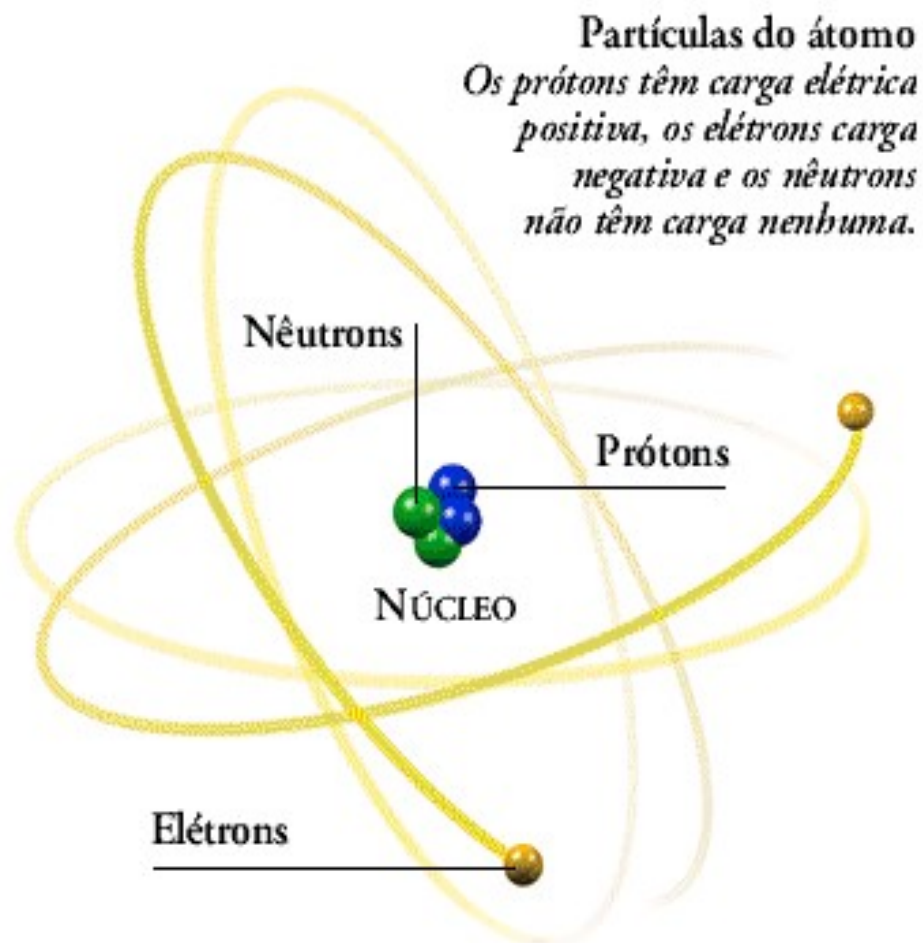
MATÉRIA E ELETRIZAÇÃO

Matéria é tudo aquilo que tem massa e ocupa lugar no espaço. Massa nada mais é que a quantidade de matéria que existe em um corpo. Como sabemos, a matéria é composta de pequenas partículas chamadas átomos. Um conjunto de átomos com as mesmas massas e tamanhos constitui um elemento químico. Por outro lado, elementos químicos diferentes apresentam átomos com massas, tamanhos e propriedades diferentes.

Um átomo é tão pequeno que ao colocarmos 100 milhões deles alinhados, formam uma reta de 1 cm de extensão. O átomo está presente em toda a matéria que existe no Universo. Até o início do século passado pensava-se que os átomos eram as menores partículas indivisíveis do Universo. Depois, constatou-se que ele é constituído por partículas ainda menores, as partículas subatômicas: prótons, nêutrons e elétrons.

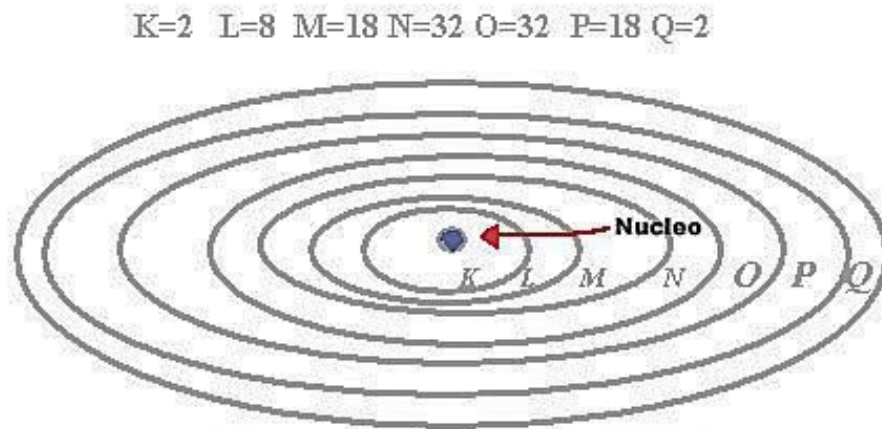
Todo átomo é constituído por prótons, nêutrons e elétrons. Os elétrons são partículas de carga elétrica negativa; os prótons possuem carga elétrica positiva; e

os nêutrons não possuem cargas elétricas. Os prótons e nêutrons estão localizados no núcleo, ou seja, no centro do átomo, já os elétrons localizam-se na eletrosfera. A eletrosfera é formada por camadas ou órbitas de elétrons que se movimentam em trajetórias circulares ao redor do núcleo.



FONTE: (Algo Sobre, 2011)

A eletrosfera, por sua vez, é composta por camadas identificadas pelas letras maiúsculas K, L, M, N, O, P e Q. A figura abaixo mostra a disposição das camadas, bem como a quantidade máxima de elétrons por camada.



FONTE: (Til, 2010)

O número de camadas que um átomo pode ter é dependente do número de elétrons desse átomo. O que diferencia um material do outro é exatamente a distribuição de prótons, nêutrons e elétrons.

Pode-se dizer que quanto mais elétrons:

- Maior é o número de camadas um átomo possui;
- Menor é a força de atração exercida pelo núcleo;
- Mais livre ficam os elétrons da cama de valência (última camada);
- Menor a estabilidade elétrica;
- Maior o grau de condutibilidade é o material.

Contrariamente, quanto menos elétrons:

- Menor o número de camadas;
- Maior a força de atração exercida pelo núcleo sobre os elétrons;
- Menos elétrons livres;
- Maior estabilidade elétrica;
- Mais isolante o material.

As informações acima explicam por que alguns materiais são condutores e outros são isolantes. Os condutores possuem elétrons livres em sua última camada, sendo também conhecida como camada de valência.

CONDUTORES	ISOLANTES
Prata	Baquelita
Ferro	Amianto
Latão	Borracha
Zinco	Mica
Cobre	Vidro
Alumínio	Ar seco

TIPOS DE ENERGIA

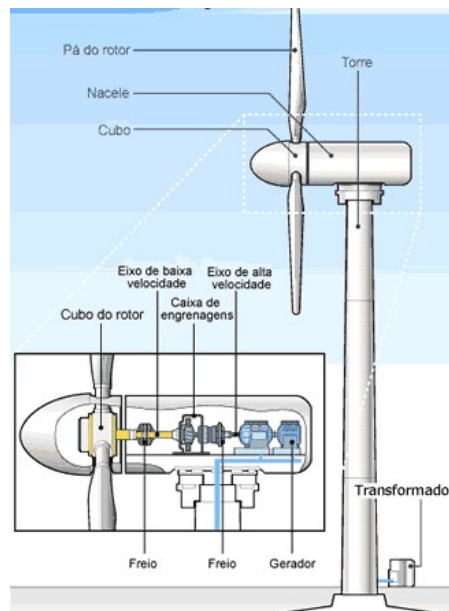
Não há uma definição consensual de energia. Mas, podemos afirmar que este conceito está diretamente relacionado à capacidade de realização de trabalho, ao fato de provocar modificações na matéria e de ser conversível em suas várias formas. A energia elétrica é a mais utilizada e pode ser obtida de diferentes formas:

Em uma hidrelétrica, quando a água contida na represa passa pelas tubulações e faz girar turbinas ligadas a um gerador que produz energia elétrica. Trata-se de uma fonte renovável, entretanto seu funcionamento depende do volume mínimo de água represada.



FONTE: (Wikipédia, 2013).

A **energia eólica** (ar em movimento), que antigamente era utilizada para produzir energia mecânica nos moinhos, atualmente é usada para gerar energia elétrica com auxílio de turbinas.

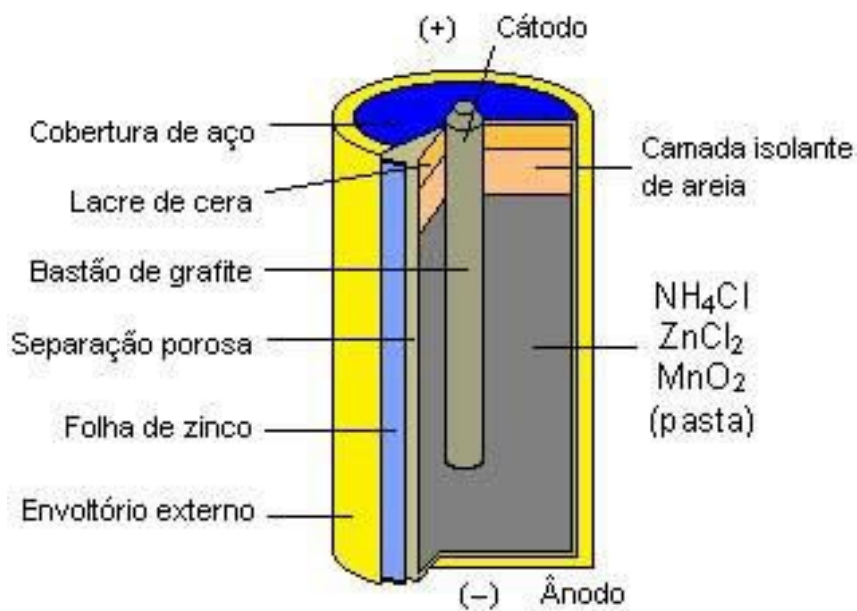


FONTE: (Netto, 2010).

Diversos processos químicos (reações químicas), que são estudados em eletroquímica, geram e armazenam energia elétrica.



FONTE: (Motitsuki, 2010).



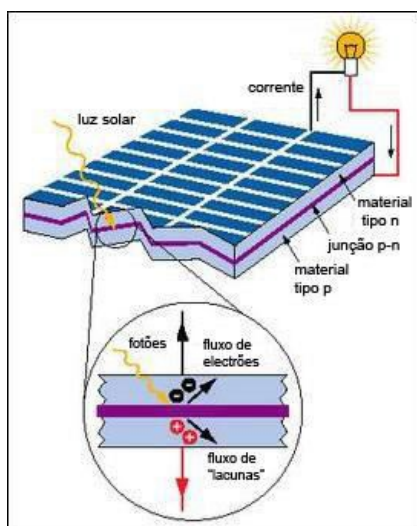
FONTE: (Galileu, 2011).

As células fotoelétricas, muito utilizadas em painéis solares, transformam energia luminosa em energia elétrica, sendo uma fonte de energia praticamente inesgotável e não gera impactos no meio ambiente.

As células fotoelétricas, muito utilizadas em painéis solares, transformam energia luminosa em energia elétrica, sendo uma fonte de energia praticamente inesgotável e não gera impactos no meio ambiente.

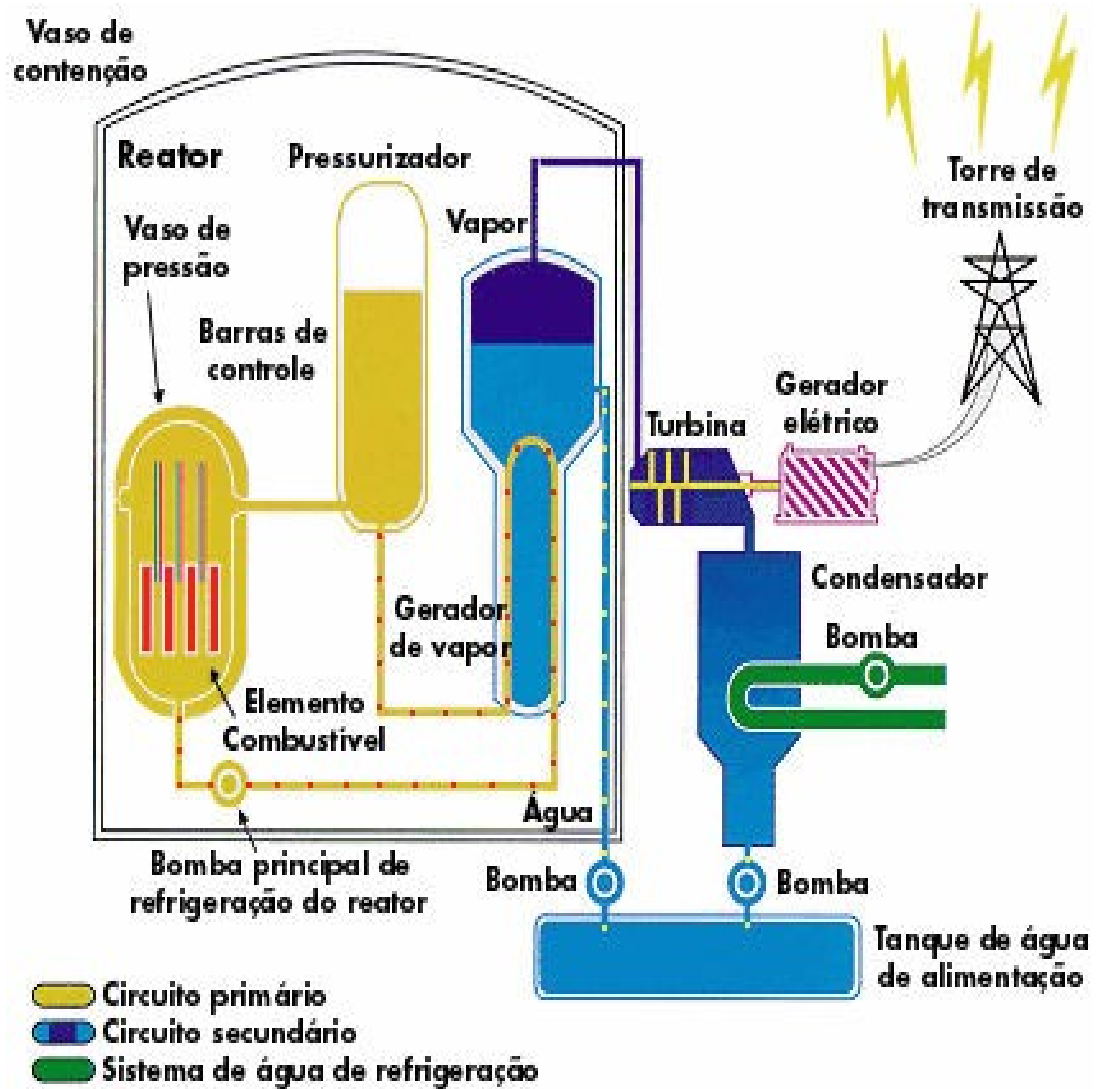


Fonte: (Rodolfo Typepad, 2010).



FONTE: (Borges B. A., 2009).

Em usinas nucleares, de forma semelhante nas termoeletricas, produz-se por meio de processos físico-químicos, energia térmica, que é transformada em energia elétrica.



Fonte: (comissão nacional de energia nuclear, 2011)

Ao chegar ao seu destino, ou seja, nas casas e nas empresas a energia elétrica é convertida em energia mecânica, térmica, química, etc.

CONDUTORES, ISOLANTES E SEMICONDUTORES

Alguns átomos possuem elétrons livres em suas últimas camadas, o que permite a movimentação de cargas elétricas pelo material. São exemplos disso os metais. Outros materiais como a cerâmica e o grafite também possuem elétrons com a capacidade de se libertar e se movimentar pelo material. Chamamos esses materiais de condutores elétricos, pois, são capazes de conduzir eletricidade.

Outros materiais, contrariamente, possuem elétrons fortemente ligados ao núcleo, o que impede a condução de eletricidade. Chamamos esses materiais de isolantes ou dielétricos, pois não permitem o deslocamento de eletricidade. São exemplos de dielétricos o vidro, a borracha, a seda, a porcelana, etc.

Os semicondutores não são bons isolantes e também não são bons condutores. O silício e o germânio são exemplos de substâncias semicondutoras. Os semicondutores possuem estrutura cristalina e, sob certas condições, podem se comportar como condutores ou isolantes.

ELETROSTÁTICA

Eletrostática estuda os campos elétricos e cargas elétricas em repouso. Trata ainda as interações entre as cargas elétricas, bem como as ações exercidas por elas (campos elétricos).

ELETRIZAÇÃO

Em nosso dia a dia provocamos a eletrização de diversos objetos: apagando com borracha uma palavra escrita, varrendo o chão, passando esponja no corpo durante o banho, ou mesmo penteando o cabelo. Nessas situações os objetos

adquirem a propriedade de atrair ou repelir outros objetos. Dizemos que eles adquiriram cargas elétricas.

O primeiro a observar esse fenômeno foi o filósofo e matemático Thales de Mileto (580-546 a.C.). Ele esfregou um pedaço de âmbar (uma pedra de coloração amarela que se origina da solidificação de resinas extraídas de árvores de madeira macia) com uma pele de animal, o âmbar adquiria a capacidade de atrair pedaços de palha e sementes de grama.

Aproximadamente 2000 anos depois foram feitas as primeiras observações organizadas e criteriosas sobre os fenômenos elétricos. Willian Gilbert (1544-1603) observou que muitos corpos ao serem atritados (esfregados uns nos outros) se comportavam como o âmbar, atraindo outros objetos, ainda que esses não fossem tão pequenos e leves.

Em grego, a palavra correspondente a âmbar é *eléctron*. Gilbert passou a chamar de “eletrizado” aqueles objetos que se comportavam como o âmbar, o que explica a origem dos termos eletrização e eletricidade.

Atualmente, sabemos que todas as substâncias são eletrizadas ao serem atritadas com outra substância. Por exemplo: o pente se eletriza ao ser atritado com o cabelo; o vidro eletriza-se ao ser atritado com a seda e a caneta eletriza-se ao ser atritada com o papel, etc.

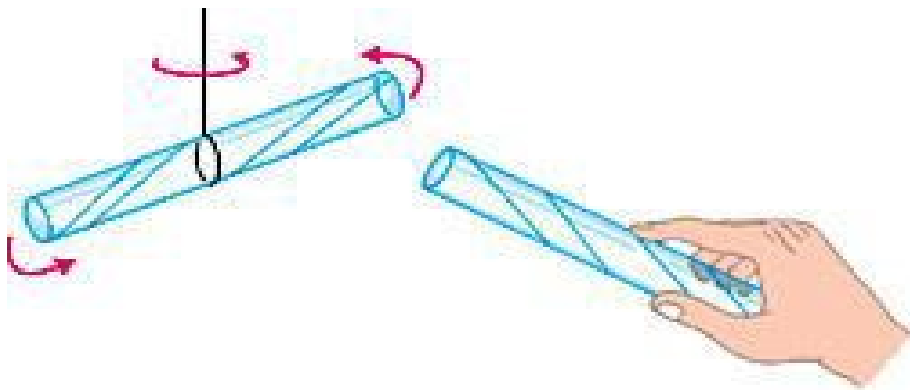
Mais tarde, no início do século XVII Charles François Du Fay (1698-1739) percebeu que a eletrização poderia ser repulsiva ou atrativa. Posteriormente, Benjamin Franklin (1706-1790) convencionou para as cargas elétricas os sinais + e -

Franklin esfregou um bastão de vidro com um pedaço de seda e o deixou suspenso em um fio de modo que pudesse oscilar. Chamou a carga do bastão de positiva (+) e a da seda de negativa (-).



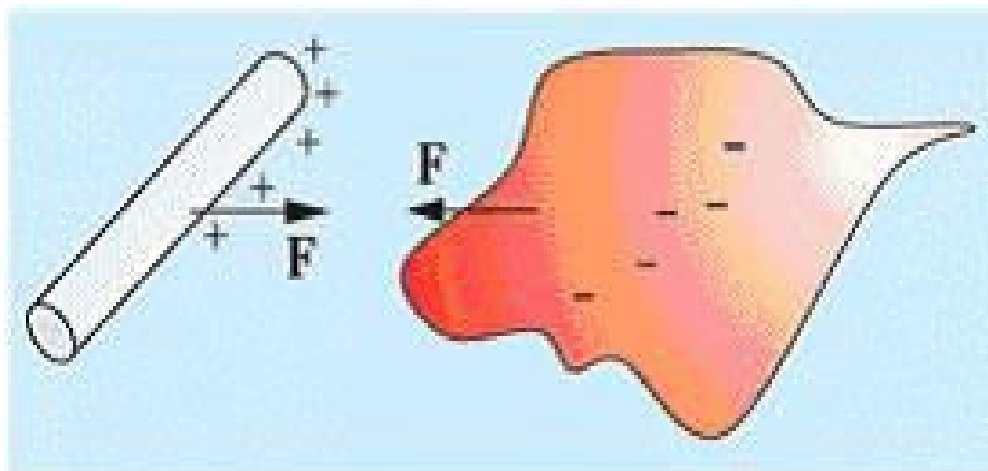
Fonte: (Jeneci, 2011).

Ao atritar um segundo bastão de vidro na seda e aproximá-lo do bastão suspenso, Franklin percebe que os bastões de carga positiva se repelem como na figura abaixo.



FONTE: (Web, 2010).

Por outro lado, ao aproximar a seda do bastão, ambos se atraem.

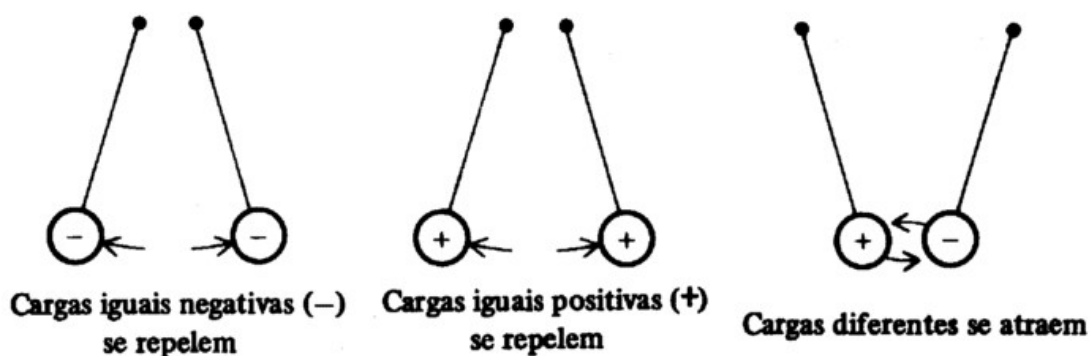


FONTE: (Zanatto, 2012).

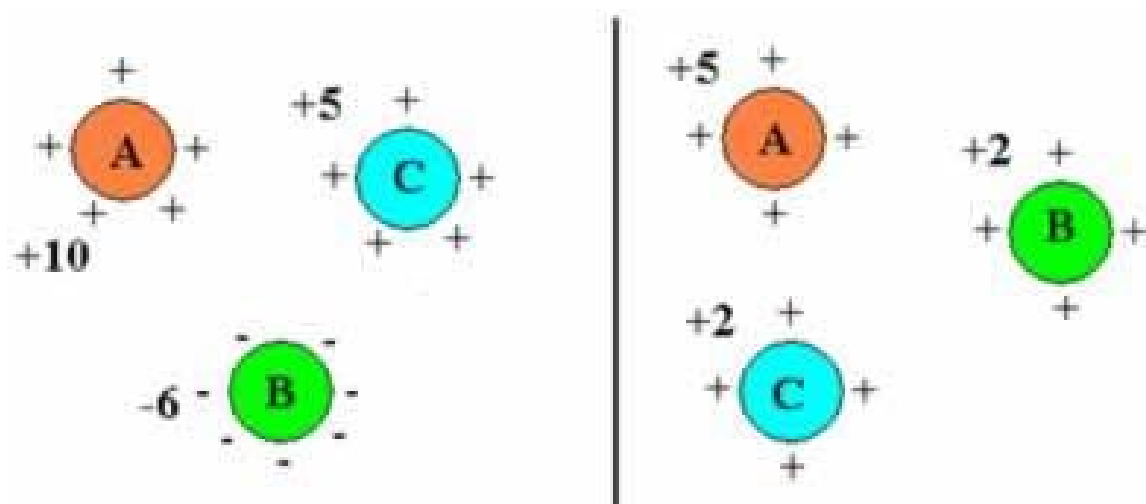
Ao repetir o mesmo experimento com a seda, percebe-se que ambas se repelem. Como sabemos a seda quando atritada com o vidro se eletriza negativamente. Com base nesses experimentos, Franklin concluiu que cargas iguais (positivas ou negativas) se repelem, e cargas opostas (positivas e negativas) se atraem.

Princípios da eletrostática

As cargas elétricas podem ser positivas ou negativas. O Princípio da Atração e Repulsão diz que cargas de mesmo sinal se repelem, e as de sinais contrários se atraem.



O Princípio da Conservação da Carga Elétrica diz que um sistema eletricamente isolado é constante a soma das cargas positivas e negativas.



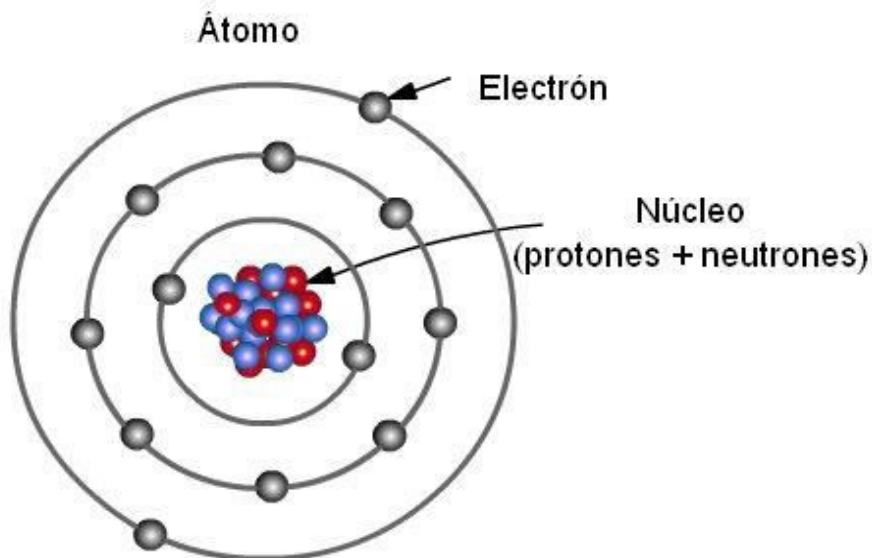
FONTE: (Brasil Escola, 2010).

No exemplo acima, a soma das cargas da direita é igual a soma das cargas da esquerda.

$$10 + 5 - 6 = 5 + 2 + 2$$

Entendendo a Eletrização

Para entendermos o processo de eletrização, é preciso entender a constituição da matéria. Desde tempos bem remotos sabe-se que toda a matéria é constituída por átomos. Um átomo, por sua vez é composto por diversas partículas, entre as quais as principais são: prótons, nêutrons e elétrons. Neste trabalho utilizaremos o modelo proposto por Rutheford a título de simplificação. Segundo Ernest Rutheford (1871-1937), o sistema atômico se assemelha ao sistema planetário. No sistema planetário o sol está no centro e os planetas giram ao seu redor. No sistema atômico, os prótons e nêutrons estão no centro e os elétrons giram ao redor desse núcleo.



FONTE: (Zanguitu, 2012).

Nesse modelo os prótons e nêutrons compõem o núcleo do átomo e os elétrons giram ao redor do núcleo. Ficou estabelecido que:

- a) os prótons têm carga elétrica positiva;
- b) os elétrons têm carga elétrica negativa;
- c) e os nêutrons não possuem carga elétrica.

Quando o número de prótons é igual ao número de elétrons, em um átomo, dizemos que ele é eletricamente neutro. Neles, os elétrons não escapam a órbita atômica devido à atração exercida pelos prótons. Por outro lado, os prótons e nêutrons estão fortemente ligados ao núcleo por uma força nuclear que surge em distâncias muito pequenas (10⁻¹³m). As forças nucleares em pequenas distâncias são muito mais intensas que a força de repulsão dos prótons presentes no núcleo do átomo. Isso explica por que o núcleo não se desintegra com tantos prótons de mesma carga elétrica.

Nos metais, os elétrons das últimas camadas do átomo podem se libertar tornando-se elétrons livres. Aqueles átomos que perdem elétrons passam a ser íons positivos, por que o número de cargas positivas (prótons) passa a ser maior que o

número de cargas negativas (elétrons). Os átomos que recebem elétrons tornam-se íons negativos. Ao perder ou ganhar elétrons tem-se a ionização.

Quando um corpo está carregado negativamente, significa que ele adquiriu elétrons, ao passo que quando um corpo está carregado positivamente, ele perdeu elétrons. Agora ficou fácil entender a eletrização por atrito. No nosso exemplo, o vidro antes de ser esfregado era eletricamente neutro (número de prótons igual ao número de elétrons). Quando o vidro é esfregado na seda, a seda ganha elétrons, assumindo carga negativa, e o vidro perde elétrons assumindo carga positiva. Mas por que o vidro atrai a seda? Para recuperar os elétrons perdidos e, assim, ser neutro novamente.

Os elétrons são sempre mais fáceis de serem retirados de um corpo para serem colocados em outro corpo. Os prótons, contrariamente, são difíceis de serem retirados, pois se localizam no núcleo atômico. Qualquer substância quando atritada com outra assumirá carga elétrica, que poderá ser negativa ou positiva.

CARGA ELÉTRICA

Cada próton possui uma unidade de carga positiva; cada elétron possui uma unidade de carga negativa. Ambas são iguais em valores absolutos e são conhecidas como cargas elementares (**e**), sendo, até o momento, a menor carga elétrica encontrada na natureza. Sua Intensidade:

$$e = 1,6 \cdot 10^{-19}C$$

C, no Sistema Internacional de Unidades representa a unidade de carga elétrica, recebendo essa denominação em homenagem a Charles **Coulomb**, primeiro cientista a mensurar com precisão a intensidade da força elétrica entre corpos eletrizados.

O valor de (**e**) foi obtido por Robert Millikan, em 1909, de forma experimental. Como a menor carga possível é a do elétron, a carga (**q**) é um múltiplo inteiro da carga elementar (**e**):

$$q = n \cdot e$$

$n = 1, 2, 3, 4, \text{ etc.}$

A carga elementar nada mais é que a quantidade mínima (quantum) de carga. Esse quantum é indivisível. O Coulomb, por ser uma unidade muito grande, é usado em seus submúltiplos: microcoulomb ($1\mu\text{C} = 10^{-6}\text{C}$) e nanocoulomb ($1\text{nC} = 10^{-9}\text{C}$).

ELETRIZAÇÃO DE UM CORPO NEUTRO

A eletrização de um corpo neutro pode ocorrer por atrito, por contato ou por indução.

Na **eletrização por atrito** dois corpos são atritados e ambos ficam carregados eletricamente. Os corpos adquirem cargas elétricas opostas e equivalentes.



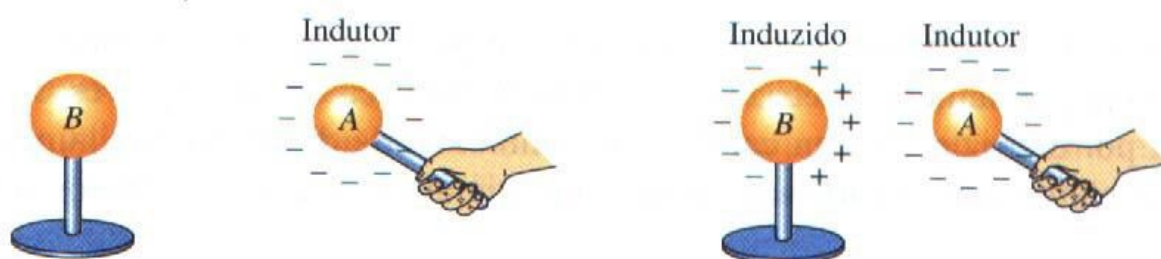
Fonte: (Pereira, 1999).

Na **eletrização por contato** um corpo eletrizado entra em contato com um corpo neutro e ocorre a eletrização por contato.



Fonte: (Pereira, 1999).

Já na eletrização por indução ocorre quando aproximamos um corpo carregado eletricamente a um corpo neutro. Ao aproximá-los, o corpo eletrizado produz uma separação de cargas no corpo neutro. Nesse caso, o corpo induzido (corpo neutro) eletriza-se com carga de sinal contrário ao corpo indutor.



Fonte: (Pereira, 1999)

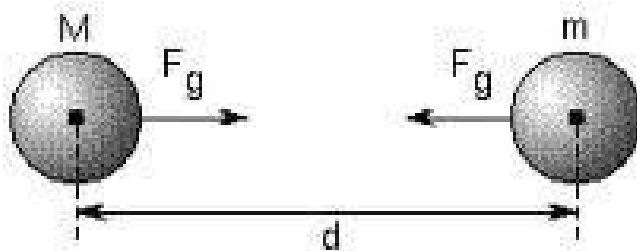
LEI DE COULOMB

Por que uma caneta eletrizada atrai pequenos pedaços de papel? Porque a caneta aplica uma força sobre os pedaços de papel. Essa força, que atrai o papel e age a distância é denominada força elétrica.

A força elétrica é muito semelhante à força gravitacional. A força gravitacional depende da intensidade da gravidade e da distância entre os corpos. A força elétrica, de maneira similar, depende da intensidade da carga elétrica, bem como de suas distâncias. A atração que um corpo exerce sobre outro é como a atração que

um ímã exerce sobre uma barra de ferro. Quanto menor a distância entre o ímã e a barra de ferro, maior será a força de atração, à medida que se distancia o ímã da barra de ferro a força que os une fica cada vez menor. Por outro lado, quanto mais potente o ímã, maior será a tração exercida sobre o ferro.

A força gravitacional é proporcional ao produto das massas e inversamente proporcional ao quadrado das distâncias.



FONTE: (Frasson, 2012).

$$F_g = G \cdot \frac{M \cdot m}{d^2}$$

Onde:

F_g: intensidade da força gravitacional

G: constante de gravitação universal

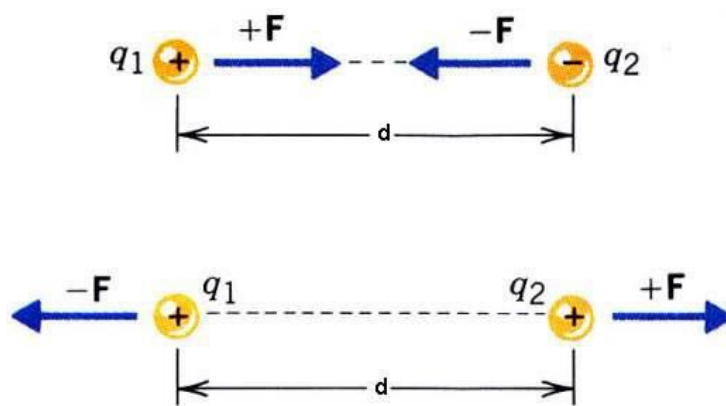
M e **m**: massas dos corpos que se atraem

D: distância entre os centros dos corpos

A comparação foi feita por que: a interação elétrica também ocorre à distância; a intensidade da interação diminui à medida que as cargas são afastadas umas das outras; a intensidade da interação elétrica aumenta à medida que as cargas são aproximadas umas das outras.

A força gravitacional depende das massas envolvidas, a força elétrica depende do valor das cargas de que atraem ou se repelem.

Coulomb, sabendo dessas semelhanças, em 1785 formula sua famosa lei, a Lei de Coulomb: “desprezando-se o volume dos corpos que contêm as cargas, a intensidade da força entre duas cargas puntiformes ou pontuais varia com o inverso do quadrado da distância entre elas e é diretamente proporcional ao produto dos valores das cargas”.



Fonte: (Ralile, 2009).

Lembrando que as forças elétricas podem ser tanto de atração (cargas opostas), como de repulsão (cargas iguais). Desta forma:

$$F = k \cdot \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{d^2}$$

Em que $|q_1|$ e $|q_2|$ são valores absolutos das cargas q_1 e q_2 . A constante de proporcionalidade k depende do meio que envolve as cargas e do sistema de unidades adotado. Quando o meio é vácuo, k é denominado constante eletrostática e seu valor é determinado experimentalmente, valendo:

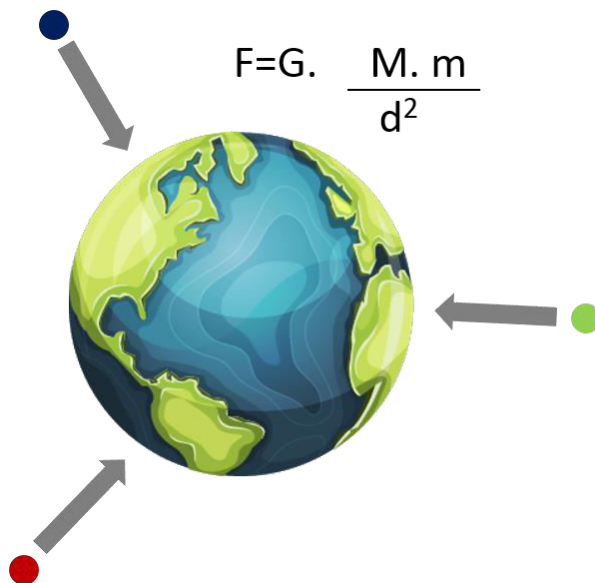
$$k = 9 \cdot 10^9 \text{ unidades do SI}$$

A constante k se diferencia da constante G , pois:

- k depende do meio que envolve as cargas e G não depende do meio que envolve as massas;
- $k = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$ e $G \cong 6,7 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$; esses valores mostram que a força elétrica é bem mais forte que a força gravitacional.

CAMPO ELÉTRICO

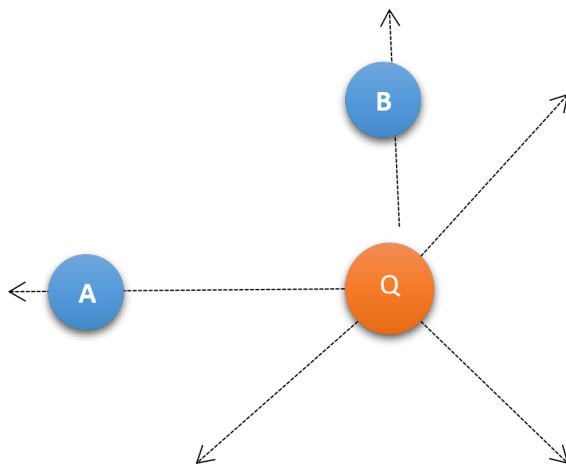
Como sabemos, a Terra cria um campo gravitacional à sua volta e cada ponto desse campo é caracterizado por um vetor campo gravitacional. Assim, um corpo colocado em um ponto qualquer desse campo fica sujeito à força de atração gravitacional. Veja a figura abaixo:



Fonte: (fácil, 2010).

Assim como a Terra tem um campo gravitacional ao seu redor, um corpo eletrizado cria um campo elétrico no espaço que o circunda, como uma aura envolvendo a carga elétrica. Cada ponto desse campo caracteriza-se por um vetor campo elétrico $\vec{E}$, semelhante ao vetor $\vec{g}$ da gravitação. Qualquer carga colocada num desses pontos ficará submetida a uma força elétrica.

Os pontos A e B pertencem ao campo elétrico criado pelo corpo que possui carga Q . Cada ponto possui um vetor campo elétrico $\vec{E}$, cujo sentido depende do sinal da carga Q . No caso da Figura, Como $Q > 0$, o campo elétrico em cada ponto é de afastamento. A existência do vetor campo elétrico em cada ponto faz com que apareça uma força em uma carga de prova q , colocada nesse ponto, como mostra a figura por meio da carga de prova $q > 0$ colocada no ponto A.



A ideia de trabalhar com os problemas de Eletrostática introduzindo o conceito de campo elétrico mostrou-se de grande utilidade prática, simplificando o raciocínio que muitas vezes era dificultado usando apenas a Lei de Coulomb. O campo elétrico poderá atrair ou repelir o corpo de prova, dependendo de sua carga elétrica.

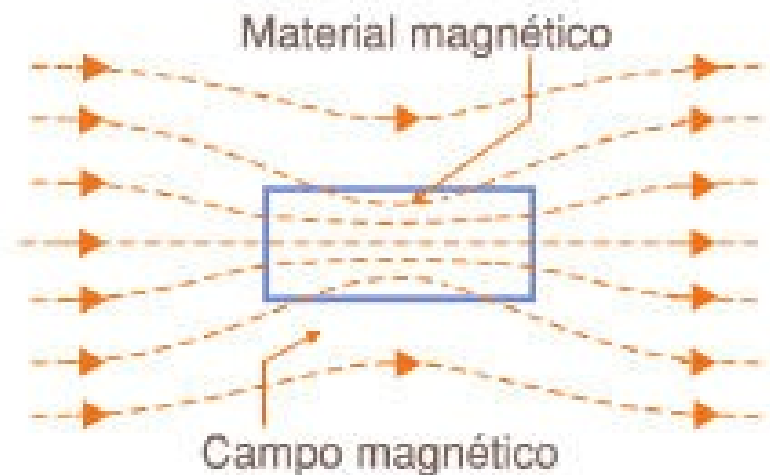
Nesse modelo, a carga de prova cria um campo elétrico que está sendo considerado desprezível. Não se deve esquecer de que:

- O vetor campo elétrico é característica de um ponto do campo elétrico, que possibilita o aparecimento, em carga de prova colocada nesse ponto, de uma força elétrica.
- Com a noção de campo elétrico, passamos a dizer que, quando uma força elétrica é aplicada em um corpo, isso ocorre devido à ação de um campo sobre o corpo, não ação direta de um corpo sobre o outro.

LINHAS DE FORÇA

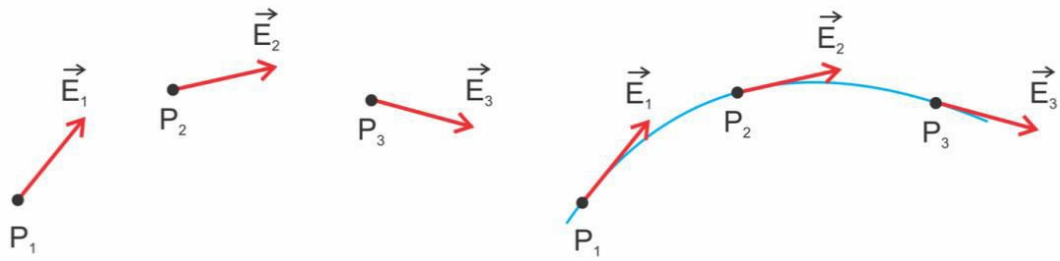
Michael Faraday começou a analisar o campo elétrico em termos de linhas de força, o que virou uma representação geométrica do campo elétrico.

As linhas de força nascem em cargas positivas e morrem em cargas negativas. Pela configuração das linhas de força, podemos visualizar o campo elétrico de uma forma simplificada: onde as linhas de força estão mais próximas, sabemos que o campo elétrico é mais intenso; onde as linhas de força são mais afastadas, o campo elétrico é mais fraco. A figura abaixo ilustra esse fato:



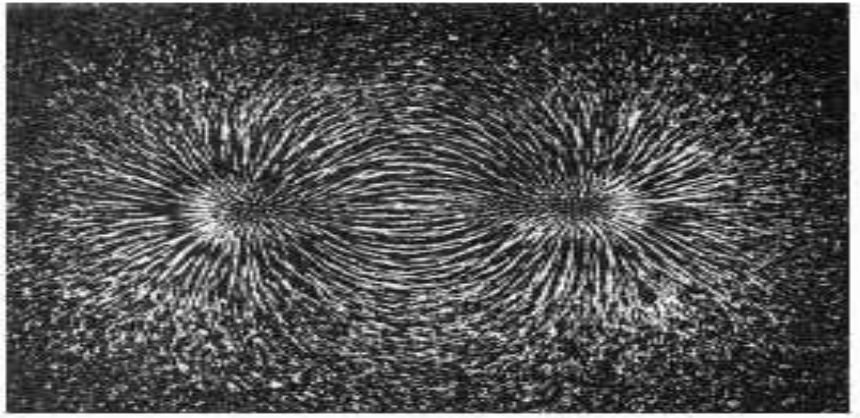
Fonte: (Braga, Conheça os Núcleos Magnéticos, 2012).

Para traçar as linhas de força, devemos considerar que o vetor campo elétrico E é sempre tangente a um determinado ponto da linha de força.



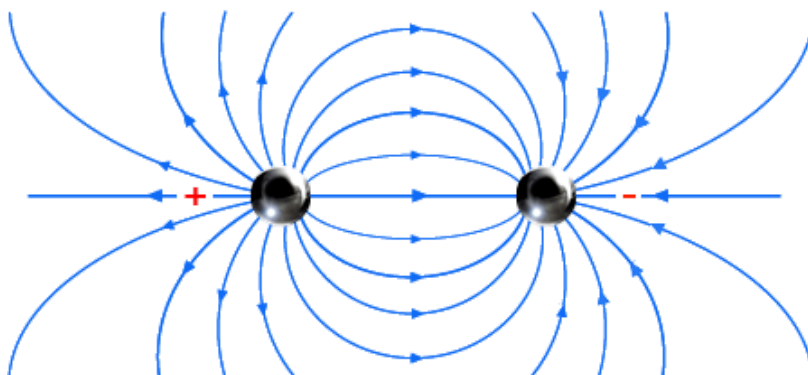
Fonte: (Ferraro, 2012).

Nas imagens abaixo podemos observar o comportamento das linhas de força e do vetor campo elétrico em dois sistemas diferentes:



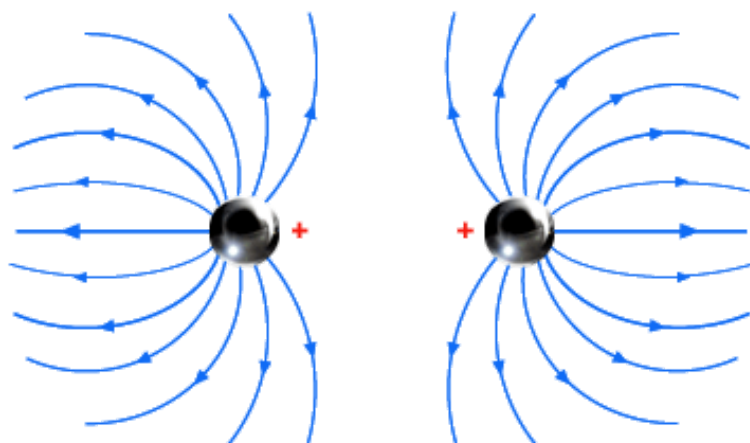
Fonte: (Ferraro, 2012).

A figura abaixo mostra um sistema formado por duas esferas carregadas com cargas de mesmo módulo e sinais diferentes.



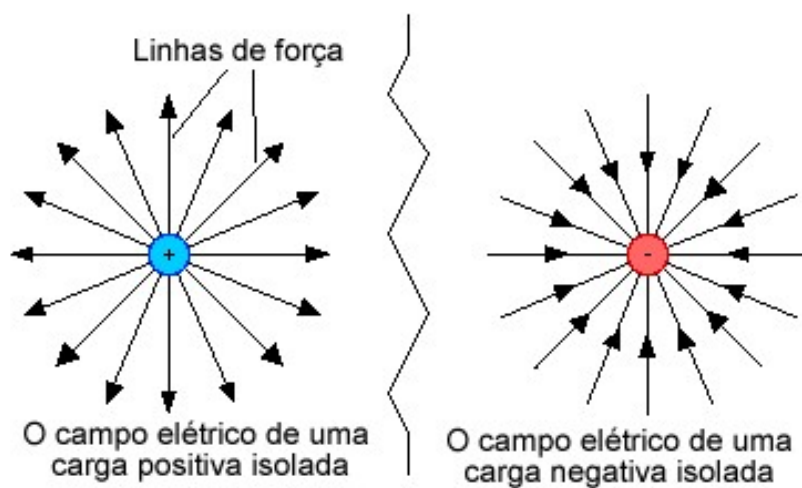
Fonte: (Centro de Ensino e Pesquisa Aplicada, 2010).

A figura a seguir mostra um sistema formado por duas esferas carregadas com cargas de mesmo módulo e mesmo sinal.



Fonte: (Centro de Ensino e Pesquisa Aplicada, 2010).

Linhas de força em torno de esferas carregadas eletricamente:

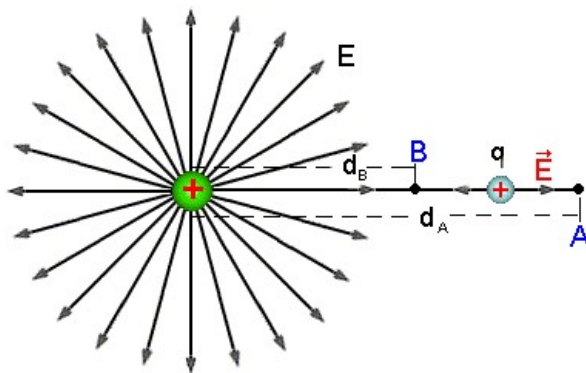


Fonte: (Lila, 2009).

Quando um corpo, eletrizado ou não, é colocado em um campo elétrico, ele sofre uma atração ou repulsão segundo a qualidade de sua carga e da origem do campo e, conseqüentemente, ele se deslocará descrevendo uma determinada trajetória a qual é representada por uma linha de força.

Diferença de potencial ou voltagem

Veja a figura abaixo:



Fonte: (Geocities, Trabalho e Diferença de Potencial, 2010).

Colocando-se uma carga q no ponto A de um campo elétrico $\vec{E}$, temos uma energia potencial elétrica armazenada no sistema. Se ocorrer um deslocamento espontâneo dessa carga, significa que a força elétrica realizou um trabalho, isto é, entre dois pontos desse deslocamento houve uma variação de energia potencial elétrica. Esse fato leva a uma constatação: os pontos de um campo elétrico possuem uma característica escalar, denominada potencial elétrico U . Logo, se uma carga em repouso desloca-se espontaneamente em um campo elétrico, podemos dizer que entre dois pontos quaisquer desse campo existe uma diferença de potencial (ddp) ou voltagem.

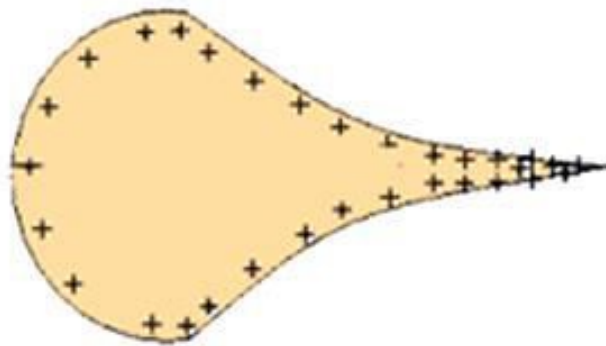
Podemos definir a diferença de potencial (ddp) entre dois pontos de um campo elétrico uniforme como o trabalho pela força elétrica ao deslocar a carga q entre os dois pontos de carga considerados por unidade de carga.

Podemos entender a diferença de potencial como a força que movimenta os elétrons. Essa força pode ser mais bem compreendida

PODER DAS PONTAS

De forma genérica, a eletricidade não se apresenta uniformemente distribuída sobre as superfícies dos condutores eletrizados, o que depende de presença de outros condutores, bem como de seu formato. Em outras palavras, a distribuição da eletricidade sobre a superfície de cada condutor depende da forma e posição de todos os condutores, isto é, da configuração geométrica do sistema como um todo.

Em outras palavras, nos condutores eletrizados, separados no espaço e longe uns dos outros, a eletricidade se torna mais densa (concentrada) nos locais (pontos) de maior curvatura. Nesses pontos, o campo elétrico e a pressão eletrostática assumem os máximos valores.



Fonte: (Furukawa, 2010).

A figura acima mostra que a pressão eletrostática sobre a superfície dos condutores é maior nos pontos de maior curvatura, neles o campo elétrico e a pressão eletrostática podem assumir valores elevadíssimos.

ELETRODINÂMICA

CÉLULA VOLTAICA

Em 1790, Luigi Galvani havia descoberto a eletricidade produzida pelo contato de materiais distintos, como por exemplo: o ferro e o latão ao entrarem em contato com os músculos de uma rã.

Alessandro Volta, em 1799, conseguiu enunciar o princípio da teoria dos contatos: “Entre dois corpos heterogêneos, sejam eles condutores ou isolantes, colocados em contato, estabelece-se uma diferença de potencial”.

Depois de sucessivas experiências, Volta estabeleceu para os metais mais comuns, a seguinte ordem de sucessão: zinco – chumbo- estanho – ferro – cobre – platina, segundo a qual cada um desses metais fica positivo quando em contato com qualquer um dos que o seguem, e negativo quando em contato com qualquer um dos que o antecedem.

Posteriormente, Volta descobriu que ao mergulhar uma placa de zinco e uma de cobre em água acidulada, obtém-se uma diferença de potencial diferente da que se obtém pelo contato direto do cobre com o zinco. A diferença de potencial é invertida.

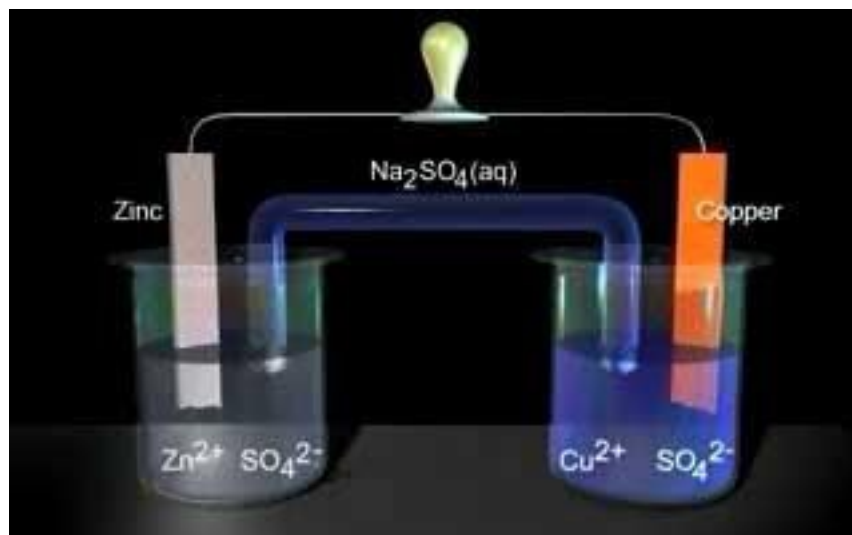
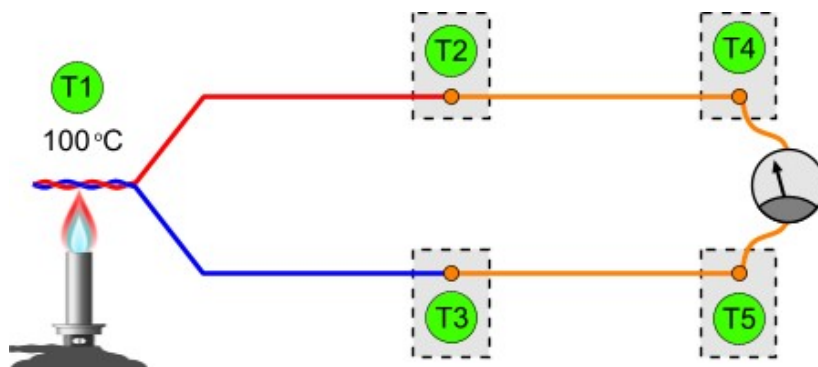


Imagem adaptada. Fonte: (Paraná, 2010).

Ao descobrir a célula voltaica (voltaica em homenagem a Alessandro Volta), percebeu-se que por meio da ligação em série com outras células voltaicas, poderia chegar-se a grandes diferenças de potencial. Dessa forma, a célula voltaica foi à precursora de todos os tipos de células elétricas, inclusive pilhas e baterias.

CÉLULA TÉRMICA OU TERMO ELEMENTO

Ao unir dois metais diferentes a aplicar calor no ponto de contato entre eles, em função de uma agitação térmica, surge uma diferença de potencial nas extremidades dos metais.

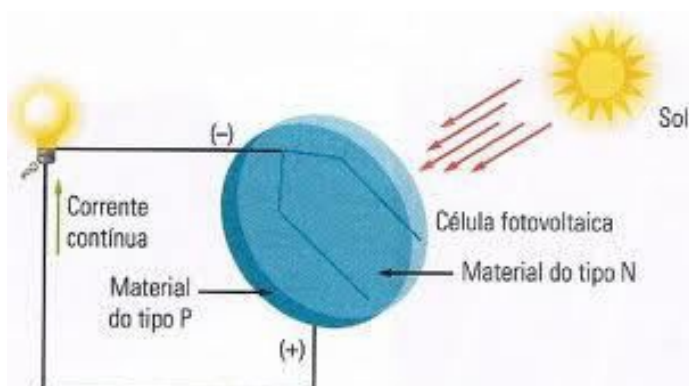


Fonte: (Daily, 2011).

Em uma célula térmica obtém-se energia elétrica à custa de calor. Essa célula é também conhecida como Termocouple, termo elemento ou Bimetal. Possui amplas aplicações na indústria, principalmente no pirômetro, no qual se podem medir variações na temperatura de fornos.

CÉLULA FOTOELÉTRICA

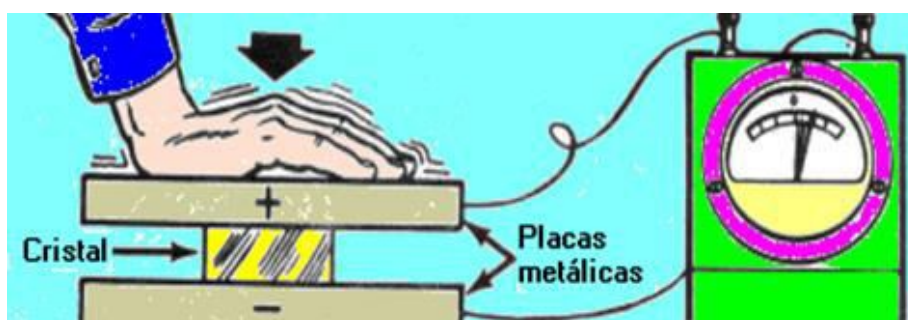
Algumas substâncias emitem elétrons quando submetidas a raios de luz, sendo utilizadas nas células fotoelétricas.



Fonte: (Russo, 2010).

ELETRICIDADE PIEZOELÉCTRICA

Alguns cristais quando comprimidos apresentam em sua estrutura atômica uma movimentação unidirecional de elétrons, tal movimentação faz com que uma das faces do cristal fique eletrizada negativamente e a outra positivamente, o que gera uma diferença de potencial.



Fonte: (Gerais, 2011).

A corrente elétrica produzida pelo efeito piezoelétrico pode ser utilizada em circuitos especiais, como nos microfones, que necessitam de amplificadores. Recentemente, há o surgimento de projetos para o aproveitamento da energia cinética de automóveis nas grandes cidades por meio do efeito piezoelétrico. Pesquisas indicam que se fossem instaladas células piezoelétricas sob o asfalto de uma cidade como São Paulo, seria suficiente para manter 16 trens funcionando 24 horas por dia.

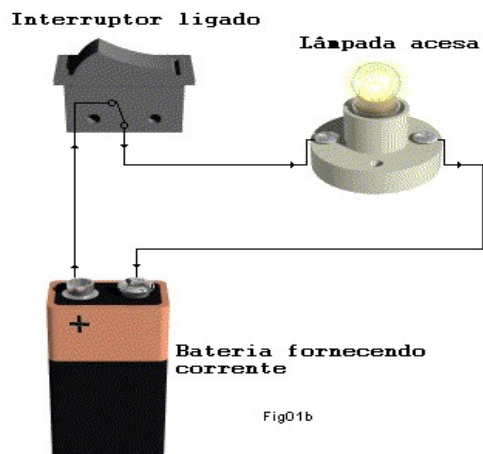
ELETRICIDADE DE ORIGEM MECÂNICA

Quando se deseja produzir uma grande quantidade de eletricidade, o meio mais utilizado é obtê-la pela transformação da energia mecânica. Os geradores elétricos são acoplados a motores de explosão, motores diesel, turbinas hidráulicas, turbinam a vapor, etc. Nas hidrelétricas, explora-se a energia mecânica em estado potencial, nas águas represadas nos reservatórios nas regiões montanhosas. Utiliza-se também a energia dos ventos para movimentar os geradores em parques eólicos. A energia nuclear pode ser usada para aquecer turbinas de vapor que movimentem os geradores.

A produção da energia por meio da energia mecânica baseia-se no fato de se produzir corrente elétrica todas as vezes que um circuito fechado for deslocado num campo magnético. O deslocamento desses circuitos depende da energia mecânica para movimentá-los.

CIRCUITOS ELÉTRICOS

Circuito representa o percurso (caminho) fechado que a corrente elétrica segue para ligar um aparelho. Observe a imagem abaixo:



Fonte: Adaptado de: (Albuquerque, 2001).

Nesse circuito a corrente elétrica sai da bateria, passa pelo condutor (fio) de saída, passa pelo interruptor, passa pelo condutor, ascende à lâmpada, retorna a bateria e o processo continua.

Notem que a corrente percorre o mesmo caminho, continuamente. É um caminho fechado, um circuito elétrico.

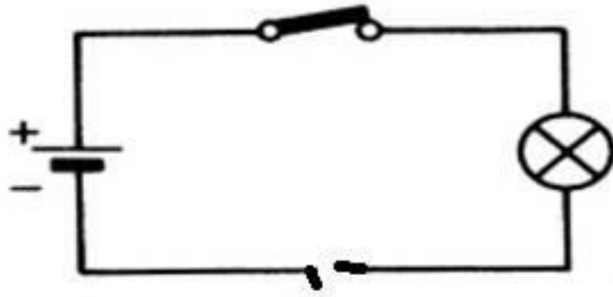
Circuito elétrico

Todo circuito elétrico é composto por três elementos:

1. **Fonte** (gerador) de eletricidade: podem ser pilhas, baterias, geradores, um termo elemento, uma célula fotoelétrica, etc.
2. **Receptor** (consumidor) de eletricidade: pode ser uma lâmpada, um ferro de passar roupas, um chuveiro, motor, etc.
3. **Condutores** de eletricidade (ligam a fonte com o receptor de eletricidade): é a fiação.

Existem dispositivos que permitem operar e manobrar os circuitos elétricos são os **dispositivos de manobra**. Eles permitem ligar ou desligar os circuitos elétricos.

São os interruptores, botoeiras, chaves seccionadoras, etc.



<<https://www.google.com.br/imghp?hl=pt-pt&tab=wi>>.

Os dispositivos de manobra permitem, portanto, operar ou manobrar o circuito, interromper ou permitir a passagem de corrente elétrica.

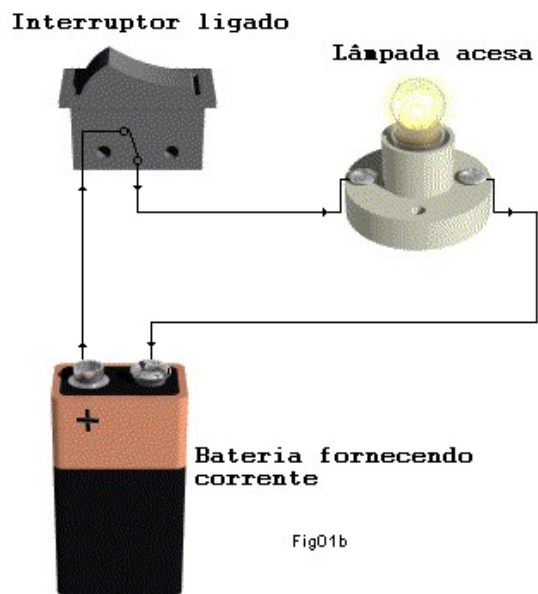
TIPOS DE CIRCUITOS

Os circuitos podem ser de quatro tipos:

Circuito aberto: é o que não tem continuidade, onde o receptor não funciona.

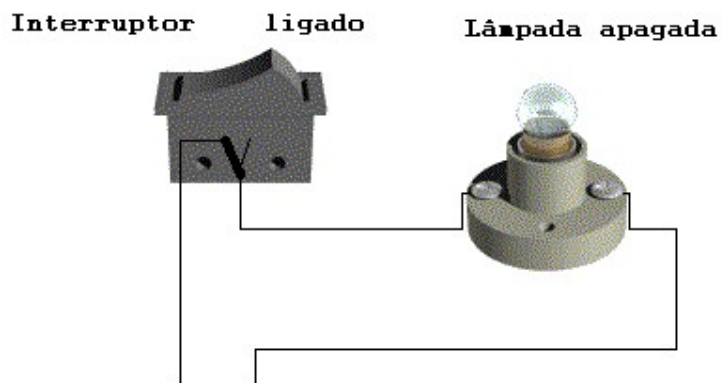


Circuito Fechado: é o circuito que tem continuidade, por ele a corrente pode circular.



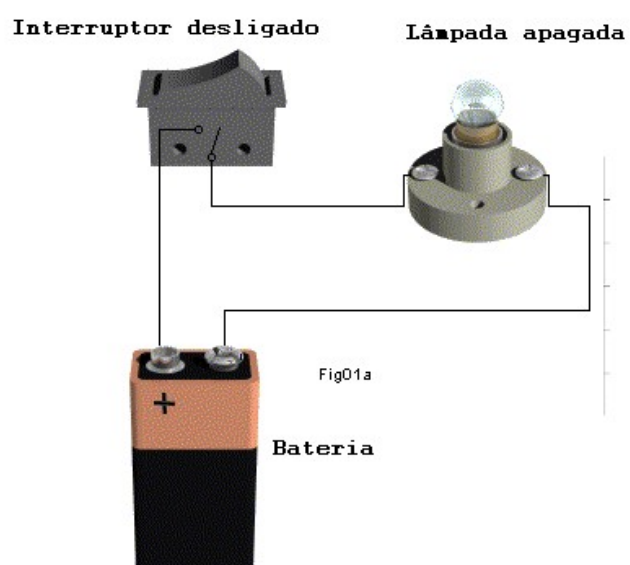
Fonte: (Albuquerque, 2001).

Circuito desligado: nele o dispositivo de manobra está na posição desligado.



Fonte: (Albuquerque, 2001).

Circuito desenergizado: é aquele em que a fonte de energia está desconectada do circuito ou não funciona.



Fonte: Adaptado de: (Albuquerque, 2001).

CONDUTORES ELÉTRICOS

Os condutores elétricos fazem a ligação entre a fonte e os receptores de energia, permitindo a circulação de corrente. Os mais usados são fios e cabos. Também se utiliza filetes como condutores em circuitos impressos.

GRANDEZAS ELÉTRICAS

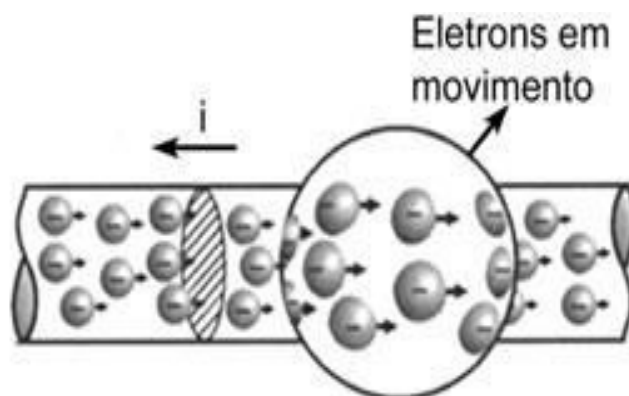
Em nosso dia a dia utilizamos com frequência diversas grandezas (medidas): medidas de tempo (hora, minuto, segundo); medidas de massa (grama, libra, miligrama); medidas de espaço (mililitro, litro, metro cúbico); etc.

Mas quais são as grandezas da eletricidade?

As grandezas elétricas podem ser causas ou consequências de efeitos elétricos.

CARGA ELÉTRICA

O deslocamento de elétrons ocorre quando há um desequilíbrio elétrico. Chamamos de **carga elétrica** esse fluxo de elétrons que é medido por uma unidade chamada **Coulomb**.



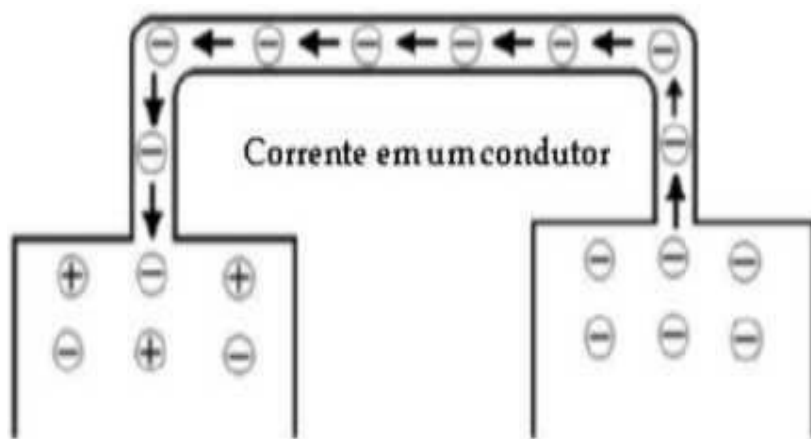
movimento ordenado dos eletrons em um fio

Fonte: (Física, 2011)

A unidade de medida **Coulomb** expressa uma quantidade de elétrons igual a $6,25 \times 10^{18}$ ou 6.250.000.000.000.000 (seis quintilhões e duzentos e cinquenta quatrilhões) de elétrons. Quando, por um condutor, passa $6,25 \times 10^{18}$ elétrons, dizemos que a corrente elétrica que passou pelo condutor foi de 1 Coulomb. Entretanto, essa mesma quantidade de elétrons pode passar pelo condutor em 2 segundos ou em 20 segundos. Ou seja, o Coulomb não incorpora a dimensão tempo no movimento de elétrons, daí a necessidade de uma medida mais prática, a corrente elétrica.

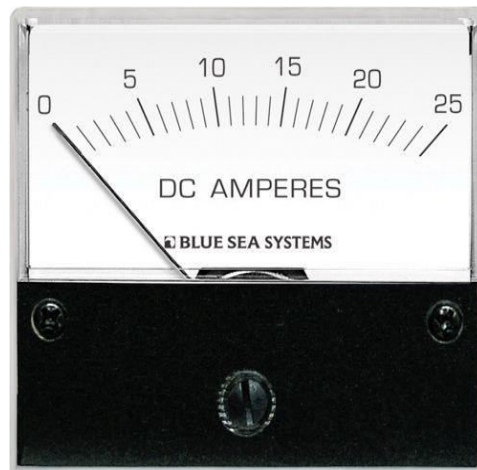
CORRENTE ELÉTRICA

A corrente elétrica mede a quantidade de elétrons que são deslocados por unidade de tempo. O ampère (A) corresponde ao deslocamento de 1 Coulomb de elétrons por segundo. Quando dizemos que a corrente elétrica é 2 amperes, significa que passam $1,25 \times 10^{19}$ (ou seja $2 \times 6,25 \times 10^{18}$) elétrons por segundo.



Fonte: (Serviços em Redes Aéreas de Distribuição Energizadas (Linha Viva), 2005)

A corrente elétrica também é chamada de amperagem e é medida por um instrumento chamado amperímetro, como mostra a figura abaixo.



Fonte: (Overtons, 2013).

TENSÃO ELÉTRICA OU FORÇA ELETROMOTRIZ (F.E.M.)

Para que os elétrons possam se deslocar, é necessária uma força que os coloque em movimento, que os induza de um lado para o outro do condutor, a essa força chamamos de Força Eletromotriz. A Força eletromotriz ou tensão elétrica é a força que coloca os elétrons em movimento.

A unidade de medida da força eletromotriz ou tensão elétrica, ou diferença de potencial é o Volt, que é representado pela letra V. A diferença de potencial pode ser chamada ainda de voltagem, por que é medida em volts e de tensão, por ser uma pressão elétrica. A voltagem é medida por voltímetros, como mostra a figura abaixo.



Fonte: (Borja, 2010).

RESISTÊNCIA ELÉTRICA

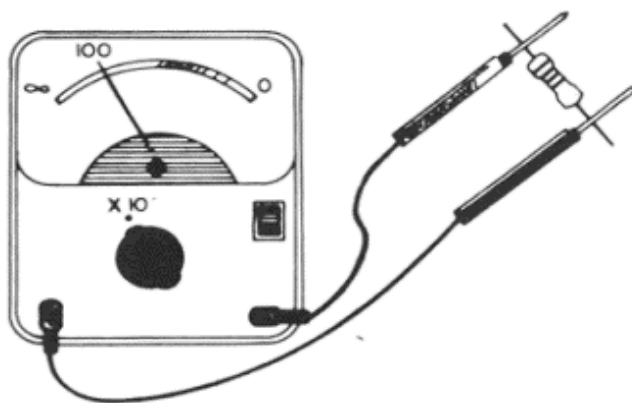
A resistência elétrica está diretamente relacionada com o conceito de condutância elétrica. Quando estudamos os condutores e isolantes de eletricidade, percebemos que alguns materiais são mais condutores que outros. Os bons condutores apresentam elevada condutância, ou seja, facilidade para que a corrente elétrica atravessasse o material.

Por outro lado, alguns materiais apresentam resistência à passagem de corrente elétrica. Essa resistência nada mais é que a dificuldade que a corrente elétrica encontra para atravessar o material. Todo material apresenta algum grau de resistência e condutância quanto menor a resistência, maior a condutância. Quanto menor a condutância, maior a resistência.

Fica claro, portanto, que os condutores apresentam elevada condutância, ao passo que os isolantes ou dielétricos apresentam elevada resistência.

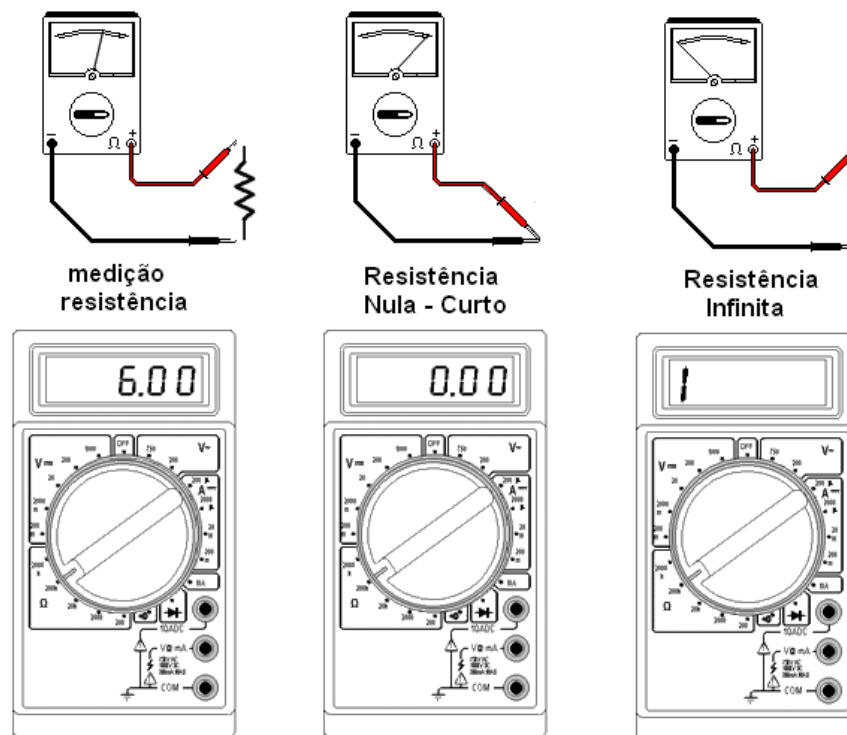
A unidade de medida da resistência elétrica é o OHM, que é representado pela letra grega ômega (Ω). A resistência (R) é medida em OHM (Ω).

A resistência elétrica é medida por um instrumento chamado ohmímetro.



Fonte: (PINETREE, 2008).

Na prática, costuma-se usar um único instrumento capaz de aferir as várias medidas elétricas em diferentes escalas: o multímetro.



Fonte: (Dougléts, 2012).

LEI DE OHM

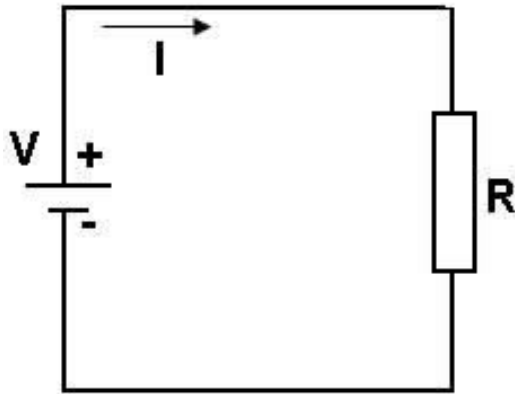
O físico alemão George Simon Ohm (1787 – 1854), no século XIX, descobriu a relação entre corrente elétrica, tensão e resistência. Essa relação é conhecida como Lei de Ohm e é expressa da seguinte maneira: “A corrente em um circuito é diretamente proporcional à tensão aplicada e inversamente proporcional à resistência do circuito”. Ou seja:

Onde:

I é a corrente elétrica em amperes.

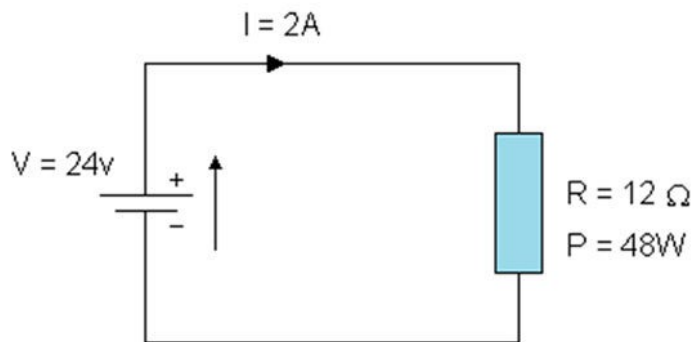
E é a tensão elétrica em volts.

R é a resistência elétrica em Ohm.



Fonte: (Soares, 2011).

O exemplo abaixo ilustra essa situação. Nele tem-se uma fonte de 24V ligada a um receptor que apresenta a resistência interna no valor de 12Ω . Ao aplicarmos a Lei de Ohm, percebe-se que o valor da corrente elétrica que passa pelo circuito é de 2A.



Se, , Logo, basta substituímos os valores de E e R nessa equação para que se possa encontrar o valor da corrente elétrica. Neste caso, , logo $I = 2A$.

A Lei de Ohm é utilizada quando se conhece o valor de duas variáveis e se desconhece o valor de uma terceira variável. Dessa forma, você pode ter os valores da resistência e da voltagem e buscar o valor da amperagem; você pode ter o valor da amperagem e resistência e buscar o valor da voltagem; e você pode ter o valor da voltagem e da amperagem e buscar a resistência.

Para achar o valor da voltagem:

$$E = I \cdot R$$

Exemplo, em um circuito, suponhamos que $I = 100$ e $R = 5$.

Neste caso o valor de $E = 100 \cdot 5 = 500$.

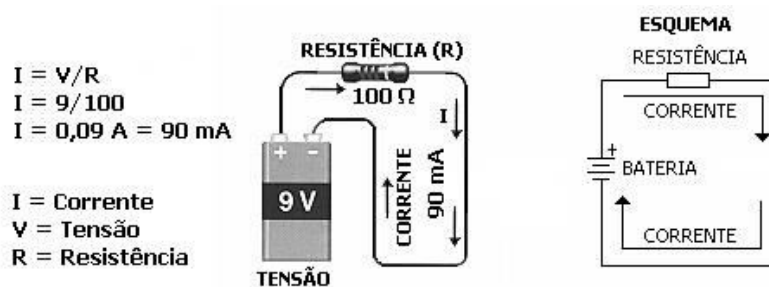
Para encontrar o valor da resistência:

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

Suponhamos que $E = 110$ e $I = 2$.

Neste caso $R = 55$

Vejamos um exemplo prático: uma bateria de 9V é ligada a um resistor de resistência de 100Ω. Qual o valor da corrente que passa por esse circuito?



Fonte: (Burgoseletronica, 2012)

POTÊNCIA ELÉTRICA

Potência nada mais é que o trabalho efetuado na unidade de tempo. A unidade de medida da potência elétrica é o Watt, em homenagem a James Watt (1736 – 1819). Temos a potência de 1 Watt quando 1Coulomb ($6,25 \cdot 10^{18}$ elétrons), sob uma tensão de 1Volt, realiza um trabalho no tempo de 1 segundo.

Logo, o Watt depende de duas variáveis, o Volt e o Ampère. A potência em Watts é representada pela letra (P) e é resultado do produto da voltagem pela amperagem. Ou seja:

$$P = E \cdot I$$

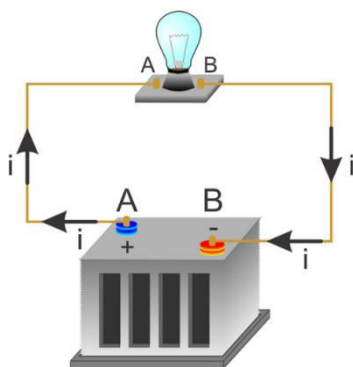
Onde:

P = potência em Watts

E = voltagem

I = Amperagem

Vejamos um exemplo de cálculo de potência. Na figura abaixo temos um circuito que mostra uma bateria ligada em uma lâmpada. A bateria fornece 12 volts e pelo circuito passa uma corrente de 3,5 amperes. Neste caso, como calcular a potência elétrica?



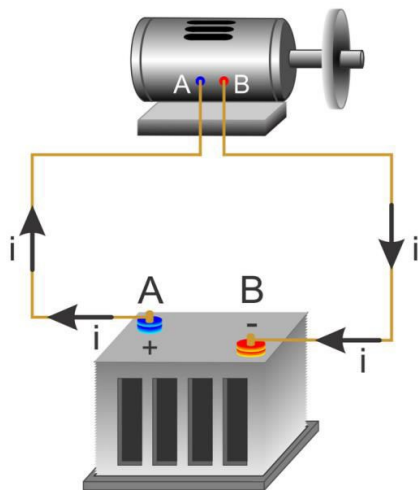
Fonte: Imagem adaptada de: (Borges S. , 2012)

Para calcular a potência usamos a seguinte fórmula: $P = E \cdot I$

Se a tensão E = 12 volts e a corrente I = 3,5 amperes, logo $P = 12 \cdot 3,5 =$

42 *Watts*

Analisemos outro exemplo, no circuito abaixo temos um motor elétrico ligado a uma bateria de 24 volts. Por esse circuito passa uma corrente de 10 amperes. Pergunta: qual o valor da potência elétrica do motor?



Fonte: Imagem adaptada de: (Borges S., 2012).

Para calcular a potência usamos a mesma fórmula: $P = E \cdot I$

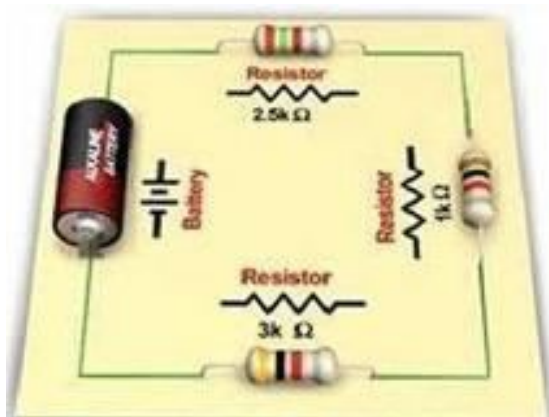
Se a tensão $E = 24$ volts e a corrente $I = 10$ amperes, logo $P = 24 \cdot 10 = 240$ Watts.

CIRCUITOS COM MÚLTIPLAS RESISTÊNCIAS

Os circuitos com múltiplas resistências podem ser de três tipos: circuitos em série; circuitos em paralelo; e circuitos mistos.

Circuitos com resistências em série

Os circuitos em série são aqueles em que múltiplas resistências aparecem ligadas em série, como mostra a figura abaixo.

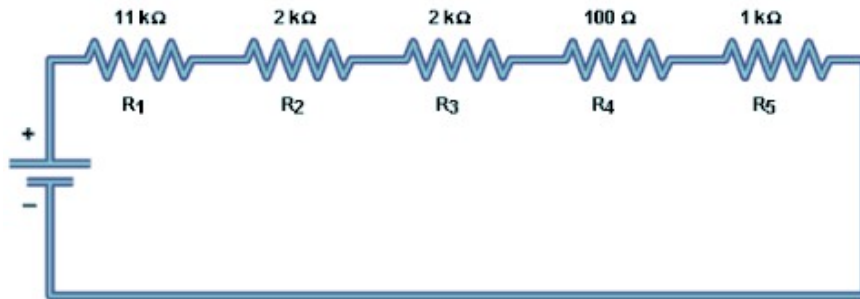


Fonte: (Miranda, 2010).

As lâmpadas de decoração de Natal, por exemplo, são normalmente ligadas em série. Nesse circuito a mesma corrente elétrica I percorre todas as resistências. Como cada resistor possui uma resistência específica, podemos deduzir que a corrente que passa por esse circuito é equivalente a corrente que passa pela resistência equivalente desse circuito. A resistência equivalente de um circuito em série é obtida, somando-se os valores de cada resistência em associação. Ou seja:

$$R = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + \dots + R_N$$

Por exemplo, no circuito abaixo cinco resistores estão ligados em série em uma fonte de 24 volts. Calcule a resistência equivalente e a corrente que passa pelo circuito.



Fonte: (Geocities, Associação de Resistências em Série, 2008).

Resposta:

A resistência equivalente é igual à soma das resistências do circuito. Neste caso:

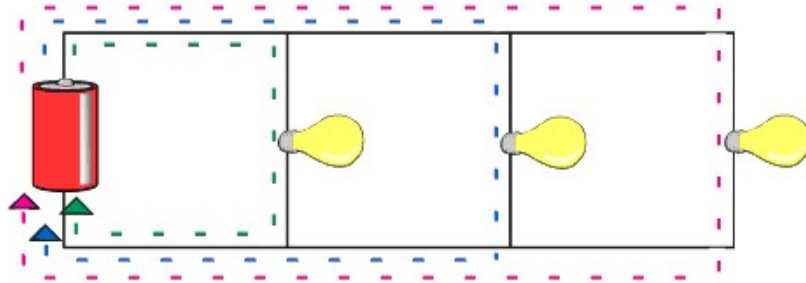
$$R = 11K\Omega + 2K\Omega + 2K\Omega + 100\Omega + 1K\Omega = 16100\Omega \text{ ou } 16,1k\Omega$$

Para encontrar a corrente que passa pelo circuito basta usar a Lei de Ohm:

$$I = \frac{E}{R}, \text{ ou seja, } I = \frac{24}{16100} = 0,00149 \text{ A ou } 1,49 \text{ mA}$$

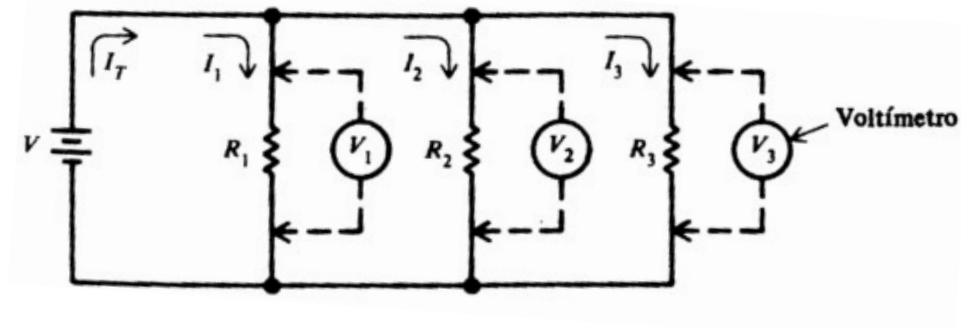
Circuitos com resistências em paralelo

Nos circuitos em série cada resistor, com seus respectivos terminais estão ligados diretamente à linha principal, logo, a voltagem entre os terminais é a mesma. A figura abaixo ilustra essa situação.



Fonte: (Hoyos, 2009).

Nesse circuito, cada lâmpada está ligada diretamente a pilha, e a voltagem nos terminais das lâmpadas são iguais.



Fonte: (Saber Elétrico).

Na figura acima, $V_1 = V_2 = V_3$, entretanto a corrente que passa por cada resistor depende do valor da resistência do mesmo. A corrente total I_T é igual a soma das correntes $I_1 + I_2 + I_3$. Para saber os valores das correntes I_1 , I_2 , I_3 basta plicar a Lei de Ohm em cada resistor, desta forma:

$$I_1 = \frac{E}{R_1}$$

$$I_2 = \frac{E}{R_2}$$

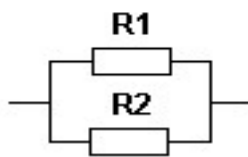
$$I_3 = \frac{E}{R_3}$$

Uma maneira mais prática de encontrar a corrente total é achar a Resistência Equivalente (R_{eq}) do circuito para depois encontrar a corrente total aplicando a Lei de Ohm. Ou seja:

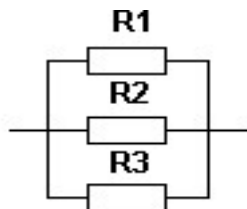
$$I_T = \frac{E}{R_{eq}}$$

Para encontrar a resistência equivalente dos resistores $R_1, R_2, R_3, R_4, R_5, \dots R_n$ associados em paralelo utilizamos a seguinte fórmula:

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \dots \dots \frac{1}{R_n}$$



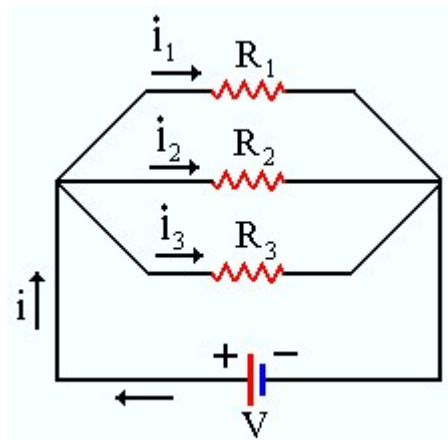
$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$



$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

Fonte: (Campcom, 2006).

Vejamos um exemplo. No circuito abaixo os resistores R_1, R_2 e R_3 estão ligados a uma fonte de 36V. Os valores das resistências dos resistores são: $R_1 = 20\Omega$, $R_2 = 30\Omega$ e $R_3 = 50\Omega$. Calcule a R_{eq} e a corrente total que passa pelo circuito.



Fonte: (Mundim, Circuito Elétrico: Resistores em Série e Paralelo, 2010)

Primeiro encontramos a **Req**.

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{20} + \frac{1}{30} + \frac{1}{50}$$

Agora achamos o MMC de 20, 30 e 50 que é 300 e somamos as frações.

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{15 + 10 + 6}{300} = \frac{31}{300}$$

$$R_{eq} = \frac{300}{31} \text{ ou } 9,677\Omega$$

Para encontrarmos a corrente total basta usarmos a Lei de Ohm.

$$I_T = \frac{E}{R_{eq}}$$

$$I_T = \frac{36}{\left(\frac{300}{31}\right)} = \frac{93}{25} \text{ ou } 3,72^a$$

MAGNETISMO

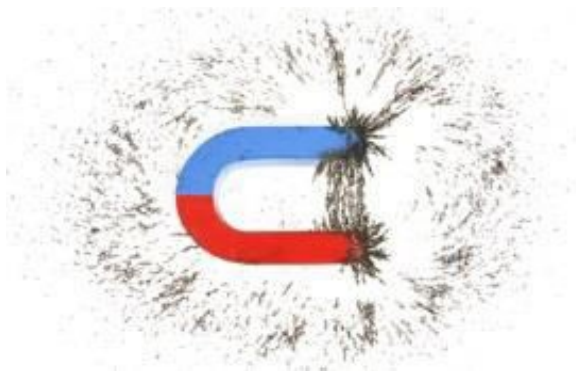
Magnetismo é a propriedade de alguns materiais atraírem pedaços de ferro e também outros metais. Essa atração é bem forte, muito mais forte que a força gravitacional!

O magnetismo foi descoberto em épocas bem remotas pelos gregos, numa cidade chamada Magnésia, lá foi descoberta uma rocha, a magnetita, que atraía pequenos pedaços de ferro. Esse poder de atração nada mais é que o magnetismo.

Os materiais que possuem elevado magnetismo são conhecidos como ímãs. Os ímãs possuem algumas propriedades particulares:

- Atraem o ferro;
- São capazes de imantar outros materiais, ou seja, ao esfregá-los a um pedaço de ferro o ferro adquire propriedades magnéticas;
- Quando próximos de outros ímãs eles podem ser atraídos ou repelidos;
- Um ímã cria um campo magnético ao seu redor de maneira similar a carga elétrica que cria um campo elétrico ao seu redor.

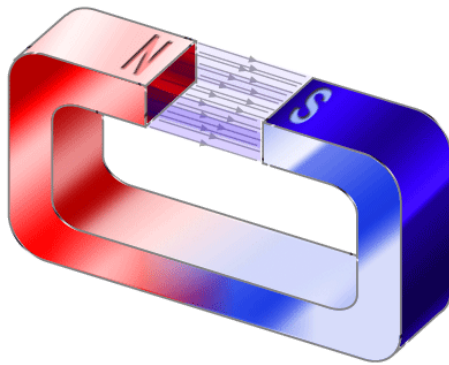
Além disso, o campo magnético de um ímã é mais intenso em suas extremidades, como mostra a figura abaixo.



Fonte: (Carlson, 2012).

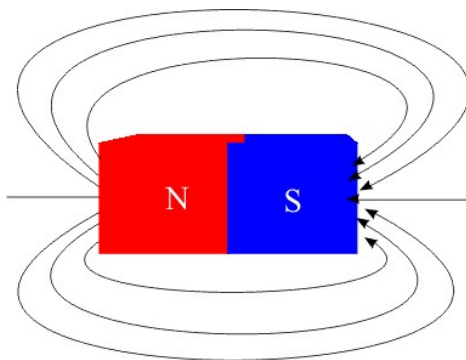
Na figura acima percebemos que a limalha de ferro é fortemente atraída pelas extremidades do ímã. Nas regiões medianas do ímã seu campo magnético é menor, a essa região chamamos de **região neutra**.

Outra propriedade importante do ímã é que ele possui dois polos, o polo norte (N) e o polo sul (S), mesmo para aqueles que não possuem formato de barra.



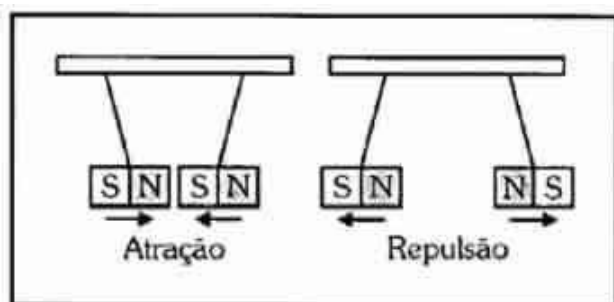
Fonte: (Mundim, FSC1026 - Física Geral Experimental III, 1997).

Na figura abaixo podemos visualizar os polos norte e sul do ímã, bem como as linhas de indução do campo magnético. Elas saem das extremidades do polo norte para o polo sul.



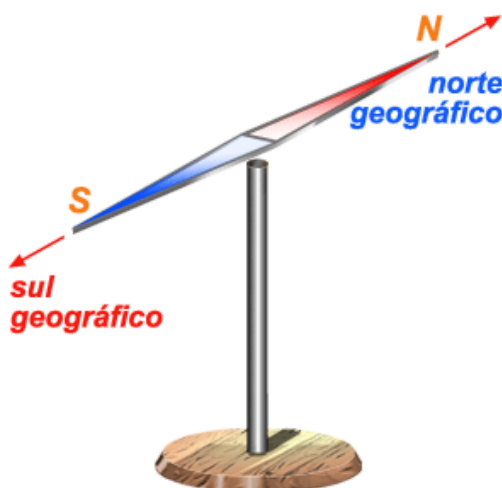
Fonte: (Silva A. , 2012).

Os polos de um ímã, de forma similar as cargas elétricas, atraem-se e se repelem. Polos iguais se repelem, polos opostos se atraem.



Fonte: (Franscisco, 2009).

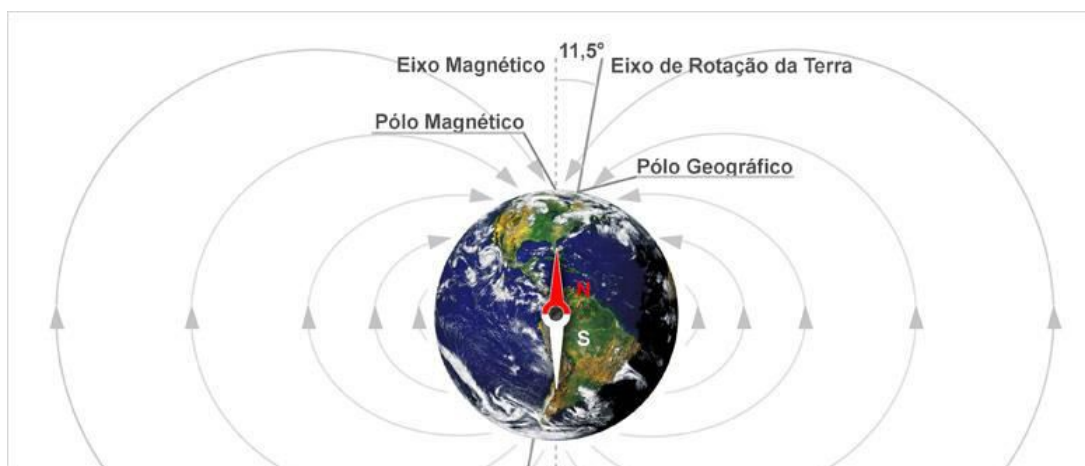
Aproveitando as propriedades de atração e repulsão dos ímãs, foram feitas experiências em que se deixava o ímã livre para se movimentar. Com essas experiências, verificou-se que os ímãs apontam aproximadamente sempre para os polos geográficos da Terra, ou seja, para os polos norte e sul. O polo norte do ímã aponta para o polo sul da Terra; o polo sul do ímã aponta sempre para o polo norte da Terra.



Fonte: (E-Física, 2007).

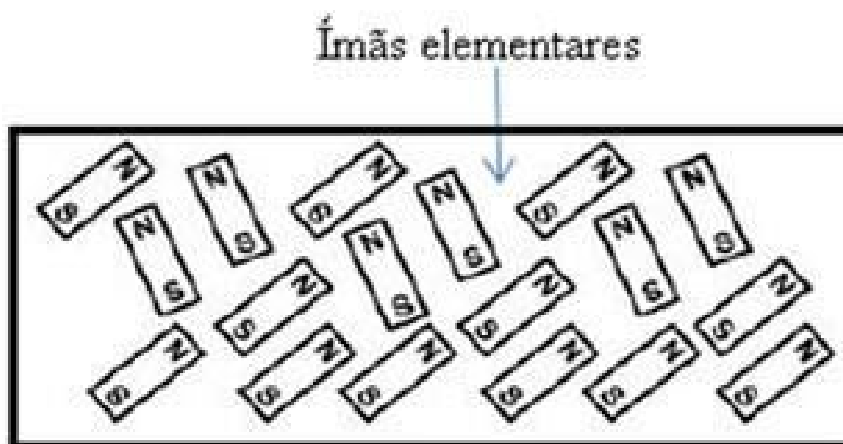
Essas constatações leva-nos a conclusão de que a Terra funciona como um grande ímã. O polo norte magnético da Terra atrai o polo sul da agulha e; o polo sul

magnético da Terra atrai o polo norte da agulha. Como sabemos os polos magnéticos não coincidem com os polos geográficos. A figura abaixo ilustra esse fato:



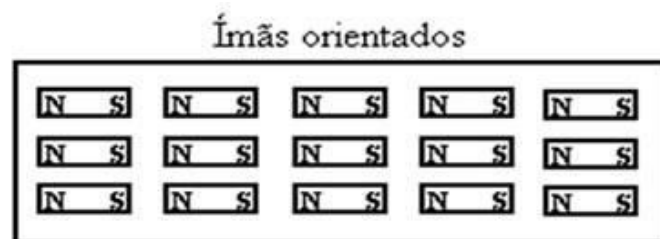
Fonte: (MAST, 2010).

Mas como explicar as propriedades magnéticas dos ímãs? Os polos de um ímã não existem isoladamente, o que significa que ao quebrar um ímã têm-se dois pequenos ímãs, e assim sucessivamente. Continuando o processo de divisão encontramos o átomo do material que é feito o ímã. E o átomo possui propriedades magnéticas! Entretanto, para que as forças magnéticas dos átomos tornem-se maiores é necessário orientá-las para formar pequenos grupos chamados de ímãs elementares. A figura abaixo mostra os pequenos ímãs elementares.



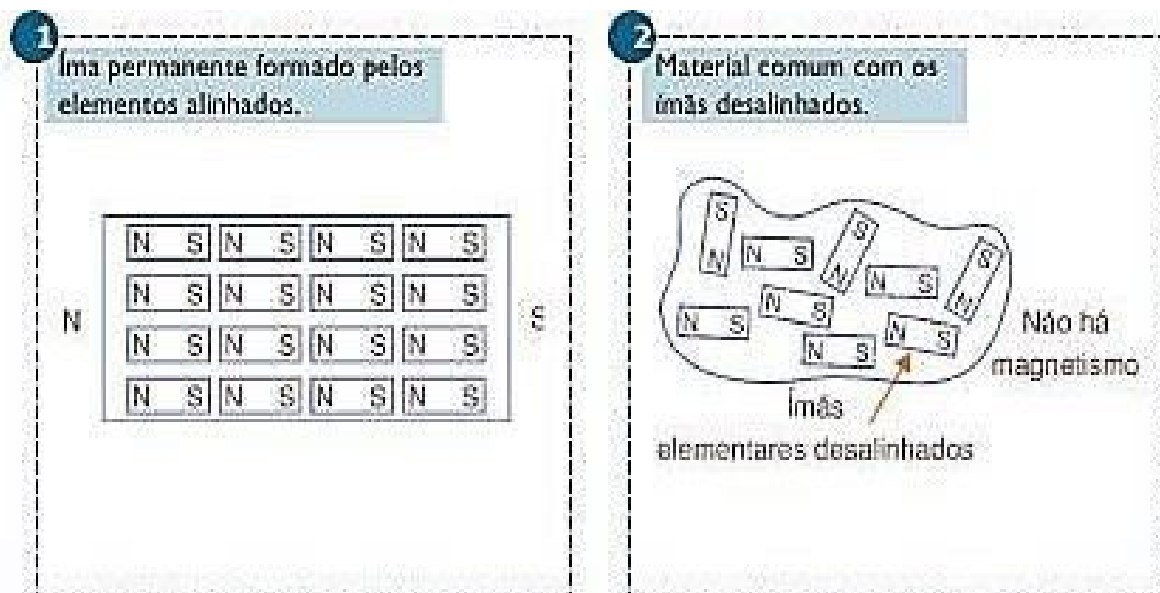
Fonte: (Marques, 2004).

Um material magnético (ímã) é aquele em que seus ímãs elementares estão orientados conforme a figura abaixo.



Fonte: (Marques, 2004).

Contrariamente, em um material não magnético seus ímãs elementares estão desorganizados, ou seja, desalinhados.



Fonte: (Braga, Construa um magnetizador, 2010)

O magnetismo é um fenômeno essencial no funcionamento de motores elétricos, geradores, reprodução de voz e imagens, gravação de informações na memória do computador e diversas aplicações.

ELETROMAGNETISMO

A relação entre eletricidade e magnetismo estava obscura até 1820, quando Hans Christian Oersted (1777-1851) descobriu que quando se coloca uma agulha magnética próxima a um circuito, a corrente elétrica que passa pelo circuito faz a agulha sofrer um desvio.



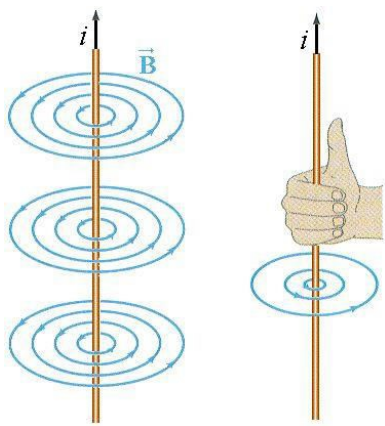
Fonte: (BS, 2012).

Oersted sugeriu que os fenômenos elétricos e magnéticos estão relacionados e concluiu que a corrente elétrica gera um campo magnético no espaço que a circunda.

Campo magnético num condutor retilíneo

Em fio retilíneo, quando passa uma corrente elétrica, gera um campo magnético cujas linhas de indução são circunferências concêntricas com o fio. A regra da mão direita n°1 indica qual o sentido da corrente e das linhas de indução.

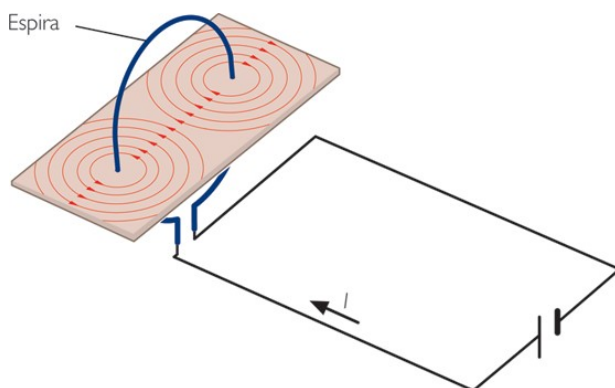
Conforme a figura abaixo, o sentido da corrente é indicado pelo polegar direito; os outros dedos indicam o sentido do vetor campo magnético $\vec{B}$.



Fonte: (Mundim, Lei de Biot-Savart, 2001).

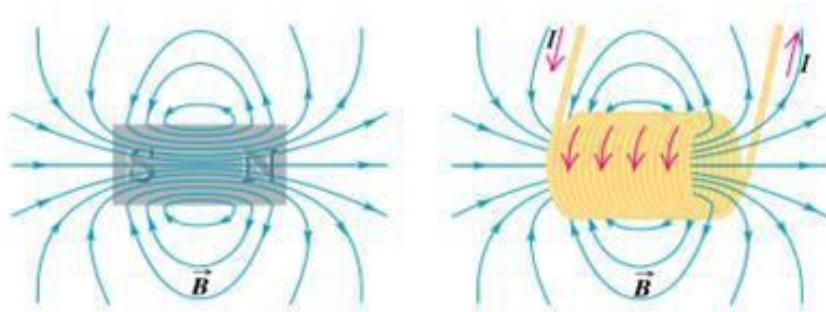
Campo magnético em uma espira circular

Entende-se por espira circular um fio condutor em forma de circunferência. A figura abaixo mostra o aspecto do campo magnético formado por um condutor desse tipo.



Fonte: (Garcia, 2012).

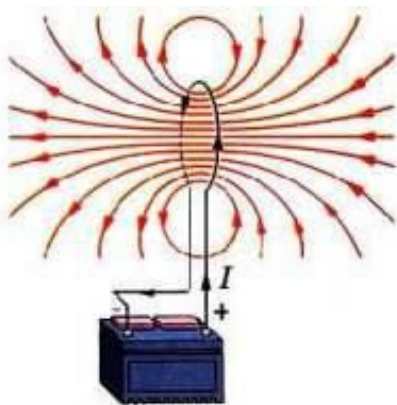
As linhas de indução podem ser facilmente visualizadas na figura abaixo.



Fonte: (Geocities, 2007).

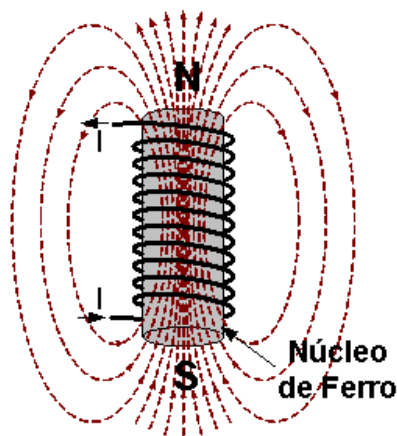
SOLENOIDE

Os solenoides são bobinas constituídas por n espiras justapostas e enroladas em torno de um núcleo ou suporte ferromagnético. De maneira similar a uma espira circular, os solenoide (conjunto de espiras) gera uma resultante SN que dependerá do sentido da corrente elétrica.



Fonte: (Picallo, 2009).

Quando a corrente elétrica passa por cada espira os campos magnéticos somam-se produzindo um efeito magnético muito mais forte. Esse efeito é chamado de efeito eletromagnético. A passagem de uma corrente elétrica pelo solenoide cria um campo elétrico similar ao de um ímã permanente. Dessa forma, o solenoide passa a se comportar como um ímã elétrico. Ele atrai polos de ímãs de nomes diferentes e repele polos de ímãs de nomes iguais. Ao colocarmos um material ferromagnético para ser o núcleo do solenoide, as linhas magnéticas dispersas concentram-se e o campo magnético fica fortíssimo. Nesse caso, tem-se um pequeno eletroímã.

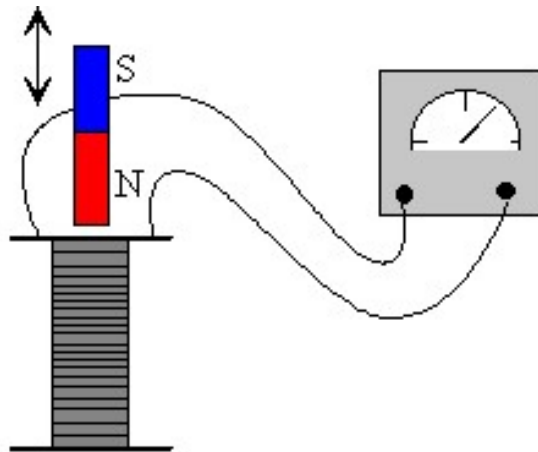


Fonte: (Museu das Comunicações de Macau, 2012).

Como sabemos, Oersted descobriu que a corrente elétrica gera um campo magnético, ao deslocar uma agulha imantada de sua posição original.

Mas pode um campo magnético produzir eletricidade?

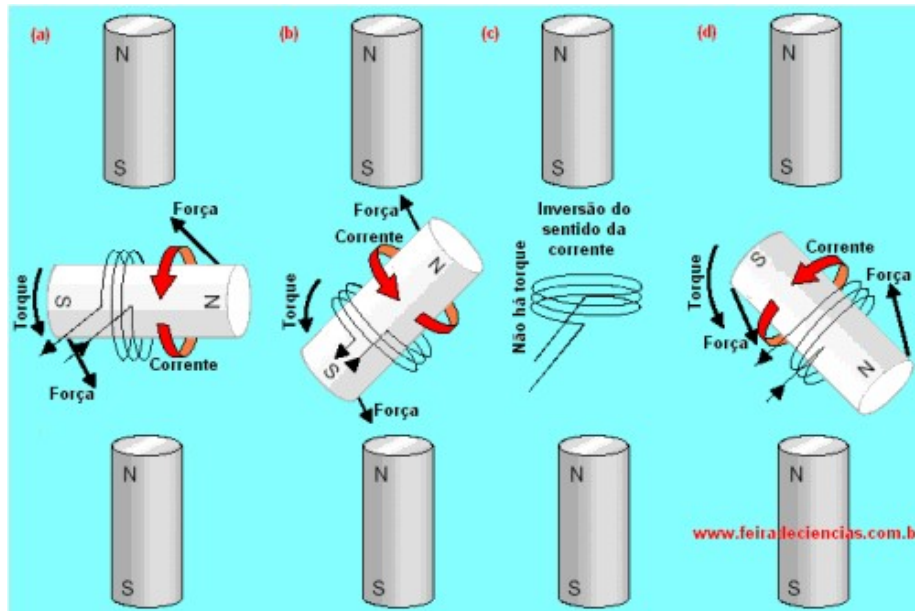
Por meio de uma experiência bem simples, Michael Faraday descobriu que sim. Construiu uma bobina com uma centena de espiras e moveu um ímã pelo núcleo da bobina, o que gerou uma pequena corrente elétrica.



Fonte: (Fernández-Alonso, 2010).

Mas como a movimentação de um ímã próximo a um circuito fechado pode produzir corrente elétrica? O campo magnético de um ímã varia na medida em que ele é movimentado. Quando movimentado perto de um circuito surge uma ddp entre os extremos do circuito. Essa ddp possibilita o movimento ordenado de elétrons, o que gera uma corrente elétrica. A produção de corrente elétrica por meio de um campo magnético variável é chamado de indução eletromagnética. E a corrente por ele gerada é chamada de corrente induzida.

Outra maneira de gerar a corrente induzida é manter o ímã fixo e variar a posição da bobina, recurso muito utilizado nos geradores. A figura abaixo mostra essa situação. Nela vemos ímãs fixos e o solenoide se movendo, gerando corrente elétrica.



Fonte: (Silva E., 2009)

GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

Conforme colocado em tópicos anteriores, a existência de uma diferença de potencial é condição essencial para a circulação de uma corrente elétrica. Ao se estabelecer uma diferença de potencial, os elétrons livres movem-se dos pontos de maior tensão para os de menor tensão ou os de tensão nula. A tensão elétrica é gerada em dispositivos ou máquinas que produzem uma força eletromotriz em seus terminais. Logo, é no gerador de força eletromotriz que surge o desnível energético capaz de deslocar os elétrons, gerando corrente elétrica que é utilizada em diversos aparelhos e equipamentos elétricos.

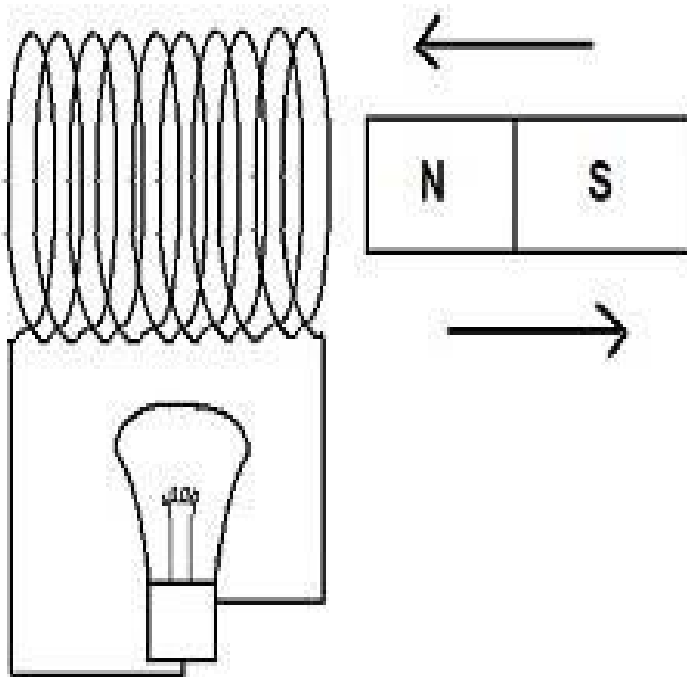
A força eletromotriz pode ser obtida de diversas maneiras:

- Na eletrização por atrito;
- Na ação da luz sobre as células fotoelétricas;
- Por meio do efeito piezelétrico;
- Por meio de reações químicas nas pilhas e baterias (eletroquímica);
- Por efeito termelétrico, ao aquecer pontos de soldagem entre metais diferentes;

- E por indução eletromagnética.

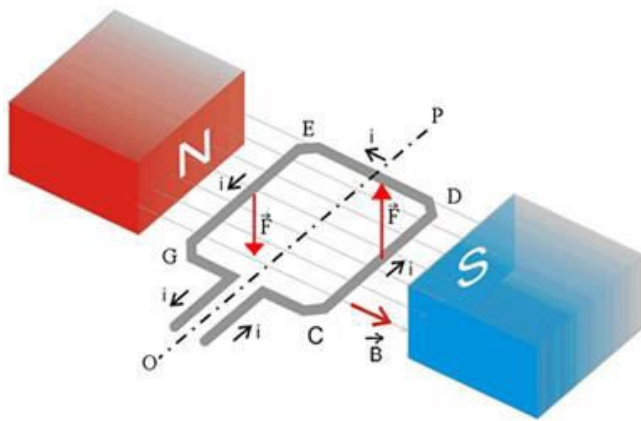
Por indução eletromagnética, a corrente elétrica pode ser gerada de três maneiras:

1. Como vimos anteriormente, uma maneira eficiente de gerar eletricidade é mover um condutor em um campo magnético. Esse campo pode ser de um ou mais ímãs, ou mesmo um campo gerado eletricamente. A espira móvel ao ser movimentada apresenta uma diferença de potencial em seus terminais, o que possibilita a circulação de uma corrente elétrica pelo circuito.



Fonte: (Silva S. O., 2012).

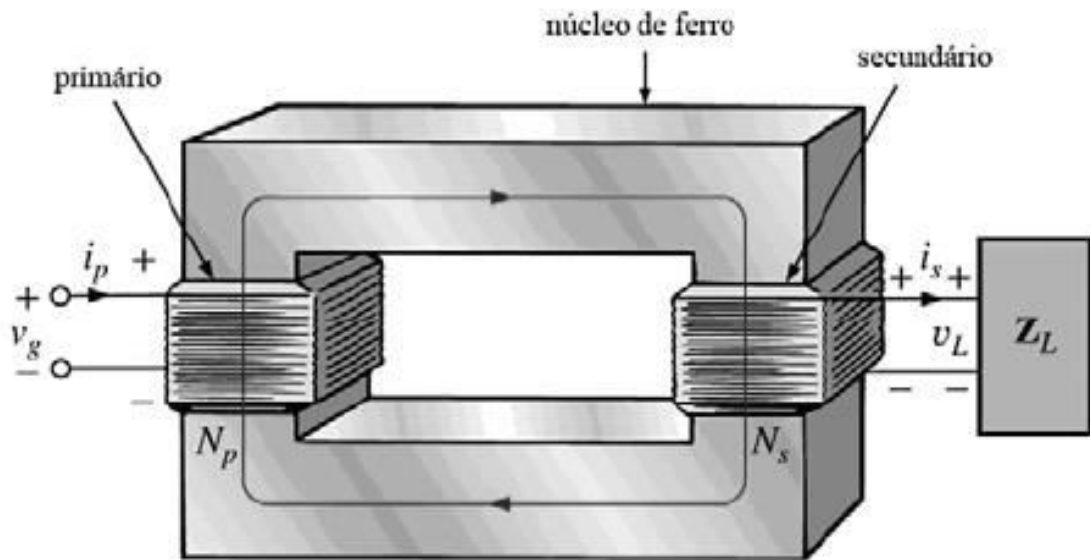
2. Pelo movimento do campo magnético no interior do solenoide. Nesse caso movimenta-se um ímã no interior do solenoide, como mostra a figura abaixo.



Fonte: (Araujo, 2012).

Ao movimentar um ímã no interior de um solenoide surge uma F.E.M. que move uma corrente elétrica pelo circuito.

3. Pela variação na intensidade de um campo magnético cuja ação se acha submetido a um condutor com espiras helicoidais. Não é rigorosamente um método de geração de f.e.m., pois se supõe a existência de uma corrente elétrica primária geradora deste campo magnético.

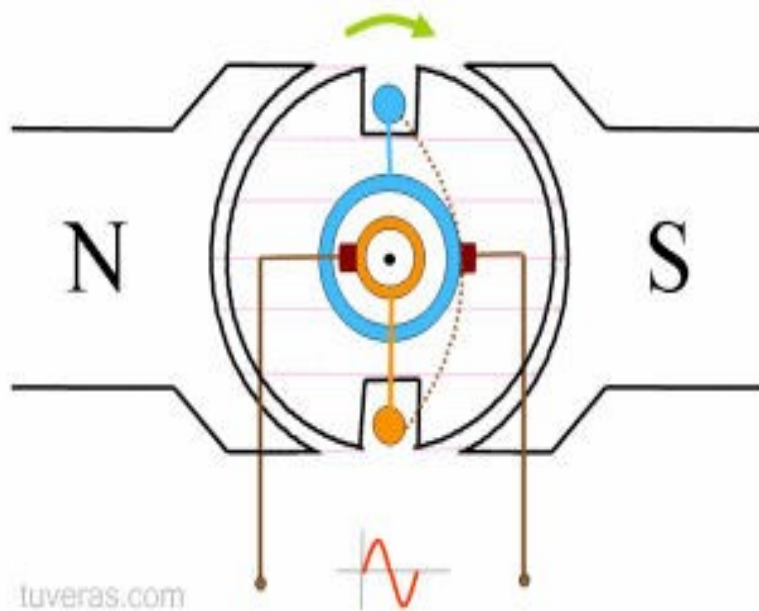


Fonte: (Martino, 2011).

Na figura acima, uma corrente elétrica passa pelo solenoide primário gerando um campo magnético que, por sua vez é potencializado pelo núcleo de ferro. Este campo magnético alternado atua no solenoide secundário, gerando uma f.e.m.

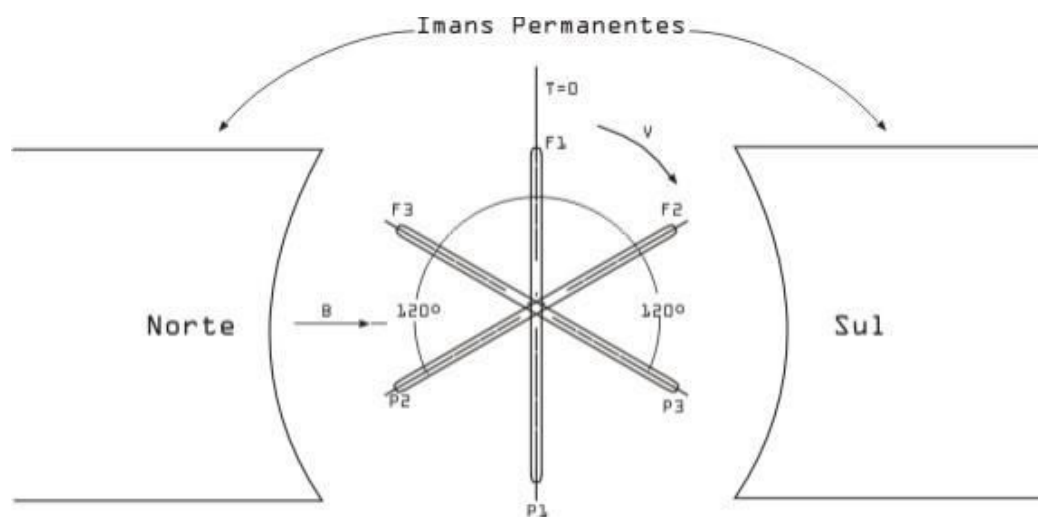
ALTERNADORES MONOFASICOS

Alternador monofásico é uma máquina elétrica rotativa que gera correntes alternadas monofásicas obtidas pela conversão da energia mecânica fornecida por um motor ou turbina. A base de seu funcionamento é a indução magnética. Em um alternador monofásico um conjunto de espiras forma uma bobina que se movimenta em velocidade constante em um campo magnético uniforme e constante no tempo, desta maneira, induz-se uma f.e.m. variável e alternada nas extremidades deste circuito aberto.



Fonte: (Tecnología, 2012).

Para que surja e f.e.m. é essencial que haja variação no concatenamento entre o circuito elétrico e o campo magnético, pouco importando qual deles estará em movimento em relação ao outro.



Sistema Trifásico de bobinas

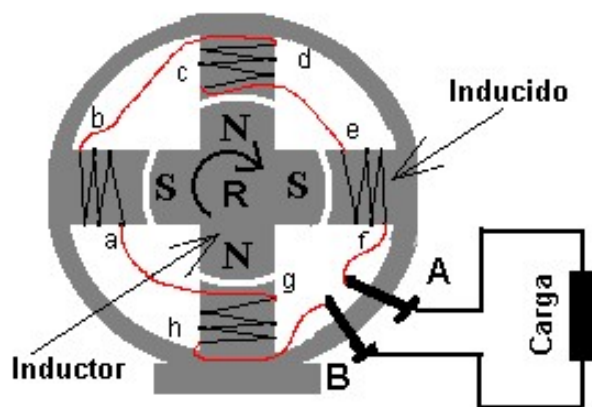
Fig. 5a

Fonte: (Tienda Generadores Electricos, 2013).

Portanto, pode-se manter fixa a bobina e fazer girar o campo magnético como na figura acima, ou pode-se manter fixo o campo magnético e fazer girar a bobina. Em ambas as situações, cria-se uma f.e.m. induzida no circuito aberto.

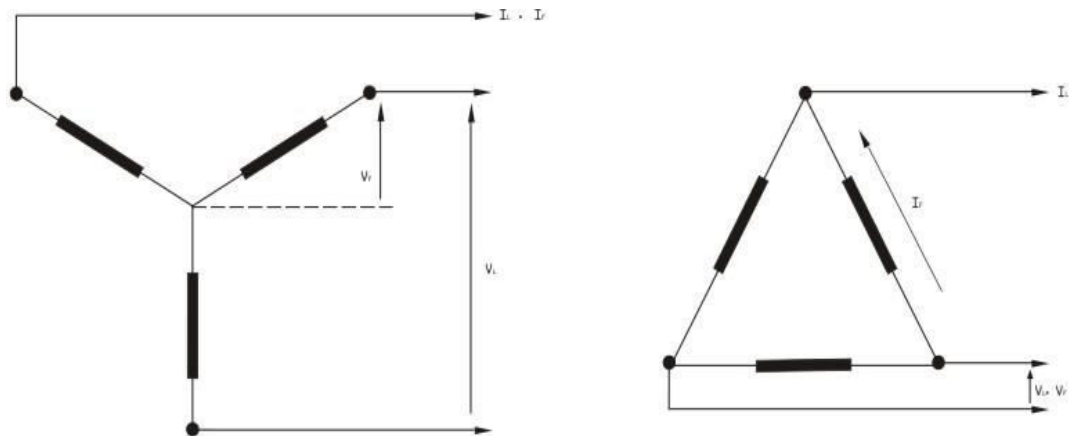
ALTERNADORES TRIFÁSICOS

Nos alternadores monofásicos há apenas uma bobina submetida ao campo magnético, nos alternadores bifásicos há duas bobinas e nos trifásicos há três bobinas gerando tensões defasadas entre si em 120° .



Fonte: (BAGI* Sistemas de Controle para Grupos Geradores., 2013).

As ligações dos enrolamentos do induzido podem ser em estrela ou em triângulo (delta).



Fonte: (BAGI* Sistemas de Controle para Grupos Geradores., 2013).

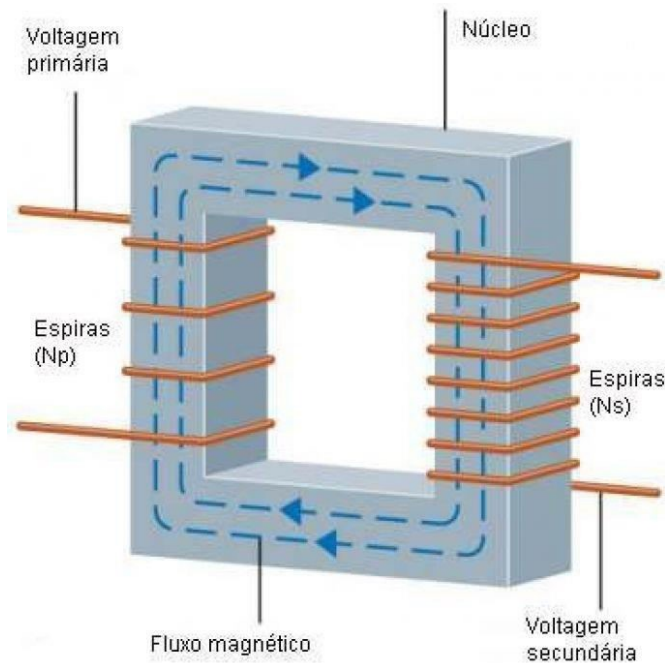
Na ligação em estrela há uma f.e.m. nas extremidades de cada bobina.

Há f.e.m. também nas bobinas em série.

Na ligação em triângulo também há d.d.p. nas extremidades de cada uma das bobinas.

TRANSFORMADORES

Transformador é uma máquina elétrica estática que funciona somente com corrente alternada, composto por um circuito magnético fechado em que estão dispostos dois ou mais enrolamentos por fase. A indução eletromagnética transfere energia de um circuito para o outro.

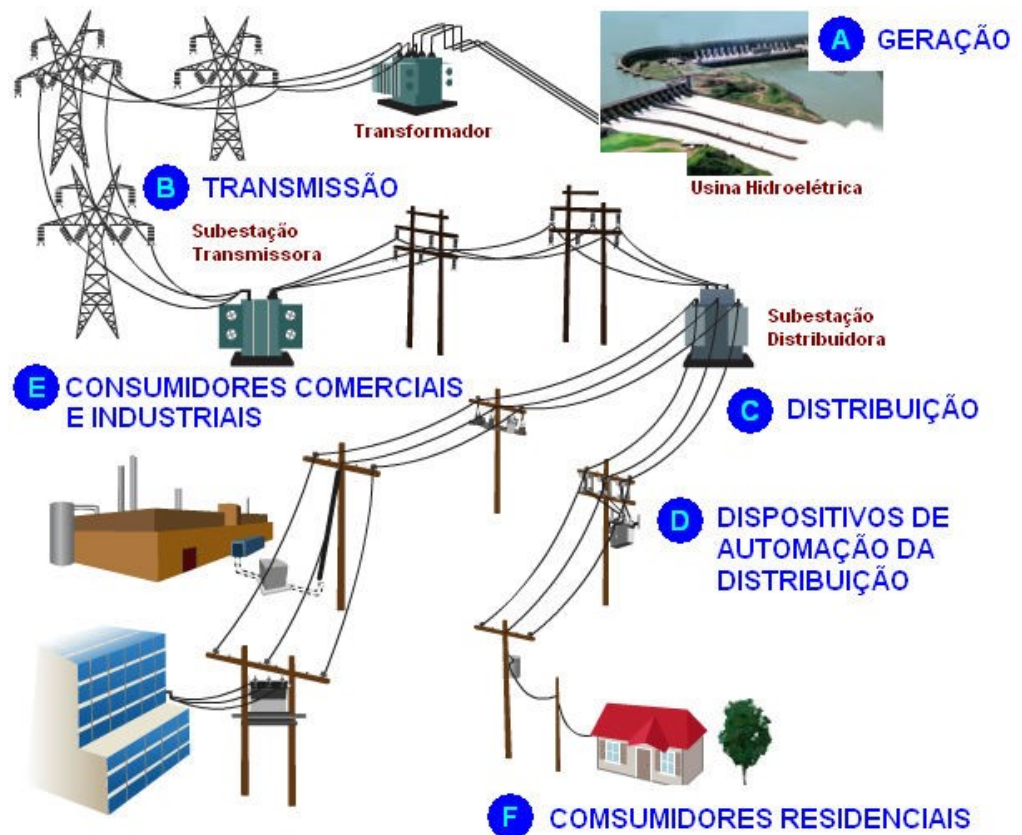


Fonte: (Lucheti Lubrificantes, 2012).

A função essencial do transformador é transformar as características da energia elétrica, aumentando ou diminuindo a tensão elétrica, ou aumentando ou diminuindo a corrente elétrica no sentido oposto ao da tensão, ainda que mantendo invariável o valor da potência que, apesar das perdas, normalmente muito pequenas, é totalmente transferida do indutor (circuito primário) para o induzido (circuito secundário).

Um transformador pode ser colocado em um circuito mesmo que não seja necessário modificar as características da energia (voltagem e corrente), mas somente com a finalidade de proteger o circuito (transformador de isolamento), isolando e separando as partes do circuito.

O transformador é de grande importância na eletrotécnica uma vez que possibilita a transmissão da energia por grandes distâncias, das usinas hidrelétricas aos centros de consumo. O transformador permite a transmissão sob elevadas tensões. Atualmente, os transformadores possuem rendimento bastante elevado (poucas perdas de energia) em função da potência, podendo chegar a 99% para as grandes unidades.



Fonte: (Albino, 2012).

Basicamente, um transformador é constituído por duas bobinas enroladas em um único núcleo. Seus componentes são: o circuito primário (indutor), que recebe a energia primária a ser transformada; o circuito induzido ou secundário que alimenta a rede secundária; o circuito magnético, composto por lâminas de ferro silício, isoladas umas das outras por uma camada de verniz ou outro composto. O núcleo forma o circuito magnético fechado que possibilita a circulação do fluxo de indução, cujo valor se altera com o tempo, de acordo com as variações da corrente alternada indutora.

ANEEL E PRIVATIZAÇÕES

A privatização das empresas de energias elétrica na década de 90 provocou profundas modificações no setor elétrico brasileiro. Em 1996, o governo cria a ANELL, autarquia sob regime especial, vinculada ao Ministério de Minas e Energia, com sede e foro no Distrito Federal e prazo de duração indeterminado.

A ANEEL tem por finalidade regular e fiscalizar a produção, transmissão, distribuição e comercialização de energia elétrica, em conformidade com as políticas e diretrizes do governo federal.

No dia 29 de novembro de 2000, a ANEEL divulga a resolução 456 que estabelece as “CONDIÇÕES GERAIS DE FORNECIMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA” regulamentando as relações entre as concessionárias e os consumidores. Também na década de 90 a ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) publica a NBR 5410: 1997, que posteriormente foi substituída pela NBR 5410: 2004. Recentemente a ANEEL divulgou a Resolução Normativa 414, de 9 de setembro de 2010 que substitui a RN 456 de 2000.

PRINCIPAIS DEFINIÇÕES DA RN 414 DE 2010

- **Área urbana:** parcela do território, contínua ou não, incluída no perímetro urbano pelo Plano Diretor ou por lei municipal específica;
- **Carga desviada:** soma das potências nominais dos equipamentos elétricos conectados diretamente na rede elétrica, no ramal de ligação ou no ramal de entrada da unidade consumidora, de forma irregular, no qual a energia elétrica consumida não é medida, expressa em quilowatts (kW);
- **Carga instalada:** soma das potências nominais dos equipamentos elétricos instalados na unidade consumidora, em condições de entrar em funcionamento, expressa em quilowatts (kW);
- **Concessionária:** agente titular de concessão federal para prestar o serviço público de distribuição de energia elétrica, doravante denominada “distribuidora”;

- **Demanda:** média das potências elétricas ativas ou reativas, solicitadas ao sistema elétrico pela parcela da carga instalada em operação na unidade consumidora, durante um intervalo de tempo especificado, expressa em quilowatts (kW) e quilovolt-ampère-reactivo (kvar), respectivamente;
- **Distribuidora:** agente titular de concessão ou permissão federal para prestar o serviço público de distribuição de energia elétrica;
- **Tensão primária de distribuição:** tensão disponibilizada no sistema elétrico da distribuidora, com valores padronizados iguais ou superiores a 2,3 kV;
- **Tensão secundária de distribuição:** tensão disponibilizada no sistema elétrico da distribuidora, com valores padronizados inferiores a 2,3 kV;
- **Unidade consumidora:** conjunto composto por instalações, ramal de entrada, equipamentos elétricos, condutores e acessórios, incluída a subestação, quando do fornecimento em tensão primária, caracterizado pelo recebimento de energia elétrica em apenas um ponto de entrega, com medição individualizada, correspondente a um único consumidor e localizado em uma mesma propriedade ou em propriedades contíguas.

ABNT NBR 5410 DE 2004

Fundada em 1940, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) é o órgão responsável pela normalização técnica no país, fornecendo a base necessária ao desenvolvimento tecnológico brasileiro.

Desta forma, a ABNT, por meio do Comitê Brasileiro de Eletricidade (CB-03) e da Comissão de Estudo de Instalações Elétricas de Baixa Tensão (CE-03:064.01) divulgou a NBR 5410: 2004 que normatiza as “Instalações Elétricas de Baixa Tensão”. Em outras palavras, as instalações elétricas de baixa tensão devem ser executadas conforme a NBR 5410:2004.

O objetivo da NBR 54010 é estabelecer as condições a que devem satisfazer as instalações elétricas de baixa tensão, a fim de garantir a segurança de pessoas e animais, o funcionamento adequado da instalação e a conservação dos bens.

A NBR 5410 aplica-se principalmente às instalações elétricas de edificações, qualquer que seja seu uso (residencial, comercial, público, industrial, de serviços, agropecuário, hortigranjeiro, etc.), incluindo as pré-fabricadas.

Esta Norma aplica-se também às instalações elétricas:

- a) em áreas descobertas das propriedades, externas às edificações;
- b) de reboques de acampamento (trailers), locais de acampamento (campings), marinas e instalações análogas; e
- c) de canteiros de obra, feiras, exposições e outras instalações temporárias.

A NBR 5410: 2004 aplicam-se:

- a) aos circuitos elétricos alimentados sob tensão nominal igual ou inferior a 1 000 V em corrente alternada, com frequências inferiores a 400 Hz, ou a 1 500 V em corrente contínua;
- b) aos circuitos elétricos, que não os internos aos equipamentos, funcionando sob uma tensão superior a 1 000 V e alimentados por meio de uma instalação de tensão igual ou inferior a 1 000 V em corrente alternada (por exemplo, circuitos de lâmpadas a descarga, precipitadores eletrostáticos etc.);
- c) a toda fiação e a toda linha elétrica que não sejam cobertas pelas normas relativas aos equipamentos de utilização; e
- d) às linhas elétricas fixas de sinal (com exceção dos circuitos internos dos equipamentos).

NOTA: A aplicação às linhas de sinal concentra-se na prevenção dos riscos decorrentes das influências mútuas entre essas linhas e as demais linhas elétricas da instalação, sobretudo sob os pontos de vista da segurança contra choques elétricos, da segurança contra incêndios e efeitos térmicos prejudiciais e da compatibilidade eletromagnética.

Essa norma aplica-se às instalações novas e a reformas em instalações existentes.

NOTA: Modificações destinadas a, por exemplo, acomodar novos equipamentos elétricos, inclusive de sinal, ou substituir equipamentos existentes, não caracterizam necessariamente uma reforma geral da instalação.

Esta norma não se aplica a:

- a) Instalações de tração elétrica;
- b) Instalações elétricas de veículos automotores;
- c) Instalações elétricas de embarcações e aeronaves;
- d) Equipamentos para supressão de perturbações radioelétricas, na medida em que não comprometam a segurança das instalações;
- e) Instalações de iluminação pública;
- f) Redes públicas de distribuição de energia elétrica;
- g) Instalações de proteção contra quedas diretas de raios. No entanto, esta norma considera as consequências dos fenômenos atmosféricos sobre as instalações (por exemplo, seleção dos dispositivos de proteção contra sobre tensões);
- h) Instalações em minas;
- i) Instalações de cercas eletrificadas (ver iel 60335-2-76).

Os componentes da instalação são considerados apenas no que concerne à sua seleção e condições de instalação. Isto é igualmente válido para conjuntos em conformidade com as normas a eles aplicáveis.

A aplicação desta Norma não dispensa o atendimento a outras normas complementares, aplicáveis a instalações e locais específicos.

NOTA: São exemplos de normas complementares a esta Norma as ABNT NBR 13534, ABNT NBR 13570 e ABNT NBR 5418.

A aplicação desta Norma não dispensa o respeito aos regulamentos de órgãos públicos, ao qual a instalação deva satisfazer.

As instalações elétricas cobertas por esta Norma estão sujeitas também, naquilo que for pertinente, às normas para fornecimento de energia, estabelecido pelas autoridades reguladoras e pelas empresas distribuidoras de eletricidade.

LIGAÇÕES ELÉTRICAS

Ligação de obras ou provisórias

Caracteriza-se como ligação de obras, aquela efetuada com medição, sem prazo definido, para atendimento das obras de construção ou reforma da edificação ou para evento específico, circos, parques, etc. caracteriza-se por ser provisória, mantendo-se apenas durante as obras ou eventos.

Ligações definitivas

As ligações definitivas correspondem às ligações das unidades consumidoras, com medição individualizada e em caráter definitivo (inclusive a do condomínio).

Rede elétrica

A rede de ligação entre a concessionária de energia e a unidade consumidora pode ser pela Rede Aérea, Rede Subterrânea, ou por meio de ramal de ligação subterrânea.

Rede aérea

As ligações, tanto aéreas como as subterrâneas, são feitas com Ramais de Ligação. Ramal de ligação é o conjunto de condutores e acessórios instalados pela distribuidora de energia entre o ponto de derivação da rede secundária e o ponto de entrega.

Na instalação dos ramais de ligação aéreos em baixa tensão, para atendimento dos agrupamentos e de edificações com demanda até 95kVA, devem ser observadas as seguintes condições:

a) o ramal de ligação poderá entrar por qualquer lado da edificação desde que não corte terreno de terceiros e que seja de fácil acesso para as equipes de construção, manutenção e operação da distribuidora de energia.

b) devem ser observadas as seguintes distâncias mínimas, medidas na vertical entre o ponto de maior flecha dos condutores do ramal e o solo.

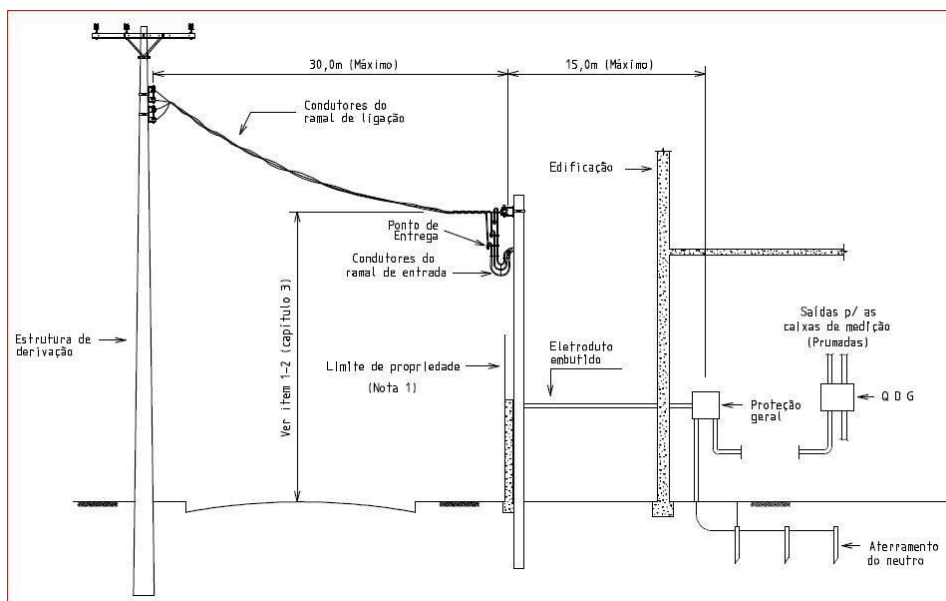
b.1) em áreas urbanas

- vias públicas com trânsito de veículos e entradas de garagem de veículos pesados = 5,50 m

- vias públicas exclusivas de pedestres e entradas de garagem de automóveis = 3,50 m

b.2) em áreas rurais

- vias exclusivas de pedestre = 5,50 m

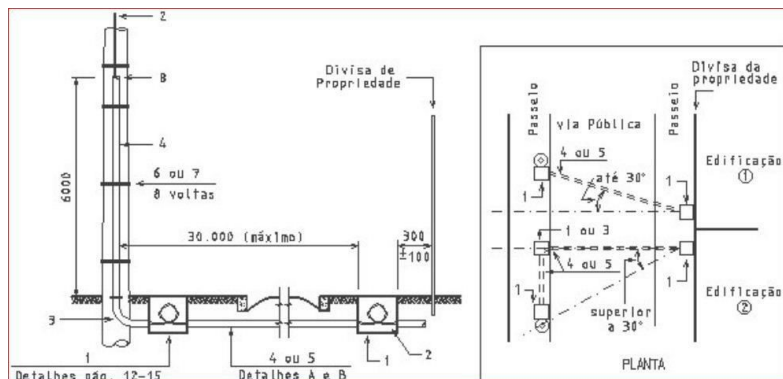


Fonte: Cemig.

Rede subterrânea

A instalação dos ramais de ligação subterrâneos de baixa e média tensão é feita exclusivamente pela distribuidora de energia, a partir da estrutura da rede por ela designada, de acordo com as prescrições técnicas específicas.

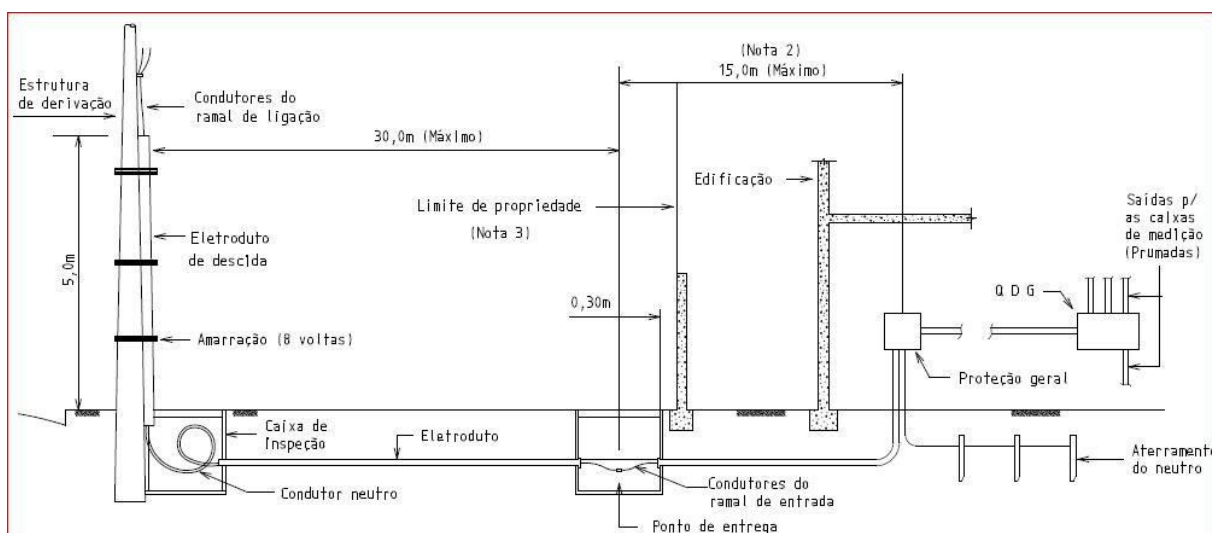
A figura abaixo ilustra esse ramal de ligação.



Fonte: Cemig

Rede (ramal) de Entrada Subterrâneo

Devido à ausência do ramal de ligação subterrâneo, o ponto de entrega localiza-se na estrutura da rede de derivação da Cemig, sendo representado pela conexão entre os condutores deste ramal e os condutores da rede secundária.



Fonte: Cemig.

Observações: (1) Quando a instalação do ramal subterrâneo for exigida pelo consumidor (fornecimentos até 95kVA), o ponto de entrega será junto a rede secundária ou na bucha do transformador (Ponto “A”); (2) Relativo ao ramal de entrada subterrâneo; (3) Quando for até 3 (três) caixas sem proteção geral e sem projeto elétrico, as mesmas deverão ser instaladas na divisa da propriedade com o passeio público e com a leitura voltada para o passeio público.

Tipos de fornecimento às unidades consumidoras

O tipo de fornecimento de energia por parte da distribuidora depende da carga instalada (para ligações de 2,3 ou 4 fios com carga instalada de 15kW) ou em função da demanda esperada (4 fios para carga instalada maior que 23kVA) para consumidores não atendidos por redes secundárias trifásicas (127/220V).

Conforme o manual da CEMIG, podemos tipificar as unidades consumidoras em:

- **Tipo A: Fornecimento de energia a 2 fios (Fase -Neutro):** Abrange as unidades consumidoras urbanas ou rurais atendidas por redes de distribuição secundárias trifásicas (127V/220V), com carga instalada até 10kW.
- **Tipo B: Fornecimento de energia a 3 fios (2 Condutores Fases - Neutro)** Abrange as unidades consumidoras situadas em áreas urbanas ou rurais atendidas por redes de distribuição secundárias trifásicas (127/220V) que não se enquadram no fornecimento tipo A, com carga instalada entre 10,1kW e 15kW.
- **Tipo C: Fornecimento de energia a quatro fios (3 Condutores Fases -Neutro)** Abrange as unidades consumidoras urbanas ou rurais a serem atendidas por redes de distribuição secundárias trifásicas (127/220V), com carga instalada entre 15,1kW a 75kW.
- **Tipo D: Fornecimento de Energia a 3 Fios (2 condutores Fases - Neutro)** Abrange as unidades consumidoras urbanas ou rurais a serem atendidas por redes de distribuição secundárias trifásicas (127/220V) ou redes de distribuição secundárias bifásicas (127/254V) que não se enquadram no fornecimento tipo B ou tipo I, mas que têm carga bifásica e terão o seu fornecimento de energia elétrica a 3 fios (2 condutores fases – neutro) a pedido do consumidor, com carga instalada até 10kW.
- **Tipo E: Fornecimento de Energia a 4 Fios (3 condutores Fases - Neutro)** Abrange as unidades consumidoras situadas em áreas urbanas ou rurais a serem atendidas por redes de distribuição secundárias trifásicas (127/220V) que não se enquadram no fornecimento tipo C, mas que têm carga trifásica e terão o seu fornecimento de energia elétrica a 4 fios (3 condutores fases – neutro) a pedido do consumidor, com carga instalada até 15kW.
- **Tipo I: Fornecimento de energia a 2 fios (Fase-Neutro)** Abrange as unidades consumidoras urbanas ou rurais atendidas por redes de distribuição secundárias bifásicas (127/254V), com carga instalada até 10kW.
- **Tipo J: Fornecimento de Energia a 3 Fios (2 Condutores FasesNeutro)** Abrange as unidades consumidoras situadas em áreas urbanas ou

rurais atendidas por redes de distribuição secundárias bifásicas (127/254V) com carga instalada entre 10,1kW e 37,5kW.

- **Tipo K: Fornecimento de Energia a 4 Fios (3 condutores Fases - Neutro)** Abrange as unidades consumidoras com carga instalada superior a 75kW. Os tipos de aparelhos vetados a este fornecimento correspondem aos mesmos relacionados para o fornecimento tipo C.

INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DE BAIXA TENSÃO

Entende-se por instalações elétricas de baixa tensão aquelas alimentadas com tensão nominal menor ou igual a 1000 V em corrente alternada com frequência menor que 400 Hz, ou as instalações alimentadas com tensão menor ou igual a 1500 V em corrente contínua. No caso do nosso curso, abordaremos as instalações elétricas de baixa tensão de edificações residenciais.

Elementos que compõem as instalações elétricas

Um projeto de instalações elétricas deve indicar seus elementos constitutivos. Seus principais elementos são:

Ponto: indica aparelhos fixos de consumo, bem como seus dispositivos de comando. Incluem tomadas, pontos de iluminação, arandelas. Uma luminária com seu interruptor constituem dois pontos. Os pontos podem ser de dois tipos:

Ponto ativo ou ponto útil: em que efetivamente a corrente elétrica é utilizada. Exemplo: tomada e receptáculo de lâmpada, tomada simples (nela se liga somente um aparelho), tomada dupla (liga-se dois aparelhos simultaneamente), tomada combinada (com entradas para pinos diferentes), tomada com terra (com ligação para aterramento), etc.

Ponto de comando ou ponto de manobra: é o dispositivo que comanda o ponto ativo. Exemplo: interruptor simples (comanda uma só lâmpada ou grupo de lâmpadas), dimmer (variador de tensão que permite regular a luminosidade de uma lâmpada, por exemplo), interruptor de duas seções (possibilita comandar dois conjuntos de lâmpadas), interruptor paralelo (o Three-Way, possibilita que dois pontos de comando controlem um ponto ativo), interruptor

intermediário (Four-Way - trata-se de um interruptor colocada entre interruptores paralelos que permite controlar de qualquer ponto o ponto ativo), etc.

Quadro de distribuição

Conforme a Norma Brasileira NBR IEC 60050 o quadro de distribuição é “o equipamento elétrico destinado a receber energia elétrica por meio de uma ou mais alimentações, e distribuí-la a um ou mais circuitos, podendo também desempenhar funções de proteção, seccionamento, controle e/ou medição”. A função de proteção e controle se faz por meio da utilização de disjuntores.

Podemos entender o quadro de distribuição como o centro das instalações elétricas, pois ele distribui energia para toda a edificação e abriga os dispositivos de proteção e controle dos demais circuitos.

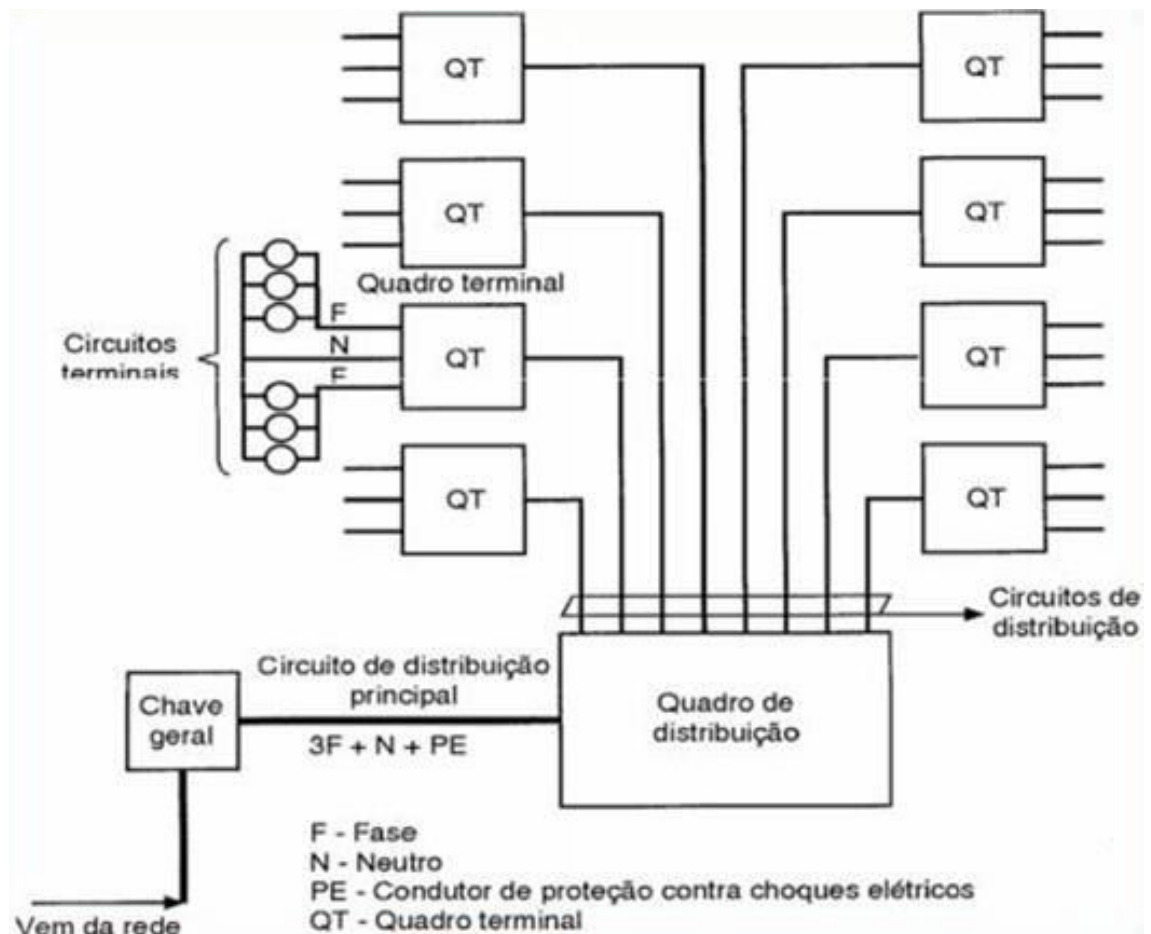


Fonte: (Revista Eletricidade Moderna)

Fiação

Para que possamos realizar as ligações entre o ponto útil, o ponto de comando e a alimentação são necessários condutores de alimentação que podem ser:

- **Condutores terminais:** que saem do quadro terminal de chaves para os pontos ativos.
- **Condutores de distribuição:** ligam o barramento ou chaves do quadro de distribuição geral ao quadro terminal da área consumidora (quarto, escritório, etc.).

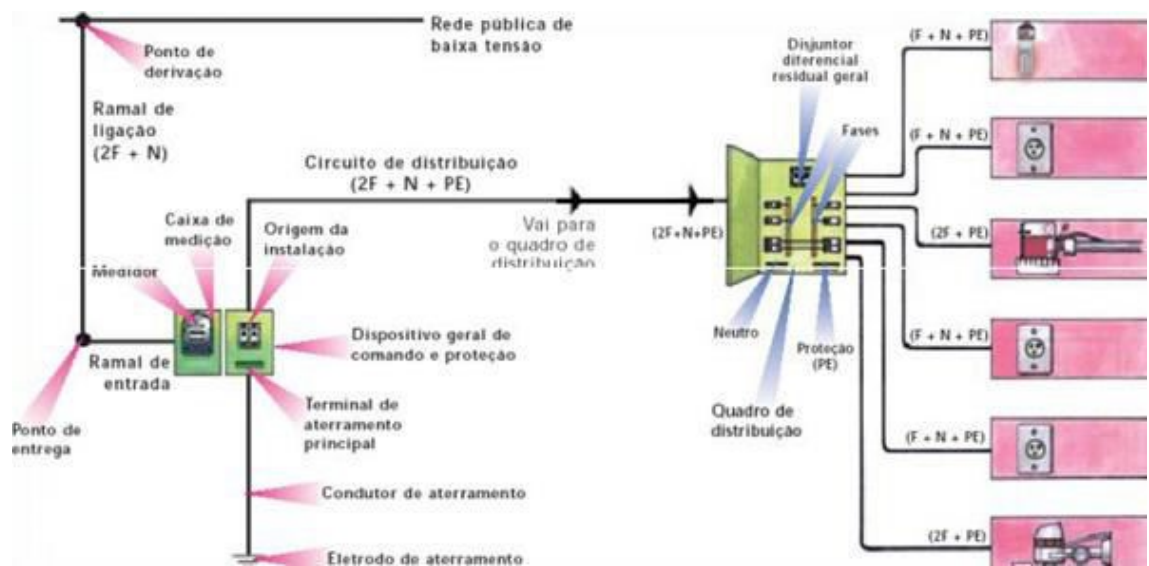


Fonte: (SOUZA, 2012).

- **Condutores principais:** ligam a chave geral do prédio ao quadro de distribuição ou ao medidor.

Os condutores terminais, por sua vez, classificam-se em:

- **Fios diretos:** são normalmente a fase e o neutro, não são interrompidos, embora possam sofrer desmembramentos ao longo de sua extensão. O fio neutro chega a todos os pontos ativos. Já a fase vai direto somente para as tomadas, pois nas luminárias ela passa antes pelos dispositivos de comando (interruptores, botoeiras, etc.).
- Fio de retorno: é o fio que sai do interruptor (fase) e vai para o ponto útil.
- Fios alternativos: existem apenas em comandos elaborados (three-way, four-way, etc.) que podem possibilitar a passagem de corrente por um interruptor paralelo (three-way) ou por um interruptor intermediário (four-way).



Fonte: (SOUZA, 2012).

Simbologia

Ao elaborar projetos de instalações elétricas utilizam-se símbolos para representar os “pontos” e demais elementos dos circuitos elétricos. Abaixo segue

uma apresentação dos símbolos mais usados, conforme a NBR 5444: Fev. 1989 - Símbolos gráficos para instalações elétricas prediais.

Dutos e distribuição. Fonte: NBR 5444: 1989.

Símbolo	Significado	Observações
	Eletroduto embutido no teto ou parede	Para todas as dimensões em mm indicar a seção, se esta não for de 15 mm
	Eletroduto embutido no piso	
	Telefone no teto	
	Telefone no piso	
	Tubulação para campainha, som, anunciador ou outro sistema	Indicar na legenda o sistema passante
	Condutor de fase no interior do eletroduto	Cada traço representa um conduto. Indicar a seção, nº de condutores, nº do circuito e a seção dos condutores, exceto se forem de 1,5 mm²
	Condutor neutro no interior do eletroduto	
	Condutor de retorno no interior do eletroduto	
	Condutor terra no interior do eletroduto	
	Condutor positivo no interior do eletroduto	
	Condutor negativo no interior do eletroduto	
	Cordoalha de terra	Indicar a seção utilizada; em 50 • significa 50 mm²
	Leito de cabos com um circuito passante composto de: três fases, cada um por dois cabos de 25 mm² mais dois cabos de neutro de seção 10 mm²	25 • significa 25 mm² 10 • significa 10 mm²
	Caixa de passagem no piso	Dimensões em mm
	Caixa de passagem no teto	Dimensões em mm
	Caixa de passagem na parede	Indicar a altura e se necessário fazer detalhe (dimensões em mm)

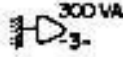
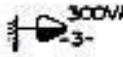
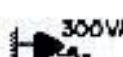
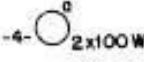
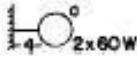
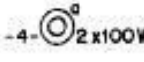
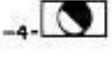
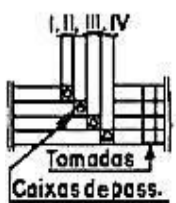
Símbolo	Significado	Observações
	Tomada de luz na parede, baixo (300 mm do piso acabado)	A potência deverá ser indicada ao lado em VA (exceto se for de 100 VA), como também o nº do circuito correspondente e a altura da tomada, se for diferente da normalizada; se a tomada for de força, indicar o nº de W ou kW
	Tomada de luz a meio a altura (1.300 mm do piso acabado)	
	Tomada de luz alta (2.000 mm do piso acabado)	
	Tomada de luz no piso	
	Saída para telefone externo na parede (rede Telebrás)	
	Saída para telefone externo na parede a uma altura "h"	Especificar "h"
	Saída para telefone interno na parede	
	Saída para telefone externo no piso	
	Saída para telefone interno no piso	
	Tomada para rádio e televisão	
	Relógio elétrico no teto	
	Relógio elétrico na parede	
	Saída de som, no teto	
	Saída de som, na parede	Indicar a altura "h"
	Cigarro	
	Campainha	
	Quadro anunciador	Dentro do círculo, indicar o número de chamadas em algarismos romanos

Tabela de Luminárias, refletores e lâmpadas. NBR 5444: 1989.

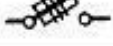
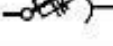
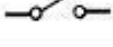
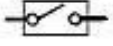
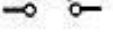
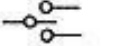
Símbolo	Significado	Observações
	Ponto de luz incandescente no teto. Indicar o nº de lâmpadas e a potência em watts	A letra minúscula indica o ponto de comando e o número entre dois traços o circuito correspondente
	Ponto de luz incandescente na parede (arandela)	Deve-se indicar a altura da arandela
	Ponto de luz incandescente no teto (embutido)	
	Ponto de luz fluorescente no teto (indicar o nº de lâmpadas e na legenda o tipo de partida e reator)	A letra minúscula indica o ponto de comando e o número entre dois traços o circuito correspondente
	Ponto de luz fluorescente na parede	Deve-se indicar a altura da luminária
	Ponto de luz fluorescente no teto (embutido)	
	Ponto de luz incandescente no teto em circuito vigia (emergência)	
	Ponto de luz fluorescente no teto em circuito vigia (emergência)	
	Sinalização de tráfego (rampas, entradas, etc.)	
	Lâmpada de sinalização	
	Refletor	Indicar potência, tensão e tipo de lâmpadas
	Pote com duas luminárias para iluminação externa	Indicar as potências, tipo de lâmpadas
	Lâmpada obstáculo	
	Minuteria	Diâmetro igual ao do interruptor

	Ponto de luz de emergência na parede com alimentação independente	
	Exaustor	
	Motobomba para bombeamento da reserva técnica de água para combate a incêndio	

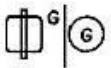
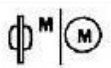
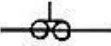
Símbolo	Significado	Observações
	Quadro parcial de luz e força aparente	Indicar as cargas de luz em watts e de força em W ou kW
	Quadro parcial de luz e força embutido	
	Quadro geral de luz e força aparente	
	Quadro geral de luz e força embutido	
	Caixa de telefones	
	Caixa para medidor	

	Eletroduto que sobe	
	Eletroduto que desce	
	Eletroduto que passa descendo	
	Eletroduto que passa subindo	
	Sistema de calha de piso	No desenho aparecem quatro sistemas que são habitualmente: I- Luz e força II- Telefone (TELEBRÁS) III- Telefone (P(A)BX, KS, ramais) IV- Especiais (COMUNICAÇÕES)
	Condutor seção 1,0 mm ² , fase para campainha	Se for de seção maior, indicá-la
	Condutor seção 1,0 mm ² , neutro para campainha	
	Condutor seção 1,0 mm ² , retorno para campainha	

Motores e transformadores.

Símbolo	Significado	Observações
	Interruptor de uma seção	A letra minúscula indica o ponto comandado
	Interruptor de duas seções	As letras minúsculas indicam os pontos comandados
	Interruptor de três seções	As letras minúsculas indicam os pontos comandados
	Interruptor paralelo ou <i>Three-Way</i>	A letra minúscula indica o ponto comandado
	Interruptor intermediário ou <i>Four-Way</i>	A letra minúscula indica o ponto comandado
	Botão de minutaria	Nota: Os símbolos de 7.1 a 7.8 são para plantas e 7.9 a 7.16 para diagramas
	Botão de campainha na parede (ou comando à distância)	
	Botão de campainha no piso (ou comando à distância)	
	Fusível	Indicar a tensão, correntes nominais
	Chave seccionadora com fusíveis, abertura sem carga	Indicar a tensão, correntes nominais Ex.: chave tripolar
	Chave seccionadora com fusíveis, abertura em carga	Indicar a tensão, correntes nominais Ex.: chave bipolar
	Chave seccionadora abertura sem carga	Indicar a tensão, correntes nominais Ex.: chave monopolar
	Chave seccionadora abertura em carga	Indicar a tensão, correntes nominais
	Disjuntor a óleo	Indicar a tensão, corrente potência, capacidade nominal de interrupção e polaridade
	Disjuntor a seco	Indicar a tensão, corrente potência, capacidade nominal de interrupção e polaridade através de traços
	Chave reversora	

Fonte: NBR 5444: 1989.

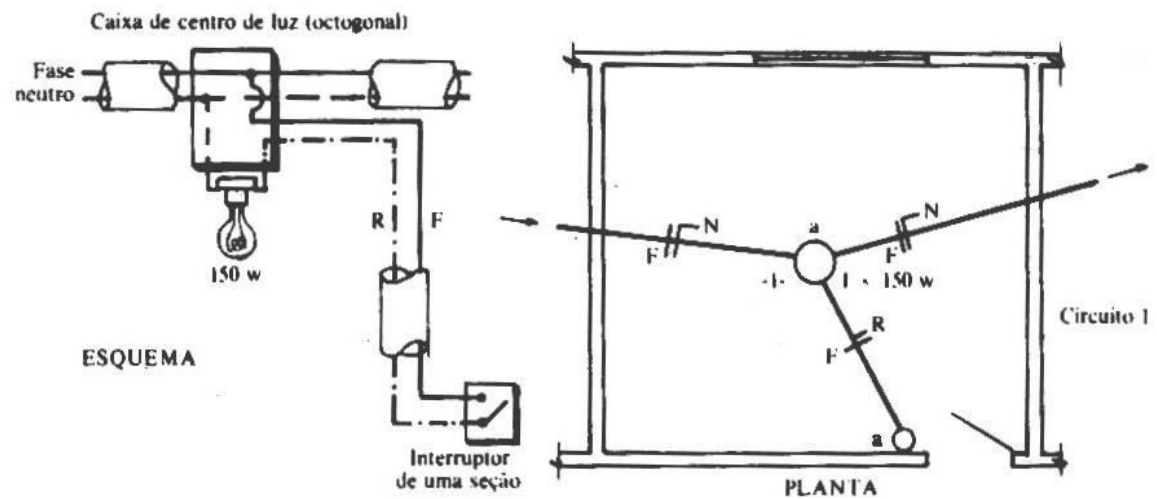
Símbolo	Significado	Observações
	Gerador	Indicar as características nominais
	Motor	Indicar as características nominais
	Transformador de potência	Indicar a relação de tensões e valores nominais
	Transformador de corrente (um núcleo)	Indicar a relação de espiros, classe de exatidão e nível de isolamento. A barra de primário deve ter um traço mais grosso
	Transformador de potencial	
	Transformador de corrente (dois núcleos)	
	Retificador	

Agora que já conhecemos os principais símbolos usados em projetos elétricos, convém analisarmos alguns esquemas de ligação.

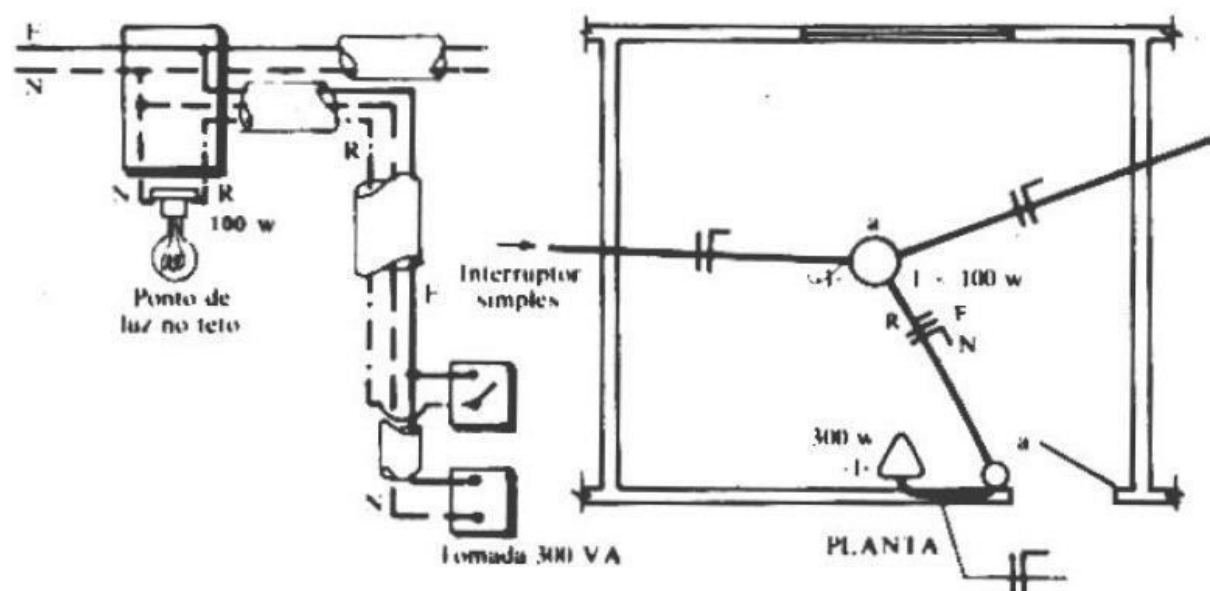
Esquemas de Ligação

Os esquemas que são apresentados a seguir representam fragmentos que compõem circuitos maiores. Desta forma, podemos entender esses pequenos esquemas como “subcircuitos”, ou seja, são circuitos parciais.

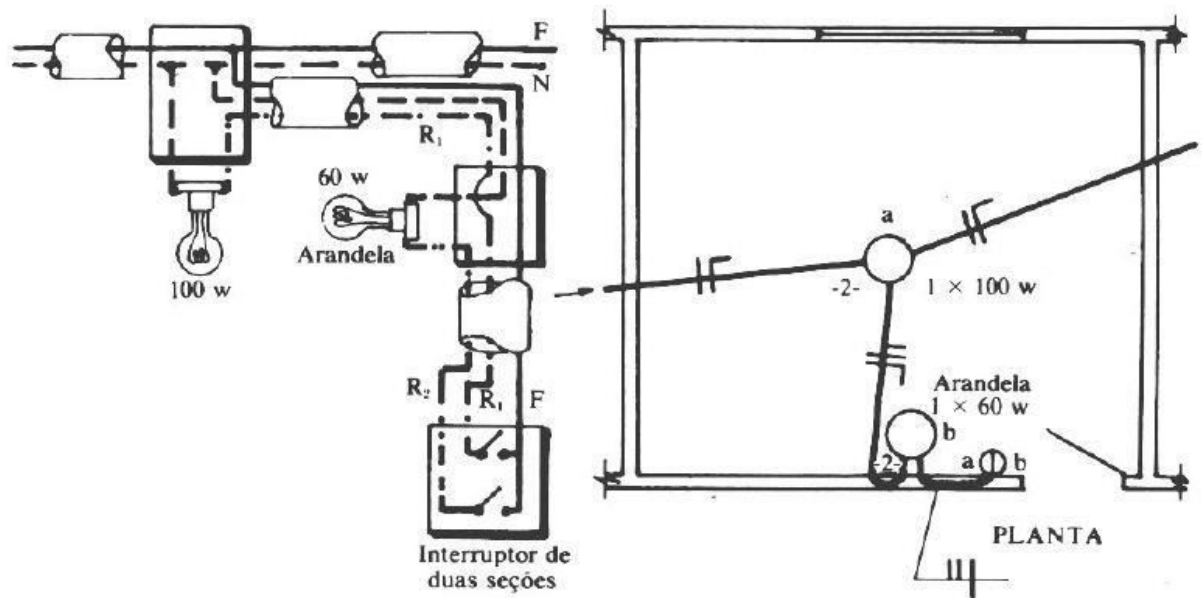
O circuito abaixo é um **ponto de luz ligado a um interruptor simples**. Nele o fio **fase F** vai ao interruptor e ao retornar para a lâmpada passa a se chamar **retorno R**. percebam que o neutro N é ligado diretamente ao receptáculo da lâmpada.



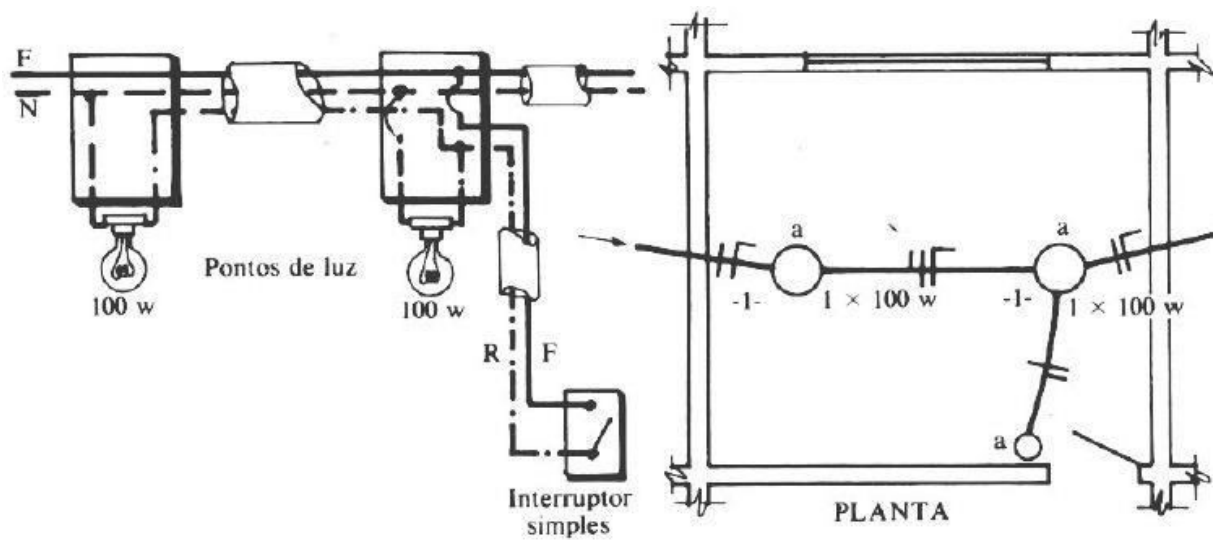
Na figura abaixo temos o esquema de um ponto de luz ligado a um interruptor de uma seção e uma tomada. Como no exemplo anterior, ao interruptor vai apenas a fase. Na tomada é ligado a fase e o neutro.



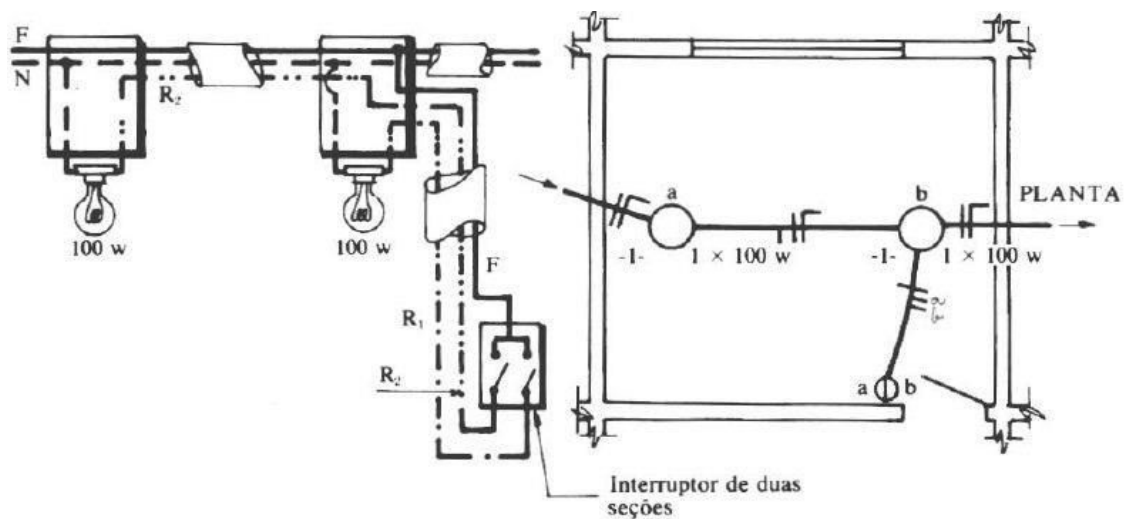
Na imagem abaixo temos uma arandela e um ponto de luz no teto, ligados a interruptor de duas seções:



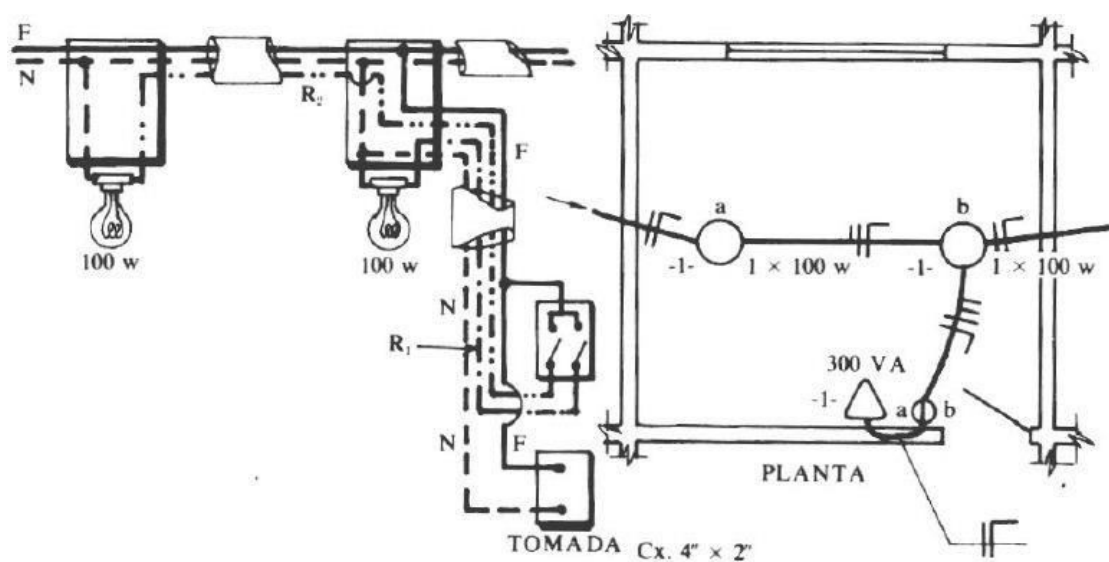
Um interruptor simples comandando dois pontos de luz:



Um interruptor de duas seções comandando dois pontos de luz:

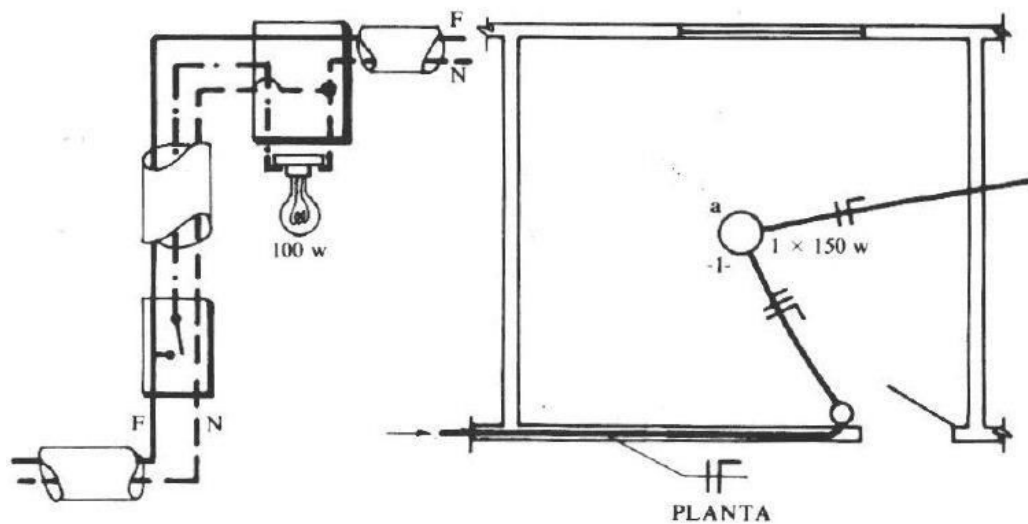


Duas lâmpadas acionadas com um interruptor de duas seções e uma tomada. Ou seja, mesma situação da imagem anterior, porém acrescentamos uma tomada no circuito:



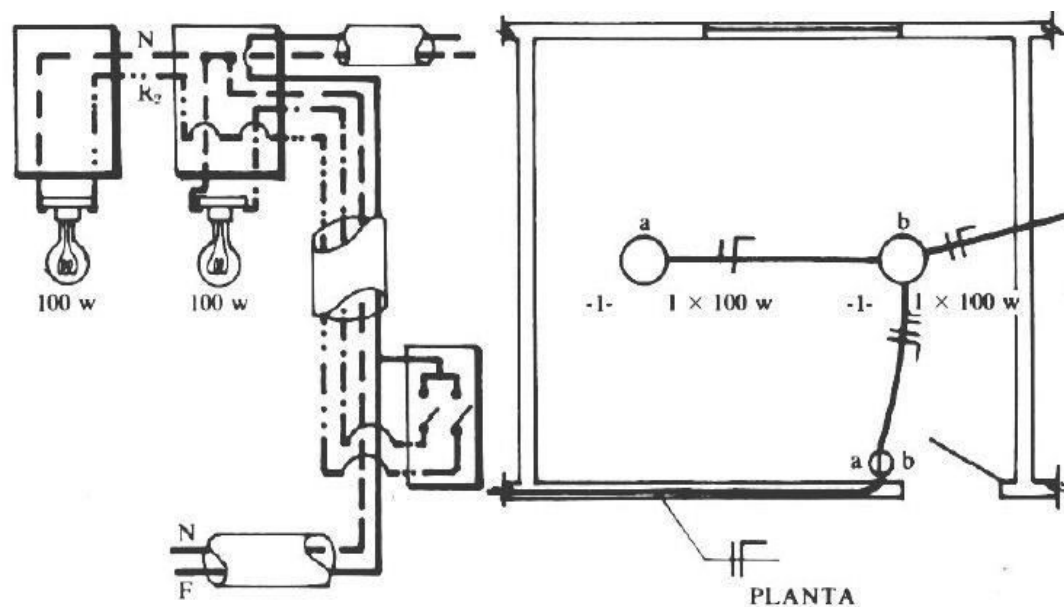
Fonte: Niskier (2005).

Uma lâmpada ligada a um interruptor de duas seções (alimentação pelo interruptor):



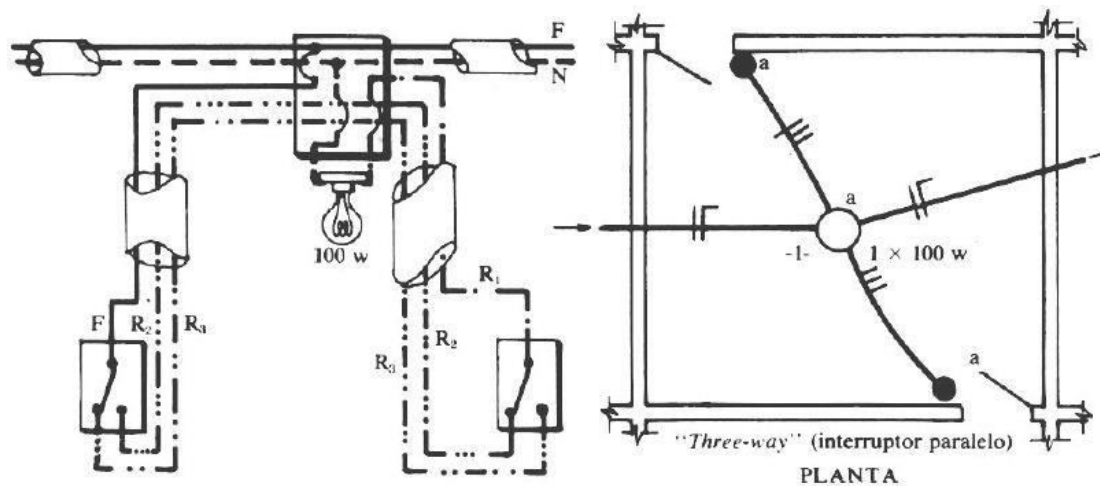
Fonte: Niskier (2005).

Duas lâmpadas comandadas e alimentadas por um interruptor de duas seções:



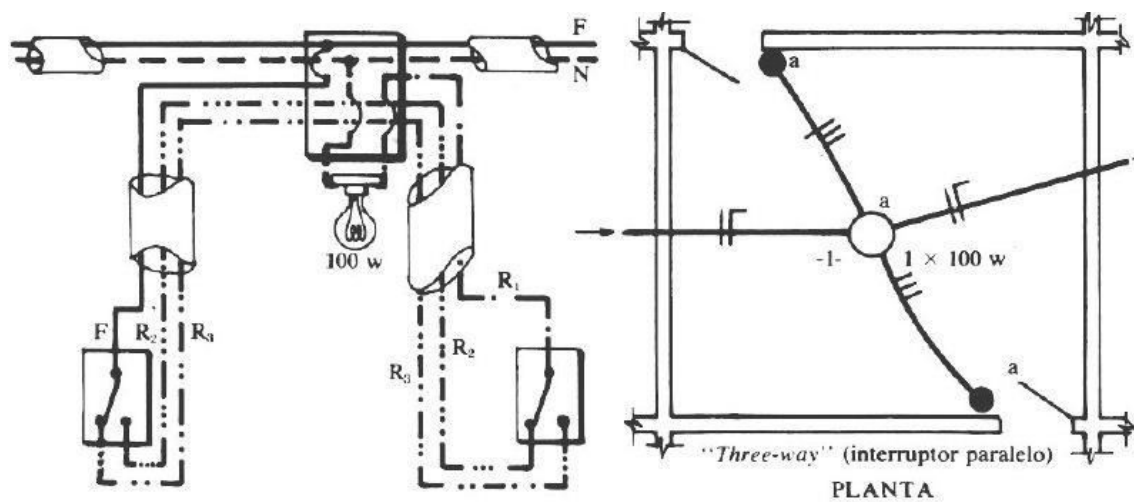
Fonte: Niskier (2005).

Dois interruptores independentes comandam duas lâmpadas também independentes:

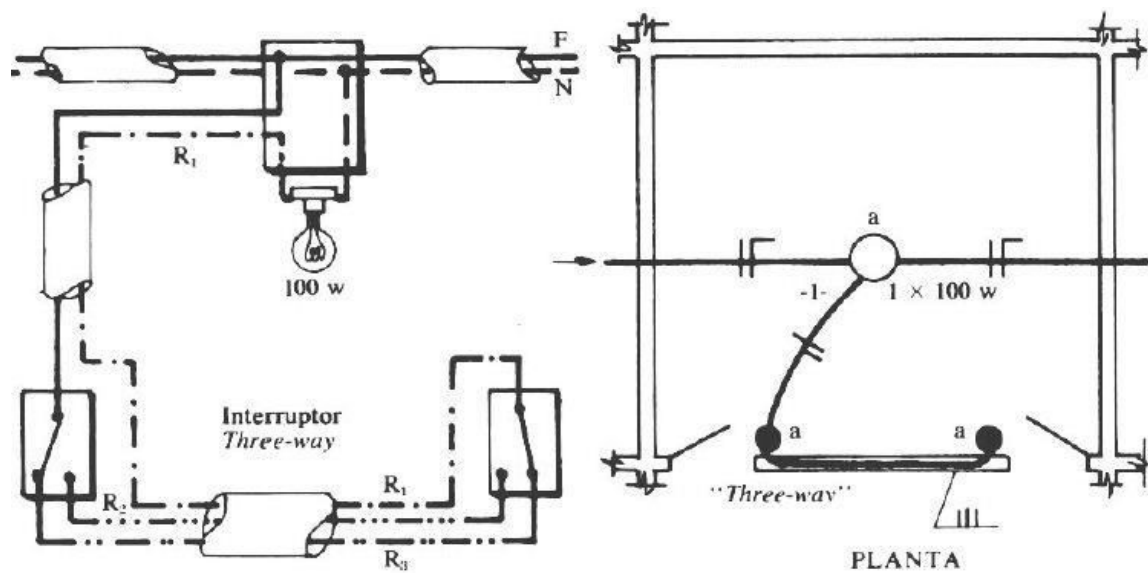


Fonte: Niskier (2005).

Ligação Three-Way, lâmpadas ligadas com interruptores paralelos. Esse tipo de ligação possibilita ligar e desligar uma ou mais lâmpadas a partir de pontos diferentes. Perceba que a lâmpada está apagada, pois o circuito está aberto. Veja:

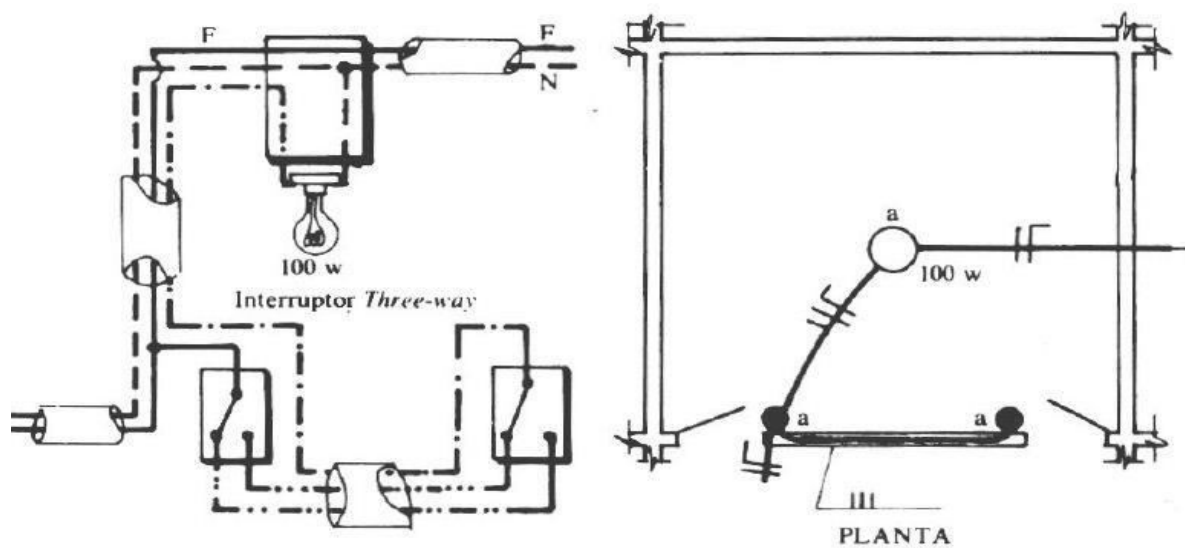


Fonte: Niskier (2005) Ligação Three-Way, com lâmpada ligada:



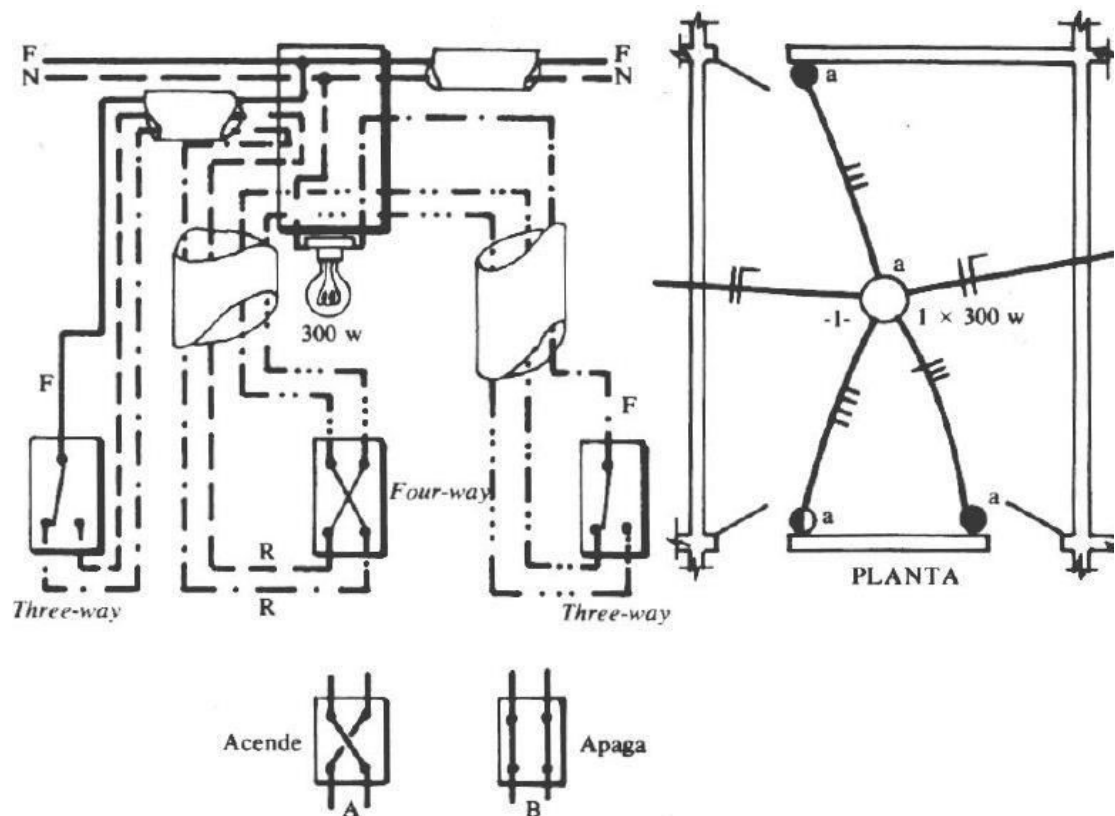
FONTE: Niskier (2005).

Interruptores paralelos alimentando uma lâmpada:



Fonte: Niskier (2005).

Você poderá ainda fazer a ligação Three-Way (dois interruptores paralelos) com um interruptor intermediário (Four-Way). Veja como na figura abaixo:



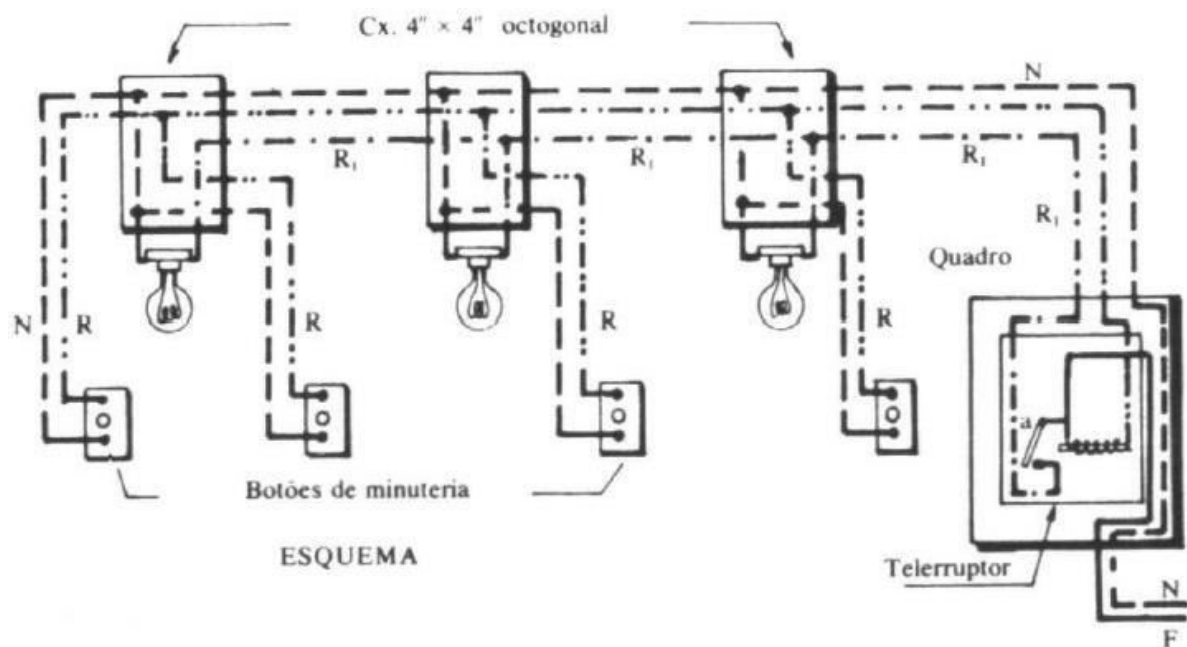
Fonte: Niskier (2005).

Na figura acima o interruptor (Four-Way) tem dois terminais de entrada e dois de saída. Ao acioná-lo podemos ligar (posição A) ou desligar (posição B) a lâmpada pouco importando qual a posição dos outros interruptores. Dessa forma, ele possibilita ligar ou desligar a lâmpada, estando os demais interruptores ligados ou desligados.

Minuteria

Muitas vezes, acendemos as luzes de garagens, hall de serviço, corredores, e outras áreas sociais e nos esquecemos de apagá-las. Por razões econômicas não é conveniente que as lâmpadas fiquem acesas durante toda a noite e às vezes até durante o dia inteiro. Para minimizar esse problema utilizam-se as minuterias, que permitem manter as luzes acesas por um período determinado (normalmente minutos, daí a expressão minuteria) desligando automaticamente em seguida. O

tempo em que ela fica ligada é programável, varia normalmente de 30 segundos a 20 minutos. Caso a pessoa que esteja no corredor e precise de iluminação por mais tempo, basta pressionar o botão de minuteria toda vez que a luz apagar.



Determinação das características das instalações

Para se determinar as características das instalações elétricas é necessário considerar (NBR 5410):

1. A utilização prevista, estrutura geral e alimentação.
2. Influências externas as quais está submetida.
3. Compatibilidade de seus componentes.
4. Manutenção.

CÁLCULO DE CARGA

Antes de elaborar qualquer projeto é fundamental determinar a potência de alimentação que garanta economia e segurança (dentro dos limites de temperatura e queda de tensão).

Para isso é necessário prever quais equipamentos serão instalados e utilizados, bem como suas respectivas potências nominais. Depois disso, deve-se considerar que todos os equipamentos possam funcionar ao mesmo tempo, bem como devemos garantir uma reserva para futuras aplicações. Ou seja, devemos saber qual é a demanda máxima de carga para que as instalações atendam a demanda com segurança e economia. Além disso, o tipo de fornecimento por parte da distribuidora dependerá da carga instalada.

A previsão da carga de uma instalação é relativamente simples. Basta somar a potência nominal dos equipamentos (potência dos chuveiros, geladeiras, etc.). Nos casos em que o fabricante não fornece essa informação devemos calculá-la com base na potência nominal, corrente nominal e fator de potência.

Nas instalações de iluminação devemos realizar estudo luminotécnico conforme manda a NBR 5413: 1992. Esta Norma estabelece os valores de iluminâncias médias mínimas em serviço para iluminação artificial em interiores, onde se realizem atividades de comércio, indústria, ensino, esporte e outras. Entende-se por Iluminância o limite da razão do fluxo luminoso recebido pela superfície em torno de um ponto considerado, para a área da superfície quando esta tende para o zero.

Dessa forma, a NBR 5413 visa garantir um nível de iluminância mínimo para diferentes atividades. Para saber qual o nível de iluminância mais adequado para diferentes campos e ambientes de trabalho, ver NBR 5413.

Nosso interesse aqui é determinar a densidade de carga a ser instalada. Para saber qual o nível de iluminância mais adequado para diferentes campos e ambientes de trabalho, ver NBR 5413.

Em residências, a carga mínima a ser instalada em cômodos de até 6m² é 100 VA. Nos cômodos com área superior a 6m² deve-se usar a carga mínima acrescida de 60 VA para cada aumento de 4 m² inteiros. Por exemplo, se um cômodo tem área de 14 m², a carga mínima é de 120VA (60+40+40).

Uma maneira mais simples de determinar a carga mínima é usar a tabela abaixo:

Local	Densidade de carga (W / m ²)
Residências	
Salas	25 – 30
Quartos	20
Escritórios	25 – 30
Copa e cozinha	25 – 30
Banheiro	10
Dependências	10
Diversos	
Escritórios, salas de aula	30 - 40
Lojas	30 – 40
Hotel – recepção	50 – 70
Hotel – quartos	10 – 15
Biblioteca	30 – 50
Banco	30 – 40
Igreja	10 – 20
Laboratório	40 – 50
Restaurante	15 – 20
Deposito	5 – 10
Galeria de arte	30 – 40
Auditório – plateia	10 – 20
Auditório – palco	150 – 300
Garagem comercial	5 – 10

Por exemplo, se um banco tem área de 100 m² qual deve ser a carga mínima para iluminação. Pela tabela acima vemos que precisa de uma densidade de carga entre 30 e 40 W / m². Vamos considerar a maior, 40 W / m².

Como o banco tem 100 m², a carga mínima deverá ser $100 \times 40 = 4000\text{VA}$. Logo, as instalações de iluminação do banco devem ser dimensionadas para suportar a carga de 4000VA. O correto dimensionamento das instalações é fundamental por dois motivos: economia e segurança. Instalações superdimensionadas não são econômicas (custam mais caro), e as instalações subdimensionadas são inseguras, por não suportarem a carga instalada, o que gera aquecimentos, perda de energia e pode gerar incêndios.

TOMADAS

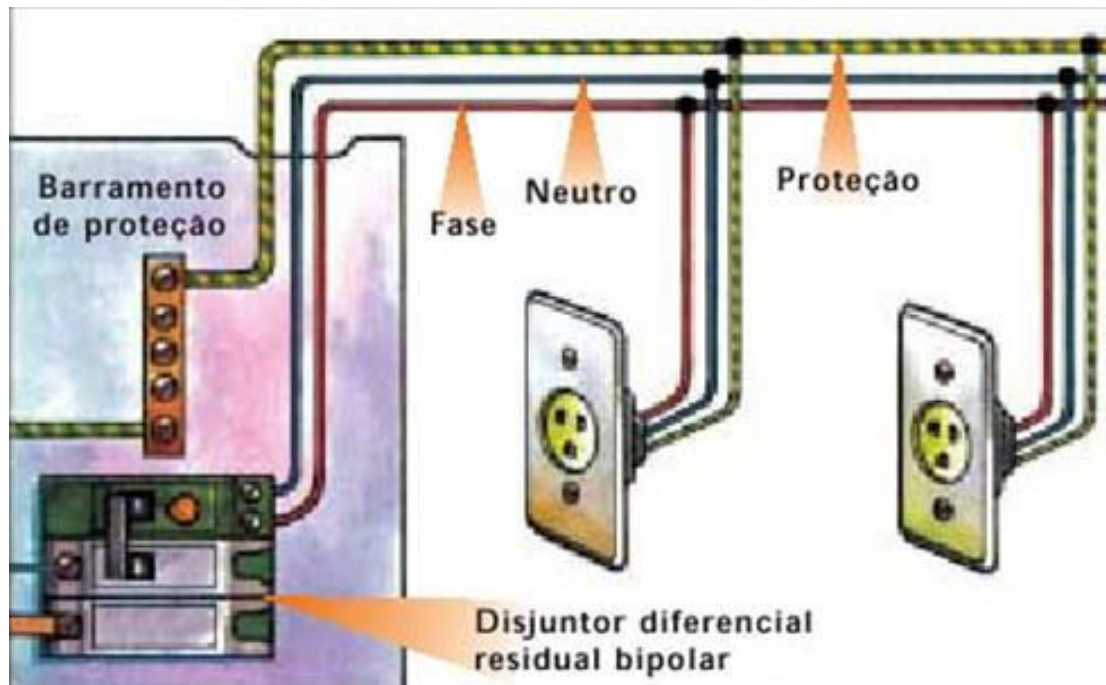
Segundo a NBR 5410, as tomadas devem possuir o pino de aterramento. A NBR 14136 estabelece o padrão brasileiro de tomadas até 20 A / 250V. A imagem abaixo mostra o padrão brasileiro:



Fonte: (Mecatron Elétrica e Automação, 2012).

Basicamente, as tomadas podem ser divididas em duas classes:

Tomadas de uso geral (TUGs), onde são ligados diversos aparelhos como torradeiras, abajures, secadores, aspiradores de pó, etc.



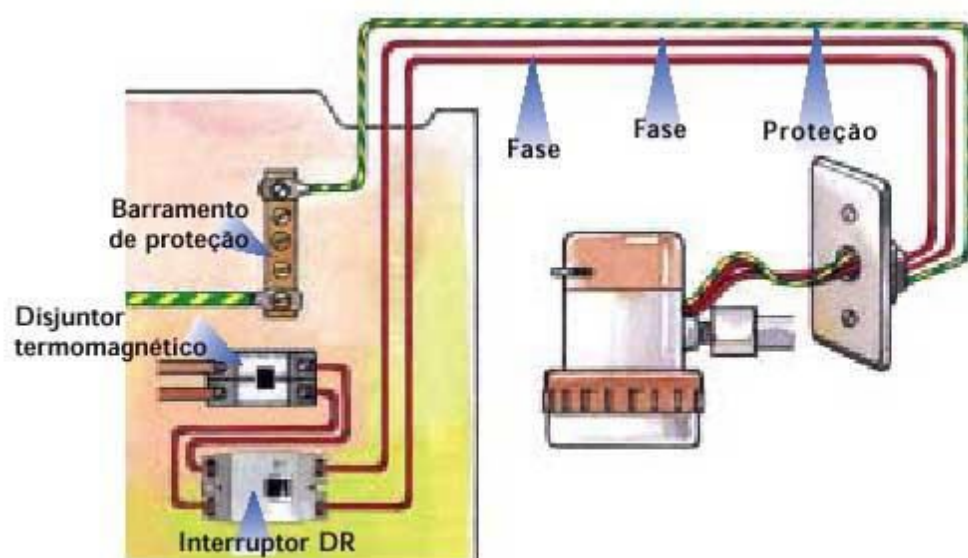
Fonte: (Suzuki, 2012).

Tomadas de uso geral em residências

- Nas residências, os cômodos com áreas $\leq 6\text{m}^2$ devem ter pelo menos uma tomada.
- Nos cômodos com área $> 6\text{m}^2$ deve possuir 1 tomada para cada 5m de perímetro.
- Os banheiros devem possuir 1 tomada próxima ao lavatório.
- Em garagens, sótãos, e varandas deve ter ao menos uma tomada.
- Nos locais de maior demanda de energia, cozinhas, áreas de serviços etc., recomenda-se 600 VA por tomada, até 3 tomadas e 100VA para as demais. Ressaltamos, esses valores referem-se a residências.

Tomadas de uso específico (TUEs)

São aquelas que fornecem energia para aparelhos fixos, como chuveiros, aparelhos de ar-condicionado, torneiras elétricas, etc.



Fonte: (Suzuki, 2012).

As tomadas de uso específico devem ser dimensionadas de acordo com a potência nominal do aparelho a ser utilizado. Sua distância deve ser de no máximo 150cm do equipamento. A tabela abaixo, a título de ilustração, mostra a potência nominal de equipamentos ligados a tomadas de uso específico.

Aparelhos	Potência (W)
Chuveiro elétrico	5.400 a 7.500
Aparelho de ar condicionado	1.060 a 3.350
Forno micro-ondas	700 a 1.500
Torneira elétrica	3.500 a 5.400
Máquina de Secar Roupas (MSR)	1.400 a 6.000
Máquina de Lavar Louça (MLL)	1.200 a 2.000
Aquecedor de água por	2.000 a 12.000

acumulação	
Forno elétrico	900 a 2.400
Máquina de Lavar Roupa (MLR)	500 a 1.000

POTÊNCIA INSTALADA X POTÊNCIA DEMANDADA

Entende-se por potência instalada (P_{inst}) ou potência nominal (P_n) o somatório das potências nominais de todos os aparelhos (o que incluem tomadas). Na prática, percebeu-se que não é econômico dimensionar as instalações elétricas com base somente na potência nominal, pois a potência demandada (P_d) sempre é inferior à potência nominal. Para encontrar a potência demandada é necessário multiplicar a potência nominal por um fator de demanda (f).

$$P_d = f \cdot P_{inst}$$

Sendo:

P_d = potência demandada f = fator de demanda

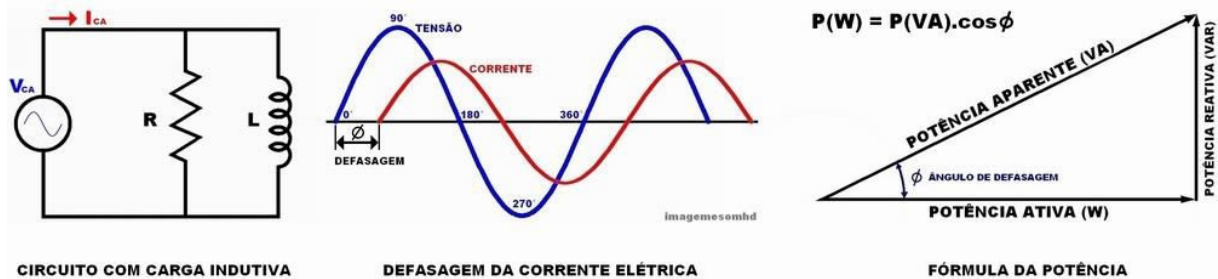
$P_{inst} = P_1 + P_2$ Desta forma:

$$P_d = f \cdot (P_1 + P_2)$$

Sendo P_2 a soma das potências nominais dos aparelhos fixos e P_1 a soma das potências nominais de iluminação e demais tomadas.

Fator de potência

Em um circuito resistivo alimentado por corrente alternada a potência que visualizamos no Wattímetro é igual ao produto da tensão (V) pela corrente (A). Se acoplarmos a esse circuito um solenoide a potência visualizada no Wattímetro será menor que o produto da tensão (medida pelo voltímetro) pela corrente (medida no amperímetro), pois a bobina (solenóide) atrasa a corrente em relação à tensão, o que pode ser visualizado na figura abaixo:



Dessa forma, a potência ativa (potência real, aquela mostrada no wattímetro) é menor que a potência nominal (aquela obtida pelo produto da tensão pela corrente, também conhecida como potência aparente). A potência real é medida em Watts, a potência aparente (Pa) é medida em VoltAmperes (VA). A relação entre ambas é expressa a seguir:

$$P_a = \sqrt{3} \cdot U \cdot I$$

Depois de achar a potência aparente, definimos o fator de potência com base na razão potência ativa / potência aparente.

$$\text{Fator de potência} = \frac{P}{P_a} = \cos \varphi$$

Como explicitado anteriormente, nos circuitos puramente resistivos não há atraso na corrente, sendo o fator de potência = $\cos \varphi = 1$.

Entretanto, nos circuitos com indutância o fator de potência $\cos \varphi < 1$.

Exemplo:

Imaginemos um circuito indutivo em que a potência ativa (medida pelo wattímetro) seja 1230W e a potência nominal, calculada pelo produto da amperagem pela voltagem seja 1350VA. Qual é o fator de potência para este circuito?

$$\text{O fator de potência} = \frac{\text{Potência ativa}}{\text{Potência aparente}} = \frac{W}{VA} = \frac{1230}{1350} = 0,91 \text{ ou } 91\%$$

Nesse caso, como o fator de potência é inferior a um, isso indica que existe um consumo de energia que não é mensurado pelo wattímetro, consumo este incorrido na produção da indução magnética. Nas instalações em que o fator de potência é baixo, para produzir potência ativa (ativa) é necessária uma elevada potência aparente (VA), o que encarece as instalações, pois é necessário gastar mais com cabos e equipamentos.

O estudo do fator de potência é essencial no combate ao desperdício de energia elétrica. Em função do inconveniente ocasionado pelo baixo fator de potência a ANEEL, por meio de sua Resolução Normativa nº 414 de 9 de setembro de 2010, estabeleceu:

Art. 95. “O fator de potência de referência “fR”, indutivo ou capacitivo, tem como limite mínimo permitido, para as unidades consumidoras ...o valor de 0,92.”

Em nosso texto, usaremos o (fp) ao invés de (fR) em tópicos posteriores veremos a utilidade desse conceito.

Rendimento de uma máquina elétrica

O rendimento de uma máquina elétrica nada mais é que a razão de sua potência de saída (P_s) pela sua potência de entrada (P_{ent}), qual seja:

$$\eta = \frac{P_s}{P_{ent}}$$

Uma máquina apresenta bom rendimento quando sua potência de saída se aproxima de sua potência de entrada, ou seja, quando seu rendimento se aproxima de 1.

CÁLCULO DA CORRENTE

O cálculo da corrente é essencial nos projetos de instalações elétricas, pois o dimensionamento dos dispositivos de proteção e dos condutores é dependente da intensidade da corrente elétrica que passa por eles.

Corrente nominal (I_n)

É a corrente que se espera que seja consumida pelos aparelhos quando operam nas condições estabelecidas pelo fabricante. Nem sempre o equipamento consome exatamente a corrente nominal especificada nas plaquetas afixadas sobre ele. Nessas circunstâncias, é necessário calcular a corrente como veremos a seguir.

Corrente de projeto (I_p)

A corrente de projeto nada mais é que a corrente que um circuito de distribuição ou terminal deve transportar ao operar em condições normais, ou seja, quando não há excesso de demanda. Em outras palavras, quando não esperado que todos os equipamentos disponíveis estejam ligados simultaneamente.

Cálculo da corrente nominal (I_n)

Nos circuitos monofásicos (1 fase e um neutro) a corrente nominal é dada pela seguinte expressão:

$$I_n = \frac{P_n}{u \cdot \eta \cdot \cos \varphi}$$

Onde:

I_n é a corrente nominal em ampères;

P_n é a corrente nominal expressa em watts, é equivalente a potência de saída do equipamento;

η (letra grega eta) é o rendimento, razão entre a potência de saída e a de entrada do equipamento;

$$\eta = \frac{P_s}{P_{ent}}$$

É frequente encontrarmos nas tabelas a perda em watts e não o rendimento.

$\cos \varphi$ é o fator de potência.

Nos circuitos trifásicos (3 fases e 1 neutro):

$$I_n = \frac{P_n}{3 \cdot u \cdot \eta \cdot \cos \varphi}$$

Onde u é a tensão entre fase e neutro, medida em volts.

Nos circuitos trifásicos em que se utiliza a tensão entre fases:

$$I_n = \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \eta \cdot \cos \varphi}$$

Onde U é a tensão entre fases, medida em volts.

Exemplos:

1. Calcule a corrente nominal de uma lâmpada incandescente de 150 W ligada em 120 V.

Resposta: Como sabemos, em circuitos puramente resistivos o fator de potência é 1, não havendo perdas como nos circuitos indutivos. Se não há perdas, logo o rendimento também será 1, pois a potência de saída é igual a potência de entrada. Substituindo na fórmula apresentada temos:

$$I_n = \frac{P_n}{u \cdot \eta \cdot \cos \varphi} \quad I_n = \frac{150}{120 \cdot 1 \cdot 1} \quad I_n = \frac{150}{120} \quad I_n = 1,25A$$

Logo, a corrente nominal é 1,25 A.

2. Calcule a corrente nominal de um motor trifásico de 3500 W em sistema entre fases cujo fator de potência seja 0,92 e o rendimento seja 0,80.

Resposta: como se trata de um circuito trifásico alimentado por uma corrente fornecida entre fases, usamos a seguinte fórmula:

$$I_n = \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \eta \cdot \cos \varphi} \qquad I_n = \frac{3500}{\sqrt{3} \cdot 220 \cdot 0,80 \cdot 0,92}$$

$$I_n = \frac{3500}{\sqrt{3} \cdot 220 \cdot 0,80 \cdot 0,92} \qquad I_n = \frac{3500}{\sqrt{3} \cdot 161,92}$$

$$I_n = \frac{3500}{1,732 \cdot 161,92} = \frac{3500}{280,45} = 12,47A$$

Corrente de projeto (Ip)

A corrente de projeto é a corrente que deve passar pelo circuito quando este estiver operando em serviço normal.

Carga instalada

Entende-se por carga instalada o somatório das potências nominais de cada um dos equipamentos da unidade consumidora.

A tabela abaixo mostra um exemplo de carga instalada de uma unidade consumidora (220 / 127 V).

Tipo de carga / aparelho	Potência nominal	Quantidade	Total parcial
Lâmpada incandescente	100 W	6	600 W
Lâmpada incandescente	60 W	4	240 W
Lâmpada fluorescente	25 W	12	300 W
Tomadas	200 W	10	2000 W
Chuveiro	5500 W	1	5500 W

Geladeira	350 W	1	350 W
Televisor 29"	100 W	2	200 W
Ventilador	80 W	2	160 W
Condicionador de ar	1500 W	1	1500 W
Bomba d'água (motor)	2000 W	1	2000 W
Compressor (motor)	1300 W	1	1300 W
CARGA TOTAL	-	-	14150 W

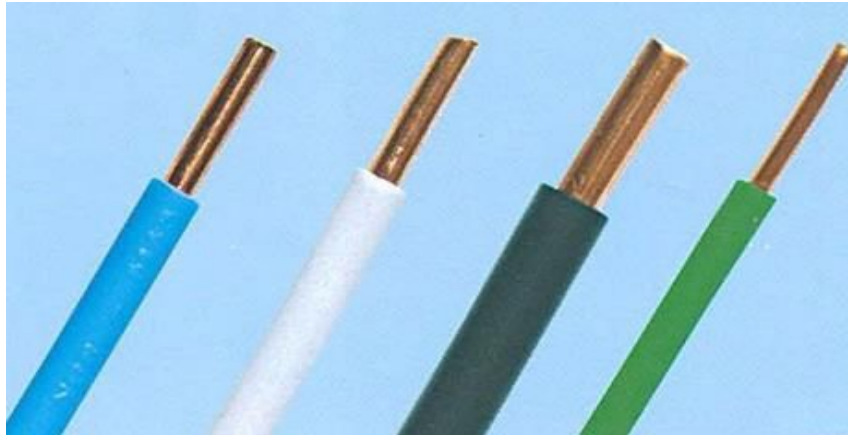
Quando o somatório da carga instalada for superior a 8,0 KW, devem-se dimensionar os condutores, materiais de proteção e equipamentos para operar nas ligações trifásicas.

O estudo das correntes elétricas, da carga instalada é fundamental para que se possam dimensionar os condutores e dispositivos de proteção.

CONDUTORES ELÉTRICOS: FIOS E CABOS

Como vimos, os condutores são materiais que permitem o deslocamento de corrente elétrica. Condutor elétrico é, portanto, composto por material de boa condutibilidade elétrica sendo normalmente de cobre ou alumínio. São os fios e cabos.

Um **fio** é um condutor, que pode ser de alumínio ou cobre, maciço, cuja seção é circular podendo ter ou não isolamento.



Fonte: (BCRGN, 2012)

Por sua vez, **cabo** é um conjunto de fios encordoados e não isolados entre si, podendo ser encapado (com isolação normalmente de PVC) ou não, de acordo com seu uso. É mais flexível que um fio que apresenta a mesma capacidade de carga.



Fonte: (Ferramentas Gerais, 2012).

Normalmente os condutores da fase, neutro e terra são dispostos em eletrodutos. Nesses casos eles devem ser isolados e devem ser recobertos por uma camada conhecida como cobertura para evitar sua exposição direta às bandejas ou ao solo.



FONTE: (Prysmian, 2012)

Na figura acima (1) é o condutor, ou seja, o metal de cobre nu e têmpera mole com encordoamento extraflexível; (2) é a isolamento termoplástica em dupla camada de poliolefínico não halogenado.

Basicamente, os cabos podem ser de dois tipos:

1. **Unipolares:** quando constituídos por um condutor com fios trançados com cobertura isolante.



Fonte: (Estado de Minas, 2011).

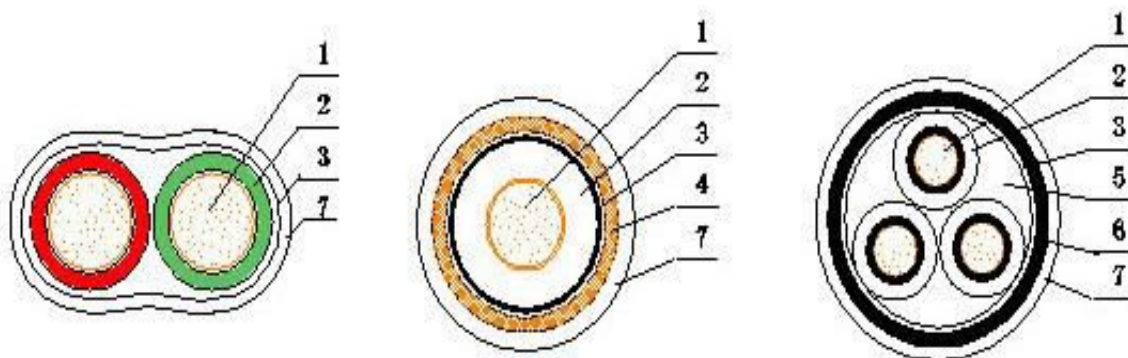
2. **Multipolares:** quando constituídos por dois ou mais condutores isolados que são protegidos por uma camada protetora comum, como na figura abaixo.



Fonte: (Companhia Ibérica de Condutores Elétricos, 2013).

SEÇÃO DOS CONDUTORES

Seção nominal de um fio é a área de sua seção transversal. Seção nominal de um cabo (conjunto de fios encordoados) é soma das áreas das seções transversais de seus fios. A seção nominal que falamos é a seção do condutor, o que não inclui os isolantes e protetores. A figura abaixo evidencia a seção nominal dos cabos.



FONTE: (Huanya Cable , 2012)

Na figura acima (1) é o condutor cuja seção nominal estamos estudando; (2) é a camada de isolamento; (3) mostra o interior da camada de revestimento; (4) Shield layer, a blindagem de alumínio ou cobre, usada para reduzir a interferência eletromagnética, usado principalmente em cabos de antenas; (5) filler, extrusão de uma fita plástica para preencher os espaços vazios entre os condutores no interior do cabo; (6) Armor layer, ou seja, um armadura de fios de aço que fornece proteção mecânica, o que significa que o cabo pode suportar tensões mecânicas mais elevadas, ser enterrado diretamente e utilizados em projetos externos ou subterrâneos; (7) cobertura externa.

No Brasil a escala AWG/CM (American Wire Gauge – Circular Mil) foi muito utilizada até a década de 80. Em 1980 a ABNT divulgou a NBR 5410: 1980, atualmente estamos na NBR 5410: 2004, que estabelece que os condutores devam ter suas seções medidas em milímetros quadrados (mm^2) a seção nominal de um cabo multipolar é igual ao produto da seção nominal de cada veia que compõe o cabo.

Os materiais que compõem os fios devem ser adequados ao seu uso. Dessa forma, nas instalações residenciais utilizam-se condutores de cobre, exceto nos condutores de proteção e aterramento. Nas instalações comerciais é permitido o uso de condutores de alumínio com seção $\geq 50 \text{ mm}^2$. Nas instalações industriais o uso de condutores de alumínio é permitido desde que três condições sejam simultaneamente obedecidas: seção nominal $\geq 16 \text{ mm}^2$; instalações alimentadas por transformador ou estação transformadora; instalações e manutenção altamente qualificada.

Como sabemos, quanto maior a seção de um condutor, maior será sua capacidade de carga. Essa capacidade de carga é medida em amperes. Quando um condutor transporta uma carga superior à sua capacidade, sua energia cinética aumenta significativamente, o que o faz aquecer. O aquecimento dos condutores não é desejável, visto que aumenta as chances de incêndio e curto-circuito, uma vez que pode derreter o isolamento. Há também perdas de energia (energia elétrica é perdida na forma de calor) quando os condutores estão subdimensionados. Desta forma, o correto dimensionamento das instalações é fundamental para garantir a

segurança, evitando o subdimensionamento dos condutores, o que evita riscos de incêndios e curtos, bem como para garantir economia, pois os condutores de maior seção são mais caros.

Seção do condutor neutro

A seção do condutor neutro deve ser a mesma do condutor-fase nos circuitos monofásicos e bifásicos. Nos circuitos trifásicos, a seção do condutor neutro deve ser igual à seção da fase somente quando esta for $\leq 25 \text{ mm}^2$ nos condutores de cobre e alumínio.

Tabela – Seção do condutor neutro

TIPO DE INSTALAÇÃO		UTILIZAÇÃO DO CIRCUITO	SEÇÃO MÍNIMA DO CONDUTOR (mm ²) / MATERIAL
Instalações fixas em	Condutores e cabos isolados	Circuitos de iluminação	1,5 Cu 16 Al
		Circuitos de força	2,5 C 16 Al
		Circuitos de sinalização e circuitos	0,5 Cu
	Condutores nus	Circuitos de força	10 Cu 16 Al
		Circuitos de sinalização e circuitos	4 Cu
	de controle		
Linhas flexíveis com cabos isolados		Para um equipamento especificado na norma do equipamento	
		Para qualquer outra aplicação	0,75 Cu

aplicações especiais	Circuitos de extra baixa tensão para	0,75 Cu
----------------------	--------------------------------------	---------

FONTE: NBR 5410: 2004.

Observações:

- 1) Seções mínimas ditadas por razões mecânicas;
- 2) Circuitos de tomada de corrente são considerados circuitos de força;
- 3) Nos circuitos de sinalização e controle é admitida a seção mínima de 0,1 mm²;
- 4) Nos cabos multipolares flexíveis que possuem sete ou mais veias é aceito uma seção mínima de 0,1 mm².

Na tabela abaixo evidenciamos qual deve ser a seção do condutor neutro em relação ao condutor-fase quando os condutores forem compostos pelo mesmo metal. O condutor neutro não pode, em nenhuma hipótese, ser comum a vários circuitos.

Tabela 2 – seção mínima do condutor neutro.

Seção do condutor fase (mm ²)	Seção mínima do condutor neutro em (mm ²)
S ≤ 25	S = mesma seção do condutor fase
35	25
50	25
70	35
95	50
120	70
150	70
185	95

240	120
300	150
400	185

FONTE: NBR 5410: 2004.

TIPOS DE CONDUTORES

Basicamente, os condutores de baixa tensão (0,6 KV – 0,75 KV – 1KV) podem ser classificados quanto ao seu comportamento com relação ao fogo. Podem ser de quatro tipos:

- 1) Propagadores de chama: sofrem combustão quando expostos ao fogo e mantêm o mesmo após a retirada da chama que o originou. O EPR, etilpropileno e o XLPE, polietileno reticulado são seus principais representantes.
- 2) Não propagadores de chama: quando se remove a chama ativadora, sua combustão é interrompida. O PVC, cloreto de polivinila e o neoprene são não propagadores de fogo.
- 3) Resistentes à chama: mesmo com exposição a chama, a chama não se propaga ao longo do isolante do cabo. Os cabos Sinatex Antiflam e Noflam são exemplos.
- 4) Resistentes ao fogo: possuem materiais incombustíveis, o que possibilita o funcionamento dos equipamentos mesmo nos casos de incêndio.

CONDUTORES E SUAS CORES

A superfície isolante dos condutores deve apresentar as seguintes cores, conforme a ABNT NBR 5410: 2004:

- a) Condutor-fase: qualquer coloração;
- b) Condutor-terra: verde ou verde e amarelo.

No aterramento:

- a) Condutor PE: verde ou verde e amarelo;
- b) Condutor PEN: azul-claro.

Dimensionamento

A escolha do condutor deve considerar a corrente que irá passar por ele de maneira que não haja aquecimento excessivo e com queda de tensão nos limites determinados no projeto. A escolha do condutor deve considerar ainda a capacidade dos dispositivos de proteção contra curto circuito e sobrecarga.

Depois de definir as possíveis seções dos condutores em função dos critérios expostos, selecionamos em tabelas de capacidade dos condutores o condutor que apresenta a seção que se aproxima da seção calculada. Nos circuitos em apartamentos escolhe-se pelo critério de não aquecimento indesejável, com base na tabela a seguir:

Tabela 3 - Capacidades de condução de corrente, em ampères, para os métodos de referência A1, A2, B1, B2, C e D. Fonte: NBR 5410: 2004.

Seções nominais mm ²	Métodos de referência indicados na tabela 33											
	A1		A2		B1		B2		C		D	
	Número de condutores carregados											
	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
Cobre												
0,5	7	7	7	7	9	8	9	8	10	9	12	10
0,75	9	9	9	9	11	10	11	10	13	11	15	12
1	11	10	11	10	14	12	13	12	15	14	18	15
1,5	14,5	13,5	14	13	17,5	15,5	16,5	15	19,5	17,5	22	18
2,5	19,5	18	18,5	17,5	24	21	23	20	27	24	29	24
4	26	24	25	23	32	28	30	27	36	32	38	31
6	34	31	32	29	41	36	38	34	46	41	47	39
10	46	42	43	39	57	50	52	46	63	57	63	52
16	61	56	57	52	76	68	69	62	85	76	81	67
25	80	73	75	68	101	89	90	80	112	96	104	86
35	99	89	92	83	125	110	111	99	138	119	125	103
50	119	108	110	99	151	134	133	118	168	144	148	122
70	151	136	139	125	192	171	168	149	213	184	183	151
95	182	164	167	150	232	207	201	179	258	223	216	179
120	210	188	192	172	269	239	232	206	299	259	246	203
150	240	216	219	196	309	275	265	236	344	299	278	230
185	273	245	248	223	353	314	300	268	392	341	312	258
240	321	286	291	261	415	370	351	313	461	403	361	297
300	367	328	334	298	477	426	401	358	530	464	408	336
400	438	390	398	355	571	510	477	425	634	557	478	394
500	502	447	456	406	656	587	545	486	729	642	540	445
630	578	514	526	467	758	678	626	559	843	743	614	506
800	669	593	609	540	881	788	723	645	978	865	700	577
1 000	767	679	698	618	1 012	906	827	738	1 125	996	792	652
Alumínio												
16	48	43	44	41	60	53	54	48	66	59	62	52
25	63	57	58	53	79	70	71	62	83	73	80	66
35	77	70	71	65	97	86	86	77	103	90	96	80
50	93	84	86	78	118	104	104	92	125	110	113	94
70	118	107	108	98	150	133	131	116	160	140	140	117
95	142	129	130	118	181	161	157	139	195	170	166	138
120	164	149	150	135	210	186	181	160	226	197	189	157
150	189	170	172	155	241	214	206	183	261	227	213	178
185	215	194	195	176	275	245	234	208	298	259	240	200
240	252	227	229	207	324	288	274	243	352	305	277	230
300	289	261	263	237	372	331	313	278	406	351	313	260
400	345	311	314	283	446	397	372	331	488	422	366	305
500	396	356	360	324	512	456	425	378	563	486	414	345
630	456	410	416	373	592	527	488	435	653	562	471	391
800	529	475	482	432	687	612	563	502	761	654	537	446
1 000	607	544	552	495	790	704	643	574	878	753	607	505

Isolação: PVC

Temperatura no condutor: 70°C

Temperaturas de referência do ambiente: 30°C (ar), 20°C (solo)

Tabela - Capacidades de condução de corrente, em ampères, para os métodos de referência A1, A2, B1, B2, C e D. Fonte: NBR 5410: 2004.

Seções nominais mm ²	Métodos de referência indicados na tabela 33											
	A1		A2		B1		B2		C		D	
	Número de condutores carregados											
	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
Cobre												
0,5	10	9	10	9	12	10	11	10	12	11	14	12
0,75	12	11	12	11	15	13	15	13	16	14	18	15
1	15	13	14	13	18	16	17	15	19	17	21	17
1,5	19	17	18,5	16,5	23	20	22	19,5	24	22	26	22
2,5	26	23	25	22	31	28	30	26	33	30	34	29
4	35	31	33	30	42	37	40	35	45	40	44	37
6	45	40	42	38	54	48	51	44	58	52	56	46
10	61	54	57	51	75	66	69	60	80	71	73	61
16	81	73	76	68	100	88	91	80	107	96	95	79
25	106	95	99	89	133	117	119	105	138	119	121	101
35	131	117	121	109	164	144	146	128	171	147	146	122
50	158	141	145	130	198	175	175	154	209	179	173	144
70	200	179	183	164	253	222	221	194	269	229	213	178
95	241	216	220	197	306	269	265	233	328	278	252	211
120	278	249	253	227	354	312	305	268	382	322	287	240
150	318	285	290	259	407	358	349	307	441	371	324	271
185	362	324	329	295	464	408	395	348	506	424	363	304
240	424	380	386	346	546	481	462	407	599	500	419	351
300	486	435	442	396	628	553	529	465	693	576	474	396
400	579	519	527	472	751	661	628	552	835	692	555	464
500	664	595	604	541	864	760	718	631	966	797	627	525
630	765	685	696	623	998	879	825	725	1 122	923	711	596
800	885	792	805	721	1 158	1020	952	837	1 311	1 074	811	679
1 000	1014	908	923	826	1332	1 173	1 088	957	1 515	1 237	916	767
Alumínio												
16	64	58	60	55	79	71	72	64	84	76	73	61
25	84	76	78	71	105	93	94	84	101	90	93	78
35	103	94	96	87	130	116	115	103	126	112	112	94
50	125	113	115	104	157	140	138	124	154	136	132	112
70	158	142	145	131	200	179	175	156	198	174	163	138
95	191	171	175	157	242	217	210	188	241	211	193	164
120	220	197	201	180	281	251	242	216	280	245	220	186
150	253	226	230	206	323	289	277	248	324	283	249	210
185	288	256	262	233	368	330	314	281	371	323	279	236
240	338	300	307	273	433	389	368	329	439	382	322	272
300	387	344	352	313	499	447	421	377	508	440	364	308
400	462	409	421	372	597	536	500	448	612	529	426	361
500	530	468	483	426	687	617	573	513	707	610	482	408
630	611	538	556	490	794	714	658	590	821	707	547	464
800	708	622	644	566	922	830	760	682	958	824	624	529
1 000	812	712	739	648	1061	955	870	780	1108	950	706	598

Condutores: cobre e alumínio

Isolação: EPR ou XLPE

Temperatura no condutor: 90°C

Temperaturas de referência do ambiente: 30°C (ar), 20°C (solo)

A escolha do condutor certo deve levar em consideração a maneira como ele será instalado. A ABNT codifica essa maneira de instalação, usando letras e números, como A2, B1, etc. São os “métodos de referência”.

Tipos de linhas elétricas (NBR 5410).

Tabela – Tipos de linhas elétricas

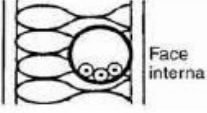
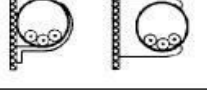
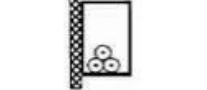
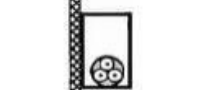
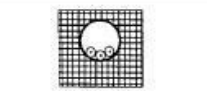
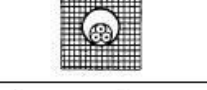
Método de instalação número	Esquema ilustrativo	Descrição	Método de referência ¹⁾
1		Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto de seção circular embutido em parede termicamente isolante ²⁾	A1
2		Cabo multipolar em eletroduto de seção circular embutido em parede termicamente isolante ²⁾	A2
3		Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto aparente de seção circular sobre parede ou espaçado desta menos de 0,3 vez o diâmetro do eletroduto	B1
4		Cabo multipolar em eletroduto aparente de seção circular sobre parede ou espaçado desta menos de 0,3 vez o diâmetro do eletroduto	B2
5		Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto aparente de seção não-circular sobre parede	B1
6		Cabo multipolar em eletroduto aparente de seção não-circular sobre parede	B2
7		Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto de seção circular embutido em alvenaria	B1
8		Cabo multipolar em eletroduto de seção circular embutido em alvenaria	B2
11		Cabos unipolares ou cabo multipolar sobre parede ou espaçado desta menos de 0,3 vez o diâmetro do cabo	C
11A		Cabos unipolares ou cabo multipolar fixado diretamente no teto	C

Tabela - Tipos de linhas elétricas (NBR 5410)

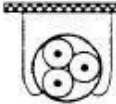
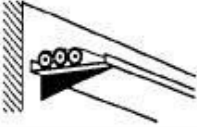
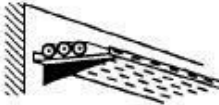
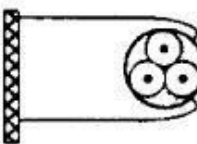
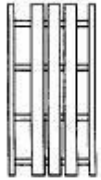
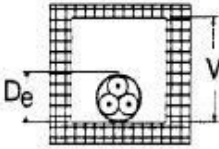
Método de instalação número	Esquema ilustrativo	Descrição	Método de referência ¹⁾
11B		Cabos unipolares ou cabo multipolar afastado do teto mais de 0,3 vez o diâmetro do cabo	C
12		Cabos unipolares ou cabo multipolar em bandeja não-perfurada, perfilado ou prateleira ³⁾	C
13		Cabos unipolares ou cabo multipolar em bandeja perfurada, horizontal ou vertical ⁴⁾	E (multipolar) F (unipolares)
14		Cabos unipolares ou cabo multipolar sobre suportes horizontais, eletrocalha aramada ou tela	E (multipolar) F (unipolares)
15		Cabos unipolares ou cabo multipolar afastado(s) da parede mais de 0,3 vez o diâmetro do cabo	E (multipolar) F (unipolares)
16		Cabos unipolares ou cabo multipolar em leito	E (multipolar) F (unipolares)
17		Cabos unipolares ou cabo multipolar suspenso(s) por cabo de suporte, incorporado ou não	E (multipolar) F (unipolares)
18		Condutores nus ou isolados sobre isoladores	G
21		Cabos unipolares ou cabos multipolares em espaço de construção ⁵⁾ , sejam eles lançados diretamente sobre a superfície do espaço de construção, sejam instalados em suportes ou condutos abertos (bandeja, prateleira, tela ou leito) dispostos no espaço de construção ^{5) 6)}	$1,5 D_e \leq V < 5 D_e$ B2 $5 D_e \leq V < 50 D_e$ B1

Tabela - Tipos de linhas elétricas (NBR 5410)

Método de instalação número	Esquema ilustrativo	Descrição	Método de referência ¹⁾
22		Condutores isolados em eletroduto de seção circular em espaço de construção ⁵⁾⁷⁾	$1,5 D_e \leq V < 20 D_e$ B2 $V \geq 20 D_e$ B1
23		Cabos unipolares ou cabo multipolar em eletroduto de seção circular em espaço de construção ⁵⁾⁷⁾	B2
24		Condutores isolados em eletroduto de seção não-circular ou eletrocalha em espaço de construção ⁵⁾	$1,5 D_e \leq V < 20 D_e$ B2 $V \geq 20 D_e$ B1
25		Cabos unipolares ou cabo multipolar em eletroduto de seção não-circular ou eletrocalha em espaço de construção ⁵⁾	B2
26		Condutores isolados em eletroduto de seção não-circular embutido em alvenaria ⁶⁾	$1,5 \leq V < 5 D_e$ B2 $5 D_e \leq V < 50 D_e$ B1
27		Cabos unipolares ou cabo multipolar em eletroduto de seção não-circular embutido em alvenaria	B2
31 32		Condutores isolados ou cabos unipolares em eletrocalha sobre parede em percurso horizontal ou vertical	B1
31 ^a 32 ^a		Cabo multipolar em eletrocalha sobre parede em percurso horizontal ou vertical	B2

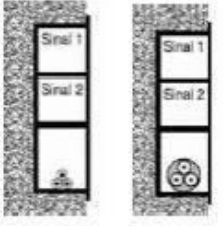
Tabela - Tipos de linhas elétricas (NBR 5410)

Método de instalação número	Esquema ilustrativo	Descrição	Método de referência ¹⁾
33		Condutores isolados ou cabos unipolares em canaleta fechada embutida no piso	B1
34		Cabo multipolar em canaleta fechada embutida no piso	B2
35		Condutores isolados ou cabos unipolares em eletrocalha ou perfilado suspenso(o)	B1
36		Cabo multipolar em eletrocalha ou perfilado suspenso(o)	B2
41		Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto de seção circular contido em canaleta fechada com percurso horizontal ou vertical ⁷⁾	$1,5 D_e \leq V < 20 D_e$ B2 $V \geq 20 D_e$ B1
42		Condutores isolados em eletroduto de seção circular contido em canaleta ventilada embutida no piso	B1
43		Cabos unipolares ou cabo multipolar em canaleta ventilada embutida no piso	B1
51		Cabo multipolar embutido diretamente em parede termicamente isolante ²⁾	A1

Tabela - Tipos de linhas elétricas (NBR 5410)

Método de instalação número	Esquema ilustrativo	Descrição	Método de referência ¹⁾
52		Cabos unipolares ou cabo multipolar embutido(s) diretamente em alvenaria sem proteção mecânica adicional	C
53		Cabos unipolares ou cabo multipolar embutido(s) diretamente em alvenaria com proteção mecânica adicional	C
61		Cabo multipolar em eletroduto (de seção circular ou não) ou em canaleta não-ventilada enterrado(a)	D
61A		Cabos unipolares em eletroduto (de seção não-circular ou não) ou em canaleta não-ventilada enterrado(a) ⁸⁾	D
63		Cabos unipolares ou cabo multipolar diretamente enterrado(s), com proteção mecânica adicional ⁹⁾	D
71		Condutores isolados ou cabos unipolares em moldura	A1
72 72A		72 - Condutores isolados ou cabos unipolares em canaleta provida de separações sobre parede 72A - Cabo multipolar em canaleta provida de separações sobre parede	B1 B2
73		Condutores isolados em eletroduto, cabos unipolares ou cabo multipolar embutido(s) em caixilho de porta	A1

Tabela - Tipos de linhas elétricas (NBR 5410)

Método de instalação número	Esquema ilustrativo	Descrição	Método de referência ¹⁾
74		Condutores isolados em eletroduto, cabos unipolares ou cabo multipolar embutido(s) em caixilho de janela	A1
75 75A		75 - Condutores isolados ou cabos unipolares em canaleta embutida em parede 75A - Cabo multipolar em canaleta embutida em parede	B1 B2
¹⁾ Método de referência a ser utilizado na determinação da capacidade de condução de corrente. Ver 6.2.5.1.2. ²⁾ Assume-se que a face interna da parede apresenta uma condutância térmica não inferior a 10 W/m².K. ³⁾ Admitem-se também condutores isolados em perfilado, desde que nas condições definidas na nota de 6.2.11.4.1. ⁴⁾ A capacidade de condução de corrente para bandeja perfurada foi determinada considerando-se que os furos ocupassem no mínimo 30% da área da bandeja. Se os furos ocuparem menos de 30% da área da bandeja, ela deve ser considerada como "não-perfurada". ⁵⁾ Conforme a ABNT NBR IEC 60050 (826), os poços, as galerias, os pisos técnicos, os condutos formados por blocos alveolados, os forros falsos, os pisos elevados e os espaços internos existentes em certos tipos de divisórias (como, por exemplo, as paredes de gesso acartonado) são considerados espaços de construção. ⁶⁾ De é o diâmetro externo do cabo, no caso de cabo multipolar. No caso de cabos unipolares ou condutores isolados, distinguem-se duas situações: – três cabos unipolares (ou condutores isolados) dispostos em trifólio: De deve ser tomado igual a 2,2 vezes o diâmetro do cabo unipolar ou condutor isolado; – três cabos unipolares (ou condutores isolados) agrupados num mesmo plano: De deve ser tomado igual a 3 vezes o diâmetro do cabo unipolar ou condutor isolado. ⁷⁾ De é o diâmetro externo do eletroduto, quando de seção circular, ou altura/profundidade do eletroduto de seção não-circular ou da eletrocalha. ⁸⁾ Admite-se também o uso de condutores isolados, desde que nas condições definidas na nota de 6.2.11.6.1. ⁹⁾ Admitem-se cabos diretamente enterrados sem proteção mecânica adicional, desde que esses cabos sejam providos de armação (ver 6.2.11.6). Deve-se notar, porém, que esta Norma não fornece valores de capacidade de condução de corrente para cabos armados. Tais capacidades devem ser determinadas como indicado na ABNT NBR 11301. NOTA Em linhas ou trechos verticais, quando a ventilação for restrita, deve-se atentar para risco de aumento considerável da temperatura ambiente no topo do trecho vertical.			

Pelas tabelas apresentadas acima fica claro que na escolha do condutor é preciso considerar seu método de instalação e sua temperatura normal de operação para que possamos consultar sua capacidade de condução de corrente.

Tabela - Capacidades de condução de corrente, em ampères, para os métodos de referência E, F e G. (NBR 5410)

Seções nominais dos condutores mm ²	Métodos de referência indicados na tabela 33						
	Cabos multipolares		Cabos unipolares ¹⁾				
	Dois condutores carregados	Três condutores carregados	Dois condutores carregados, justapostos	Três condutores carregados, em trifólio	Três condutores carregados, no mesmo plano		
	Método E	Método E	Método F	Método F	Justapostos	Espaçados	
					Método F	Horizontal Método G	Vertical Método G
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Cobre							
0,5	11	9	11	8	9	12	10
0,75	14	12	14	11	11	16	13
1	17	14	17	13	14	19	16
1,5	22	18,5	22	17	18	24	21
2,5	30	25	31	24	25	34	29
4	40	34	41	33	34	45	39
6	51	43	53	43	45	59	51
10	70	60	73	60	63	81	71
16	94	80	99	82	85	110	97
25	119	101	131	110	114	146	130
35	148	126	162	137	143	181	162
50	180	153	196	167	174	219	197
70	232	196	251	216	225	281	254
95	282	238	304	264	275	341	311
120	328	276	352	308	321	396	362
150	379	319	406	356	372	456	419
185	434	364	463	409	427	521	480
240	514	430	546	485	507	615	569
300	593	497	629	561	587	709	659
400	715	597	754	656	689	852	795
500	826	689	868	749	789	982	920
630	958	798	1005	855	905	1138	1070
800	1118	930	1169	971	1119	1325	1251
1 000	1 292	1 073	1 346	1 079	1 296	1 528	1 448
Alumínio							
16	73	61	73	62	65	84	73
25	89	78	98	84	87	112	99
35	111	96	122	105	109	139	124
50	135	117	149	128	133	169	152
70	173	150	192	166	173	217	196
95	210	183	235	203	212	265	241
120	244	212	273	237	247	308	282
150	282	245	316	274	287	356	327
185	322	280	363	315	330	407	376
240	380	330	430	375	392	482	447

Condutores: cobre e alumínio

Isolação: PVC

Temperatura no condutor: 70°C

Temperatura ambiente de referência: 30°C **Tabela** - Continuação...

Seções nominais dos condutores mm ²	Métodos de referência indicados na tabela 33						
	Cabos multipolares		Cabos unipolares ¹⁾				
	Dois condutores carregados	Três condutores carregados	Dois condutores carregados, justapostos	Três condutores carregados, em trifólio	Três condutores carregados, no mesmo plano		
					Justapostos	Espaçados	
						Horizontal	Vertical
	Método E	Método E	Método F	Método F	Método F	Método G	Método G
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Alumínio							
300	439	381	497	434	455	557	519
400	528	458	600	526	552	671	629
500	608	528	694	610	640	775	730
630	705	613	808	711	640	775	730
800	822	714	944	832	875	1050	1000
1 000	948	823	1 092	965	1 015	1 213	1 161

¹⁾ Ou, ainda, condutores isolados, quando o método de instalação permitir.

Tabela - Capacidades de condução de corrente, em ampères, para os métodos de referência E, F e G (NBR 5410).

Seções nominais dos condutores mm ²	Métodos de referência indicados na tabela 33						
	Cabos multipolares		Cabos unipolares ¹⁾				
	Dois condutores carregados	Três condutores carregados	Dois condutores carregados, justapostos	Três condutores carregados, em trifólio	Três condutores carregados, no mesmo plano		
					Justapostos	Espaçados	
						Horizontal	Vertical
	Método E	Método E	Método F	Método F	Método F	Método G	Método G
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Cobre							
0,5	13	12	13	10	10	15	12
0,75	17	15	17	13	14	19	16
1	21	18	21	16	17	23	19
1,5	26	23	27	21	22	30	25
2,5	36	32	37	29	30	41	35
4	49	42	50	40	42	56	48
6	63	54	65	53	55	73	63
10	86	75	90	74	77	101	88
16	115	100	121	101	105	137	120
25	149	127	161	135	141	182	161

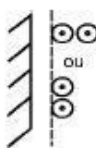
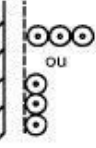
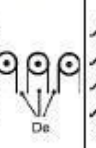
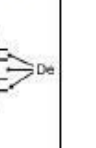
Condutores: cobre e alumínio

Isolação: EPR ou XLPE

Temperatura no condutor: 90°C

Temperatura ambiente de referência: 30°

Tabela - Continuação...

Seções nominais dos condutores mm ²	Métodos de referência indicados na tabela 33						
	Cabos multipolares		Cabos unipolares ¹⁾				
	Dois condutores carregados	Três condutores carregados	Dois condutores carregados, justapostos	Três condutores carregados, em trifólio	Três condutores carregados, no mesmo plano		
					Justapostos	Espaçados	
						Horizontal	Vertical
	Método E	Método E	Método F	Método F	Método F	Método G	Método G
							
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Cobre							
35	185	158	200	169	176	226	201
50	225	192	242	207	216	275	246
70	289	246	310	268	279	353	318
95	352	298	377	328	342	430	389
120	410	346	437	383	400	500	454
150	473	399	504	444	464	577	527
185	542	456	575	510	533	661	605
240	641	538	679	607	634	781	719
300	741	621	783	703	736	902	833
400	892	745	940	823	868	1 085	1 008
500	1 030	859	1 083	946	998	1 253	1 169
630	1 196	995	1 254	1 088	1 151	1 454	1 362
800	1 396	1 159	1 460	1 252	1 328	1 696	1 595
1 000	1 613	1 336	1 683	1 420	1 511	1 958	1 849
Alumínio							
16	91	77	90	76	79	103	90
25	108	97	121	103	107	138	122
35	135	120	150	129	135	172	153
50	164	146	184	159	165	210	188
70	211	187	237	206	215	271	244
95	257	227	289	253	264	332	300
120	300	263	337	296	308	387	351
150	346	304	389	343	358	448	408
185	397	347	447	395	413	515	470
240	470	409	530	471	492	611	561
300	543	471	613	547	571	708	652
400	654	566	740	663	694	856	792
500	756	652	856	770	806	991	921
630	879	755	996	899	942	1 154	1 077
800	1 026	879	1 164	1 056	1 106	1 351	1 266
1 000	1 186	1 012	1 347	1 226	1 285	1 565	1 472

¹⁾ Ou, ainda, condutores isolados, quando o método de instalação permitir.

Escolhas adequadas

Na escolha do melhor condutor devemos considerar:

- O tipo de isolamento e cobertura do condutor;

- A maneira de instalar os cabos;
- A proximidade com outros cabos;
- A temperatura ambiente e a do solo (caso o condutor seja enterrado);
- A capacidade de carga;
- E a possibilidade do condutor ser aquecido.

O isolamento do condutor deve ser escolhido conforme a temperatura de operação e temperatura de sobrecarga. Nas instalações prediais normalmente se utiliza o isolamento de PVC. Em caso de dúvida é só consultar a tabela abaixo:

Tabela 8 – Temperatura máxima de um condutor supondo temperatura ambiente de 30° C.

Temp. Isolação	Temperatura de operação em regime contínuo	Temperatura de sobrecarga	Temperatura de curto- circuito
PVC – Cloreto de polivinila	70° C	100° C	160° C
PET – Polietileno	70° C	90° C	150° C
XLPE – Polietileno reticulado	90° C	130° C	250° C
EPR – Borracha etileno propileno	90° C	130° C	250° C

O número de condutores é essencial para escolha dos cabos. Podem ser:

- 2 condutores carregados, que pode ser fase-neutro ou fase-fase;
- 3 condutores carregados, podem ser: duas fases e um neutro, três fases ou três fases e um neutro (sistema equilibrado);
- 4 condutores carregados, três fases e um neutro (alimentação trifásica com neutro).

Condutores e queda de tensão.

Os condutores precisam ser adequadamente dimensionados considerando ainda a queda de tensão. Ao longo de todo o circuito, do quadro geral de distribuição

ou subestação até o ponto de utilização, há uma queda de tensão. Queda que nunca deve ser maior que o limite estabelecido pela NBR 5410: 2004, sob pena de se comprometer o funcionamento dos equipamentos elétricos.

Naquelas instalações que são alimentadas a partir de uma subestação, ou seja, de alta tensão (AT), a queda de tensão deve ser de no máximo:

- 7% para iluminação e tomadas;
- 7% para outros usos.

Naquelas instalações que são alimentadas por redes de baixa tensão (BT), os limites de queda de tensão são:

- 7% calculados a partir da tensão de saída do transformador de média tensão/baixa tensão, no caso de transformador de propriedade da unidade consumidora;
- 5% calculados a partir do ponto de entrega, nos demais casos de ponto de entrega com fornecimento em tensão secundária de distribuição;
- Em nenhuma hipótese a queda de tensão nos circuitos terminais pode ser superior a 4%
- Do quadro terminal até o equipamento consumidor deverá ser $\leq 4\%$.

Para o correto dimensionamento dos condutores, recomenda-se conhecer:

1. O material do eletroduto, saber se é magnético ou não;
2. A corrente do projeto, (I_p), em ampères;
3. O fator de potência ($\cos \varphi$);
4. Percentual (%) de queda admissível;
5. Comprimento (l) do circuito em km;
6. Tensão entre fases (U), medida em Volts; A variação de tensão (ΔU) = (%) $\cdot$ (U).

Procurando esse valor na tabela a seguir, obtém-se a seção nominal do condutor a ser utilizado.

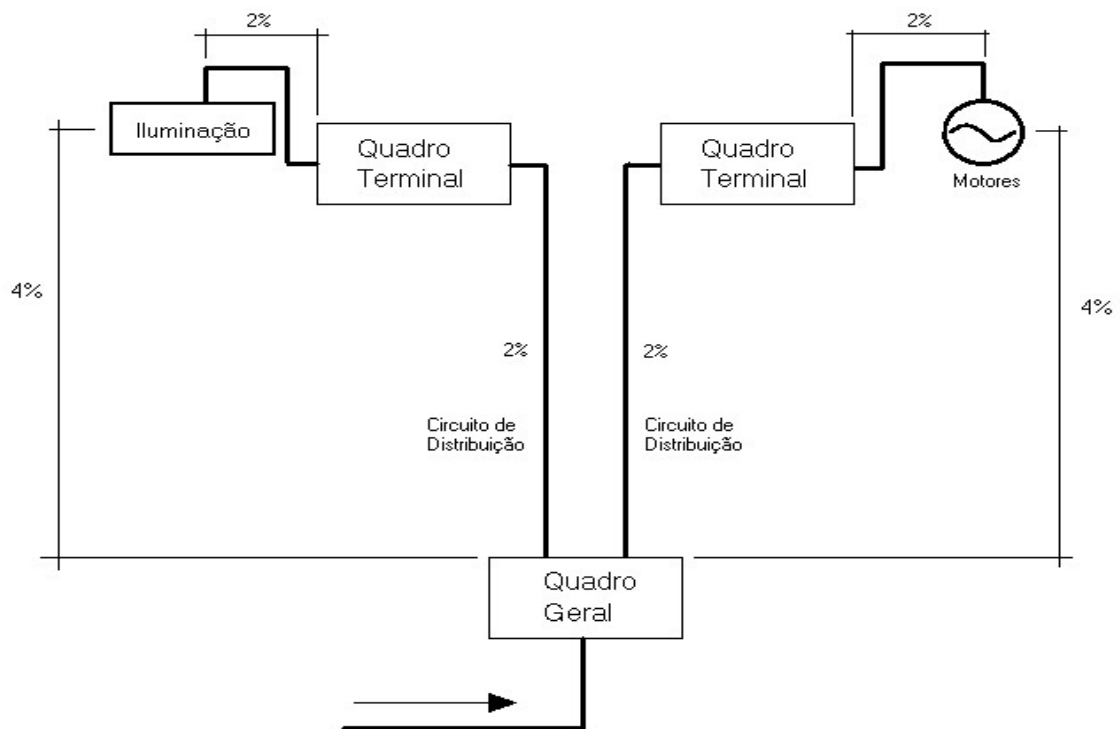
Tabela – Quedas de tensão unitárias de condutores isolados com PVC, pirastic ecoflam e pirastic flex.

Seção nominal (mm²)	Eletroduto ou calha de material não magnético				Eletroduto ou calha de material magnético	
	Circuito monofásico		Circuito trifásico		Circuito monofásico ou trifásico	
	$\cos \varphi = 0,8$ (V/A x km)	$\cos \varphi = 0,95$ (V/A x km)	$\cos \varphi = 0,8$ (V/A x km)	$\cos \varphi = 1$ (V/A x km)	$\cos \varphi = 0,8$ (V/A x km)	$\cos \varphi = 0,95$ (V/A x km)
1,5	23,03	27,6	20,2	24,0	23,0	27,4
2,5	14,03	16,9	12,4	14,7	14,0	16,8
4	8,9	10,6	7,8	9,2	9,0	10,5
6	6,0	7,1	5,2	6,1	5,9	7,0
40	3,6	4,2	3,2	3,7	3,5	4,2
16	2,3	2,7	2,0	2,3	2,3	2,7
25	1,5	1,7	1,3	1,5	1,5	1,7
35	1,1	1,2	0,98	1,1	1,1	1,2
50	0,85	0,94	0,76	0,82	0,86	0,95
70	0,62	0,67	0,55	0,59	0,64	0,67
95	0,48	0,50	0,50	0,43	0,5	0,51
120	0,40	0,41	0,36	0,36	0,42	0,42
150	0,35	0,34	0,31	0,30	0,37	0,35
185	0,30	0,29	0,27	0,25	0,32	0,30
240	0,26	0,24	0,23	0,21	0,29	0,25

Fonte: Niskier, 2005.

Exemplo:

Considere um circuito de alimentação em baixa tensão, trifásico em 230v, com 45 metros de comprimento, que alimenta um quadro terminal que serve a diversos motores. Sabemos que a corrente nominal total é de 132 A. sabendo-se que nesse circuito foi utilizado um eletroduto de aço (material magnético), dimensione os condutores do circuito de distribuição do quadro geral até o quadro terminal.



Fonte: (S3ENG - Tecnologia Aplicada à Engenharia S/A., 2011).

Resposta:

A queda de tensão admissível é igual a 2%, de maneira que sobre 2% entre o quadro terminal e os motores, totalizando 4% o limite admissível.

Dados: alimentação em baixa tensão; eletroduto de material magnético; % queda de tensão admissível; comprimento do circuito = 0,045 metros; $\cos \varphi = 0,80$, fator de potência de motores; e tensão $U = 230 \text{ V}$.

A queda de tensão admissível:

$$\Delta U = 0,02 \cdot 230 = 4,6V$$

Considerando a queda de tensão em:

$$\frac{V}{A \cdot km}$$

$$\frac{\Delta U}{I_p \cdot Km} = \frac{4,6}{132 \cdot 0,045} = \frac{4,6}{5,94} = 0,774$$

Com esse número (0,774) buscamos na **Tabela** a coluna de eletroduto magnético, com $\cos \varphi = 0,80$. Buscamos o valor que mais se aproxima de 0,774, no caso temos 0,86 e 0,64. O valor 0,86 não pode ser escolhido uma vez que daria uma queda de tensão maior que a permitida. Neste caso, escolhemos o menor valor (0,64) e verificamos que ele corresponde a um condutor de seção nominal de 70 mm².

Tabela – Soma dos produtos potências (watts) x distâncias (m)

Condutor série métrica (mm ²) S	% de queda de t			Tensão
	1%	2%	3%	4%
	$\Sigma(P(Watt) \cdot l_{(m)})$			
1,5	5 263	10 526	15 789	21 052
2,5	8 773	17 546	26 319	35 092
4	14 036	28 072	42 108	56 144
6	21 054	42 108	63 162	84 216
10	35 090	70 100	105 270	140 360

16	56 144	112 288	168 432	224 576
25	87 725	175 450	263 175	350 900
35	122 815	245 630	368 445	491 260
50	175 450	350 900	526 350	701 800
70	245 630	491 260	736 890	982 520
95	333 355	666 710	1000 065	1 333 420
120	421 080	842 160	1263 240	1 604 320
150	526 350	1 052 700	1579 050	2105 400
185	649 165	1 298 330	1947 495	2 596 660
240	842 160	1 684 320	1526 480	3368 640
300	1 052 700	2 105 400	3158 100	4 210 800
400	1 403 600	2 807 200	4210 800	5 614400
500	1 754 500	3 509 000	5263 500	7 018 000

Fonte: Niskier, 2005.

ATERRAMENTO

O aterramento é fundamental para proteger pessoas e edificações contra descargas atmosféricas e cargas eletrostáticas. Portanto, seu maior objetivo é aumentar a segurança das pessoas e dos equipamentos.

Uma boa ligação a terra depende de uma série de fatores, como a resistividade do solo e condições da área de instalação. O importante é reduzir as diferenças de potencial que possam gerar riscos as pessoas e minimizar as chances de sobrecarga e sobretensões nas instalações em decorrência das descargas atmosféricas.

O aterramento proporciona:

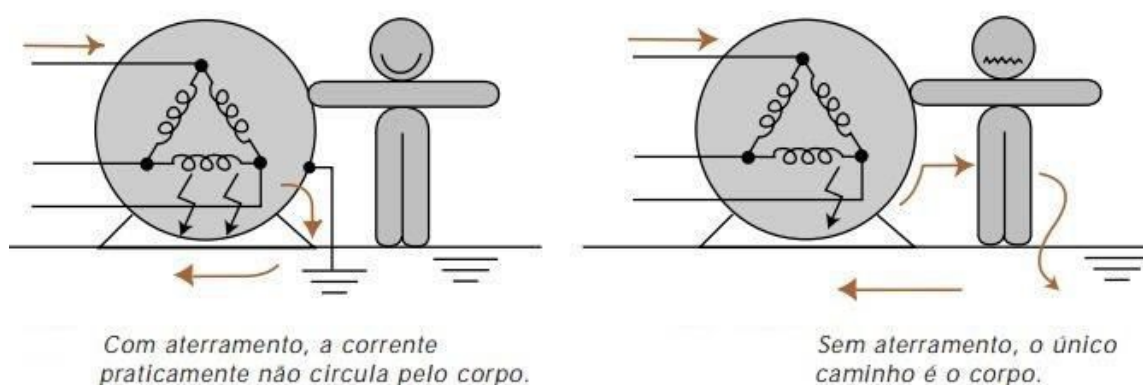
A. Redução de possíveis diferenças de potencial com a terra. Em outras palavras, quando aterrmos uma máquina de lavar, por exemplo, caso ela apresente problemas e estabeleça contato entre a fase e a lata (carcaça), uma vez estando aterrada, não haverá diferença de potencial entre a lata (carcaça da máquina) e a terra, o que reduz a possibilidade de choque elétrico.

B. Possibilita um retorno entre o defeito e a fonte, reduzindo possíveis diferenças de potencial.

C. Determina o percurso preferencial de uma descarga atmosférica.

D. Neutraliza as diferenças de potencial de cargas eletrostáticas, mitigando o choque elétrico.

O aterramento nada mais é que a ligação de um equipamento ou sistema a terra, seja para aumentar a segurança, seja para possibilitar seu funcionamento. Essa ligação se dá por intermédio de condutores que se conectam ao neutro ou à massa (carcaça) do equipamento (motores, caixas dos transformadores, etc.). Ao aterrar os equipamentos, possibilitamos o escoamento das correntes de falta e fuga para a terra, garantindo maior segurança as pessoas e equipamentos.



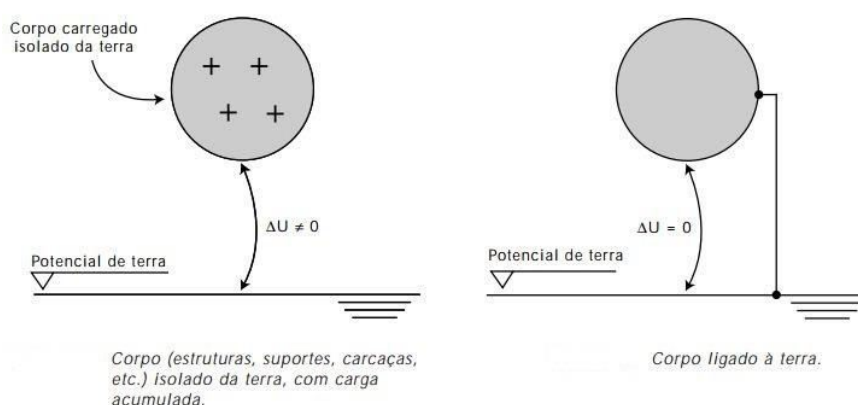
Fonte: (Associação Paranaense de Engenheiros de Segurança, 2011).

Para a execução de um aterramento emprega-se:

- Condutor de proteção: condutor que faz a ligação das massas (carcaças dos equipamentos) e elementos condutores estranhos às instalações com o terminal de aterramento principal. O condutor de proteção (terra) é designado

como PE, e o neutro pela letra N. o condutor que é terra e neutro ao mesmo tempo é designado como PEN.

- Eletrodo de aterramento: é o condutor (barra) ou conjunto de condutores que fazem o contato direto com a terra. Trata-se de uma barra rígida, chamada de haste de aterramento.



Fonte: (Associação Paranaense de Engenheiros de Segurança, 2011)

Esquemas de aterramento

A NBR 5410: 2004 estabelece como deve ser feito o aterramento nas instalações elétricas de baixa tensão. Antes de expor os esquemas de aterramento, convém expor sua simbologia:

A **primeira letra** evidencia a situação de alimentação em relação a terra:

- T** – indica um ponto diretamente aterrado;
- I** – representa a isolação de todas as partes vivas em relação a terra ou aterramento de um ponto por meio de uma impedância, com o objetivo de limitar a corrente de curto-circuito para a terra.

A segunda letra indica a situação das massas da instalação elétrica em relação a terra:

- T** – massas diretamente aterradas, independentemente do aterramento eventual de um ponto de alimentação;

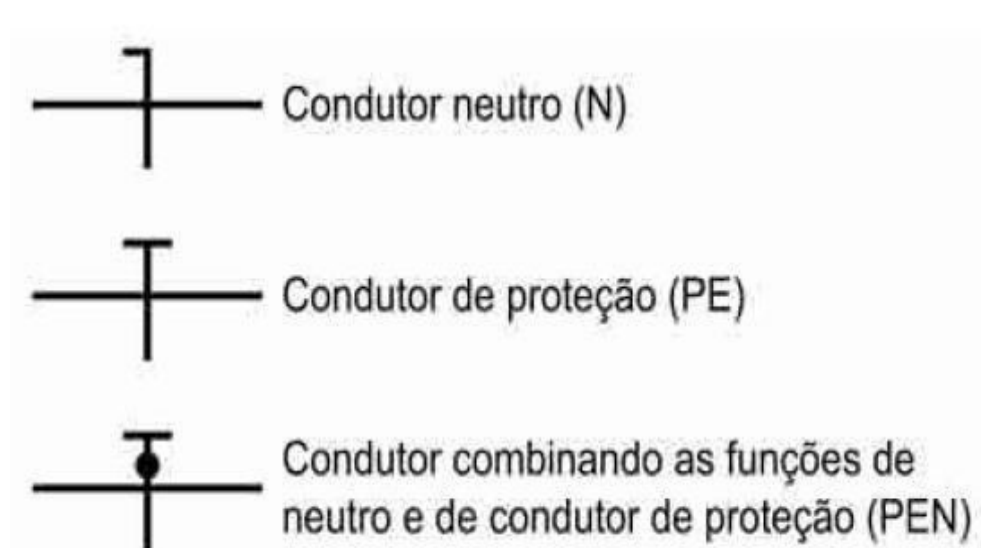
b) **N** – massas ligadas diretamente ao ponto de alimentação aterrado (em corrente alternada, o ponto aterrado é o ponto neutro);

Outras eventuais letras, disposição do condutor neutro e do condutor de proteção:

a) **S** – funções de neutros e de proteção assegurados por condutores distintos;

b) **C** – funções de neutro e de proteção combinadas em um único condutor (condutor PEN).

A figura abaixo ilustra os três tipos de condutores, qual seja, o **N**, o **PE** e o **PEN**:

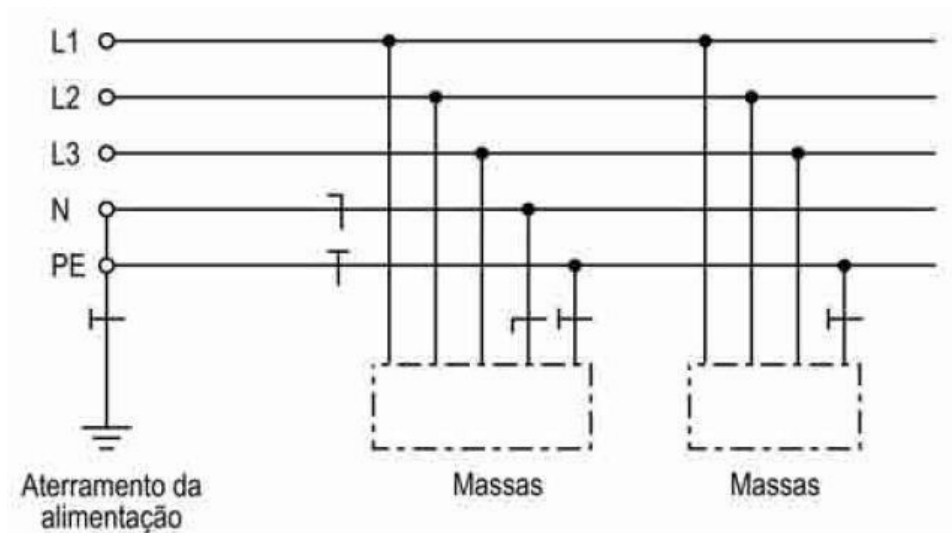


Fonte: (Associação Paranaense de Engenheiros de Segurança, 2011)

Esquema TN

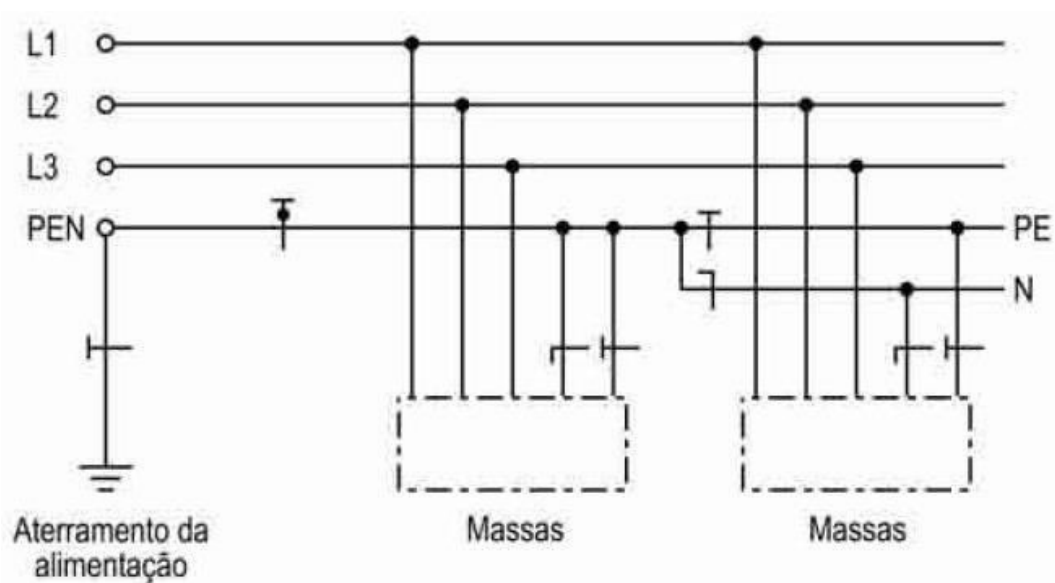
No esquema TN toda corrente de falta direta fase-massa é uma corrente de curto-circuito. Nesses casos há três tipos de esquemas TN.

O primeiro é o esquema TN-S, no qual o condutor neutro e o condutor de proteção são distintos. O condutor neutro e o condutor de proteção são separados ao longo de toda a instalação:



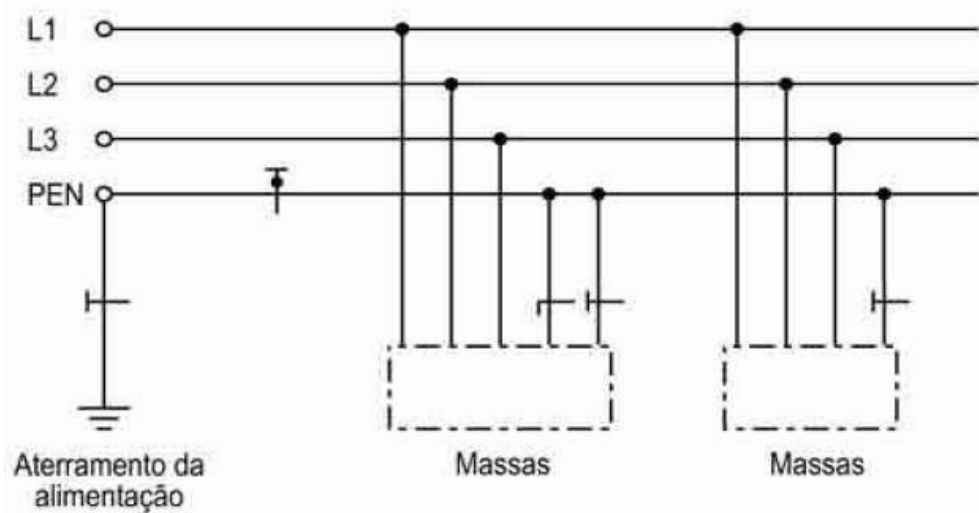
Fonte: (Associação Paranaense de Engenheiros de Segurança, 2011)

O segundo é o esquema TN-C-S, no qual as funções de neutro e de proteção são combinadas em um único condutor em uma parte da instalação:



Fonte: (Associação Paranaense de Engenheiros de Segurança, 2011)

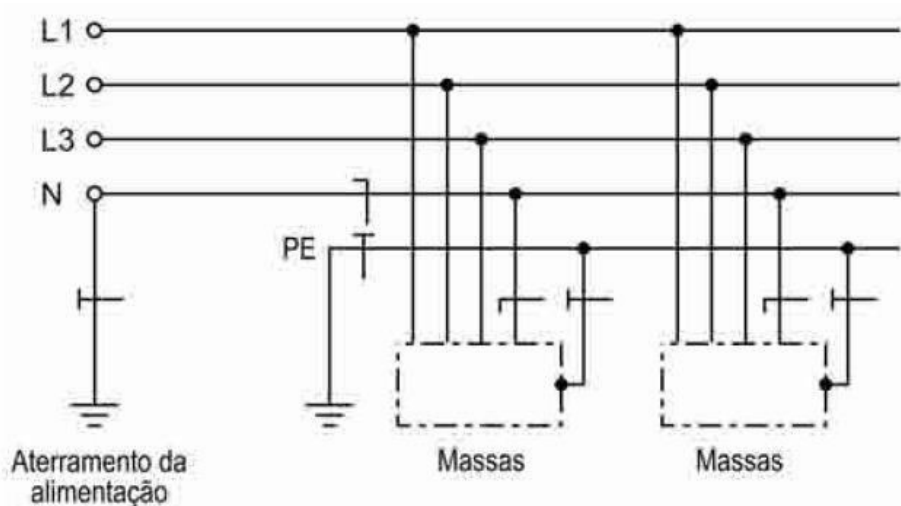
E o terceiro esquema é o TN-C, no qual as funções de neutro e de proteção são combinadas em um único condutor ao longo de toda a instalação.

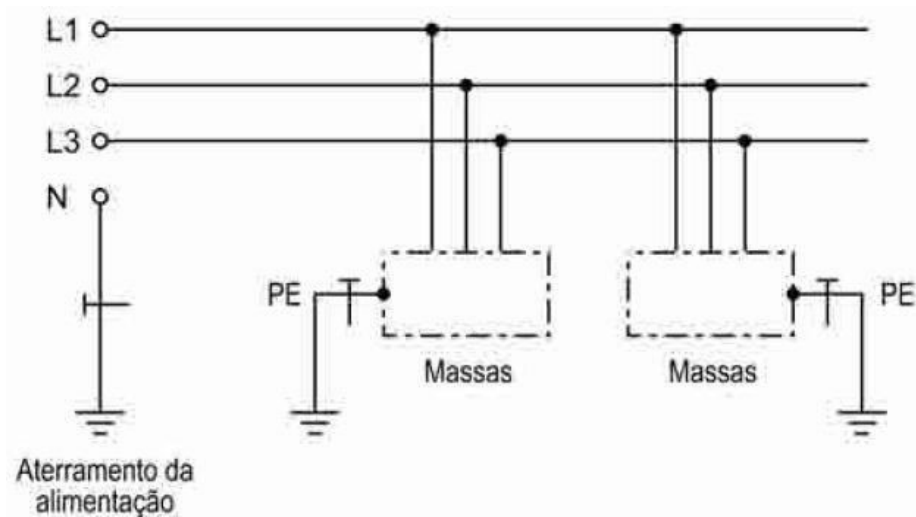
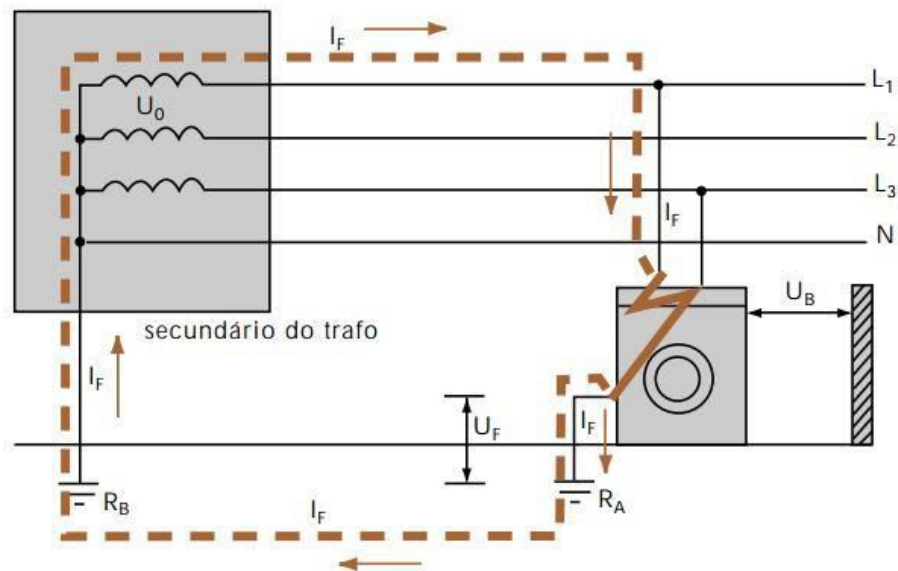


Fonte: (Associação Paranaense de Engenheiros de Segurança, 2011)

Esquema TT

O esquema TT tem um ponto da alimentação diretamente aterrado, estando às massas da instalação ligadas a eletrodos de aterramento eletricamente diferentes dos eletrodos de aterramento da alimentação.



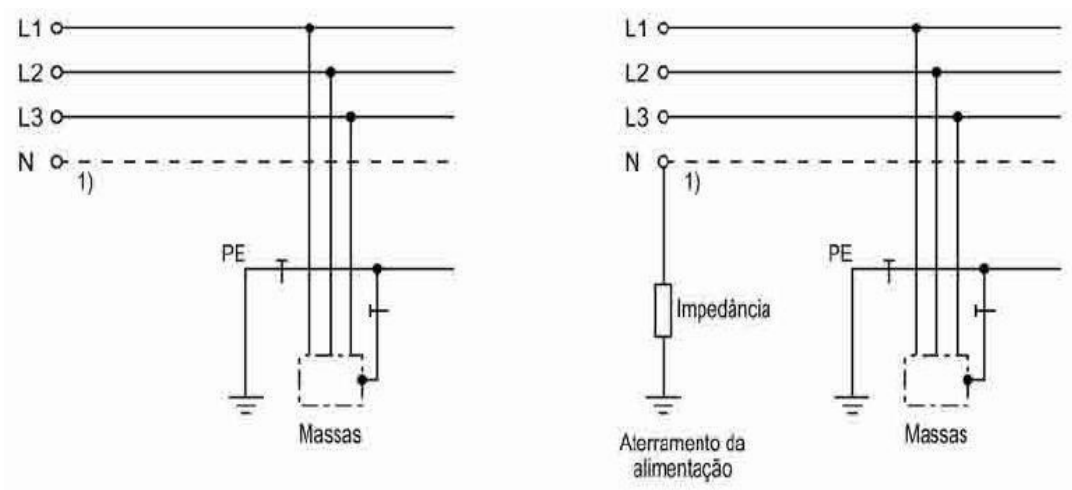


Fonte: (Associação Paranaense de Engenheiros de Segurança, 2011)

Esquema IT

No esquema IT, não há qualquer ponto da alimentação diretamente aterrado, estando aterradas as massas da instalação. Nesse esquema a corrente resultante

de uma única fase-massa da instalação não deve possuir intensidade suficiente para ocasionar tensões de contato perigosas.



Fonte: (Associação Paranaense de Engenheiros de Segurança, 2011)

Nos esquemas acima, qual deve ser a seção do condutor de proteção?
A tabela abaixo dá a resposta:

Tabela – Seção mínima dos condutores de proteção.

Seção dos condutores fases (S) em mm ²	Seção dos condutores de proteção (S') em mm ²
Quando $S \leq 16 \text{ mm}^2$, $S = S'$	$S' = S$, ou seja, mesma seção do condutor fase.
Quando $16 < S \leq 35$	Neste caso $S' = 16 \text{ mm}^2$
Quando $S > 35$	$S' = \sqrt[3]{S} \cdot 2$

CHOQUE ELÉTRICO

Quando há contato entre um condutor vivo não isolado (fase) e a massa (carcaça do equipamento, como máquina de lavar, geladeira, etc.) surge uma diferença de potencial se o equipamento não estiver aterrado, o que representa risco de choque elétrico. Nesse caso, se uma pessoa tocar no equipamento pode levar uma descarga de corrente uma vez que há diferença de potencial entre a carcaça eletrizada do equipamento e a terra.

As consequências do choque elétrico são maiores quanto maior for a corrente elétrica que atravessa o corpo, quanto maior for a área de contato do corpo com o condutor e a fase, bem como a duração e percurso do choque elétrico.

Norma de segurança: NR10 - Instalações e Serviços de Eletricidade

No dia de 08 de junho de 1978, o Ministério do Trabalho publicou a portaria MTB nº 3.214, que aprova as Normas Regulamentadoras - NR - do

Capítulo V, Título II, da Consolidação das Leis do Trabalho, relativas à Segurança e Medicina do Trabalho.

O Ministro de Estado do Trabalho, no uso de suas atribuições legais, considerando o disposto no art. 200, da consolidação das Leis do Trabalho, com redação dada pela Lei n.º 6.514, de 22 de dezembro de 1977, resolve:

Art. 1º - Aprovar as Normas Regulamentadoras - NR - do Capítulo V, Título II, da Consolidação das Leis do Trabalho, relativas à Segurança e Medicina do Trabalho.

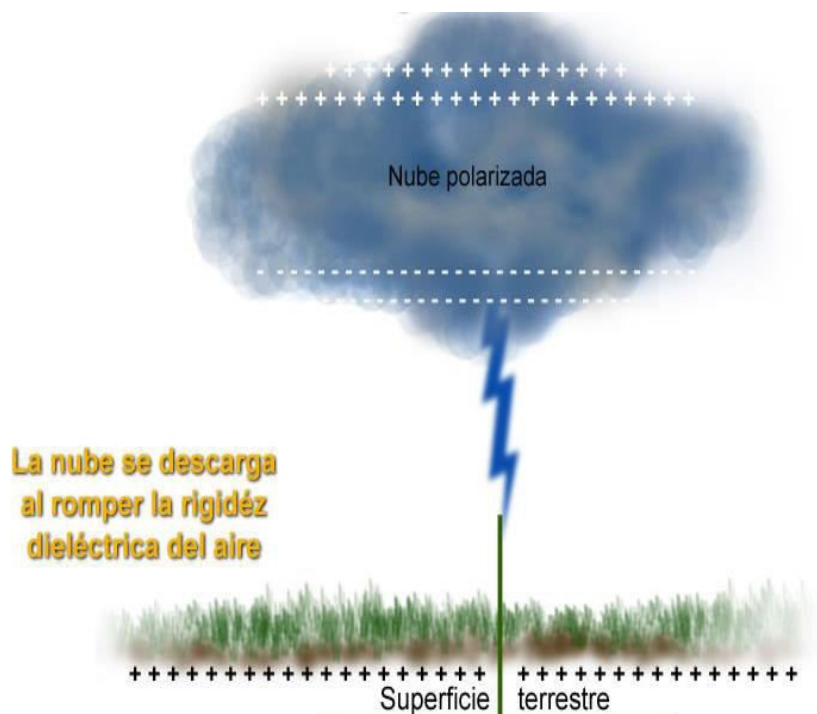
Atualmente existem 35 Normas Regulamentadoras, entre elas, destaca-se a **NR 10 – Instalações e Serviços de Eletricidade**.

A NR 10 estabelece os requisitos e condições mínimas, objetivando a implementação de medidas de controle e sistemas preventivos, de forma a garantir a segurança e a saúde dos trabalhadores que, direta ou indiretamente, interajam em instalações elétricas e serviços com eletricidade. Aplica-se às fases de geração, transmissão, distribuição e consumo, incluindo as etapas de projeto, construção, montagem, operação, manutenção das instalações elétricas e quaisquer trabalhos realizados nas suas proximidades, observando-se as normas técnicas oficiais

estabelecidas pelos órgãos competentes e, na ausência ou omissão destas, as normas internacionais cabíveis.

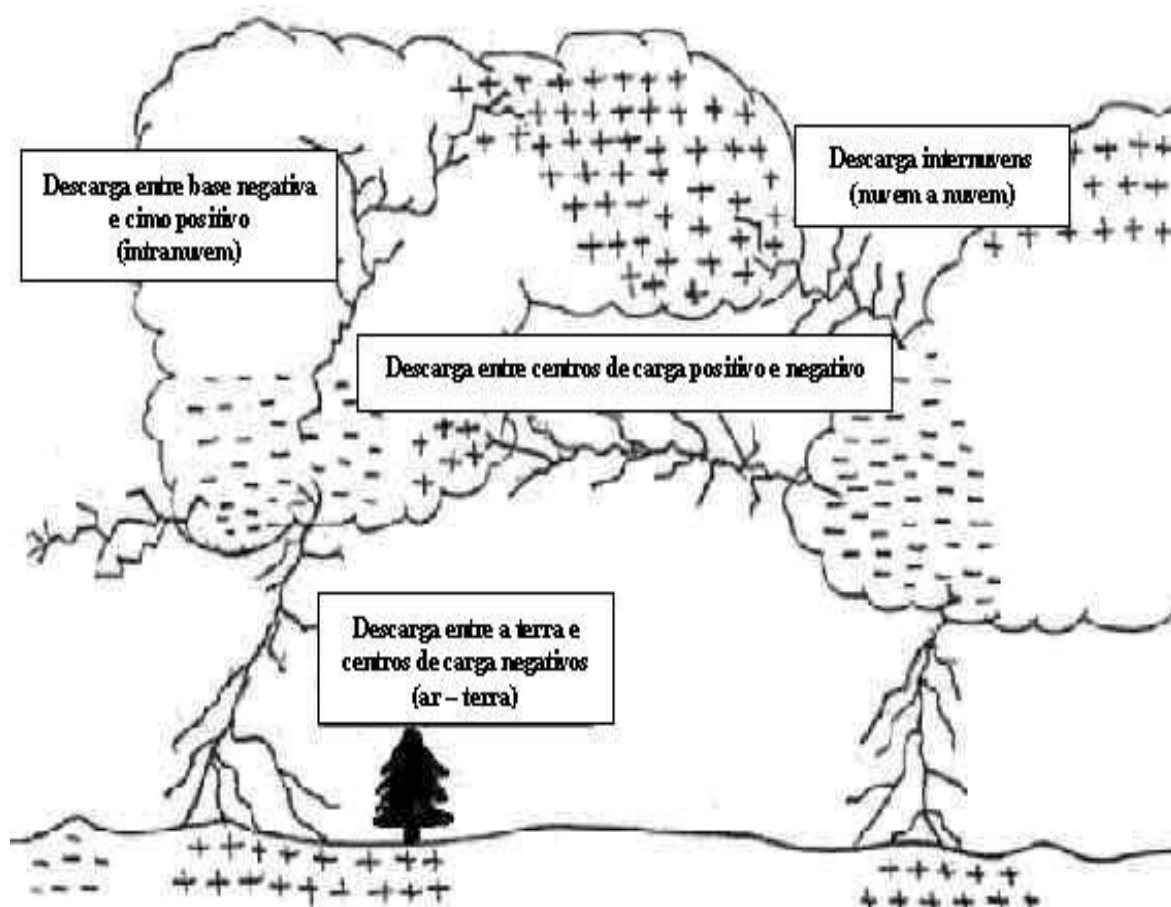
SPDA: SISTEMAS DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGA ATMOSFÉRICA

Como sabemos, as nuvens são constituídas por uma infinidade de partículas de água, que se atritam e colidem, eletrizando-se com carga positiva ou negativa. As cargas negativas são acumuladas na parte de baixo das nuvens, e apresentam potencial negativo em relação ao solo, que apresenta carga positiva.



Fonte: (Salazar, 2011)

Porém, entre as nuvens e o solo, o ar se comporta como um isolante quase perfeito. Dessa forma, as cargas elétricas vão aumentando até o ponto em que a tensão elétrica seja suficiente para provocar a emissão de um raio preliminar, conhecido como raio líder ou descarga-piloto, que se desloca para o polo de carga oposta, ou seja, o solo ou outra nuvem.



Fonte: (Ossó, 2011).

O raio nada mais é que uma descarga elétrica produzida nas zonas baixas da atmosfera, quando há uma tensão resultante do acúmulo de cargas elétricas estáticas entre as nuvens ou entre as nuvens e o solo. Quando essas tensões se tornam muito elevadas, surgem gradientes de campo tão intensos que são capazes de ionizar um dielétrico interposto. A descarga elétrica sempre seguirá o percurso de maior resistência elétrica, com linhas frequentemente tortuosas ou em ziguezague. A descarga normalmente compreende valores entre 10000 e 50000 ampères, podendo alcançar 500000 ampères. Para se ter um ideia do poder dos raios, um raio de 200 Coulombs possui 1 bilhão de volts, dura aproximadamente 200 microssegundos e gera 1 trilhão de KW força. Sua corrente elétrica gera uma temperatura de

aproximadamente 20000 graus Celsius, cerca de cinco vezes a temperatura do centro do sol.

Não é surpresa que os raios causem danos mecânicos em função do calor gerado. Os raios tendem a cair em locais elevados, montanhas, árvores, torres, ou seja, onde se acumulam as cargas elétricas do solo capazes de atrair as cargas atmosféricas, pontos elevados de construções árvores, bem como pontos aquecidos são locais preferidos para a queda de raios. Para proteger as edificações e instalações contra os raios elétricos usamos dispositivos para atrair as descargas atmosféricas, os para-raios.

Classificação dos para-raios

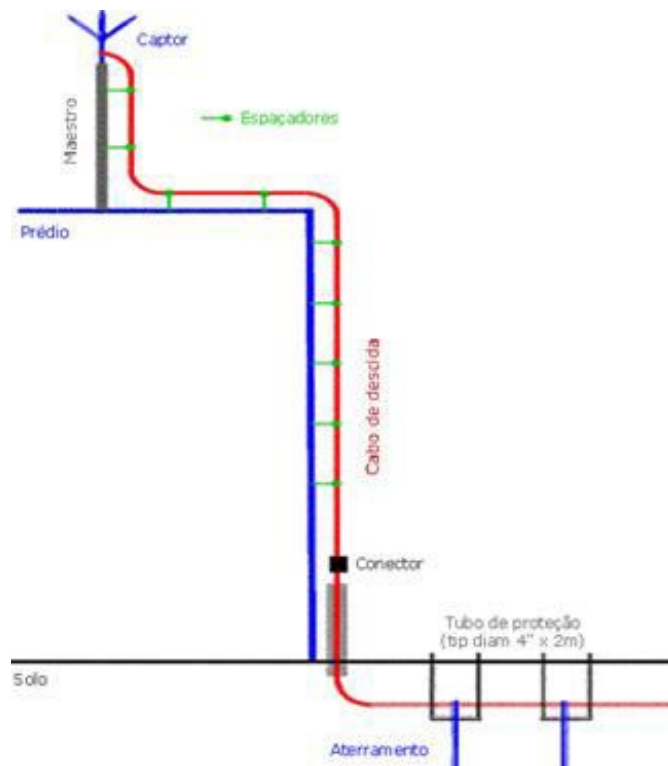
Os para-raios são classificados de acordo com o tipo de captor utilizado.

São dois tipos:

1. **Para-raios comuns, do tipo Franklin.** Seu captor utiliza uma ou mais hastes metálicas pontiagudas fixas em uma base em que é preso o condutor de descida, cuja extremidade é ligada a terra.

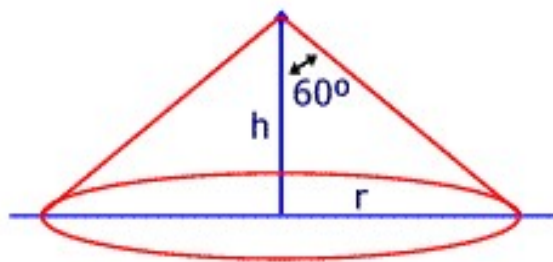


Fonte: (Portal da Segurança, 2010).

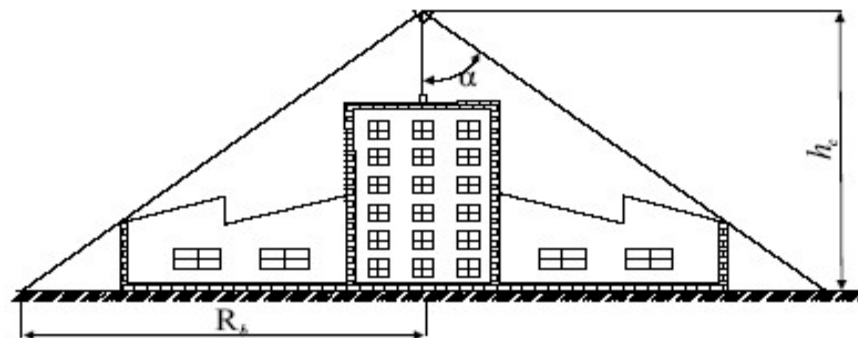


Fonte: (Engecolp - Projetos, Manutenções e Instalações, 2009).

Esse tipo de para-raio é o mais utilizado. Seu campo de proteção é o volume de um cone que tem como vértice o ponto mais alto do captor que forma um ângulo de 60° com seu eixo vertical. A figura abaixo ilustra esse fato.



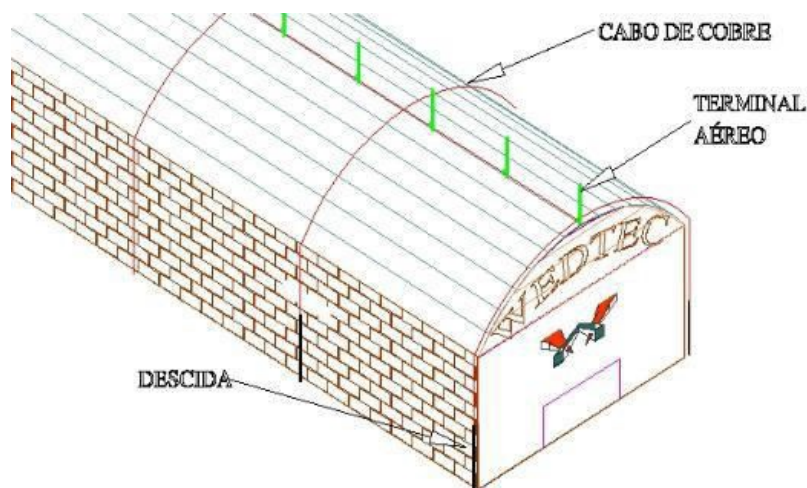
Fonte: (Reativa Engenharia Elétrica, 2010).



Hélio Creder. Instalações Elétricas. LTC, 14ª ed., 2.000, p. 293.

Portanto, com base na regra acima, deve-se determinar a altura do captor de forma que o para-raios proteja toda a edificação. Quando não é prático instalar uma torre na altura suficiente para proteger toda a instalação, podem-se instalar vários captosres ao longo do edifício, interligando-os e ligando-os a terra.

Nesse caso, tem-se a chamada **Gaiola de Faraday**.



Fonte: (Wedetec, 2011).

3. Para-raios radioativos. Os captosres, normalmente circulares e alongados, possuem certa quantidade de material radioativo, que aumenta a ionização do ar,

melhorando seu desempenho. Em função dos riscos associados ao seu uso, sua fabricação é proibida no Brasil.



Fonte: (Inspeseg , 2012).

Componentes dos SPDA

Como já enfatizado anteriormente, os para-raios são sistemas cuja função é proteger as edificações das descargas atmosféricas. Os Sistemas de Proteção contra Descargas Atmosféricas (SPDA) constam de:

1. **Sistema externo ou para-raios:** são os captores, condutores de descida e aterramento;
2. **Sistema interno,** presente apenas em alguns casos: conjunto de dispositivos que reduzem os efeitos elétricos e magnéticos da corrente de descarga atmosférica dentro do volume que pretende proteger.

Abaixo veremos um pouco sobre cada um dos componentes dos SPDA.

Captor: trata-se de um elemento pontiagudo que tem como objetivo interceptar as descargas atmosféricas. O captor utiliza o “poder das pontas” estudado. É dimensionado para suportar a carga e temperatura dos raios. Além dos captores de Franklin e dos captores radioativos, uma empresa francesa, a Helita, fabrica captores denominados “pulsar” que produz impulsos de alta tensão para captar a corrente do raio e conduzi-la a terra.



Fonte: Imagem Adaptada De: (LPS Camboja, 2012).

Condutores de descida: tem como função elevar a corrente elétrica do captor para a terra. Normalmente é um fio ou cabo de cobre. Sua trajetória deve ser sempre menor e mais retilínea possível. A seção do condutor deve ser definida conforme a tabela abaixo:

Tabela – Seção nominal dos condutores de descida.

Material Condutor	Seção nominal em mm ²	
	≤ 20 m	> 20 m
Cabo de cobre	16	35
Cabo de alumínio	25	70
Cabo de aço galvanizado	50	50

Haste para suporte do captor: Essa haste deve ser de cobre e presa a cobertura, fixada em um isolador. Nas residências, utilizam-se hastes com comprimento de 2 m. Entretanto, o recomendável é 5 m o tubo de cobre deve medir

5,5 cm de diâmetro. Nas casas que utilizam hastes de 2 m o diâmetro do tubo deve ser de 3 cm.

Braçadeiras: fixam o cabo de descida junto à haste.

Isoladores: O mais utilizado é a porcelana ou o vidro especial para suportar tensões de 10000 V, normalmente são fixados a barras ou suportes.

Eletrodos de terra: trata-se de um eletrodo de cobre enterrado para dar aterramento a descarga elétrica. Sua especificação depende da resistência do solo.

Protetor do condutor de descida: trata-se de um tubo de PVC reforçado de até 2 m de altura.

É importante ressaltar que os SPDA devem ser executados conforme a

NBR 5419: 2001 - Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas.

DISPOSITIVOS DE CONTROLE E PROTEÇÃO

Os dispositivos de controle que estudaremos a seguir são uma evolução dos dispositivos de manobra (dispositivos de comando) estudados. Já os dispositivos de proteção têm como objetivo evitar as sobrecargas e curto-circuito. Abordaremos inicialmente os principais dispositivos de comando para, posteriormente, analisarmos os dispositivos de proteção.

DISPOSITIVOS DE COMANDO

Vimos os esquemas de instalações básicas, que considerava interruptores que interrompem a corrente neutro-fase. Entretanto, em circuitos bifásicos o interruptor deverá ser bipolar. No caso de sistema trifásico, o interruptor deverá ser tripolar, onde será possível o desligamento das três fases ao mesmo tempo. Essas chaves podem ser acionadas manualmente, conforme ilustração abaixo.



Disjuntor tripolar, fabricante: Siemens.

Outras, as chamadas chaves magnéticas, podem ser acionadas por eletroímã, que, quando alimentadas por circuito externo se magnetiza provocando o movimento de uma armadura que possibilita o fechamento do circuito. Podem ser de dois tipos: chave magnética protetora é de uma combinação de chave magnética com relés de proteção, normalmente relé de sobrecarga, visto que as chaves magnéticas simples não apresentam proteção contra sobrecarga, atuam apenas como elementos de comando; chave magnética combinada é a associação de chave magnética simples com fusível, disjuntor e relé térmico. É muito utilizada no acionamento de motores elétricos, onde seu acionamento e desligamento ocorrem com muita frequência por meio de comandos vindos de diferentes pontos.

Contatores

Os contatores são dispositivos eletromecânicos que possibilitam a manobra de circuitos de longe por meio de um quadro de comandos. Trata-se de uma chave cuja operação não é manual e é capaz de conduzir ou interromper a passagem de corrente elétrica em condições normais de circuito, incluindo as sobrecargas previstas. São usados principalmente no controle de circuitos de potência não indutivos e no acionamento de motores.



Fonte: Contator de Potência 3RT10 15-1AN21, fabricante: Siemens.

Pressostato

É um dispositivo de manobra que trabalha em função das pressões predeterminadas. É uma espécie de sensor que mede a pressão e aciona ou desativa o circuito, dependendo de suas especificações predefinidas. É utilizado principalmente na indústria e em máquinas cujo controle de pressão se faz necessário. Ou seja, sua principal função é evitar sobre pressões ou subpressões.



Fonte: (Pressure Comercial Ltda, 2011)

Termostato

Termostato é um dispositivo que tem como objetivo manter a temperatura de um sistema dentro de sua faixa de controle automaticamente. Dessa forma, qualquer desvio em relação à faixa de controle (temperatura mínima aceitável até a temperatura máxima aceitável) ocasiona a passagem ou interrupção da corrente elétrica. Seu uso é frequente em geladeiras, ferros de passar e nos processos industriais que precisam se manter dentro das especificações de temperatura.



Fonte: Termostato Digital, fabricante Inova.

Relé térmico

São dispositivos que protegem os sistemas contra danos de origem elétrica (sobrecarga elétrica) que ocasionam aquecimento por passagem de corrente acima do especificado. É usado principalmente em motores elétricos para proteger os enrolamentos (seja do induzido, seja do indutor) dos efeitos deletérios do aquecimento acima das especificações aceitáveis.



Fonte: Relé Térmico, Fabricante: Siemens.

Dispositivos de proteção

Os dispositivos de proteção têm como função essencial proteger os equipamentos contra curtos-circuitos e/ou sobrecargas.

Nas situações de curto-circuito, os dispositivos de segurança deverão interromper a passagem de corrente elétrica, minimizando os efeitos térmicos e mecânicos que pode ocasionar nos equipamentos. Essa interrupção deve ser rápida para que a proteção seja efetiva.

Fusíveis

O fusível vem sendo utilizado a mais de 100 anos como um meio de proteção contra as sobrecargas (altas correntes indesejáveis). Os fusíveis são dispositivos de proteção contracorrentes de curto-circuito, podendo também atuar em circuitos sob condições de sobrecarga. Nas sobrecargas eles interrompem o fluxo de corrente.

Essa interrupção ocorre em função da fusão de um elemento fusível (elo), segundo o aquecimento resultante da sobrecarga que ocorrem durante a circulação dessa corrente.

São dispositivos de proteção de elevado leque de aplicações, com diferentes tipos construtivos, e que por isso mesmo devem merecer uma atenção especial na hora de escolher o fusível correto. Para fundamentar essa escolha, nada melhor do

que a análise da função de cada componente de um fusível, pois assim, em caso de ausência de algum desses componentes, já é possível avaliar as consequências.

Fusíveis Cilíndricos

São utilizados na proteção principalmente de máquinas e painéis, e também modelos que podem ser utilizados nas instalações em geral. Devem ser instalados de forma que não apresente risco de toque acidental.



Fonte: Fabricante: Siemens.

Normalmente trabalham com correntes nominais de 1 a 100A. Há disponíveis no mercado diferentes tamanhos. Funcionam bem em redes de tensão nominal até 500VCA.

Mas seu maior diferencial se destaca por apresentar uma alta capacidade de interrupção (100kA) em um produto extremamente compacto e inovador.

Fusíveis Diazed

Os fusíveis DIAZED são utilizados na proteção de curto-circuito em instalações elétricas residenciais, comerciais e industriais, quando corretamente

instalados, permitem o seu manuseio sem riscos de toque accidental. Atendem as correntes nominais de 2 a 100 A.



Fonte: Fusíveis Diazed, Siemens

Fusíveis Neozed

Os fusíveis Neozed possuem tamanho reduzido e são aplicados na proteção de curto-circuito em instalações típicas residenciais, comerciais e industriais. Atendem as correntes nominais de 2 a 63A.

A sua forma construtiva garante total proteção de toque accidental quando da montagem ou substituição dos fusíveis. Possuem anéis de ajuste que evitam a alteração dos fusíveis para valores superiores de corrente, mantendo a adequada qualidade de proteção da instalação.



Fonte: Fusíveis Neozed, Siemens.

Fusíveis NH

Os fusíveis NH são aplicados na proteção de sobrecorrentes de curto-circuito em instalações elétricas industriais. Atendem as correntes nominais de 6 a 1250 A.



Fonte: Fusível Nh, Siemens.

Fusível SITOR

Os fusíveis SITOR são fusíveis ultrarrápidos apropriados em instalações industriais. Atendem as correntes nominais de 16 a 900 A.



Fonte: Fusível Sitor, Siemens.

Fusível SILIZED

Os fusíveis ultrarrápidos SILIZED são utilizados na proteção de curto-circuito de semicondutores, estão adaptados às curvas de carga dos tiristores e diodos de potência, permitindo quando da sua instalação seu manuseio sem riscos de toque acidental. Atendem as correntes nominais de 16 a 100 A.

Possuem capacidade de interrupção de 50 kA em até 500VCA.



Fonte: Silized, Siemens.

Disjuntores

Conforme a NBR 5459: 1987 - Manobra e proteção de circuitos, disjuntor é um: “Dispositivo de manobra (mecânico) e de proteção capaz de estabelecer, conduzir e interromper correntes em condições normais do circuito, assim como estabelecer, conduzir por tempo especificado e interromper correntes em condições anormais especificadas do circuito, tais como as de curto-circuito.”

Os disjuntores possuem um dispositivo de interrupção bimetálico (relé térmico) com coeficientes de dilatação diferentes que interrompem o fluxo de energia. São os relés térmicos que interrompem a passagem de corrente elétrica quando aquecidos por efeito de uma sobrecarga de corrente. Outros disjuntores possuem relés magnéticos que desarmam quando a corrente é de curta duração (relés de máxima). A figura abaixo mostra os disjuntores mais comuns.



Fonte: (Hidro Elétrica Engenharia, 2012).

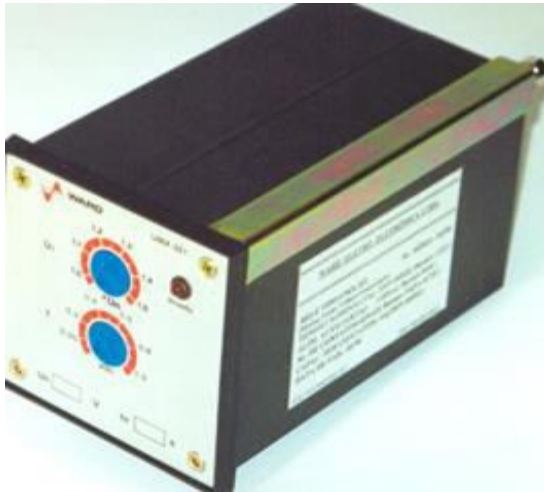
A escolha do disjuntor mais adequado deve levar em consideração as seguintes informações, fornecidas pelo fabricante:

- Tensão nominal em VCA;
- Nível de isolamento;
- Corrente nominal;
- Frequência nominal.

A corrente nominal do disjuntor deve ser maior ou igual a corrente do circuito a ser protegido (se for menor o disjuntor vai desarmar com frequência) e deve ser menor que a corrente máxima do fio escolhido.

Relé de subtensão e sobrecorrente

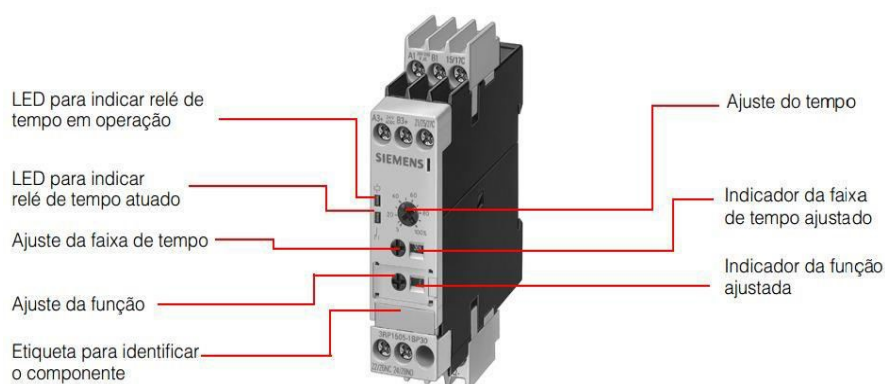
Alguns disjuntores possuem um relé de subtensão e sobrecorrente que diante de uma falta, queda de tensão ou sobrecorrente interrompe a passagem de corrente, o que impede possíveis danos aos equipamentos.



Fonte: (Ward Eletro Eletrônica Ltda , 2011)

RELÉ DE TEMPO

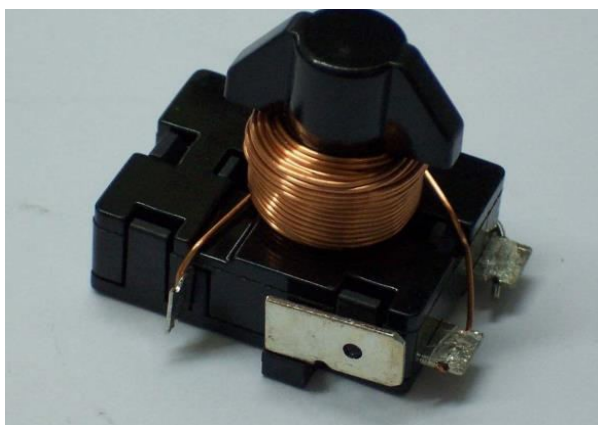
São dispositivos de manobra que podem ser programados para acionar ou desacionar um circuito em horários específicos. Também podem ter aplicações usando corrente contínua.



Fonte: Relés de tempo eletrônicos SIRIUS 3RP15. Fabricante: Siemens

RELÉS DE PARTIDA

Os relés de partida são usados em alguns equipamentos que utilizam motores elétricos, como geladeiras, bebedouros dentre outros. Sua principal função é atenuar o efeito torque na partida (é necessário mais torque para colocar o rotor em movimento), o que faz com que a corrente de partida seja muito superior a corrente de operação normal do motor. Esse efeito é percebido quando ligamos o motor e verificamos uma rápida queda de tensão, o que faz com que lâmpadas apresentem menor intensidade luminosa. Para a utilização do relé de partida é necessário, além dos terminais normais, o terminal de partida acoplado à bobina de partida. A bobina de partida é acionada apenas durante a partida do motor e desacionada durante sua operação normal.



Fonte: (Portal da Refrigeração, 2012).

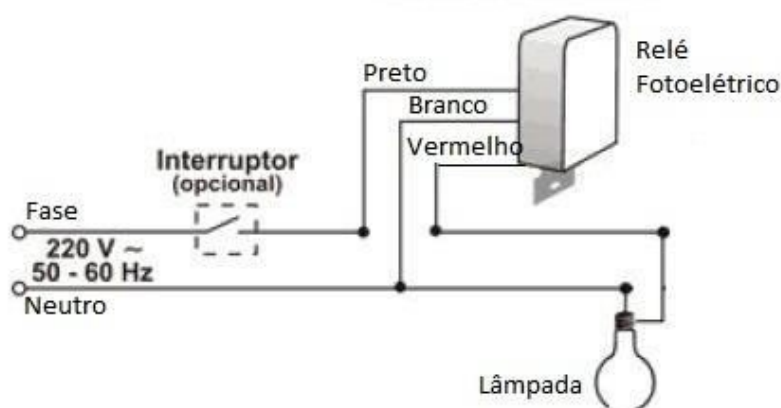
CÉLULAS FOTOELÉTRICAS

Nos ambientes em que é necessário manter uma iluminação durante a noite inteira, como na iluminação pública, em pátios industriais é conveniente que os sistemas de iluminação sejam acionados tão logo anoiteça e desacionados assim que amanhecer. Para isso, instalamos células fotoelétricas que detectam o nível de iluminamento do ambiente, ao anoitecer (8 a 10 lux) elas ligam as luminárias e quando amanhece (80 a 100 lux) elas desligam as luminárias. Abaixo, um modelo de relé fotoelétrico mais comum disponível no mercado e a base sobre a qual deve ser instalado:



Fonte: (Gessner Material de Construção Ltda, 2012).

A célula fotoelétrica acima possui acionamento eletromagnético. Seu esquema de instalação é mostrado na figura abaixo.



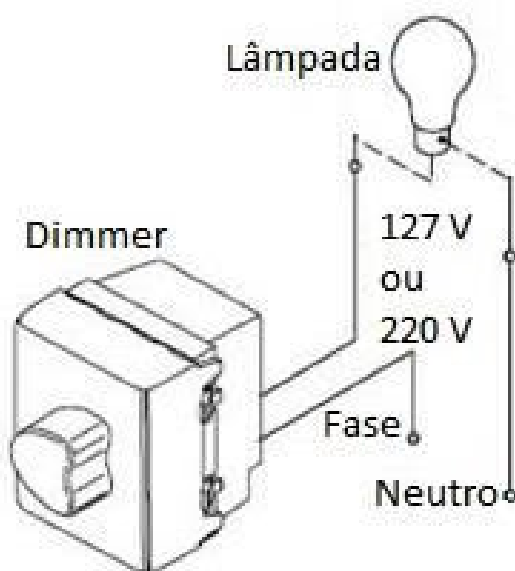
Fonte: (Associação Paranaense de Engenheiros de Segurança, 2011)

Chave-mestra (Master switch)

A chave-mestra é um interruptor que controla, de um único ponto, várias lâmpadas ou aparelhos localizados em ambientes diferentes. Pode ser associada a outros interruptores em paralelo ou em série para controlar o circuito pela chave mestre em situações de emergência.

Atenuadores ou Dimmers

Atenuadores ou dimers são variadores de tensão que possibilitam alterar a luminosidade de uma lâmpada ou a velocidade de um motor de zero a um máximo. São constituídos por circuitos eletrônicos controlados por uma resistência variável (potenciômetro). Variações no potenciômetro causam variações nas tensões de saída. Os Dimmers são limitados a potências de até 600 W.



Fonte: (Melhor Ângulo, 2012).

O esquema de ligação do Dimmer é mostrado abaixo.



Fonte: (Associação Paranaense de Engenheiros de Segurança, 2011)

Variador de Potência

O variador de potência nada mais é que um variador de tensão cuja potência total é superior a 600 W. É utilizado quando se pretende variar a luminosidade de várias lâmpadas ao mesmo tempo.



Fonte: Variador De Potência Pial Legrad.

Dispositivo Diferencial-Residual (DR)

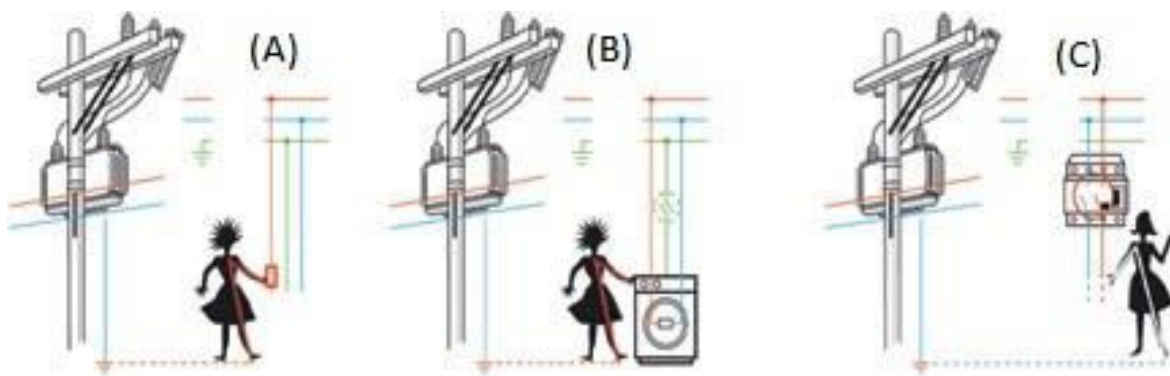
O dispositivo diferencial-residual, também conhecido como interruptor de corrente de fuga DR, tem como finalidade proteger as pessoas contra acidentais choques elétricos no contato com equipamentos energizados. Oferece, ainda, uma

proteção adicional contra incêndios provocados por faíscas causadas por falhas no isolamento de condutores e equipamentos.



Fonte: Dr. Fabricante: Siemens.

O dispositivo diferencial residual detecta correntes de fuga que possam por em risco a segurança das pessoas (30 mA) e nas instalações industriais (500 mA), nessas condições o DR desliga o circuito. Na figura abaixo, as correntes de fuga que causam danos às pessoas ocorrem em duas circunstâncias (A) e (B), e em (C) vemos o DR atuando.



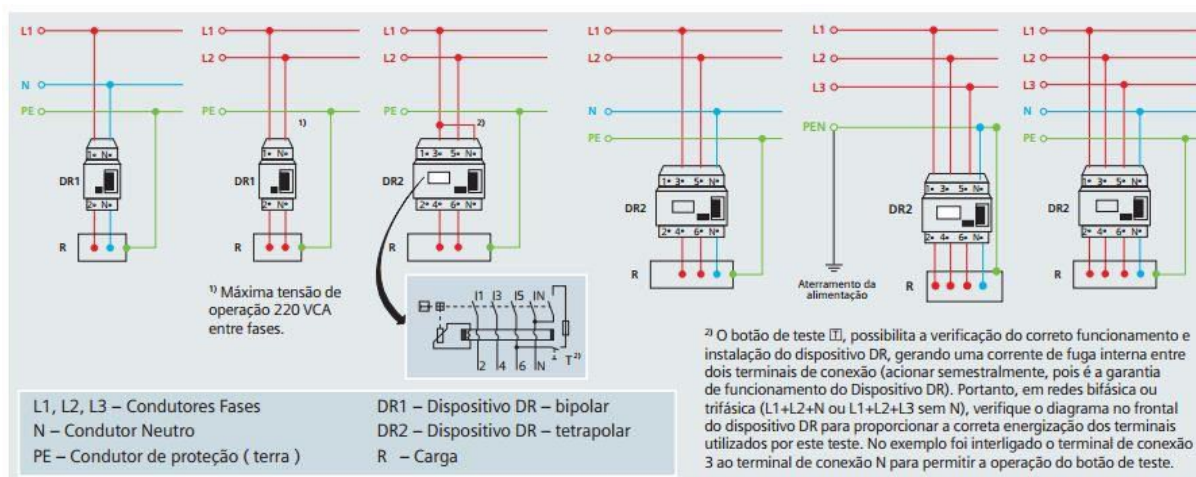
Fonte: (Associação Paranaense de Engenheiros de Segurança, 2011)

Na primeira **situação (A)**, a pessoa estabelece **contato direto** com a fase devido à falha de isolação ou remoção das partes isolantes, com toque acidental da pessoa em parte energizada (fase / terra-PE).

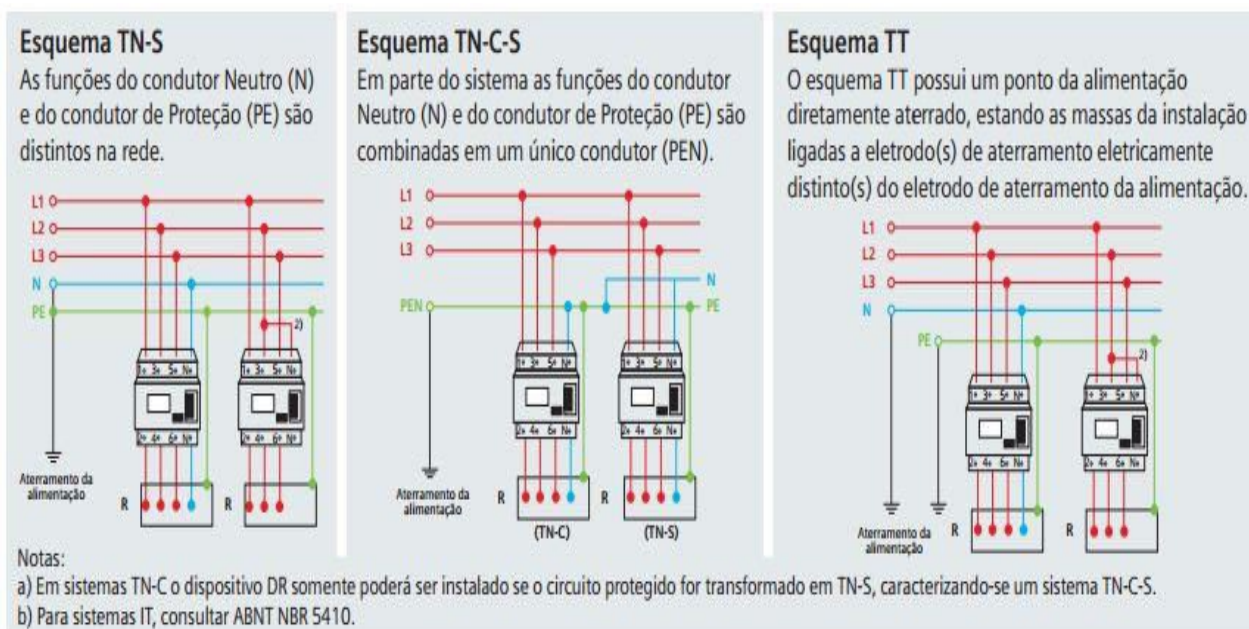
Na segunda situação (B), a pessoa estabelece contato indireto com a parte metálica (carcaça do aparelho), que estará energizada por falha de isolamento, com interrupção ou inexistência do condutor de proteção (terra-PE).

Na terceira situação (C), vemos como o dispositivo DR protege a pessoa dos efeitos das circunstâncias ao lado sendo que no caso do contato direto é a única forma de proteção.

Os esquemas de ligação dos DR da Siemens são mostrados abaixo:



Abaixo os esquemas de ligação dos DR no padrão ABNT.



Vimos o conceito de fator de potência. O fator de potência evidencia o fato de as indutâncias dos motores de indução, dos reatores e transformadores consumir uma potência reativa além da energia ativa. Vimos ainda que a energia reativa decorre do efeito de autoindução na formação do campo magnético pela passagem de corrente pelo solenoide dos referidos aparelhos. A energia reativa é consumida, mas não é medida pelos medidores de energia usuais, pois se trata de uma troca de energia entre o gerador e o receptor.

Nos circuitos resistivos o fator de potência é igual a 1, o que significa que a potência ativa é igual a potência aparente. Nos circuitos indutivos (que utilizam reatores magnéticos, motores, transformadores, etc.) o fator de potência é inferior a 1, neste caso há um aumento na intensidade de corrente, maior queda de tensão e consequentemente, menor voltagem nos equipamentos.

Nas residências e escritórios normalmente o fator de potência não é um problema a ser corrigido, uma vez que a maior parte dos equipamentos utilizados são resistivos. Entretanto, o fator de potência é algo que deve ser levado em consideração nas indústrias, uma vez que utilizam pesadamente equipamentos indutivos, ou seja, motores, reatores, transformadores, etc., em outras palavras, elas tendem a apresentar baixo fator de potência, o que significa sobrecarga para as instalações industriais e para a concessionária de energia.

Resolução 456 da ANEEL

A Resolução nº 456, de 29/12/200, da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) determinou que o fator de potência deve ser maior ou igual a 0,92.

Analisemos um exemplo prático: considere uma indústria cujo fator de potência é 150 kW e fator de potência igual a 0,65. Determine a corrente demandada pela rede trifásica de 220V, e qual seria a corrente demandada se o fator de potência fosse 0,92?

Resposta:

Primeiro calculamos a corrente aparente:

1º caso, para fator de potência = 0,65: 231 kVA

2° caso, para fator de potência = 0,92: = 163 kVA

Agora calculamos a corrente conforme a fórmula apresentada para rede trifásica de 220V:

$$I =$$

Para fator de potência = 0,65, $I =$

Para fator de potência = 0,92, $I = 428 A$

Conclusão: ao aumentarmos o fator de potência de 0,65 para 0,92 temos uma redução na corrente de 178 A ($606 - 428 = 178$). Quando aumentamos o fator de potência melhoramos a eficiência de todo o sistema ligado à rede.

CORREÇÃO DO FATOR DE POTÊNCIA

A correção do fator de potência deve ser realizada nas instalações que utilizam pesadamente equipamentos indutivos para atender as exigências da concessionária de energia e para melhorar a eficiência de todo o sistema, economizando energia. Para corrigir o fator de potência instalam-se capacitores em paralelo com a carga com o objetivo de reduzir a potência reativa.

CAPACIDADE DE CARGA E FATOR DE POTÊNCIA

Como determinar a potência, em kVAr, do capacitor que, quando instalado em um sistema predominantemente indutivo, minimiza a potência reativa, de maneira que o fator de potência seja igual ou maior que 0,92?

Tabela - Correção do fator de potência.

FP Atual	Fator de Potência Desejado																				
	0.80	0.81	0.82	0.83	0.84	0.85	0.86	0.87	0.88	0.89	0.90	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.99	1.00
0.50	0.982	1.008	1.034	1.060	1.086	1.112	1.139	1.165	1.192	1.220	1.248	1.276	1.306	1.337	1.369	1.403	1.440	1.481	1.529	1.589	1.732
0.51	0.937	0.962	0.989	1.015	1.041	1.067	1.094	1.120	1.147	1.175	1.203	1.231	1.261	1.292	1.324	1.358	1.395	1.436	1.484	1.544	1.687
0.52	0.893	0.919	0.945	0.971	0.997	1.023	1.050	1.076	1.103	1.131	1.159	1.187	1.217	1.248	1.280	1.314	1.351	1.392	1.440	1.500	1.643
0.53	0.850	0.876	0.902	0.928	0.954	0.980	1.007	1.033	1.060	1.088	1.116	1.144	1.174	1.205	1.237	1.271	1.308	1.349	1.397	1.457	1.600
0.54	0.809	0.835	0.861	0.887	0.913	0.939	0.966	0.992	1.019	1.047	1.075	1.103	1.133	1.164	1.196	1.230	1.267	1.308	1.356	1.416	1.559
0.55	0.769	0.795	0.821	0.847	0.873	0.899	0.926	0.952	0.979	1.007	1.035	1.063	1.093	1.124	1.156	1.190	1.227	1.268	1.316	1.376	1.519
0.56	0.730	0.756	0.782	0.808	0.834	0.860	0.887	0.913	0.940	0.968	0.996	1.024	1.054	1.085	1.117	1.151	1.188	1.229	1.277	1.337	1.480
0.57	0.692	0.718	0.744	0.770	0.796	0.822	0.849	0.875	0.902	0.930	0.958	0.986	1.016	1.047	1.079	1.113	1.150	1.191	1.239	1.299	1.442
0.58	0.655	0.681	0.707	0.733	0.759	0.785	0.812	0.838	0.865	0.893	0.921	0.949	0.979	1.010	1.042	1.076	1.113	1.154	1.202	1.262	1.405
0.59	0.619	0.645	0.671	0.697	0.723	0.749	0.776	0.802	0.829	0.857	0.885	0.913	0.943	0.974	1.006	1.040	1.077	1.118	1.166	1.226	1.369
0.60	0.583	0.609	0.635	0.661	0.687	0.713	0.740	0.766	0.793	0.821	0.849	0.877	0.907	0.938	0.970	1.004	1.041	1.082	1.130	1.190	1.333
0.61	0.549	0.575	0.601	0.624	0.653	0.679	0.706	0.732	0.759	0.787	0.815	0.843	0.873	0.904	0.936	0.970	1.007	1.048	1.096	1.156	1.299
0.62	0.516	0.542	0.568	0.594	0.620	0.646	0.673	0.699	0.726	0.754	0.782	0.810	0.840	0.871	0.903	0.937	0.974	1.015	1.063	1.123	1.266
0.63	0.483	0.509	0.535	0.561	0.587	0.613	0.640	0.666	0.693	0.719	0.749	0.777	0.807	0.838	0.870	0.904	0.941	0.982	1.030	1.090	1.233
0.64	0.451	0.474	0.503	0.529	0.555	0.581	0.608	0.634	0.661	0.689	0.717	0.745	0.775	0.806	0.838	0.872	0.909	0.950	0.998	1.068	1.201
0.65	0.419	0.445	0.471	0.497	0.523	0.549	0.576	0.602	0.629	0.657	0.685	0.713	0.743	0.774	0.806	0.840	0.877	0.918	0.966	1.026	1.169
0.66	0.388	0.414	0.440	0.466	0.492	0.518	0.545	0.571	0.598	0.626	0.654	0.682	0.712	0.743	0.775	0.809	0.846	0.887	0.935	0.995	1.138
0.67	0.358	0.384	0.410	0.436	0.462	0.488	0.515	0.541	0.568	0.596	0.624	0.652	0.682	0.713	0.745	0.779	0.816	0.857	0.905	0.965	1.108
0.68	0.328	0.354	0.380	0.406	0.432	0.458	0.485	0.511	0.538	0.566	0.594	0.622	0.652	0.683	0.715	0.749	0.786	0.827	0.875	0.935	1.049
0.69	0.299	0.325	0.351	0.377	0.403	0.429	0.456	0.482	0.509	0.537	0.565	0.593	0.623	0.654	0.686	0.720	0.757	0.798	0.846	0.906	1.049
0.70	0.270	0.296	0.322	0.348	0.374	0.400	0.427	0.453	0.480	0.508	0.536	0.564	0.594	0.625	0.657	0.691	0.728	0.769	0.817	0.877	1.020
0.71	0.242	0.268	0.294	0.320	0.346	0.372	0.399	0.425	0.452	0.480	0.508	0.536	0.566	0.597	0.629	0.663	0.700	0.741	0.789	0.849	0.992
0.72	0.214	0.240	0.266	0.292	0.318	0.344	0.371	0.397	0.424	0.452	0.480	0.508	0.538	0.569	0.601	0.635	0.672	0.713	0.761	0.821	0.964
0.73	0.186	0.212	0.238	0.264	0.290	0.316	0.343	0.369	0.396	0.424	0.452	0.480	0.510	0.541	0.573	0.607	0.644	0.685	0.733	0.793	0.936
0.74	0.159	0.185	0.211	0.237	0.263	0.289	0.316	0.342	0.369	0.397	0.425	0.453	0.483	0.514	0.546	0.580	0.617	0.658	0.706	0.766	0.909
0.75	0.132	0.158	0.184	0.210	0.236	0.262	0.289	0.315	0.342	0.370	0.398	0.426	0.456	0.487	0.519	0.553	0.590	0.631	0.679	0.739	0.882
0.76	0.105	0.131	0.157	0.183	0.209	0.235	0.262	0.288	0.315	0.343	0.371	0.399	0.429	0.460	0.492	0.526	0.563	0.604	0.652	0.712	0.855
0.77	0.079	0.105	0.131	0.157	0.183	0.209	0.236	0.262	0.289	0.317	0.345	0.373	0.403	0.434	0.466	0.500	0.537	0.578	0.626	0.685	0.829
0.78	0.052	0.078	0.104	0.130	0.156	0.182	0.209	0.235	0.262	0.290	0.318	0.346	0.376	0.407	0.439	0.473	0.510	0.551	0.599	0.659	0.802
0.79	0.026	0.052	0.078	0.104	0.130	0.156	0.183	0.209	0.236	0.264	0.292	0.320	0.350	0.381	0.413	0.447	0.484	0.525	0.573	0.633	0.776
0.80		0.026	0.052	0.078	0.104	0.130	0.157	0.183	0.210	0.238	0.266	0.294	0.324	0.355	0.387	0.421	0.458	0.499	0.547	0.609	0.750
0.81			0.026	0.052	0.078	0.104	0.131	0.157	0.184	0.212	0.240	0.268	0.298	0.329	0.361	0.395	0.432	0.473	0.521	0.581	0.724
0.82				0.026	0.052	0.078	0.105	0.131	0.158	0.186	0.214	0.242	0.272	0.303	0.335	0.369	0.406	0.447	0.495	0.555	0.698
0.83					0.026	0.052	0.079	0.105	0.132	0.160	0.188	0.216	0.246	0.277	0.309	0.343	0.380	0.421	0.469	0.529	0.672
0.84						0.026	0.053	0.079	0.106	0.134	0.162	0.190	0.220	0.251	0.283	0.317	0.354	0.395	0.443	0.503	0.646
0.85							0.027	0.053	0.080	0.108	0.136	0.164	0.194	0.225	0.257	0.291	0.328	0.369	0.417	0.477	0.620
0.86								0.026	0.053	0.081	0.109	0.137	0.167	0.198	0.230	0.264	0.301	0.342	0.390	0.450	0.593
0.87									0.027	0.055	0.083	0.111	0.141	0.173	0.204	0.238	0.275	0.316	0.364	0.424	0.567
0.88										0.028	0.056	0.084	0.114	0.145	0.177	0.211	0.248	0.289	0.337	0.397	0.540
0.89											0.028	0.056	0.086	0.117	0.149	0.183	0.220	0.261	0.309	0.369	0.512
0.90												0.028	0.058	0.089	0.121	0.155	0.192	0.233	0.281	0.341	0.484
0.91													0.030	0.061	0.093	0.127	0.164	0.205	0.253	0.313	0.456
0.92														0.031	0.063	0.097	0.134	0.175	0.223	0.283	0.426
0.93															0.032	0.066	0.103	0.144	0.192	0.252	0.395
0.94																0.034	0.071	0.112	0.160	0.221	0.363
0.95																	0.037	0.079	0.126	0.186	0.329
0.96																		0.041	0.089	0.149	0.292
0.97																			0.048	0.108	0.251
0.98																				0.060	0.203
0.99																					0.143

Fonte: Weg.

O exemplo abaixo nos ajudará a entender como calcular a capacidade (em KVAR) do capacitor para elevar seu fator de potência para 0,92.

Em uma indústria a carga instalada é 200 kW e seu fator de potência é 0,85. Calcule qual deve ser a potência do capacitor para reduzir a potência reativa e eleve o fator de potência para 0,92, obtendo com isso economia e atendendo a exigência da concessionária de energia.

Resposta:

Para resolver esse problema, consultamos a tabela 12 e procuramos a linha (horizontal) de nosso fator de potência atual (0,85) e nas colunas (vertical), procuramos o fator de potência desejado. Ao cruzar a linha e coluna especificada encontramos 0,191. Para acharmos qual deve ser a potência capacitiva para corrigir o fator de potência, basta multiplicar a carga instalada total (200 KW, no nosso exemplo) por 0,191.

$$P_c = 200 \times 0,191 = 38,2 \text{ kVAr}$$

$$P_c = 38,2 \text{ kVAr}$$

Capacitores

Os capacitores são dispositivos estáticos que introduzem capacitância, minimizando o efeito das cargas indutivas nos circuitos. São especificados conforme sua tensão e potência reativa nominal e o tipo de rede, monofásica, bifásica ou trifásica.

Linha UCW - Série B



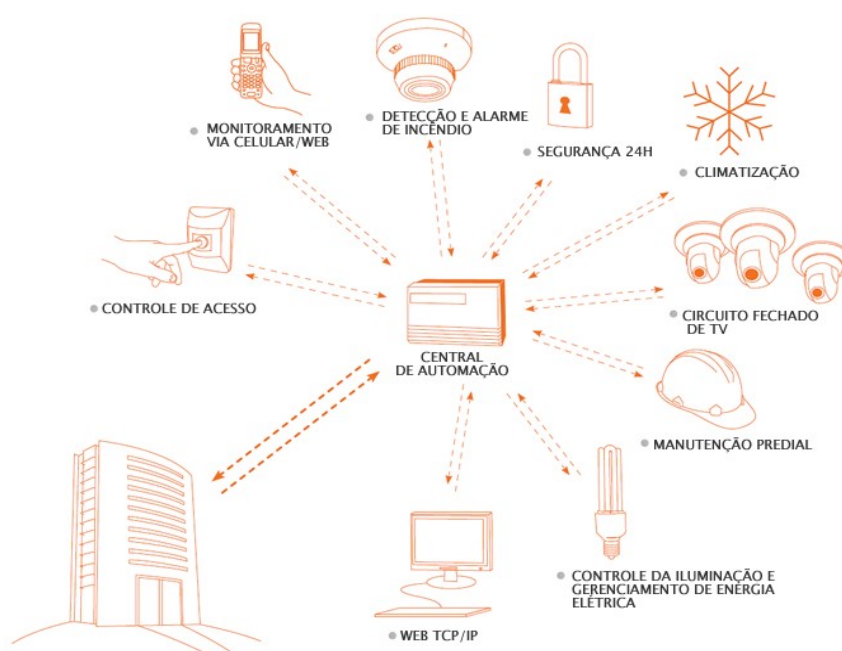
AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL E PREDIAL

Conforme Oliveira (2005), a automação predial e residencial foi baseada na automação industrial, bem conhecida e difundida há mais tempo. Entretanto, em residências não são necessárias grandes centrais controladoras e extensos

sistemas de cabeamento. O desejo de automação em projetos de pequeno e médio porte com características comerciais ou residenciais começou a surgir na década de 80 quando companhias como a Leviton começaram a desenvolver sistemas de automação predial, alcançando 4 milhões de edifícios e casas já no ano de 1996. Como o grande número de aplicações e oportunidades geradas pelo computador pessoal, pelo surgimento da Internet e pela redução dos custos do hardware, criou-se uma nova cultura de acesso à informação digitalizada. Esses fatores permitiram elevar o projeto elétrico de seu nível convencional para um superior no qual todas as suas funções desenvolvidas estejam integradas e trabalhando em conjunto.

Os edifícios automatizados, ou edifícios inteligentes, devem integrar seus diversos componentes em um sistema central, fazendo uso mais completo dos dispositivos de:

- a) Segurança: pessoas e bens;
- b) Conforto;
- c) Economia: consumo de energia, gás, ar comprimido, água e esgotos;
- d) Comunicação.
- e) Supervisão e controle:
 - Temperatura;
 - Pressão;



Fonte: (Grupo Orion, 2009).

ALARMES ANTIFURTO

Os alarmes antifurto têm como objetivo proteger as edificações contra intrusos. Há uma enorme variedade de dispositivos disponíveis no mercado que podem ser acionados por meios mecânicos, magnéticos, luminosos e que acionam sinais sonoros e/ou luminosos ou um autodiscador de telefone, que liga para a polícia ou para o dono do imóvel. Podem ser alimentados pela rede principal ou por baterias e pilhas.



Fonte: (Segurança Predial, 2012).

Há ainda, alarmes constituídos por células fotoelétricas que acionam quando os raios luminosos emitidos por uma fonte para um sensor são bloqueados; e os alarmes constituídos por circuitos de TV que permitem monitorar o local a ser protegido, o que possibilita não só gravar imagens de eventos suspeitos, mas também acionar mecanismos de defesa após a identificação de um sinal de invasão enviado a uma central de monitoramento.

Além dos alarmes antifurto, temos ainda os alarmes técnicos: indicam inundação, vazamento de gás, queda de energia, etc.; alarmes que indicam fogo e fumaça: possibilitam a detecção rápida, alerta a moradores, chamada de bombeiros; alarmes médicos: possibilitam o monitoramento e diagnóstico remoto de sinais vitais, dentre outros. Em cada um desses alarmes existem dispositivos específicos (sensores ou detectores) que possibilitam seu correto funcionamento. Abaixo trataremos dos sistemas de alarme contra fogo, fumaça e gases e seus respectivos sensores.

DETECTORES DE FOGO, FUMAÇA E GASES

Todos os dispositivos, sistemas e instalações contra fogo, fumaça e gases devem obedecer às recomendações do Código de Segurança contra Incêndio e Pânico (COSCIP), bem como à legislação complementar.

Para que haja incêndio, são necessários quatro elementos: combustível (exemplo: plástico, madeira, papel, tecido, gasolina, etc.); oxigênio ou comburente; calor ou energia de ativação (o elemento que inicia o fogo); e reação em cadeia. Naturalmente, nos locais em que esses quatro elementos estão disponíveis o risco de incêndio é iminente.



Portanto, diante do risco de incêndio é essencial a instalação de Sistemas de Proteção contra Incêndios nas edificações residenciais, comerciais e industriais. Para isso, devemos implantar sistemas que possibilitem detectar e reportar adequadamente a existência de um incêndio; tomar as medidas necessárias com eficácia e precisão; e controlar e eliminar o incêndio com o menor dano possível às pessoas e bens patrimoniais.

Para detectar e localizar o foco do incêndio, utilizamos sensores ou detectores de fumaça, ionização, temperatura, etc. Eles enviam essas informações para a Central de Alarme e Incêndio, que aciona sinais sonoros e luminosos, indicam em seu painel o foco do incêndio, bem como aciona dispositivos aspersores de água e de combate a incêndio, desligando os condicionadores de ar e exaustores, impedindo que a fumaça atinja outros locais. Algumas centrais avisam os porteiros e zeladores, e contatam o Corpo de Bombeiros, por meio de chamada telefônica com emissão de alarme de incêndio. Algumas instalações inundam o ambiente com CO_2 , agente ideal nas áreas desocupadas, ou com N_2 , em áreas ocupadas, o que reduz a concentração do comburente (oxigênio), diminuindo a combustão. Nas instalações industriais, os sensores indicam ainda a presença de gases tóxicos ou vazamentos que, apesar de não indicarem incêndios, visam eliminar desperdícios (vazamentos de gás), evitar intoxicações ou proteger a atmosfera contra a poluição.

É importante ressaltar que os sistemas de detecção e alarme de incêndio devem ser elaborados conforme a NBR 9441 - 2005: Detecção e Alarme de Incêndio.

SENSORES AUTOMÁTICOS

Os sensores automáticos, quando instalados criteriosamente, detectam o foco do incêndio e enviam sinais à Central de Controle. Os principais detectores são:

- 1) Detectores de fumaça por ionização: possui grande sensibilidade a fumaça. Esses detectores possuem uma câmara de ionização, composta por um material radioativo, protegido por um recipiente de cerâmica, que mantém o ar ionizado

(carregado eletricamente). Esse ar fica entre duas placas metálicas, uma de carga positiva e outra negativa. A diferença de potencial entre o ar e as placas gera uma corrente elétrica permanente. Em um incêndio, a fumaça penetra na câmara de ionização, interrompendo o fluxo da corrente. O circuito eletrônico, ao detectar essa redução na corrente elétrica, aciona a central de incêndio. Protegem uma área média de 60 a 120 m².



Fonte: (Segurança Safe and Sound., 2011).

2) Detectores termovelocimétricos: seu funcionamento se baseia em uma variação na resistência (em Ohms) no termistor (Dispositivo que utiliza dos semicondutores sensíveis à temperatura, cujo funcionamento é similar ao termo elemento) em função de uma mudança na temperatura ambiente. Esse detector aciona os alarmes quando ocorre uma variação de 5, 10 ou 15° C por minuto.



Fonte: (Extintors Barcelona, 2012).

3) Detectores térmicos: são utilizados quando as condições ambientais não permitem o uso de detectores mais sensíveis. Cobrem uma área média de 36 m².

4) Detectores convencionais automáticos: com novos padrões na tecnologia de detecção de incêndios por meio de uma combinação de sensores ópticos, térmicos e químicos (de gás) com o sistema eletrônico de avaliação inteligente. A sua característica mais impressionante é a capacidade de prevenção de falsos alarmes (ocasionados por leves aumentos de temperatura, ou por fumaça de cigarro, por exemplo), bem como a velocidade e precisão de detecção.

CENTRAL DE INCÊNDIO

Essa central processa os sinais fornecidos pelos detectores e supervisiona as linhas de diagnóstico e comando. Ligam sirenes e as bombas de combate a incêndios, acionam o Corpo de Bombeiros, desligam os condicionadores de ar, controlam exaustores, etc. Ou seja, as centrais de combate a incêndio respondem com uma grande variedade de operações dependendo dos objetivos pretendidos durante sua instalação.



Fonte: Centrais de incêndio, fabricante: Siemens.

SUPERVISÃO E CONTROLE

Nas instalações prediais comerciais e residenciais existe uma enorme variedade de equipamentos para garantir segurança, conforto e funcionalidade aos seus usuários. São os condicionadores de ar, escadas rolantes, elevadores, exaustores; alarmes contrafogo, incêndio e furto; aquecedores, detectores de temperatura, água gelada, água quente, etc. Para manter todos esses equipamentos em bom funcionamento é necessário realizar manutenções (preventivas, preditivas e corretivas) com frequência, uma vez que paralizações podem gerar desconforto ou acidentes. Quando algum equipamento deixa de funcionar, detectar a causa da paralização constitui um verdadeiro desafio, visto que diferentes fatores podem ocasionar a parada no funcionamento de um equipamento.

Com o objetivo de minimizar esses problemas é conveniente instalar uma Central de Supervisão e Controle de Operações, composta por hardware (parte física, computadores, sensores, atenuadores, CLP, etc.) e software (comandos ou instruções lógicas) que permite gerenciar todo o edifício. A central é alimentada por sensores que informam a corrente, tensão, temperatura, pressão, nível de água, presença de fogo ou fumaça, umidade, concentração de monóxido de carbono, dióxido de carbono, velocidade de escoamento, e funcionamento dos equipamentos, etc. Essas informações são processadas e podem ser lidas em painéis luminosos ou em computadores que indicam qualquer ocorrência, bem como o local da mesma.

É importante destacar que há uma vasta gama de centrais de controle e supervisão disponíveis no mercado, desde sistemas mais simples, para prédios e residências, até sistemas complexos para industriais, hospitais, shoppings centers, aeroportos, etc.

EXECUÇÃO DOS PROJETOS

Conhecemos os materiais e dispositivos empregados nas instalações elétricas. Além dos materiais já vistos, (fios, cabos, chaves, interruptores, tomadas, disjuntores, etc.) convém apresentar materiais que embora citados (calhas, canaletas, eletrodutos, caixas de distribuição, etc. citados quando analisamos os tipos de linhas elétricas) precisam ser explicitados. A seguir, faremos uma análise sucinta desses materiais, visto que uma abordagem aprofundada de todas as normas e indicações tornaria este texto demasiadamente extenso.

ESPAÇO DE CONSTRUÇÃO

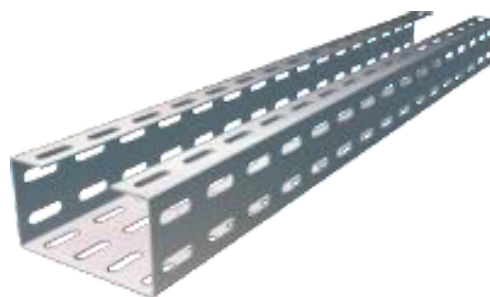
Conforme Niskier (2005), o espaço de construção é o espaço existente na estrutura ou nos componentes de uma edificação, no qual passam os condutores que alimentam as cargas ao longo do prédio, tendo acesso apenas em determinados pontos.

Eletrocalha

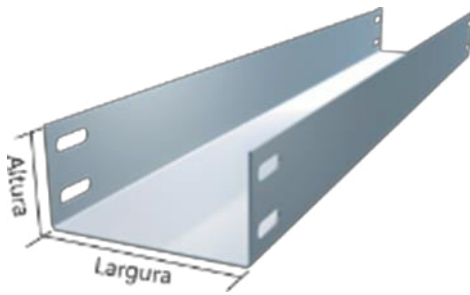
As eletrocalhas são elementos de linha fechada e aparente, cuja cobertura é desmontável, pode ser lisa ou perfurada, destinada à condução e distribuição de fios e cabos, fabricados em chapas de aço SAE 1008/1010, conforme a NBR 11888-2 e NBR 7013. Dobradas em forma de “U” ou em “C”, podendo ser com ou sem virola.



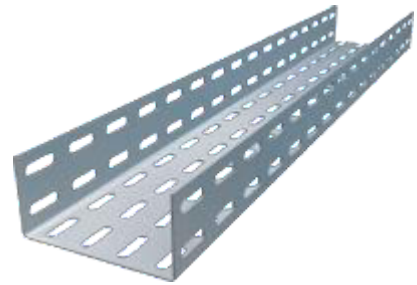
Eletrocalha lisa com virola.



Eletrocalha perfurada com virola.

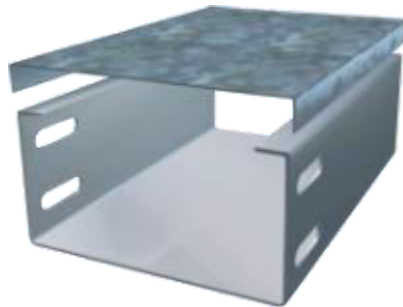


Eletrocalha lisa sem virola.

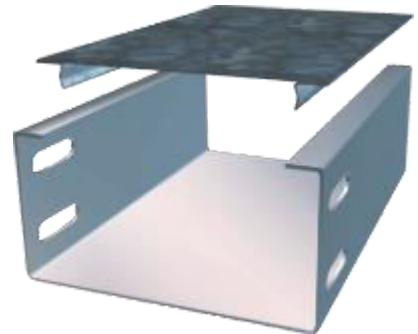


Eletrocalha perfurada simples.

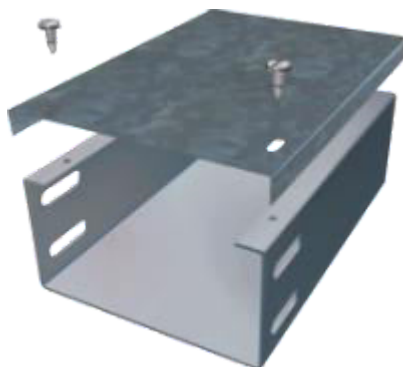
As tampas das eletrocalhas podem ser de encaixe, de pressão ou aparafusadas.



Tampa de pressão.



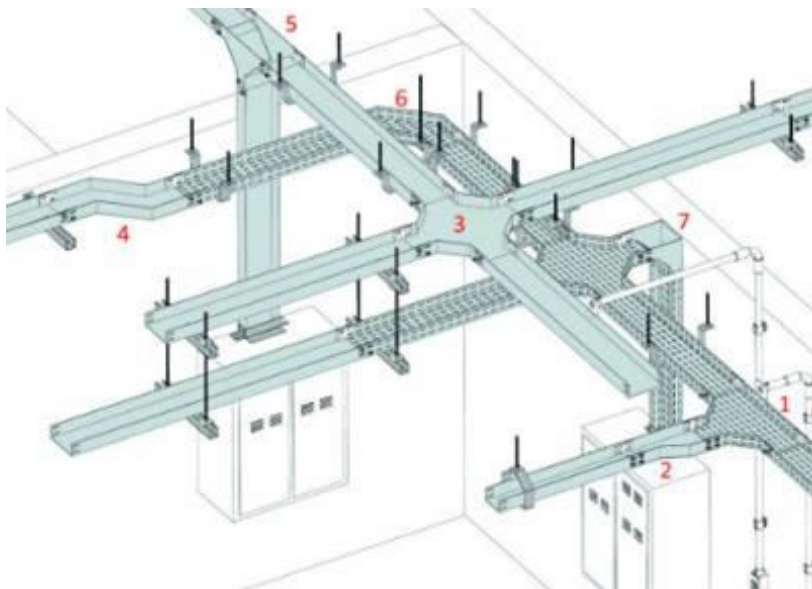
Tampa de encaixe,



Tampa Parafusada

Fonte: (VALEMAM Perfis Metálicos, 2012).

Para a instalação e fixação das eletrocalhas, como mostra a figura a seguir, é necessário, uma série de acessórios que serão detalhados a seguir.



Fonte: (VALEMAM Perfis Metálicos, 2012).

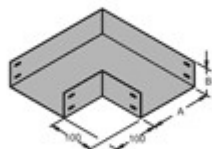
Onde:

1. Tê horizontal;
2. Redução à direita;
3. Cruzeta 90°;
4. Desvio à direita;
5. Tê vertical descida;
6. Curva horizontal de 90°;
7. Curva de inversão.

Acessórios para instalação e fixação das eletrocalhas.

Código: PL 009

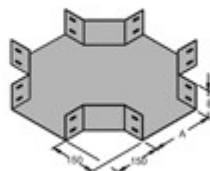
Cotovelo reto 90°



Especificar dimensões "A" e "B"

Código: PL 019

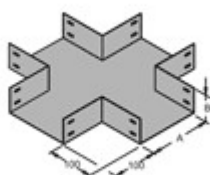
Cruzeta horizontal 90°



Especificar dimensões "A" e "B"

Código: PL 029

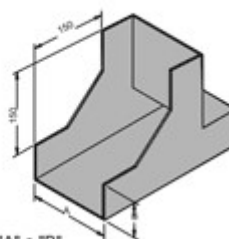
Cruzeta reta 90°



Especificar dimensões "A" e "B"

Código: PL 039

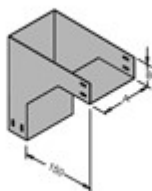
Curva c/ passagem reta subida 90°



Especificar dimensões "A" e "B"

Código: PL 049

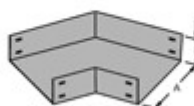
Curva de inversão 90°



Especificar dimensões "A" e "B"

Código: PL 054

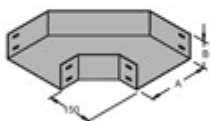
Curva horizontal 45°



Especificar dimensões "A" e "B"

Código: PL 059

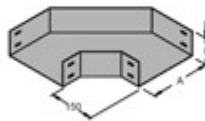
Curva horizontal 90°



Especificar dimensões "A" e "B"

Código: PL 059

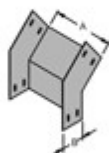
Curva horizontal 90°



Especificar dimensões "A" e "B"

Código: PL 064

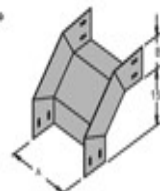
Curva vertical externa 45°



Especificar dimensões "A" e "B"

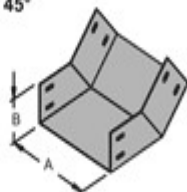
Código: PL 069

Curva vertical externa 90°



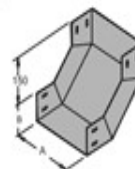
Especificar dimensões "A" e "B"

Código: PL 074
Curva vertical interna 45°



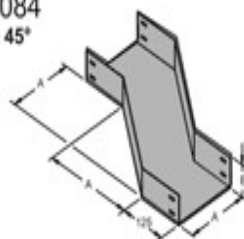
Especificar dimensões "A" e "B"

Código: PL 079
Curva vertical interna 90°



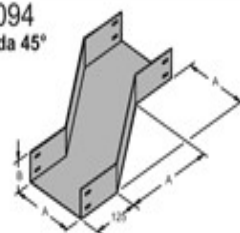
Especificar dimensões "A" e "B"

Código: PL 084
Desvio a direita 45°



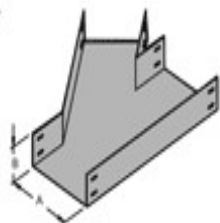
Especificar dimensões "A" e "B"

Código: PL 094
Desvio a esquerda 45°



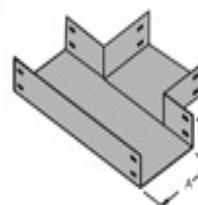
Especificar dimensões "A" e "B"

Código: PL 164
Junção a direita 45°



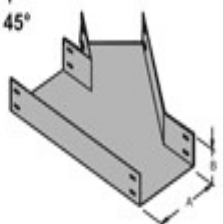
Especificar dimensões "A" e "B"

Código: PL 159
Junção a direita 90°



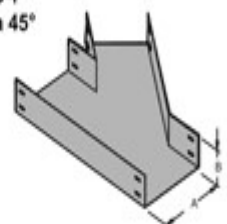
Especificar dimensões "A" e "B"

Código: PL 154
Junção a esquerda 45°



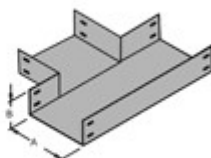
Especificar dimensões "A" e "B"

Código: PL 154
Junção a esquerda 45°



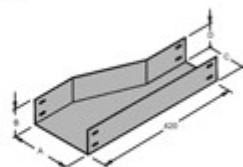
Especificar dimensões "A" e "B"

Código: PL 169
Junção a esquerda 90°



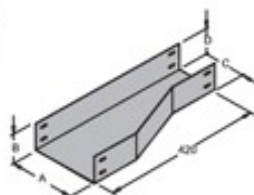
Especificar dimensões "A" e "B"

Código: PL 179
Redução a direita



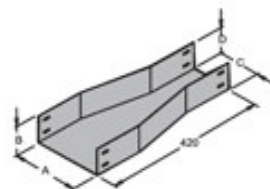
Especificar dimensões "A", "B", "C" e "D"

Código: PL 189
Redução a esquerda



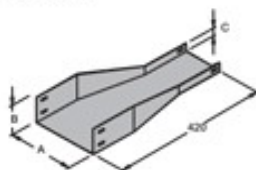
Especificar dimensões "A", "B", "C" e "D"

Código: PL 199
Redução concêntrica



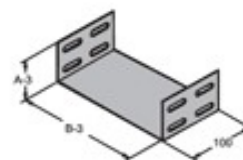
Especificar dimensões "A", "B", "C" e "D"

Código: PL 190
Redução de abas



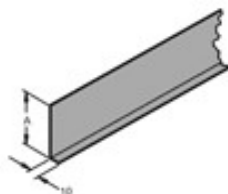
Especificar dimensões "A", "B" e "C"

Código: PL 100
Emenda interna "U"



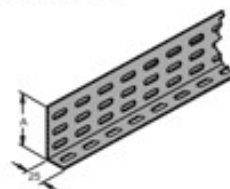
Especificar dimensões "A" e "B"

Código: PL 14191
Septo divisor liso



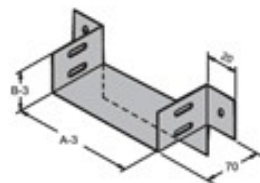
Especificar dimensão "A"

Código: PL 14190
Septo divisor perfurado



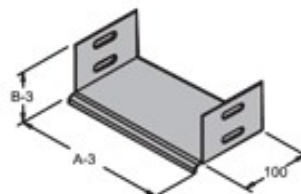
Especificar dimensão "A"

Código: PL 1109
Flange para ligação em painel



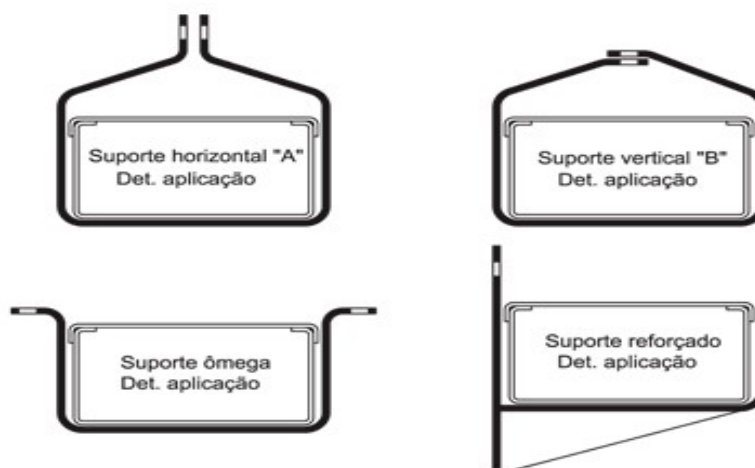
Especificar dimensões "A" e "B"

Código: PL 1149
Gotejador



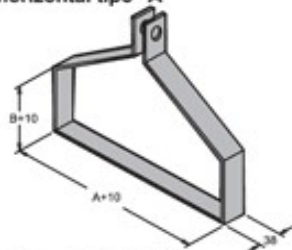
Especificar dimensões "A" e "B"

Sistema de sustentação - Detalhes típicos de montagem



Código: PL 1119

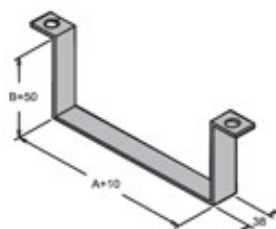
Suporte horizontal tipo "A"



Especificar dimensão "A" e "B"

Código: PL 1129

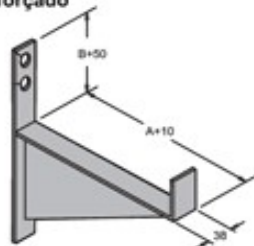
Suporte ômega



Especificar dimensão "A" e "B"

Código: PL 1159

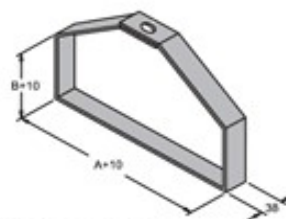
Suporte reforçado



Especificar dimensão "A" e "B"

Código: PL 1139

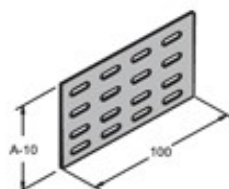
Suporte vertical tipo "B"



Especificar dimensão "A" e "B"

Código: PL 120

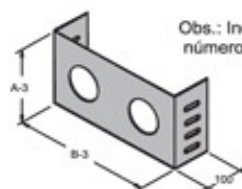
Tala para eletrocalha



Especificar dimensão "A"

Código: PL 121

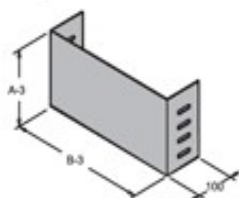
Terminal com saída para eletroduto



Obs.: Indicar o diâmetro e o número de saídas

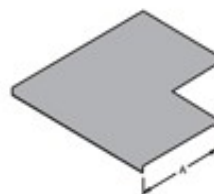
Especificar dimensões "A" e "B"

Código: PL 1249
Terminal liso para eletrocalha



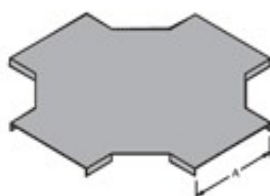
Especificar dimensões "A" e "B"

Código: PL14009
Tampa de encaixe p/ Cotovelo reto 90°



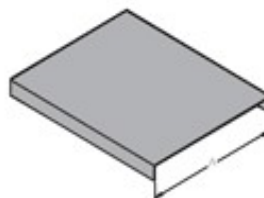
Especificar dimensão "A"

Código: PL 14019
Tampa de encaixe p/ Cruzeta horiz. 90°



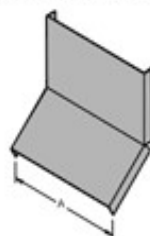
Especificar dimensão "A"

Código: PL 14029
Tampa de encaixe p/ Cruzeta reta 90°



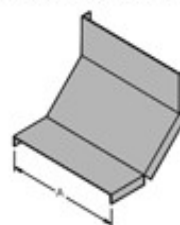
Especificar dimensão "A"

Código: PL 14074
Tampa de encaixe p/ Curva vertical int. 45°



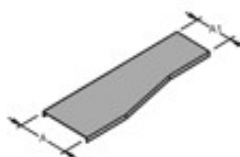
Especificar dimensão "A"

Código: PL 14079
Tampa de encaixe p/ Curva vertical int. 90°



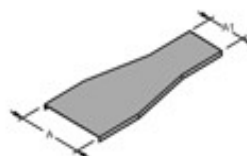
Especificar dimensão "A"

Código: PL 14189
Tampa de encaixe p/ Redução a esquerda



Especificar dimensão "A" e "A1"

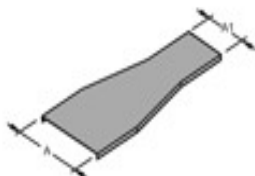
Código: PL 14199
Tampa de encaixe p/ Redução concêntrica



Especificar dimensão "A" e "A1"

Código: PL 14199

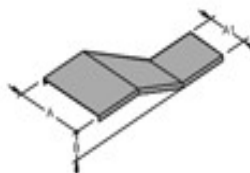
Tampa de encaixe p/ Redução concêntrica



Especificar dimensão "A" e "A1"

Código: PL 14200

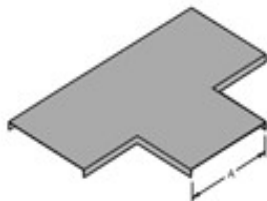
Tampa de encaixe p/ Redução de abas



Especificar dimensão "A", "A1" e "B"

Código: PL 14219

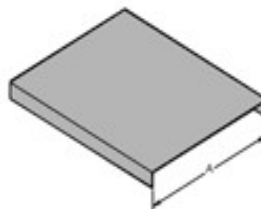
Tampa de encaixe p/ Tê reto 90°



Especificar dimensão "A"

Código: PL 14269

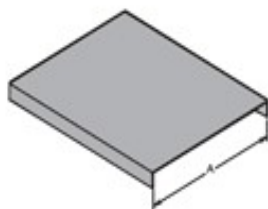
Tampa de encaixe p/ Tê vertical de desc. 90°



Especificar dimensão "A"

Código: PL 14049

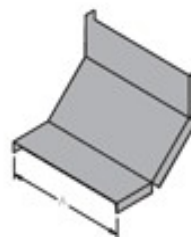
Tampa de encaixe p/ curva de inversão 90°



Especificar dimensão "A"

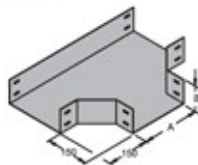
Código: PL 14039

Tampa para curva de passagem reta subida 90°



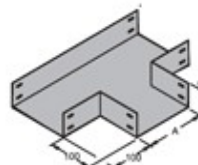
Especificar dimensão "A"

Código: PL 209
Tê horizontal 90°



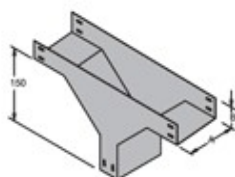
Especificar dimensões "A" e "B"

Código: PL 219
Tê reto 90°



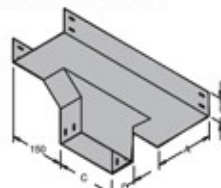
Especificar dimensões "A" e "B"

Código: PL 269
Tê vertical de descida 90°



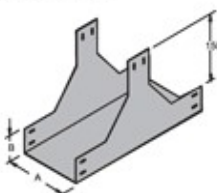
Especificar dimensões "A" e "B"

Código: PL 229
Tê vertical de descida lateral 90°



Especificar dimensões "A" e "B"

Código: PL 239
Tê vertical de subida 90°



Especificar dimensões "A" e "B"

Fonte: (Perfil Líder Indústria Eletromecânica Ltda, 2012).

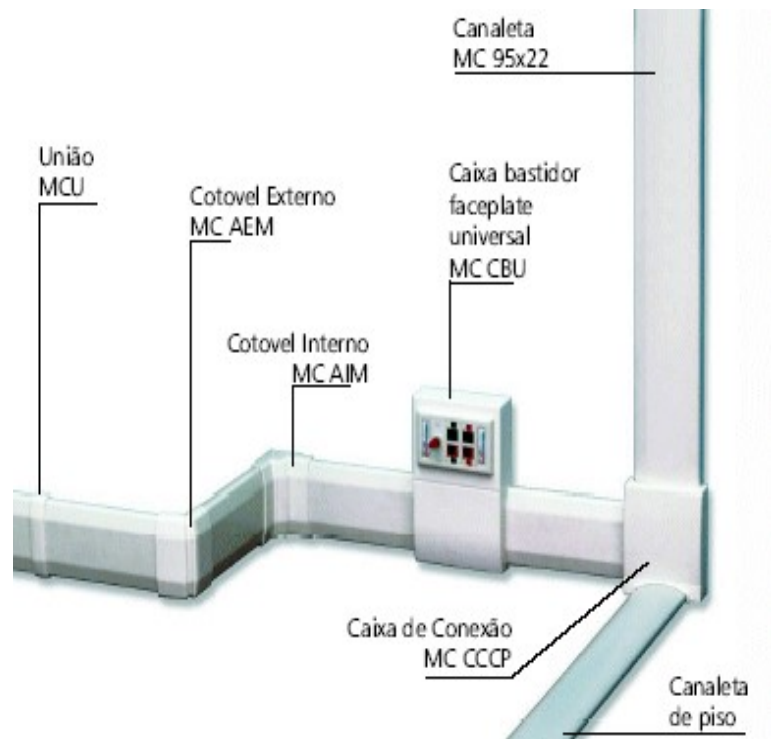
Exemplo de montagem de eletrocalhas:



Fonte: (mmai - Mecânica e manutenção Industrial , 2012).

ab
em

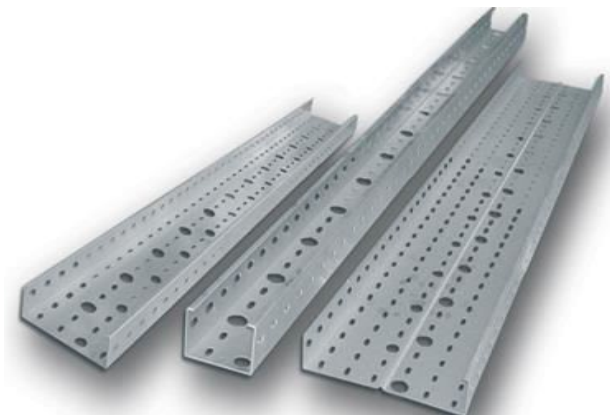
Nº	Item	Nº	Item	Nº	Item
1	TE Vertical de Subida	11	Cruzeta Horizontal 90º	21	Curva Vertical Interna 90º
2	Tampa p/ TE Vertical de Subida	12	Tampa p/ Cruzeta Horizontal 90º	22	Tampa p/ Curva Vertical Interna 90º
3	Desvio à Direita	13	Curva Vertical Externa 90º	23	Redução Concêntrica
4	Tampa p/ Desvio à Direita	14	Tampa p/ Curva Vertical Externa 90º	24	Tampa p/ Redução Concêntrica
5	Junção à Direita	15	TE Horizontal 90º	25	TE Vertical de Descida Lateral
6	Tampa p/ Junção à Direita	16	Tampa p/ TE Horizontal 90º	26	Tampa p/ TE Vertical de Descida Lateral
7	Acoplamento p/ Painel	17	Curva Horizontal 90º	27	Vergalhão Roscado
8	Suporte Suspensão Simples Tirante	18	Tampa p/ Curva Horizontal 90º	28	Eletrocalha Perfurada
9	Curva de Inversão	19	TE Vertical de Descida		
10	Tampa p/ Curva de Inversão	20	Tampa p/ TE Vertical de Descida		



Fonte: (Energética Network Sciences, 2011).

BANDEJAS

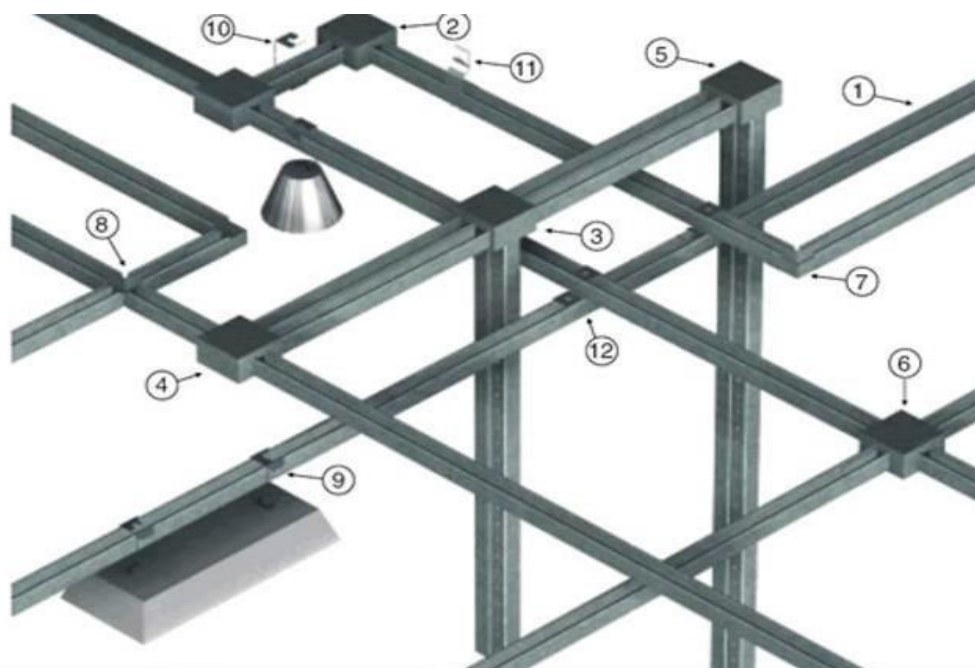
Bandeja nada mais é que uma eletrocalha sem tampa, com base contínua, pode ser perfurada ou não perfurada.



Fonte: (Pandex Business Systems, 2011).

PERFILADO

Perfilado é uma bandeja ou eletrocalha de tamanho reduzido.



Nº	Item	Nº	Item
1	Perfilado perfurado 38x38	7	Emenda Interna "L"
2	Caixa de Derivação "L"	8	Emenda Interna "X"
3	Caixa de Derivação "C" para Perfilado Duplo	9	Suporte para Luminária
4	Caixa de Derivação "T"	10	Suporte para Perfilado
5	Caixa de Derivação "I" com Saída Inferior	11	Suporte para Perfilado com Cabo de Aço
6	Caixa de Derivação "X"	12	Junção Angular Simples Alta

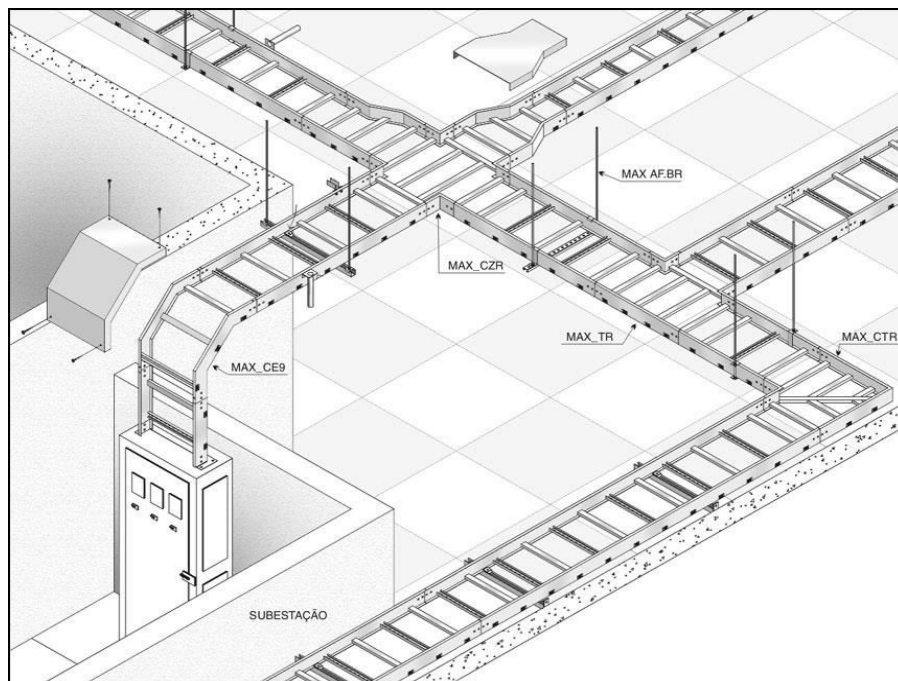
Fonte: (Mega Ltda, 2008).

LEITO

Leito é uma “escada para cabos”, um suporte constituído por travessas fixas a duas longarinas longitudinais, sem cobertura.



FONTE: (Stock Perfil , 2012).



Exemplo De Instalação De Leitos.

Fonte: (Maxtil, 2012).

CONDUTOS

Condutos são dispositivos que têm como finalidade acondicionar os condutores. Podemos classificá-los como:

1. Eletrodutos;

2. Dutos;
3. Canaletas e calhas (conduto aberto ou fechado);
4. Bandejas ou leito (conduto aberto);
5. Molduras, alizares e rodapés.

Conforme determina a NBR 5410, todos os condutores de um mesmo circuito devem ser colocados em um mesmo conduto.

ELETRODUTOS

Os eletrodutos são tubos em que se colocam os condutores com a finalidade de: proteger os condutores contra a corrosão e ações mecânicas; evitar curto-circuito, superaquecimento e incêndios; evitar choques elétricos (em eletrodutos metálicos aterrados) e funcionar como condutor de proteção.

Os eletrodutos podem ser rígidos ou flexíveis. Os eletrodutos rígidos podem ser constituídos por: aço carbono; alumínio (frequente nos Estados Unidos); PVC; polietileno de alta densidade; polipropileno; ou plástico com fibra de vidro. A figura a seguir mostra alguns modelos de eletrodutos rígidos.



Fonte: (Stoll Representações, 2012).

Os eletrodutos de aço devem ser protegidos contra os efeitos da corrosão, essa proteção pode ser: cobertura por esmalte a quente; galvanização ou banho de zinco a quente; capa externa plástica ou asfáltica; ou proteção de tinta epóxica.

CONEXÕES E ACESSÓRIOS

As conexões são usadas para emendar tubos, mudar sua direção (curvas) e prendê-los as caixas. As principais são:

- **Luvras:** são peças de rosca usadas para unir dois tubos ou unir um tubo a uma curva.
- **Buchas:** são peças de arremate colocadas na extremidade do tubo para impedir que os fios e cabos sejam danificados pelas rebarbas na extremidade do eletroduto.



FONTE: (Wetzel, 2012).

Porcas: são semelhantes às buchas, porém são colocadas externamente às caixas com o objetivo de melhorar a fixação do eletroduto a parede da caixa.



FONTE: (DERSEHN do Brasil, 2012).

Curvas: possibilita curvar o eletroduto, direcionando-o para outros locais.

Há eletrodutos que utilizam conexões não rosqueadas, neste caso as conexões são de encaixe (pressão) ou aparafusadas.



Conector Curvo



Conector Reto

Fonte: (Wetzel, 2012).



Fonte: (Wetzel, 2012).

Conforme Júlio Niskier (2005) os eletrodutos são utilizados em uma ampla variedade de situações:

- Em lajes e alvenaria: rígidos metálicos ou de plástico rígidos.
- Enterrados no solo: rígidos não metálicos ou metálicos com proteção contra corrosão.
- Aparentes: fixados por braçadeiras nos tetos, paredes ou elementos estruturais: eletrodutos rígidos metálicos ou de PVC rígido; podem ser fixados em “mão-francesa”.

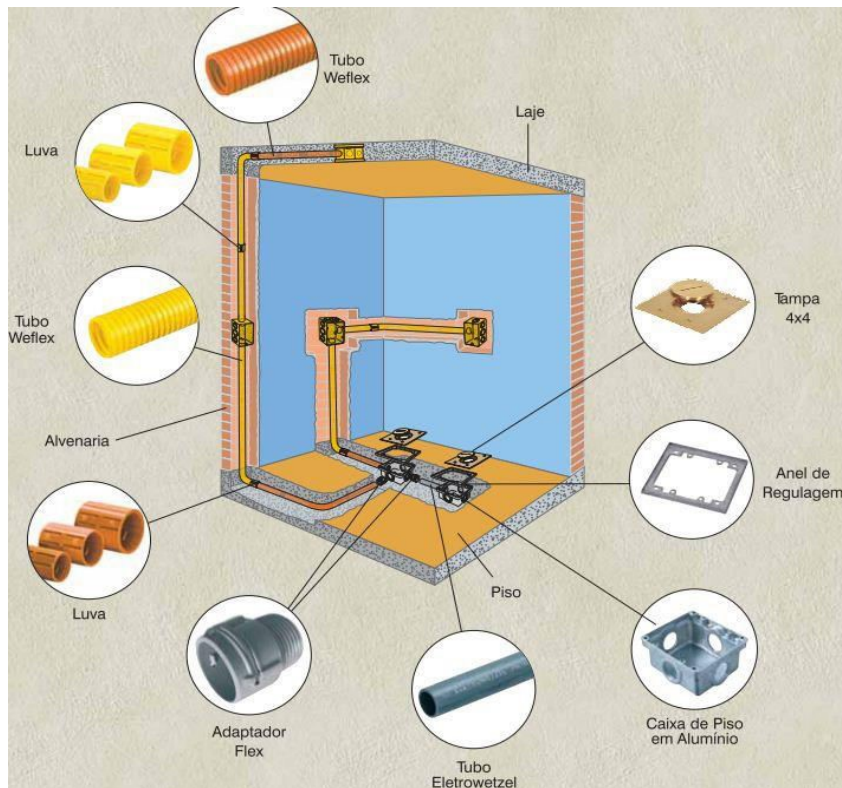
- Em equipamentos que apresentam grande vibração, como motores é recomendado o uso de eletrodutos flexíveis metálicos (conduites) formados por uma fita enrolada em hélice.

Para se determinar o número de condutores que podem ser colocados no eletroduto, deve-se levar em consideração a seção nominal em mm² dos condutores, bem como a dimensão dos eletrodutos em polegadas. A tabela abaixo mostra o limite máximo de condutores que podem ser colocados em um eletroduto com base a seção nominal dos condutores e na dimensão dos eletrodutos.

Condutor		Número de Condutores								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
AWG/MCM	mm ²	Dimensão dos Eletrodutos em Polegadas								
14	1,50	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	3/4
12	2,50	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	3/4	3/4	3/4	3/4
10	4,00	1/2	1/2	1/2	1/2	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4
8	6,00	1/2	1/2	1/2	3/4	3/4	3/4	3/4	1	1
6	10,00	1/2	1/2	3/4	3/4	1	1	1	1	1.1/4
4	16,00	1/2	3/4	3/4	1	1	1	1.1/4	1.1/4	1.1/4
2	25,00	1/2	3/4	1	1.1/4	1.1/4	1.1/2	1.1/2	2	2
1	35,00	3/4	1	1.1/4	1.1/4	1.1/2	2	2	2	2
1/0	50,00	3/4	1	1.1/4	1.1/4	2	2	2	2.1/2	2.1/2
2/0	70,00	3/4	1.1/4	1.1/2	2	2	2.1/2	2.1/2	2.1/2	3
3/0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4/0	95,00	1	1.1/4	2	2	2.1/2	2.1/2	3	3	3
250	120,00	1	1.1/2	2	2.1/2	2.1/2	3	3	3.1/2	3.1/2
300	150,00	1.1/4	2	2.1/2	2.1/2	3	3	3.1/2	3.1/2	4
400	185,00	1.1/4	2	2.1/2	3	3	3.1/2	4	4	-
500	240,00	1.1/2	2	3	3	3.1/2	4	-	-	-
600	300,00	1.1/2	2.1/2	3	3.1/2	4	-	-	-	-
800	400,00	2	2.1/2	3.1/2	4	-	-	-	-	-
1000	500,00	2	3	4	-	-	-	-	-	-

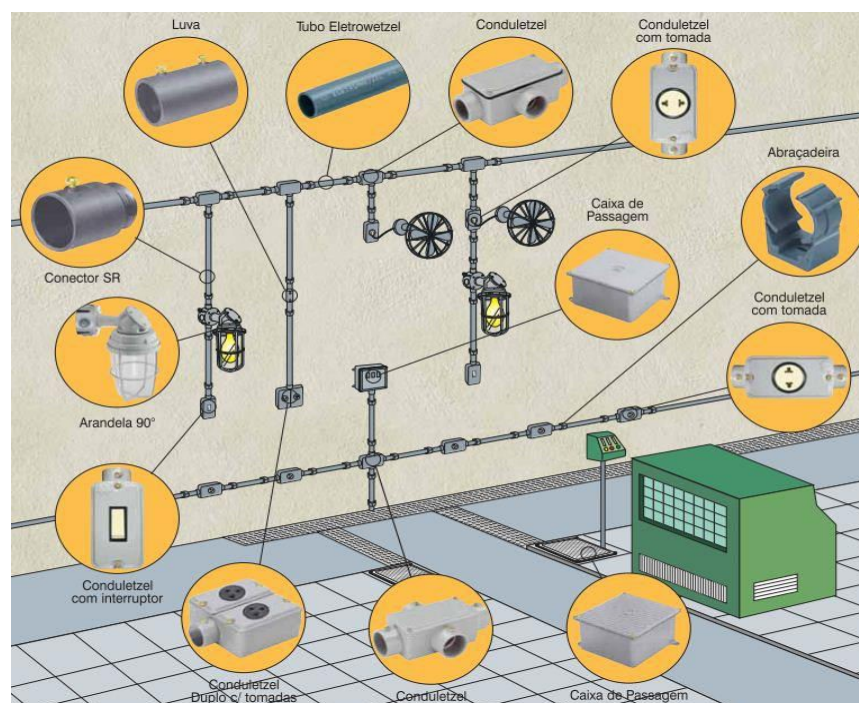
Fonte: Nbr 5410.

A figura a seguir ilustra a instalação de eletrodutos embutidos.



Fonte: (Wetzel, 2012).

A figura a seguir ilustra a instalação elétrica aparente muito utilizada na indústria e comércio.



Fonte: (Wetzel, 2012).

DUTOS

Os dutos nada mais são que tubos que têm como finalidade possibilitar a condução de cabos, quando esses devem ser enterrados. Portanto, precisam ser impermeáveis e resistentes, sendo normalmente de cerâmica vitrificada, PVC flexível ou rígido.

INSTALAÇÕES DE CALHAS E CANALETAS

Conforme dissemos anteriormente, as calhas e canaletas podem ser abertas ou fechadas, com ou sem ventilação direta: de concreto ou alvenaria com reboco impermeável; de chapa dobrada ou de alumínio; de placas de concreto pré-moldado; de placas de ferro fundido e com superfície protetora. Os condutores instalados devem ter bom isolamento para não serem danificados pela água ou umidade. Nas instalações industriais é recomendado o uso de prateleiras para evitar o contato de líquidos com os cabos.



Fonte: (VALEMAM Perfis Metálicos, 2012).

LINHAS AÉREAS

Conforme as recomendações da NBR 5410: 2004, as linhas aéreas podem utilizar condutores com ou sem cobertura, com isolamento resistente ao tempo (sol e chuva), ou cabos multiplexados (formados pela reunião de um, dois ou três condutores) resistentes ao tempo instalados sobre postes ou estruturas.

Nos locais em que há riscos de explosão, as linhas devem ser enterradas há pelo menos 20 metros do local de risco.

A altura mínima para as linhas aéreas são:

- 5,50 m nos locais em que há tráfego de ônibus, caminhões e demais veículos pesados.
- 4,50 m nos locais em que há apenas tráfego de automóveis e demais veículos leves.
- 3,50 m nos locais onde há apenas passagem de pedestres.

Recomenda-se ainda que os condutores fiquem distantes de janelas, sacadas, terraços, escadas, saídas de incêndio e locais similares. Neste caso, os condutores devem estar a uma distância horizontal mínima de 1,20 m; acima do nível das janelas; manter uma distância mínima vertical de 3,50 m do piso das varandas, sacadas ou terraços; ou manter uma distância mínima vertical de 0,50 m abaixo do piso de sacadas, varandas ou terraços.

CAIXAS, TIPOS E USOS

As caixas nas instalações elétricas podem ter várias finalidades, como: possibilitar passagem ou enfição; instalar tomadas e/ou interruptores; instalar lâmpadas; e instalar tomadas no piso.

A figura a seguir mostra uma caixa de embutir de ferro estampado (4"x 2") para uma tomada e/ou interruptor.



Caixa de embutir de ferro estampado. FONTE: (Marest, 2012).



Caixa de PVC 4" x 2" Fonte: (Theater, 2012).

As caixas embutidas (as que ficam dentro da parede) devem ser de aço, quando instaladas em lajes devem ter formato octogonal.

Figuras - Caixa octogonal de aço.



Fonte: (Alibaba, 2012).

Essas caixas possuem “orelhas” que possibilitam a fixação dos interruptores ou tomadas por meio de parafusos. Uma vez fixados os interruptores e tomadas, coloca-se sobre eles “espelhos” ou “placas” de bronze, alumínio, PVC, ou baquelite que rematam com a parede, tendo uma função estética e protetora.

Figura - Placas Axolute. Fabricante: Bticino.



Fonte: (BTicino, 2012).

CONDULETES

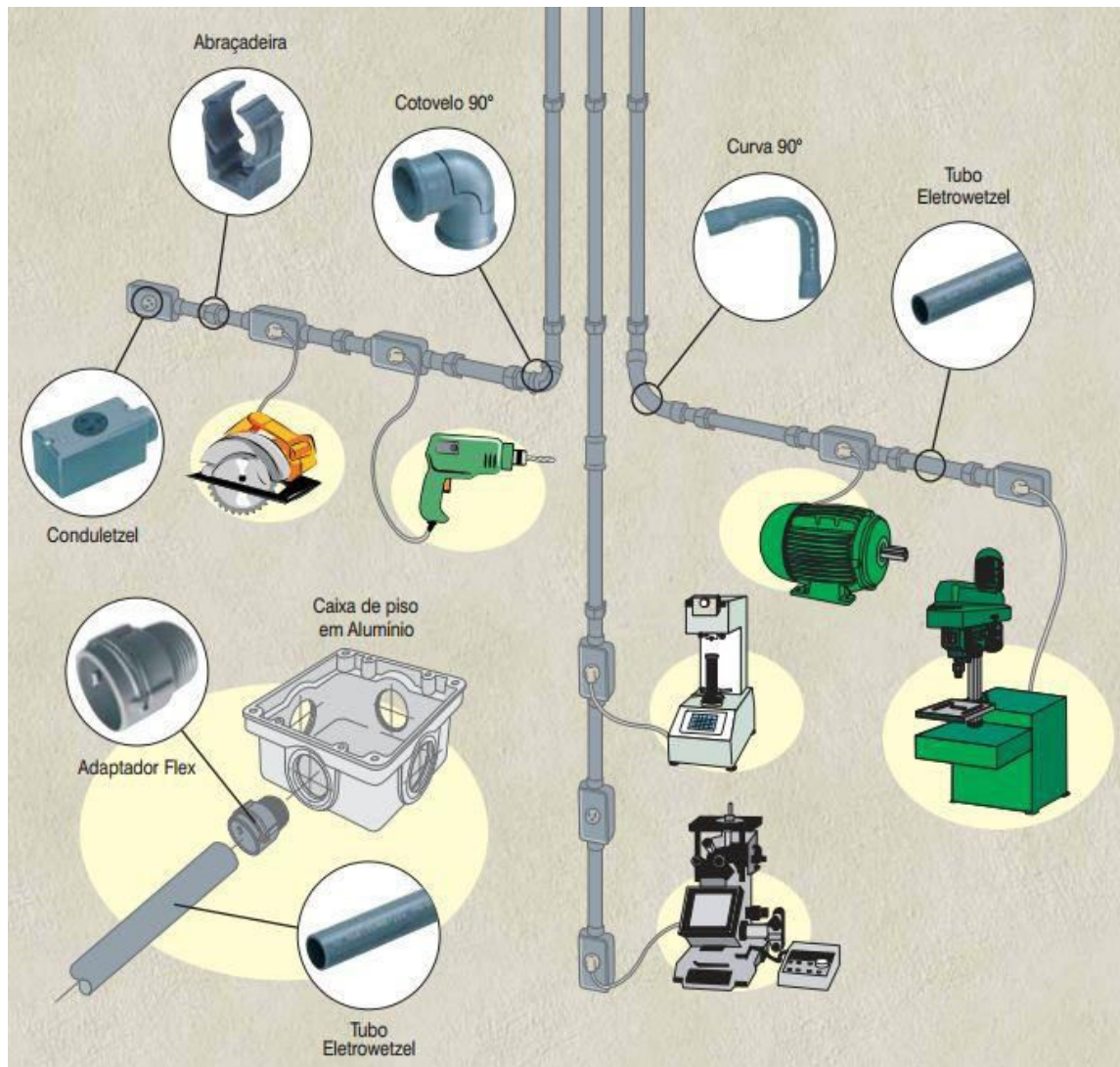
Os conduletes são caixas de distribuição aparente (mas também podem ser embutidos) muito usada nas instalações industriais e comerciais.

Normalmente são de alumínio ou PVC.



FONTE: (MAPI - Mercado de Artefatos e Produtos de Iluminação, 2012).

A figura a seguir mostra um exemplo de instalação em uma indústria.



Fonte: (Wetzel, 2012).

PROJETO RESIDENCIAL E PREDIAL

O projeto de instalação elétrica deve ter clareza no uso de símbolos, deve ser completo ao descrever todos os materiais que serão utilizados, e deve ser coerente com as normas aplicáveis. Um projeto de instalação elétrica é constituído por três elementos: memorial descritivo, planta ou projeto gráfico e orçamento.

MEMORIAL DESCRITIVO

O memorial descritivo tem como objetivo descrever o projeto elétrico especificando: os materiais que serão empregados; as normas, procedimentos e métodos que serão empregados; e a indicação dos serviços que deverão ser executados.

A metodologia varia de acordo com o projeto. A norma a ser aplicada também varia, no caso de instalações elétricas de baixa tensão, deverá ser a NBR 5410: 2004.

Plantas

A planta é o projeto gráfico das instalações. Deve constar de: subsolo; térreo; pavimentos; andares; cobertura ou telhado; esquema vertical; local de medição (concessionária de eletricidade); e quadros de carga e diagramas.

Quanto aos símbolos usados, deve-se seguir a recomendação da NBR 5444: 1989 - Símbolos gráficos para instalações elétricas prediais.

ORÇAMENTO

O orçamento é montado com base em materiais e mão de obra.

Para os custos de materiais, inicialmente montamos uma tabela ou planilha com a definição de todos os materiais envolvidos e suas respectivas quantidades. Para cada item, pesquisamos seu preço unitário e multiplicamos pelo número de unidades a ser utilizado. Dessa forma obtemos o total parcial.

Fazemos isso para todos os itens envolvidos no projeto. Por fim, basta somar os totais parciais para encontrar o custo total dos materiais empregados.

Para os custos de mão de obra, sua determinação engloba: o somatório dos salários dos profissionais envolvidos no projeto multiplicado pelo tempo de serviço; encargos trabalhistas e leis sociais; impostos e taxas; custos de transporte para os colaboradores; e despesas do próprio projeto (criação e modificações). O somatório de todos esses elementos constitui o custo da mão de obra.

O preço total do projeto e execução é a soma do custo material com o custo de mão de obra.

FUNDAMENTOS DE ELETRÔNICA

Eletrônica é o ramo da ciência e da tecnologia que estuda os fenômenos da condução da eletricidade no vácuo, em um gás e em semicondutores e também a aplicação de dispositivos baseados em tais fenômenos. (Gardini, 2000)

DIODOS

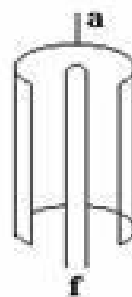
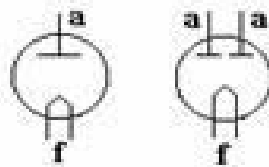
Diodo é um dispositivo eletrônico composto por dois terminais, a saber, ânodo e cátodo, que possibilita a passagem da corrente elétrica apenas do ânodo para o cátodo.

John Ambrose Fleming, em 1904, criou o primeiro diodo que funcionava por efeito termiônico. Era composto por uma ampola de vidro no vácuo com dois eletrodos: a placa (ânodo) no formato tubular e o cátodo que era aquecido direta ou indiretamente pela passagem de uma corrente elétrica que emitia elétrons pelo efeito termiônico. Ao se aplicar uma tensão positiva no ânodo, os elétrons emitidos pelo cátodo sofrem atração pelo ânodo, o que faz circular uma corrente elétrica do ânodo para o cátodo. Contrariamente, se submetemos o ânodo a um potencial negativo em relação ao cátodo, não haverá passagem de corrente elétrica (Azzolin, 2007).



Aquecimento Direto

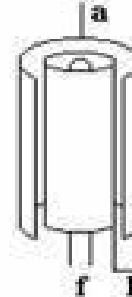
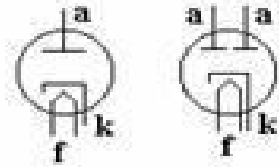
Diodo Duplo Diodo



a: anodo (placa)
k: cátodo
f: filamento

Aquecimento Indireto

Diodo Duplo Diodo

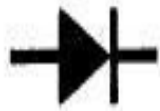


Válvula diodo Fleming. Fonte: (Escola Universitaria de Informática Ctra. de Valencia, 2012).

Atualmente os diodos termiônicos foram quase totalmente substituídos pelos diodos semicondutores. Apenas em algumas aplicações especiais ainda se utiliza os diodos e demais válvulas termiônicas. (MSPC - Informações Técnicas, 2008)

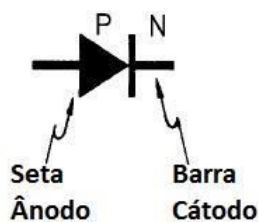
Os diodos semicondutores são compostos pela união de um metal e um semicondutor (diodo com ponta de contato) ou entre dois semicondutores (como o Ge e Si) dopados P e o outro N. Neste caso, há a passagem de corrente de P para N (P corresponde ao ânodo e N o cátodo). Esse tipo de diodo não requer aquecimento, entretanto, quando polarizado inversamente, permite a passagem de uma pequena corrente, a corrente inversa.

Os diodos são amplamente usados como retificadores de corrente alternada, pois permitem a passagem da corrente em apenas um sentido. São fundamentais nos sistemas eletrônicos, com suas características assemelhando-se às de uma simples chave.

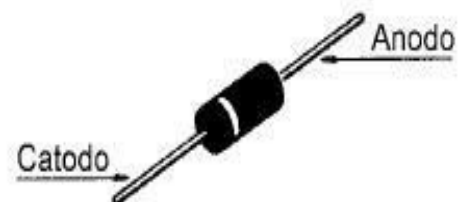
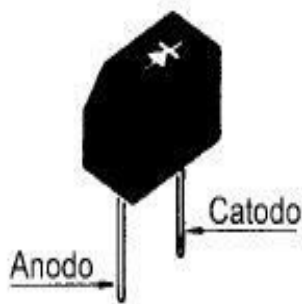


Símbolo do diodo.

A seta simboliza o material P (ânodo do diodo) e a barra simboliza o material N (cátodo do diodo)

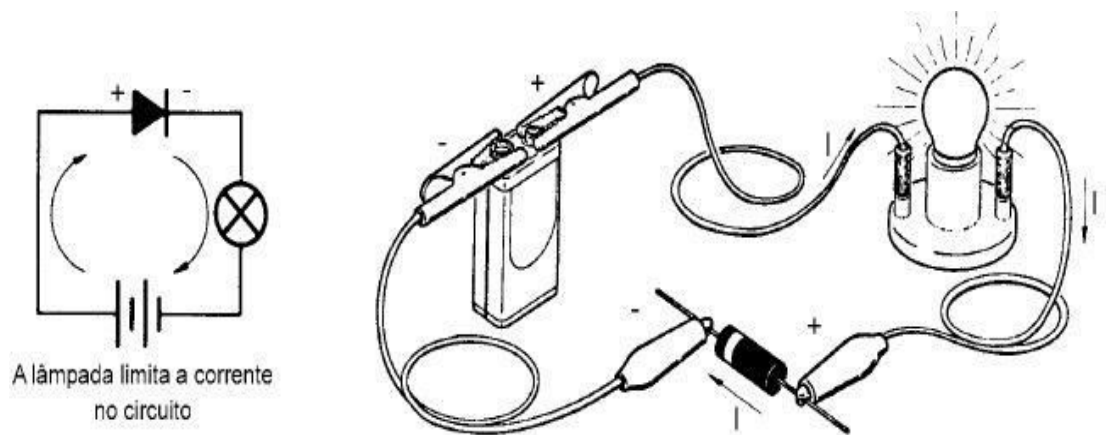


O cátodo e ânodo em um diodo podem ser identificados de duas maneiras, como mostra a figura a seguir:

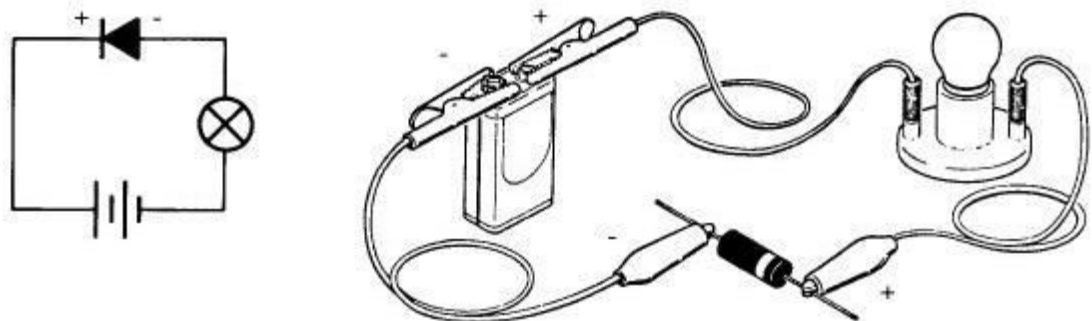


No circuito a seguir, o terminal negativo da bateria é ligado no cátodo do diodo. O terminal positivo passa pela lâmpada e retorna ao ânodo do diodo.

Nessa situação o diodo permite a passagem de corrente elétrica pelo circuito.



Contrariamente, quando o terminal negativo da bateria é ligado no ânodo do diodo, e o terminal positivo passa pela lâmpada e retorna para o cátodo, o diodo não permite a passagem de corrente elétrica, e a lâmpada permanece apagada.



Fonte: (Wendling, 2011).

TIPOS DE DIODO

1. Diodo controlado ou tiristor (thyristor): é um diodo semicondutor que possui um terceiro eletrodo complementar, no qual a condução só ocorre quando se aplica sobre ele uma tensão de disparo.
2. Diodo a gás: diodo em que a condução ocorre em um gás rarefeito (ou ionizado), como o neon, mercúrio ou argônio.

3. Diodo túnel ou diodo Esaki: consiste em um diodo P-N fortemente dopada em ambos os lados. A corrente no sentido favorável aumenta proporcionalmente com o aumento da tensão aplicada, esse aumento ocorre até determinado limite de tensão. Ao se ultrapassar esse limite de tensão a corrente diminui. Devido a essas características, os diodos túnel são usados em osciladores de frequência muito alta e em memórias eletrônicas.

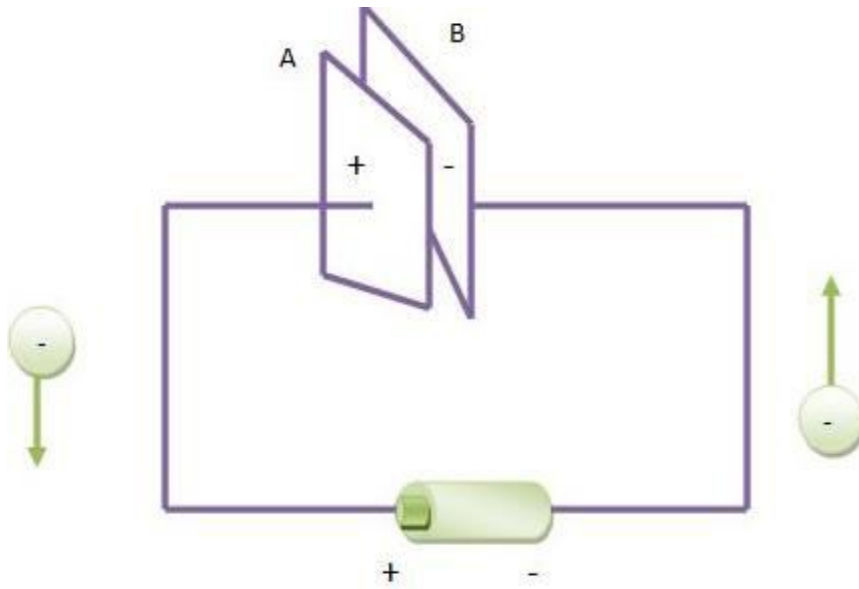
4. Diodo Zener: nele a tensão inversa aumenta proporcionalmente. Sua curva de corrente inversa é parecida com a de um diodo normal, até certo valor, a partir do qual temos uma elevação da corrente bem rápida que alcança um valor máximo diante de uma mínima variação de tensão. Por isso ele é muito utilizado para estabilizar tensões relativamente baixas.

5. Diodo emissor de luz (LED - light-emitting diode): é um diodo que quando polarizado diretamente emite luz visível (amarelo, vermelho, verde, azul, laranja, etc.) ou luz infravermelha. Não é constituído de silício, mas sim de elementos como o gálio, arsênico e fósforo. Apresenta grande vida útil, funciona em baixa tensão e consome pouca corrente.

6. Fotodiodo: é um diodo sensível a luz, com encapsulamento transparente. Esse diodo aumenta a corrente inversa com o aumento da intensidade luminosa. Em outras palavras, quanto mais luz incidir sobre ele, maior será a passagem de corrente inversa.

Capacitores

É um componente eletrônico capaz de armazenar energia elétrica. São constituídos por duas placas condutoras separadas por um material isolante. Essas placas ou armaduras podem ser planas, cilíndricas, esféricas, duas esféricas concêntricas, etc.



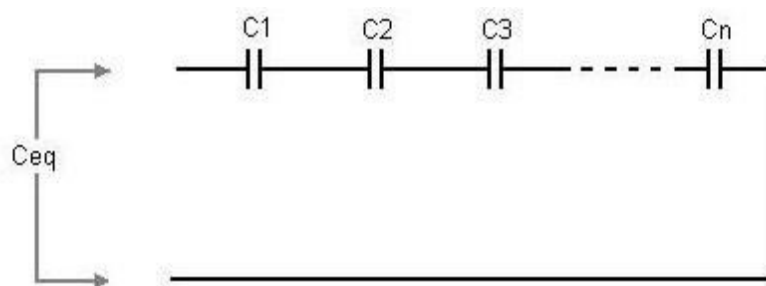
Fonte: (Eletrônica Fórum, 2012).

Ao ligar uma pilha em um capacitor descarregado há uma distribuição de cargas e depois de certo tempo as tensões igualam-se, e a corrente elétrica para de circular.

Os capacitores podem ser de papel, mica, tântalo, cerâmica, eletrolítico e variável (distância / área das placas, exemplo Padder; Trimmer).



Os capacitores ou condensadores, como também são conhecidos, podem ser associados por duas razões: quando a capacitância (quantidade de carga que um capacitor pode armazenar) de um capacitor não é suficiente; ou quando o capacitor não suporta uma elevada diferença de potencial. No primeiro caso (baixa capacitância), associamos os capacitores em série. A capacitância resultante será igual à soma das capacitâncias dos capacitores ligados em série.

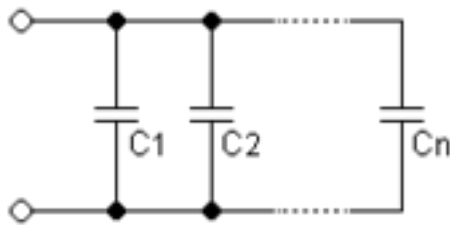


Fonte: (Infoescola, 2012).

Na associação de capacitores em paralelo, o inverso da capacitância equivalente (C_{eq}) é igual à soma do inverso das capacitâncias de cada um dos capacitores em paralelo.

Matematicamente:

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \frac{1}{C_n}$$



Fonte: (INTERNETT SKOLEN, 2012).

Transistores

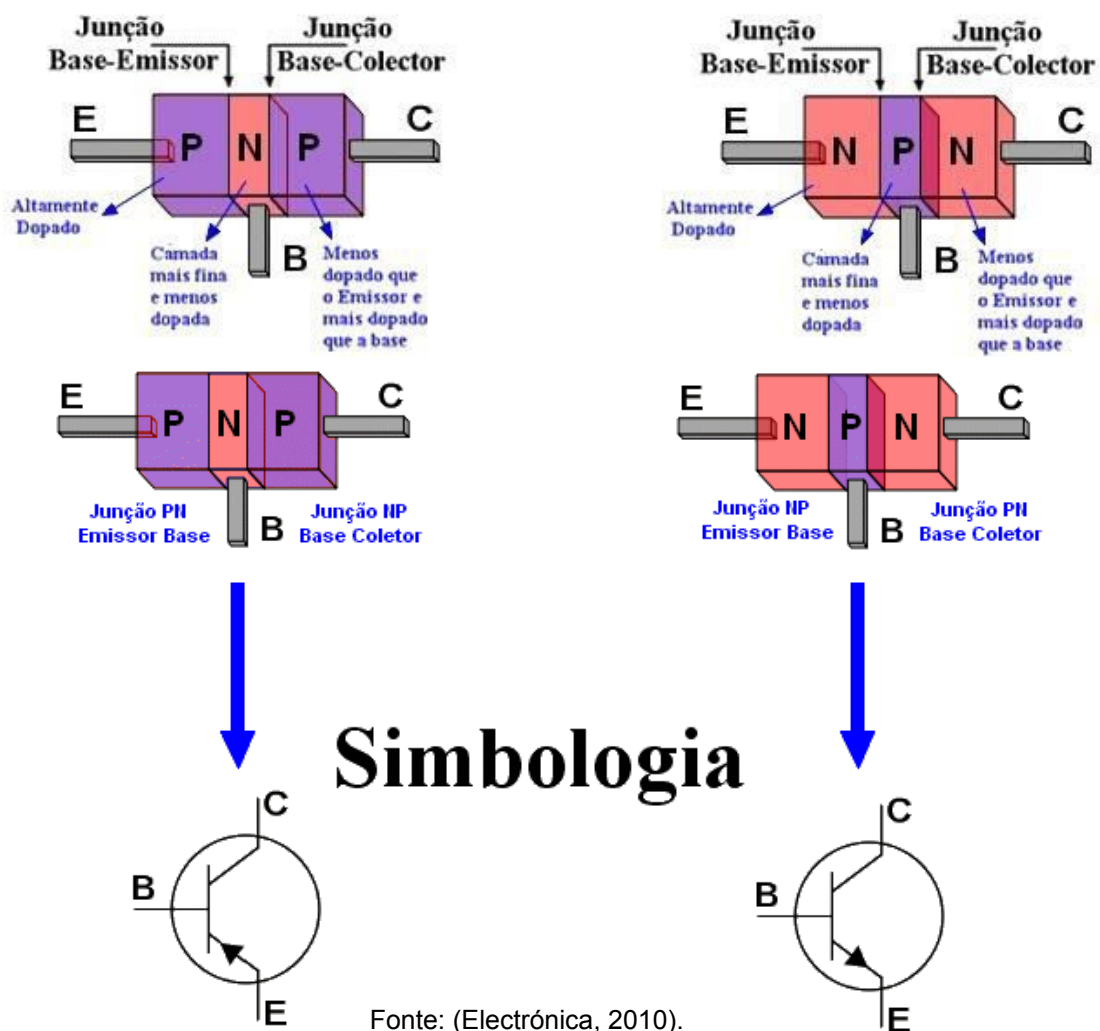
Transistor é um dispositivo semicondutor que possui três terminais e pode funcionar como amplificador, como chave eletrônica, como oscilador e que substitui as antigas válvulas termiônicas.

Atualmente há uma grande variedade de transistores para diversas aplicações. Dessa forma, há transistores que operam em altas frequências, com grande potência para serem empregados como amplificadores de saída e para chaveamento de potência, etc.

O transistor foi desenvolvido com base na tecnologia usada no diodo de junção para desempenhar as funções de amplificação, detecção, oscilação,

comutação, etc. Desde 1951, ano de sua invenção, a eletrônica teve um enorme desenvolvimento.

Um transistor bipolar é composto por três materiais semicondutores dopados, sendo dois cristais tipo N e um tipo P ou dois cristais tipo P e um tipo N. O primeiro é conhecido como transistor NPN e o segundo é o PNP. A imagem a seguir mostra esquematicamente os dois tipos de transistores.



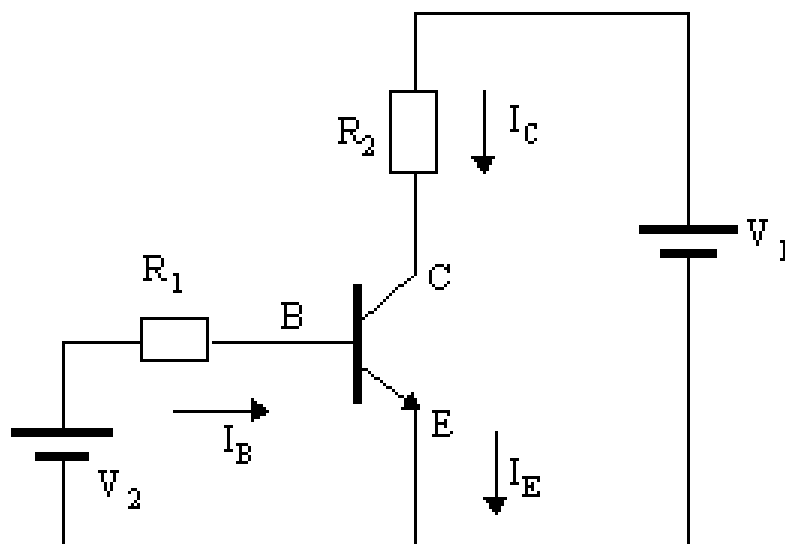
Cada cristal do transistor é nomeado conforme sua função. O cristal do meio é base, pois é comum aos outros cristais. Um dos cristais da extremidade é chamado de emissor, pois emite portadores de carga; e o cristal da outra

extremidade recebe o nome de coletor, pois recebe os portadores de carga. O transistor possui duas ligações, uma entre a base e o coletor e outra entre a base e o emissor, por isso dissemos que ele se parece com dois diodos. O diodo da esquerda é o diodo emissor – base (ou diodo emissor) e o da direita é o diodo coletor – base (ou somente diodo coletor).

Os transistores bipolares deixam passar a corrente entre dois terminais chamados coletor e emissor quando se faz passar uma corrente muito menor por um terminal chamado base. (Centelhas, p. 03).

Transistor como Amplificador (Neves, 2009)

Ao polarizar diretamente a junção base-emissor e inversamente a junção base-coletor, a corrente de coletor I_c passa a ser controlada pela corrente de base I_b .



Fonte: (Electrónica, 2010).

- Uma variação na corrente de base I_b provoca um aumento na corrente de coletor I_c e vice-versa.
- A corrente de base sendo bem menor que a corrente de coletor, uma pequena variação de I_b provoca uma grande variação de I_c . Isto significa que a

variação de corrente de coletor é um reflexo amplificado da variação da corrente na base. (Neves, 2009)

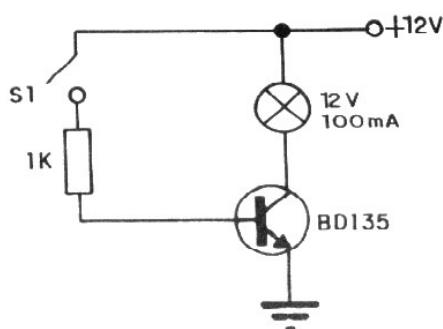
Este efeito amplificação nada mais é que um ganho de corrente e pode ser expresso matematicamente pela relação entre a variação de corrente do coletor e a variação da corrente de base, isto é:

$$\text{Ganho}(\beta) = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B}$$

Transistor como chave

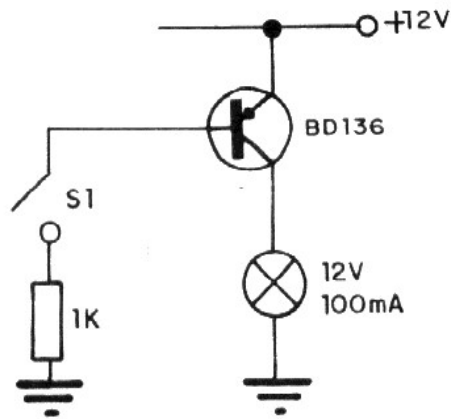
A utilização do transistor como chave, ou seja, de modo que ele ligue conduzindo totalmente a corrente entre emissor e o coletor, ou desligue sem conduzir corrente alguma é conhecido como operação como chave. (Neves, 2009)

A figura a seguir mostra um exemplo disso, em que ligar a chave S1 e fazer circular uma corrente pela base do transistor, ele satura e acende a lâmpada. A resistência ligada à base é calculada, de forma que, a corrente multiplicada pelo ganho dê um valor maior do que o necessário ao circuito do coletor, no caso, a lâmpada. (Neves, 2009)



Fonte: (Electrónica, 2010).

Veja que temos aplicada uma tensão positiva num transistor NPN, para que ele sature e uma tensão negativa, para o caso de transistores PNP, conforme mostra a figura a seguir. (Neves, 2009)



Fonte: (Electrónica, 2010).

Saiba mais sobre os principais componentes eletrônicos:

GERAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

A condição fundamental para produzir energia elétrica é obter a força necessária para girar as turbinas das usinas de eletricidade. Gigantescos sistemas de hélices movem geradores que transformam a energia mecânica (movimento) em energia elétrica. (Eletrobrás, 2012)

Essa força pode ser obtida de diversas fontes de energia primária. No Brasil, a energia elétrica vem, em primeiro lugar, de usinas hidrelétricas; depois, de termelétricas, e, por último, de usinas nucleares. (Eletrobrás, 2012)

ENERGIA HIDRELÉTRICA

Em países como o Brasil, que possui muitos rios com grandes desníveis, uma das soluções mais econômicas para fazer girar turbinas é aproveitar a força das águas, construindo usinas hidrelétricas. Em uma usina desse tipo, uma barragem, também conhecida como represa controla as águas do rio. (Eletrobrás, 2012)

No interior da barragem, são instalados grandes tubos inclinados, geralmente chamados de aquedutos, que abrigam as turbinas. A água desce pelos tubos e faz girar o sistema de hélices, movimentando o eixo dos geradores que produzem a energia elétrica. Perto dos geradores são instalados os transformadores, equipamentos que acumulam e enviam a energia elétrica para os cabos das linhas de transmissão. (Eletrobrás, 2012)

Depois de movimentar as turbinas, as águas voltam para o leito do rio sem sofrer nenhum tipo de degeneração. É por isso que a energia hidrelétrica é considerada uma fonte limpa, além de ser renovável. No Brasil, a maior quantidade de energia elétrica produzida provém de usinas hidrelétricas. (Eletrobrás, 2012)

Construída e administrada por Brasil e Paraguai, Itaipu, no rio Paraná, é a segunda maior hidrelétrica do mundo em potência instalada, com 14 mil megawatts de capacidade de geração, atrás apenas de Três Gargantas, na China. A Eletrobrás detém metade de Itaipu em nome do governo brasileiro, além de ser dona, por meio de suas empresas, de algumas das principais hidrelétricas em operação no país, como Tucuruí, no rio Tocantins, e Xingó e as usinas do Complexo Paulo Afonso, no rio São Francisco. (Eletrobrás, 2012)

ENERGIA TERMELÉTRICA

Em regiões com poucos recursos hidrográficos, mas com boas reservas de óleo, carvão ou gás, é possível girar as hélices das turbinas com a força do vapor resultante da queima desses combustíveis. Para isso, são construídas usinas termelétricas. (Eletrobrás, 2012)

A maioria das usinas termelétricas usa fontes primárias consideradas não renováveis, mas em alguns lugares do Brasil já é possível gerar energia queimando combustíveis alternativos, como a biomassa. (Eletrobrás, 2012)

ENERGIA NUCLEAR

Na natureza, algumas substâncias, como o urânio, têm núcleos atômicos extremamente pesados e instáveis, que podem ser divididos em partículas menores se forem bombardeados por nêutrons. Os nêutrons, ao atingir um núcleo de urânio, provocam sua quebra em dois núcleos menores e a liberação de mais nêutrons, que, por sua vez, irão atingir outros núcleos de urânio e provocar novas quebras. Essa é uma reação em cadeia. No momento em que se dividem os núcleos emitem calor na forma de radiação. (Eletrobrás, 2012)

A velocidade de uma reação em cadeia pode ser de dois tipos: não controlada e controlada. No primeiro caso, a reação ocorre muito rapidamente (em menos de 1 segundo), liberando enorme quantidade de energia. É o que acontece, por exemplo, na explosão da bomba atômica. No segundo caso, a reação é controlada pelos chamados reatores de fissão nuclear, permitindo que a energia liberada seja aproveitada e evitando explosões. (Eletrobrás, 2012)

As usinas nucleares brasileiras em operação – Angra 1 e Angra 2 – estão localizadas na Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto, que fica em Angra dos Reis, no Rio de Janeiro e pertence à Eletrobrás Eletronuclear. (Eletrobrás, 2012)

TRANSMISSÃO E DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

As usinas de energia elétrica são, geralmente, construídas longe dos centros consumidores (cidades e indústrias) e é por isso que a eletricidade produzida pelos geradores tem de viajar por longas distâncias, em um complexo sistema de transmissão. (Eletrobrás, 2012)

Ao sair dos geradores, a eletricidade começa a ser transportada por meio de cabos aéreos, revestidos por camadas isolantes e fixados em grandes torres de metal. Chamamos esse conjunto de cabos e torres de rede de transmissão. Outros elementos importantes das redes de transmissão são os isolantes de vidro ou porcelana, que sustentam os cabos e impedem descargas elétricas durante o trajeto.

No caminho, a eletricidade passa por diversas subestações, onde aparelhos transformadores aumentam ou diminuem sua voltagem, alterando o que chamamos de tensão elétrica. No início do percurso, os transformadores elevam a tensão,

evitando a perda excessiva de energia. Quando a eletricidade chega perto dos centros de consumo, as subestações diminuem a tensão elétrica, para que ela possa chegar às residências, empresas e indústrias. A partir daí, os cabos prosseguem por via aérea ou subterrânea, formando as redes de distribuição. (Eletrobrás, 2012)

Depois de percorrer o longo caminho entre as usinas e os centros consumidores nas redes de transmissão, a energia elétrica chega a subestações que abaixam a sua tensão, para que possa ser iniciado o processo de distribuição. Entretanto, apesar de mais baixa, a tensão ainda não é adequada para o consumo imediato. Por isso, transformadores menores são instalados nos postes de rua. Eles reduzem ainda mais a voltagem da energia que vai diretamente para as residências, o comércio, as empresas e indústrias. (Eletrobrás, 2012)

As empresas responsáveis pela distribuição também instalam em cada local de consumo um pequeno aparelho que consegue medir a quantidade de energia por eles utilizada. A medição é feita por hora e chamamos de horário de pico o momento em que uma localidade utiliza maior quantidade de energia elétrica. Nos centros urbanos, o horário de pico se dá por volta das 18 horas, quando escurece e, normalmente, as pessoas chegam do trabalho acendendo as luzes, ligando os condicionadores de ar e a televisão e tomando banho com a água aquecida por chuveiros elétricos.

Podemos observar que o consumo de eletricidade varia de acordo com a estação do ano e com a região do país, dependendo do nível de luminosidade e do clima, entre outros fatores.

SISTEMA INTERLIGADO NACIONAL (SIN)

O sistema de transmissão brasileiro, considerado o maior do mundo, é controlado pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), que conta com a participação de empresas de todo o país, trabalhando de forma interligada.

A Eletrobrás possui mais da metade das linhas de transmissão do Brasil e tem participado ativamente da expansão do Sistema Interligado Nacional (SIN). O

SIN, formado basicamente por empresas de geração, transmissão e distribuição do país, permite o intercâmbio de energia elétrica entre as diversas regiões brasileiras. (Eletrobrás, 2012)

Isso significa que a eletricidade que chega até a sua casa pode ter viajado centenas ou milhares de quilômetros em linhas de transmissão. Além disso, pode ter sido gerada por diferentes usinas ao longo do ano.

Apesar de o SIN abastecer a maior parte do país, alguns sistemas menores e isolados também são utilizados, principalmente nas regiões Norte e Nordeste. Os sistemas isolados geram a energia que vai ser consumida apenas em uma determinada localidade ou até mesmo por uma só indústria. (Eletrobrás, 2012)

INTRODUÇÃO À AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

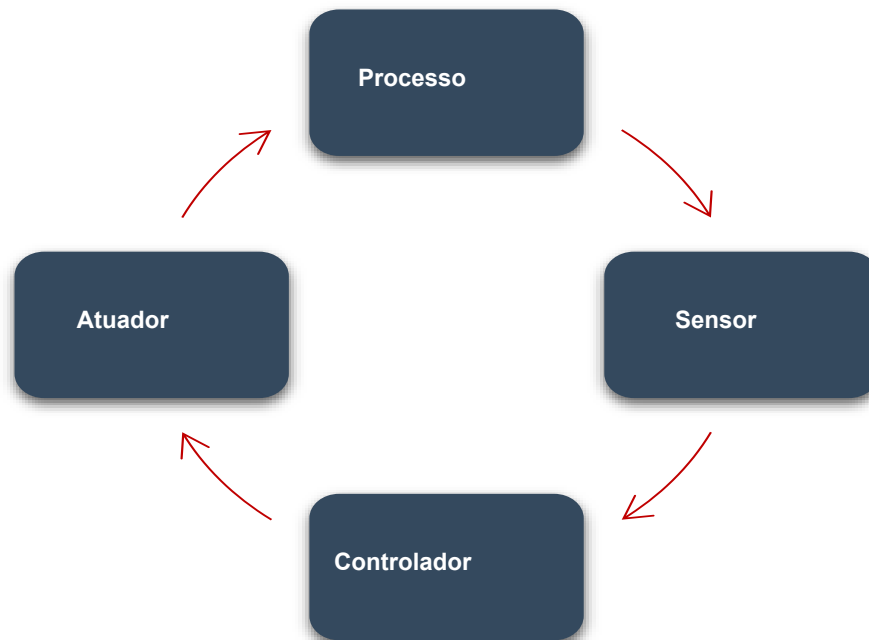
Quando pensamos em automação nos vem à mente a ideia de controle automático, livre de nossa intervenção. Entretanto, a automação não seria possível sem nossa intervenção, pois cabe ao homem a construção e implementação de dispositivos e processos automáticos.

O principal objetivo da automação é simplificar as tarefas, é substituir o trabalho manual por mecanismos automatizados, o que libera tempo para nos dedicarmos a outros afazeres, como atividades artísticas, intelectuais, de lazer e entretenimento. Modernamente, a automação industrial é utilizada para aumentar a produtividade (fazer mais com menos) e qualidade em tarefas repetitivas.

Atualmente podemos entender a automação industrial como integradora de três áreas distintas: a eletrônica, responsável pela parte física (hardware); a mecânica, responsável pelos dispositivos mecânicos, ou seja, os atuadores; e a informática, que é responsável pelo software (programa ou conjunto de algoritmos) que irá gerenciar o sistema.

A automação pode ser aplicada tanto em máquinas e processos, como em toda uma linha de produção ou indústria. A diferença é o número de pontos a serem monitorados e controlados.

Basicamente, um sistema de controle automático é composto por quatro elementos: processo a ser controlado, sensor, controlador e atuador.



O processo não mais é que as atividades ou tarefas a serem automatizadas. Pode ser um processo de resfriamento, de aquecimento, de lingotamento, etc.

Os sensores são os dispositivos que detectam como anda o processo. Geram, portanto, informações que são enviadas ao controlador. Essas informações podem ser variáveis físicas, como temperatura, pressão, velocidade, ou estados, como fim de percurso.

O controlador recebe e processa as informações dos sensores e aciona os atuadores conforme os critérios estabelecidos em seu programa. O controlador a que nos referimos neste curso é o CLP – Controlador Lógico Programável.

O atuador é dispositivo que responde pelo processo ou trabalho que está sendo automatizado. Podem ser mecânicos, elétricos, magnéticos, de acionamento misto, pneumático ou hidráulico.

Podemos segregar a automação em três níveis:

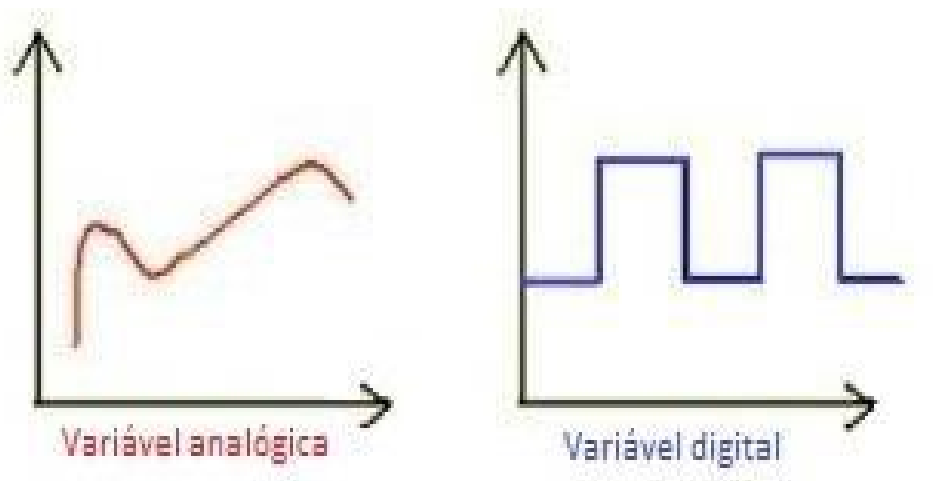
1. Atuadores e sensores;
2. CLP – Controlador Lógico Programável;

3. Supervisão – Sistemas Gerenciais – Software

VARIÁVEIS ANALÓGICAS E DIGITAIS

Os CLPs utilizam variáveis de controle vindas dos sensores. Os CLPs, por sua vez, usam instruções registradas em sua memória para controlar os atuadores, que por sua vez executam o trabalho sobre o sistema. As informações emitidas pelos sensores podem ser analógicas ou digitais.

As variáveis analógicas apresentam certa continuidade em relação ao tempo. Os exemplos são a temperatura, pressão, e outras variáveis físicas. Já as variáveis digitais ou discretas variam discretamente com o tempo.



O controle, por sua vez, pode ser analógico ou digital. Controle analógico é aquele em que se monitora variáveis analógicas; controle digital é o monitoramento de variáveis discretas (digitais). Nessa nossa breve introdução trataremos das variáveis digitais. As variáveis analógicas fazem parte de uma disciplina intitulada “Engenharia de controle” (Michels) (Silva A. S., 2009) (Casteleti, 2010).

TIPOS DE ENTRADAS E SAÍDAS

O comportamento de um controlador é diretamente dependente do programa usado para gerenciá-lo, bem como de suas entradas e saídas.

ENTRADAS DIGITAIS

As entradas digitais informam apenas um pulso para o controlador, ou seja, indicam um estado ligado ou desligado, alto ou baixo, certo ou errado, parado ou em movimento, etc. As principais são botoeiras (a), válvulas eletropneumáticas (b), pressostatos (c) e termostatos (d). (Silva M. E., 2005)



Fonte: (Silva M. E., 2005).

Entradas multi-bits

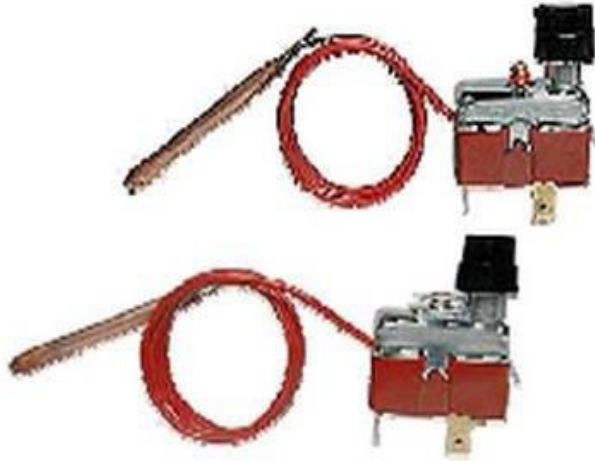
São intermediários entre as entradas analógicas e digitais. São muito utilizados no controle de motores e servomotores. Os Encoders (Encoder é um dispositivo eletromecânico que conta ou reproduz pulsos elétricos a partir do movimento rotacional de seu eixo. Pode ser definido também como um transdutor de posição angular) são um exemplo clássico.



Fonte: (Hiwtc, 2010).

Entradas analógicas

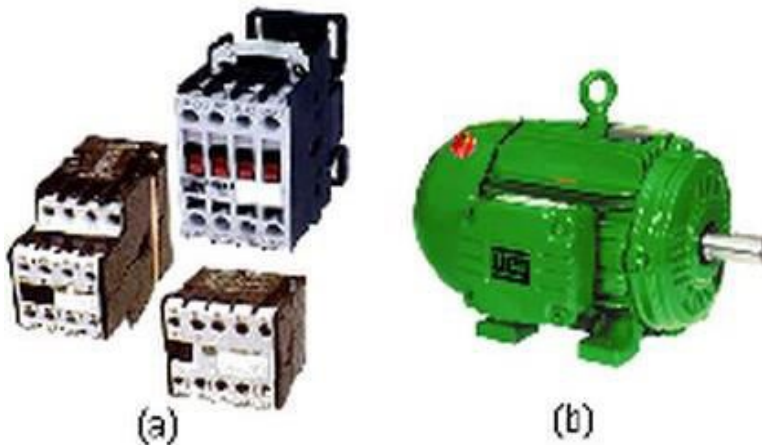
Medem e informam grandezas analógicas. As principais medidas são temperatura e pressão. Para trabalhar com esse tipo de entrada os controladores devem ter um conversor analógico-digital. A figura a seguir mostra termopares (sensor de temperatura).



Fonte: (Silva M. E., 2005).

Saídas discretas

Saídas discretas são aquelas que precisam de apenas um pulso do controlador para o seu acionamento ou desacionamento. Podemos citar como exemplo os contatores que acionam ou desacionam os motores de indução.



Fonte: (Silva M. E., 2005).

Saídas multi-bits

As saídas multi-bits apresentam conceito e modo de operação parecido com as entradas multi-bits. Ou seja, são saídas intermediárias entre a analógica e a

discreta. Exemplo: drive de motor de passo (são os equipamentos responsáveis pela geração de pulsos digitais de controle para o acionamento dos motores de passo). A figura a seguir mostra motor de passo (a) e servomotor (b). (NEOYAMA, 2012).



Motor de passo (a) e servomotor (b). FONTE: (Silva M. E., 2005).

Saída analógica

As saídas analógicas, de maneira parecida com as entradas analógicas, devem possuir um digital para analógico. Exemplos: acionamento de motores, corrente contínua e display gráfico.

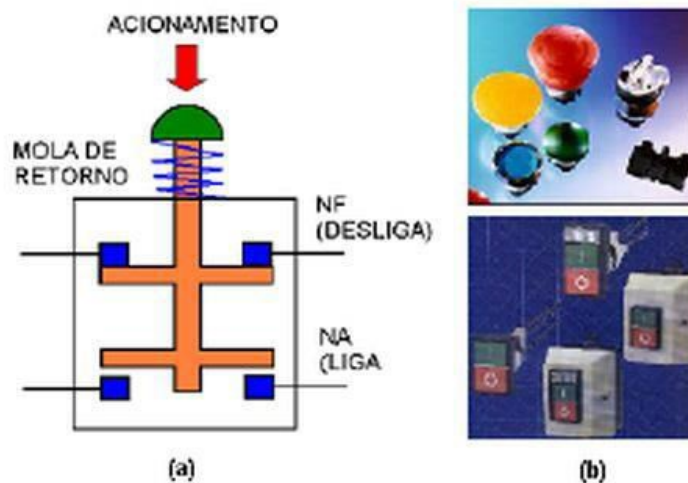
DISPOSITIVOS DE MANOBRA E COMANDOS ELÉTRICOS

Os comandos têm como finalidade manobrar os motores elétricos e demais elementos de potência em um circuito automatizado. Pode-se entender manobra como o estabelecimento de condução ou a interrupção de corrente elétrica nos circuitos que operam em condições normais e de sobrecarga. Em outros termos, manobra é ligar ou desligar circuitos.

Os principais elementos em comandos elétricos são:

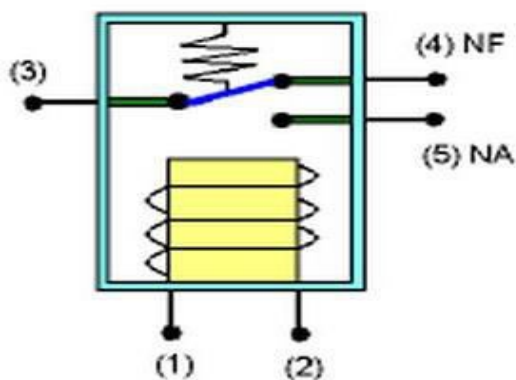
Botoeira ou botão de comando: é um botão que permite ligar ou desligar os motores. É diferente de interruptor, pois nunca é ligada diretamente no acionamento

de motores. É um elemento de controle discreto, ou seja, liga ou desliga. Normalmente a botoeira é ligada em relés ou contatores.



Esquema da botoeira (a); botoeiras comerciais (b). Fonte: (Silva M. E., 2005).

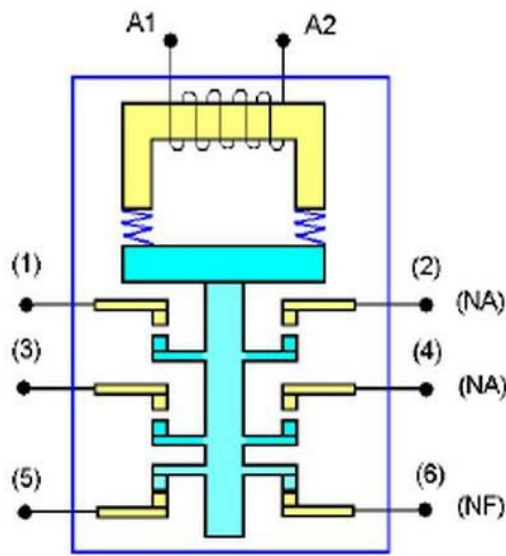
Relés: são dispositivos essenciais na manobra de circuitos, pois possibilita a separação dos circuitos de potência (circuito ligado diretamente aos motores) dos circuitos de comando (faz a interface entre o operador e a máquina, trabalha em baixas correntes). Sua principal vantagem é separar os elementos de acionamento dos elementos de trabalho.



Esquema de um relé. FONTE: (Silva A. S., 2009).

Contatores: são “relés expandidos”, pois seu funcionamento é similar. É um dispositivo eletromecânico de comando a distância. Na figura a seguir, temos um contator formado por dois contatos normalmente abertos (NA) e um contato

normalmente fechado (NF). Esse contator possui uma bobina que, quando acionada, atrai o núcleo magnético móvel abrindo o contato (NF) e fechando os contatos (NA). Quando interrompemos a corrente que passa pelos terminais A1 e A2 da bobina seu campo magnético é cortado e o núcleo magnético móvel volta à sua posição original pela força das molas.



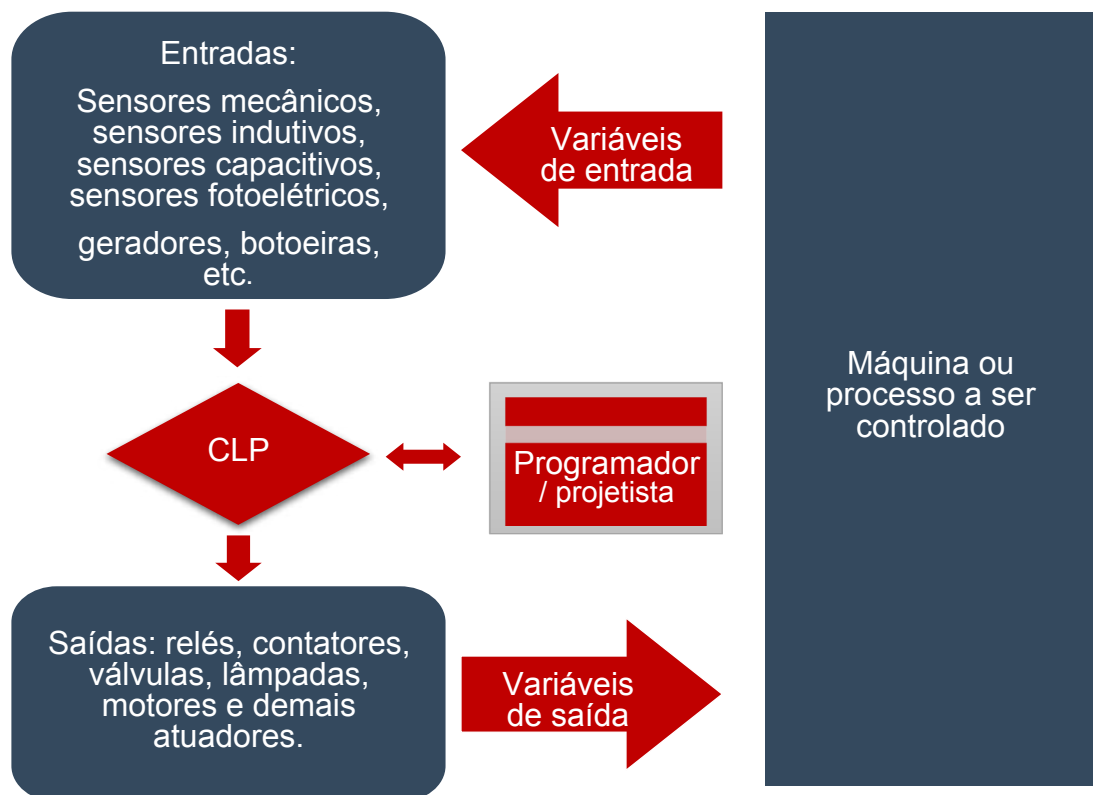
Esquema de um contator. FONTE: (Silva M. E., 2005).

- Fusíveis: destinados à proteção contra sobrecargas e curto circuito.
- Disjuntores: sua aplicação às vezes concorre com os fusíveis, pois também são destinados à proteção contra sobrecarga e curto circuito. Possibilitam maior economia, pois podem ser religados, ao passo que os fusíveis têm de ser substituídos.

INTRODUÇÃO AOS CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMÁVEIS (CLP)

Para controlar um processo industrial, seja ele simples ou complexo, precisamos de um adequado sistema de controle. Um sistema de controle é composto basicamente por quatro elementos:

- Entradas: coletam informações do processo e envia-as ao controlador.
- Controlador: maneja as informações de entrada com base no software instalado e atua sobre as saídas.
- Saídas: atuam sobre o processo a ser controlado.
- Processo ou máquina a ser controlada.



Pela figura acima, percebemos que o CLP detém papel de centralidade no sistema de controle. Sua função é controlar os processos por meio de um conjunto de instruções programadas. É no CLP que os sinais de entrada são logicamente combinados com as instruções do CLP para gerar sinais de saída (comandos) para os atuadores. Em outras palavras, o CLP é o “cérebro” da automação e controle.

Um operário, para desenvolver bem suas atividades, precisa de um conjunto de instruções que permitam a ele saber o que fazer em diferentes circunstâncias. O mesmo pode-se dizer de uma máquina automatizada. Um CLP precisa saber como anda o processo por meio de sensores; precisa “tomar decisões” com base em um

conjunto de instruções (software) e enviá-las para os atuadores que atuarão diretamente sobre o processo.

As principais vantagens em utilizar os CLP são (Silva M. E., 2005):

- Facilidade de diagnóstico durante o projeto;
- Economia de espaço, uma vez que seu tamanho é reduzido;
- Menor risco de incêndio, pois não produz faíscas;
- São programáveis, inclusive para interromper o processo produtivo;
- Possibilidade de criar um banco para armazenamento de múltiplos programas;
- Economia de energia elétrica;
- Precisa de uma equipe de manutenção reduzida;
- São flexíveis em relação ao número de entradas e saídas;
- Pode ser ligado a diversos equipamentos.

O QUE É UM CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL?

A Associação Brasileira de Normas Técnicas define os CLP como: “Um equipamento eletrônico digital com hardware e software compatíveis com as aplicações industriais”.

Por sua vez, a NEMA (National Electrical Manufacturers Association) entende que CLP: “é um aparelho eletrônico digital que utiliza uma memória programável para armazenar internamente instruções e para implementar funções específicas, tais como lógica sequencial, temporização, contagem e aritmética, controlando, por meio de módulos de entradas e saídas, vários tipos de máquinas ou processos”. (Silva C. , 2011)

PRINCÍPIOS DE FUNCIONAMENTO DO CLP

O funcionamento do Controlador Lógico Programável é sequencial, em outras palavras, faz uma verificação em todos os seus estados ou etapas. Cada etapa ou

estado é um ciclo a ser executado. Cada etapa é organizada em uma sequência e a execução de uma etapa exige que as demais estejam inativas, pois as etapas são executadas sequencialmente e não simultaneamente. O tempo total para a realização de todas as etapas é chamado de clock. A figura a seguir ilustra as etapas de funcionamento dos CLP:



- **Início:** checa o funcionamento da CPU (Central Processing Unit - Unidade Central de Processamento), memórias circuitos auxiliares, chaves, detecta a existência de um programa de usuário e sinaliza caso tenha encontrado falhas. Além disso, desativa todas as saídas.
- **Verifica o estado das entradas:** detectada uma das entradas, verifica se houve acionamento. Em outras palavras, faz uma varredura das entradas, razão pela qual esse ciclo também é conhecido como varredura.
- **Compara com o programa do usuário:** compara as entradas com o software instalado e envia as informações para as saídas.
- **Atualiza as saídas:** as saídas são acionadas ou desacionadas conforme a análise do software sobre os dados de entrada. Um novo ciclo é iniciado.

Estrutura básica de um CLP

- **Fonte de alimentação:** reduz a tensão (por meio de transformadores) de 110 ou 220 VCA para +5VCC, +12VCC ou +24VCC a fim de alimentar os circuitos eletrônicos, as entradas e saídas.
- **Unidade de processamento:** é a CPU, contém microcontroladores ou microprocessadores, memória de até 12 MB e velocidades de Clock de 4 a 300 MHz.
- **Bateria:** utilizada para manter o relógio do circuito sempre atualizado, independentemente de possíveis quedas de energia.
- **Memória do programa supervisor:** é a memória responsável pelo gerenciamento das tarefas do CLP. Não pode ser modificado pelo usuário.
- **Memória do usuário:** é onde o programa do usuário é armazenado.
- **Memória de dados:** armazena valores do programa do usuário, como valores de temporizadores, contadores, senhas, códigos de erro, etc. Encontra-se também a memória do estado das entradas e saídas. É nela que a CPU trabalha para buscar informações e tomar decisões. Os circuitos auxiliares podem ser (Silva M. E., 2005):
 - **Power on reset:** desliga todas as saídas logo que o aparelho é ligado, isso minimiza as chances de ocorrência de pequenos danos.
 - **Power down:** monitora a tensão de alimentação e salva os dados na memória antes que possíveis quedas de tensão ocorram.
 - **Watch dog timer:** o “cão de guarda” deve ser acionado periodicamente para evitar que o programa entre em “loop”.

REFERÊNCIAS

- BAGI*. Sistemas de Controle para Grupos Geradores. Geradores Síncronos - <http://www.campcom.com.br/cursoelettronica.php>. Acesso em: 26 jan. 2013.
- Carlson, D. Magnetic Soap: For Oil Spills First, Then You! Disponível em: <http://www.business-opportunities.biz/2012/01/31/magnetic-soap-for-oil-spillsfirst-then-you/>. Acesso em: 26 jan. 2013.
- CENTRO DE ENSINO E PESQUISA APLICADA. Linha de força. Disponível em: http://efisica.if.usp.br/eletricidade/basico/campo/linha_forca/. Acesso em: 26 jan. 2013.
- COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. (2011). Como é gerada a energia nuclear em uma usina nuclear? Acesso em 26 de Janeiro de 2013. Disponível em: <http://www.cnem.gov.br/acnen/inf-perguntasfrequent.es.asp>
- FÁCIL, A. F. Onde a gravidade pode ser nula. Acesso em Disponível em: <http://facilaprenderfisica.blogspot.com.br/2010/12/onde-gravidade-pode-ternula.html>. Acesso em: 26 jan. 2013.
- FERNÁNDEZ-ALONSO. Faraday-ren legearen frogapena. Disponível em: <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisika/electromagnet/fem/fem.htm>. Acesso em: 26 jan. 2013.
- FERRARO, N. G. Linhas de força/Campo elétrico uniforme. Disponível em: http://osfundamentosdafisica.blogspot.com.br/2012/03/cursos-do-blogeletricidade_28.html. Acesso em: 26 jan. 2013.
- FÍSICA. (2011). Corrente Elétrica. Disponível em: http://www.fisicapaidegua.com/conteudo/conteudo.php?id_top=050201. Acesso em: 26 jan. 2013.
- FRANSCISCO, P. S. (2009). Campo Magnético. Disponível em: <http://www.portalsaofrancisco.com.br/alfa/eletricidade-e-magnetismo/campomagnetico-2.php>. Acesso em: 26 jan. 2013.
- FRASSON, C. Interessante: Por que os planetas tem formato esférico? Disponível em:

<<http://fenomenosnaoidentificados.blogspot.com.br/2012/07/interessante-porque-os-planetasm.html>>. Acesso em: 26 jan. 2013.

FURUKAWA, C. H. (2010). Poder das Pontas. Disponível em: <http://www.rc.unesp.br/showdefisica/99_Explor_Eletrizacao/paginas%20htmls/Poder%20das%20Pontas.htm>. Acesso em: 26 jan. 2013.

GALILEU, R. E. J. Por que as pilhas alcalinas. Disponível em: <<http://www.sorria.com.br/mensagem/657/pilhas-alcalinas.html>>. Acesso em: 23 dez. 2013.

GARCIA, V. Relacionas la electricidad con el magnetismo. Disponível em: <[://zvenfisica.blogspot.com.br/2012/06/bloque-4.html](http://zvenfisica.blogspot.com.br/2012/06/bloque-4.html)>. Acesso em: 26 jan. 2013.

GEOCITIES. Campo Magnético no Centro de uma Espira. Disponível em: <<http://www.geocities.ws/saladefisica8/eletromagnetismo/espira.html>>. Acesso em: 26 jan. 2013.

GEOCITIES. Associação de Resistências em Série. Disponível em: <<http://www.geocities.ws/saladefisica8/eletrodinamica/serie.html>>. Acesso em: 26 jan. 2013.

GEOCITIES. Trabalho e Diferença de Potencial. Disponível em: <<http://www.geocities.ws/saladefisica8/eletrostatica/trabalho.html>>. Acesso em: 26 jan. 2013.

GERAIS, C. Experiência com cristais piezoelétricos. Disponível em: <<http://conhecimentosgerais-alsobre.blogspot.com.br/2011/06/experienciacom-cristais-piezoeltricos.html>>. Acesso em: 26 jan. 2013.

HOYOS, L. E. Circuito Paralelo. Disponível em: <http://evidenciastbt.blogspot.com.br/2008_06_01_archive.html>. Acesso em: 26 jan. 2013.

JENECEI, J. Eletrização. Disponível em: <<http://fisicaesuasaplicacoes.blogspot.com.br/2011/03/eletizacao.html>>. Acesso em: 26 jan. 2013.

LILA. Campos. Disponível em: <<http://gihelilah.blogspot.com.br/2009/06/campos.html>>. Acesso em: 26 jan. 2013.

LUCHETI LUBRIFICANTES. Óleo para transformador. Disponível em:
<<http://lucheti.com.br/blog/>>. Acesso em: 26 jan. 2013.

MARQUES, D. Eletroímã. Disponível em:
<<http://www.brasilecola.com/fisica/eletroima.htm>>. Acesso em: 26 jan. 2013.

MARTINO, G. Superior Tribunal Militar - STM - Técnico Judiciário - Administrativa - Telecomunicações e Eletricidade. Disponível em:
<<http://tecnolegis.tecseguro.com.br/provas/id/951-superior-tribunal-militar-stmtecnico-judiciario-administrativa-telecomunicacoes-e-eletricidade-cespe-unb2011-prova-objetiva?pagina=11>>. Acesso em: 26 jan. 2013.

MAST. Magnetismo Terrestre. Disponível em:
<http://www.mast.br/multimedia_instrumentos/bussola_funcao.html>. Acesso em: 26 jan. 2013.

MIRANDA, A. (Circuitos eléctricos em série, em paralelo e mistos. Disponível em:
<<http://pereiramiranda.blogspot.com.br/2010/03/circuitoselectricos-em-seie-em.html>>. Acesso em: 26 jan. 2013.

MOTITSUKI, K. L. Baterias automotivas. Disponível em:
<<http://autosom.net/artigos/baterias.htm>>. Acesso em: 26 jan. 2013.

MUNDIM, K. C. FSC1026 - Física Geral Experimental III. Disponível em:
<<http://www.portalfisica.com/fsc1026-material11.html>>. Acesso em: 26 jan. 2013.

MUNDIM, K. C. Lei de Biot-Savart. Disponível em:
<<http://ensinoadistancia.pro.br/EaD/Eletromagnetismo/LeiBiotSavart/LeiBiotSavart.html>>. Acesso em: 26 jan. 2013.

MUNDIM, K. C. Circuito Elétrico: Resistores em Série e Paralelo. Disponível em:
<<http://www.cursosvirt2.dominiotemporario.com/EaD/Eletromagnetismo/Resistores/Resistores.html>>. Acesso em: 26 jan. 2013.

MUSEU DAS COMUNICAÇÕES DE MACAU. Solenoide e Electroíman. Disponível em:
<http://macao.communications.museum/por/exhibition/secondfloor/moreinfo/2_2_4_MagneticSuction.html>. Acesso em: 26 jan. 2013.

NETTO, P. Yes! Nós temos Energia Eólica. Disponível em:

<<http://www.laboratoriodefisica.com.br/noticias/energiaeolica.html>>. Acesso em: 26 jan. 2013.

OVERTONS. Blue Sea DC analógica amperímetros. Disponível em:

<<http://www.overtons.com/modperl/product/details.cgi?r=view&i=85135>>. Acesso em: 26 jan. 2013.

PEREIRA, V. N. Eletrostática. Disponível em:

<http://ifserv.fis.unb.br/matdid/1_1999/Vildinei/eletro/intro.htm>. Acesso em: 26 jan. 2013.

PINETREE. MEDIDAS DE CORRENTE, TENSÃO E RESISTÊNCIA EM CORRENTE CONTÍNUA(CC) E BAIXA FREQUÊNCIA. Disponível em:

<http://www.pinetreerf.com.br/pages/espaco_tecnico/conclnstrMedidas/conceitosInstMedidas.html>. Acesso em: 26 jan. 2013.

RALILE, R. L. O campo gravitacional. Disponível em:

<<http://www.eunaovouserescalonado.xpg.com.br/Fisica.html>>. Acesso em: 26 jan. 2013.

RODOLFO Typepad. Energia solar. Disponível em:

<<http://rodolfo.typepad.com/.a/6a00e554b11a2e88330128766a7bef970c320wi>>. Acesso em: 20 nov. 2012.

RUSSO, M. “Energia solar” à noite. Disponível em:

<[://clubedospensadores.blogspot.com.br/2010/11/energia-solar-noite.html](http://clubedospensadores.blogspot.com.br/2010/11/energia-solar-noite.html)>. Acesso em: 26 jan. 2013.

SABER ELÉTRICO. A Natureza da Eletricidade. Disponível em:

<<http://www.sabereletrico.com/leituraartigos.asp?valor=21>>. Acesso em: 26 jan. 2013.

SILVA, A. Ímãs permanentes. Disponível em:

<<http://italpro.com.br/eletroimasblog/imas-permanentes/>>. Acesso em: 26 jan. 2013.

SILVA, E. Motores Eléctricos. Disponível em:

<<http://eduvisilva.com.sapo.pt/melectricos.htm#mot>>. Acesso em: 26 jan. 2013.

SILVA, S. O. Eletromagnetismo - Força Magnética. Física em Foco.

Disponível em: <http://fisicaemfoco.zip.net/arch2012-12-02_2012-12-08.html>. Acesso em: 26 jan. 2013.

SOARES, Í. V. (2011). Leis de Ohm. Disponível em:

<<http://aulasparticulares.org/material-de-apoio/fisica/eletromagnetismo/leis-deohm>>.

Acesso em: 26 jan. 2013.

TECNOLOGÍA. (2012). LA DINAMO Y EL ALTERNADOR. Disponível em:

<http://www.areatecnologia.com/La_dinamo.htm>. Acesso em: 26 jan. 2013.

TIENDA GENERADORES ELECTRICOS. El Alternador en un Generador Electrico.

Tienda Generadores Electricos. Disponível em:

<<http://www.tiendageneradores.com/>>. Acesso em: 26 jan. 2013.

Til, P. G. Átomos e Elétrons. Disponível em:

<<http://www.saberdetudo.com.br/atomos-e-eletrons/>>. Acesso em: 26 jan. 2013.

WEB, V. Introdução à Eletricidade - Cargas elétricas. Disponível em:

<<http://www.vestibulandoweb.com.br/fisica/teoria/carga-eletrica.asp>>. Acesso em: 26 jan. 2013.

WIKIPÉDIA. Usina hidrelétrica. Disponível em:

<[://pt.wikipedia.org/wiki/Usina_hidrel%C3%A9trica](http://pt.wikipedia.org/wiki/Usina_hidrel%C3%A9trica)>. Acesso em: 26 jan. 2013.

ZANATTO. PROCESSOS DE ELETRIZAÇÃO DE UM CORPO. Disponível em:

<[://zanattofisicalegal.blogspot.com.br/2012/04/processos-de-eletrizacao-de-umcorpo.html](http://zanattofisicalegal.blogspot.com.br/2012/04/processos-de-eletrizacao-de-umcorpo.html)>. Acesso em: 26 jan. 2013.

ZANGUITU, J. E. Estructura del átomo. Disponível em:

<<http://fisicoquimicaterceroiem.blogspot.com.br/2012/03/estructura-delatomo.html>>.

Acesso em: 26 jan. 2013.