

2020



Técnico em Eletrotécnica

Sumário

ELETROSTÁTICA	3
CONDUTORES E ISOLANTES	4
ELETRIZAÇÃO DOS CORPOS	5
GRANDEZAS ELÉTRICAS	7
TENSÃO ELÉTRICA	7
RELAÇÃO ENTRE DESEQUILÍBRIO ELÉTRICO E POTENCIAL ELÉTRICO	8
CIRCUITO ELÉTRICO	9
PILHAS E BATERIAS	11
CORRENTE CONTÍNUA E CORRENTE ALTERNADA	11
POTÊNCIA E ENERGIA	16
ENERGIA ELÉTRICA	17
INSTRUMENTOS DE MEDIDAS ELÉTRICAS	18
VOLTÍMETRO	18
OHMÍMETRO	19
MULTÍMETRO	20
CIRCUITOS ELÉTRICOS	20
CIRCUITO SÉRIE	20
CIRCUITO PARALELO	22
CIRCUITOS MISTOS	25
EMENDAS OU CONEXÕES EM INSTALAÇÕES ELÉTRICAS	26
EMENDAS DE CONDUTORES EM PROLONGAMENTO	26
PROCESSO DE EXECUÇÃO	26
EMENDA EM LINHA ABERTA OU EXTERNA	26
EMENDA DE CONDUTORES EM PROLONGAMENTO DENTRO DE CAIXAS DE DERIVAÇÃO OU DE PASSAGEM	29
EMENDAS ENTRE CONDUTORES RÍGIDO E FLEXÍVEL	30
DE UM CONDUTOR RÍGIDO COM UM FLEXÍVEL	34
OLHAL	35
RECOMENDAÇÕES SOBRE EMENDAS OU CONEXÕES	36
CONEXÕES BIMETÁLICAS	36
ACESSÓRIOS PARA CONDUTORES ELÉTRICOS	37
CONECTORES	37
PRENSA-CABOS	41
SOLDA E SOLDAGEM	42
DEFINIÇÃO DE SOLDA	42

UTILIZAÇÃO DA SOLDA	42
CARACTERÍSTICAS	42
CUIDADOS AO SE EFETUAR UMA SOLDAGEM	43
CONDIÇÕES DE APLICAÇÃO	45
SOLDAGEM DE EMENDAS OU CONEXÕES	45
MATERIAIS ISOLANTES	47
TIPOS	47
FITA ISOLANTE	47
FITA ISOLANTE DE BORRACHA (AUTOFUSÃO)	48
FITA ISOLANTE PLÁSTICA	48
ISOLANTE TERMOCONTRÁTIL	49
ISOLANTE LÍQUIDO	49
ISOLAR EMENDAS OU CONEXÕES	49
INTERRUPTOR DE UMA TECLA SIMPLES DE EMBUTIR	54
REPRESENTAÇÃO DE ESQUEMAS MULTIFILAR E UNIFILAR	54
LIGAÇÃO EM SÉRIE	62
LIGAÇÃO EM PARALELO DE LÂMPADAS	63
LUMINÁRIA FLUORESCENTE	66
LÂMPADA FLUORESCENTE	68
COMO FUNCIONA UMA LÂMPADA FLUORESCENTE	69
COMO FUNCIONA O REATOR	69
LÂMPADAS DE LUZ MISTA	70
REFERÊNCIAS	72

ELETROSTÁTICA

A eletricidade é uma forma de energia associada aos fenômenos causados por cargas elétricas, estejam elas em movimento (eletrodinâmica) ou em repouso (eletrostática). Toda a matéria é constituída por moléculas que, por sua vez, é formada por átomos. Os átomos são formados por um núcleo, onde se encontram os prótons e os nêutrons, e por uma eletrosfera, constituída de órbitas onde giram os elétrons. A diferença básica entre estes três elementos que formam o átomo está em suas cargas elétricas. Enquanto o nêutron tem carga neutra, ou seja, não possui carga, o próton tem carga positiva e o elétron tem carga negativa. Todo átomo é, em princípio, eletricamente neutro, uma vez que o número de prótons é igual ao número de elétrons, fazendo com que cada carga positiva anule uma carga negativa e vice-versa.

Todos os princípios da eletrostática baseiam-se na Lei de DuFay, chamado princípio da atração e repulsão, segundo o qual cargas elétricas de sinais contrários se atraem, enquanto cargas de mesmo sinal se repelem. A intensidade ou módulo de uma carga elétrica, representada por **Q**, é medida em uma unidade chamada Coulomb (C). Para que um determinado corpo adquira uma carga elétrica de 1C positiva ou negativa, é necessário que perca ou ganhe, respectivamente, uma quantidade de $6,25 \cdot 10^{18}$ elétrons, o que nos faz concluir que a carga elétrica de um único elétron é de $1,6 \cdot 10^{-19} \text{C}$.

No átomo, os prótons, presentes no núcleo, tendem a atrair os elétrons em direção ao núcleo, por possuírem cargas elétricas opostas. Porém, como os elétrons giram em órbitas circulares em torno do núcleo, existe também uma força centrífuga, que tende a afastá-lo do núcleo. O que ocorre é um equilíbrio entre a força de atração e a força centrífuga, o que mantém o elétron em sua órbita, conforme mostra a figura abaixo:

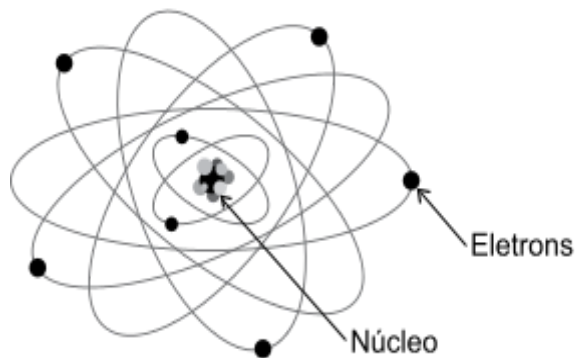


Figura: Estrutura básica de um átomo.

CONDUTORES E ISOLANTES

A distribuição dos elétrons em órbitas ao redor do núcleo se dá de acordo com os níveis de energia que cada elétron possui. Quanto mais afastado do núcleo um elétron estiver, maior é a sua energia, porém mais fracamente ligado ao núcleo ele estará.

Para o estudo da eletricidade, é interessante conhecer apenas as características da última camada, também chamada camada de valência. É nesta camada que os fenômenos elétricos ocorrem. Nos materiais metálicos, a distribuição de elétrons nas camadas se dá de tal forma que existem poucos elétrons na camada de valência. Estes elétrons possuem ligação fraquíssima com o núcleo, sendo facilmente retirados de sua órbita por um agente externo, sendo chamados de elétrons livres. A condução elétrica nestes materiais se dá pela movimentação destes elétrons livres entre átomos próximos. Em outros materiais, a camada de valência pode estar quase completa. Neste caso, a força de ligação destes elétrons com o núcleo do átomo é grande, fazendo com que eles não sejam retirados com facilidade de suas órbitas, ou seja, os elétrons não estão livres.

As afirmações acima convergem à conclusão de que materiais que apresentam elétrons livres em sua constituição são bons condutores elétricos, destacando-se nesta categoria os materiais metálicos, enquanto que materiais que não possuem elétrons livres são maus condutores de eletricidade, também

chamados isolantes, entre os quais podemos citar o plástico, a borracha, o vidro, o ar, entre outros.

Existe ainda uma terceira categoria de materiais, chamados materiais semicondutores, cujas características os tornam intermediários entre os condutores e os isolantes, os quais são utilizados na construção de dispositivos eletrônicos, dentre os quais destacam-se o silício e o germânio.

ELETRIZAÇÃO DOS CORPOS

Pode-se eletrizar um corpo através da retirada ou da inserção de elétrons em suas órbitas. Se forem adicionados elétrons, o corpo ficará eletrizado negativamente, uma vez que possuirá mais elétrons do que prótons. Se, por outro lado, forem retirados elétrons, o corpo ficará eletrizado positivamente, uma vez que haverá excesso de prótons em relação ao número de elétrons.

Os processos básicos de eletrização, ou seja, de se retirar ou adicionar elétrons ao corpo podem ser por atrito, por contato ou por indução. Atritando dois materiais isolantes diferentes, o calor gerado pode ser suficiente para libertar alguns elétrons, passando estes elétrons para o outro corpo. Assim, os dois corpos ficarão eletrizados.

O que perdeu elétrons ficará com carga positiva, enquanto o que os recebeu ficará com carga negativa. Se um corpo eletrizado negativamente for colocado em contato com outro corpo neutro, haverá uma transferência de elétrons entre estes corpos, do primeiro para o segundo, conforme mostra a figura:

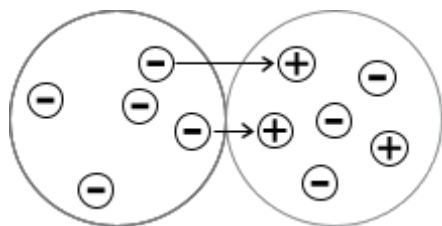


Figura: Transferência de elétrons entre corpos.

A transferência de elétrons se dá até que estes corpos se encontrem em equilíbrio eletrostático. Entenda-se por equilíbrio eletrostático não cargas iguais, mas potenciais eletrostáticos iguais, conceito este que será objeto de estudo futuro. Se for aproximado um corpo eletrizado positivamente de um condutor não eletrizado (neutro) e isolado, seus elétrons livres serão atraídos para a extremidade mais próxima do corpo positivo, conforme ilustra a figura:

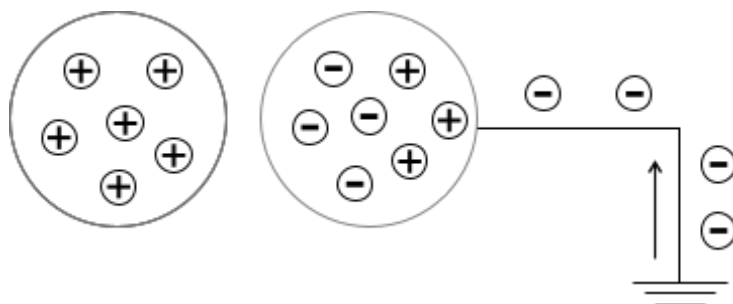


Figura: Aproximação de um corpo eletrizado positivamente de um condutor neutro e isolado.

Desta forma, o corpo neutro ficará com excesso de elétrons em uma extremidade e falta de elétrons na outra. Aterrando este átomo, o mesmo atrairá da terra uma quantidade de elétrons até que a extremidade positiva se neutralize. Ao ser desfeito o aterramento, os elétrons que ingressaram no corpo não terão mais um caminho para retornar à terra, e o corpo anteriormente neutro ficará com excesso de elétrons, portanto carregado negativamente, conforme mostrado na figura:

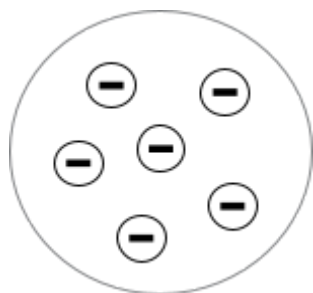


Figura: Corpo carregado negativamente

Este processo é conhecido como eletrização por indução.

GRANDEZAS ELÉTRICAS

TENSÃO ELÉTRICA

Foram vistas as propriedades estáticas das cargas elétricas. Serão estudadas, a partir de agora, suas propriedades dinâmicas. Supondo-se uma região no espaço onde atua um campo elétrico produzido por uma carga positiva, e colocando-se um elétron em um ponto A distante de uma distância muito pequena dA da carga que gerou o campo, este elétron estará sujeito a uma força contrária ao sentido do campo, ou seja, será atraído pela carga.

Quando este elétron, no seu movimento em direção à carga Q estiver no ponto B, a distância dB em relação à carga será menor, sendo portanto o potencial do elétron maior que no ponto A, conforme mostrado na figura:

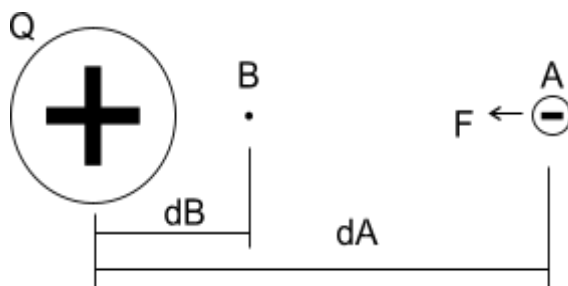


Figura: Potencial dos pontos A e B

Assim, conclui-se que uma carga negativa move-se do menor para o maior potencial elétrico. De forma semelhante, comprova-se que uma carga positiva move-se do maior para o menor potencial. Em todo caso, para que haja o movimento de uma carga, seja ela positiva ou negativa, é preciso que haja um potencial maior e um potencial menor, ou seja, uma diferença de potencial ou ddp.

RELAÇÃO ENTRE DESEQUILÍBRIO ELÉTRICO E POTENCIAL ELÉTRICO

O potencial elétrico de um corpo é tanto maior quanto maior for o seu desequilíbrio elétrico. Entre dois corpos com potenciais diferentes, existe uma diferença de potencial ou tensão elétrica.

CORRENTE ELÉTRICA

Quando se submete um material condutor elétrico a uma diferença de potencial, seus elétrons livres apresentam um movimento ordenado e orientado do ponto de menor potencial para o ponto de maior potencial. A este movimento, dá-se o nome de corrente elétrica. A intensidade desta corrente elétrica, representada por I e medida em Ampères (A) é a medida da quantidade de cargas que se deslocam pelo condutor a cada segundo, ou seja:

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

A corrente elétrica é formada pelo movimento de elétrons, portanto cargas negativas. Conforme já foi visto, cargas negativas deslocam-se do menor para o maior potencial. No entanto, para facilitar a análise de circuitos, evitando representar correntes negativas, utiliza-se o chamado sentido convencional de circulação da corrente, ou seja, convencionou-se dizer que a corrente é formada por portadores de carga positiva deslocando-se do potencial maior para o potencial menor. Assim, indicamos a corrente como uma seta deslocando-se do polo positivo para o polo negativo da fonte, conforme ilustrado na figura:

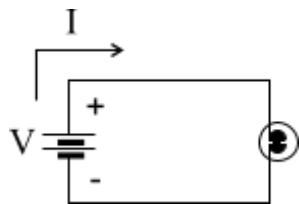


Figura – Sentido convencional da corrente elétrica

Múltiplos e submúltiplos da unidade de medida de intensidade da corrente elétrica podem ser verificados na tabela:

	Denominação	Símbolo	Valor em Rel. Unidade
Múltiplo	Quiloampere	kA	$10^3 = 1000A$
Unidade	Ampere	A	—
Submúltiplo	Miliampere	mA	$10^{-3} = 0,001A$
	Microampere	μA	$10^{-6} = 0,000001A$
	Nanoampere	nA	$10^{-9} = 0,00000001A$
	Picoampere	pA	$10^{-12} = ,000000000001A$

Tabela – Múltiplos e submúltiplos da corrente elétrica

CIRCUITO ELÉTRICO

Chama-se circuito elétrico aos dispositivos capazes de transformar energia elétrica em outra forma qualquer de energia. Para que isto possa ocorrer, precisa-se

Que, pelo circuito elétrico, circule uma corrente elétrica. Já foi estudado que a corrente elétrica é formada pelo movimento de elétrons. No entanto, para que este movimento possa ocorrer, são necessários dois potenciais elétricos diferentes, ou seja, uma diferença de potencial ou, como é mais comumente conhecido, uma tensão elétrica. Logo, conclui-se que só haverá corrente elétrica se houver tensão elétrica (ALEXANDER,2008).

Sendo a tensão elétrica a força que provoca o movimento dos elétrons (corrente elétrica), esta é também chamada de força eletromotriz (f.e.m.), ou seja, a

“força que move os elétrons”. Além disto, para que exista circulação de corrente elétrica, é necessária também a existência de um meio material que permita a circulação dos elétrons, ou seja, um material condutor elétrico. Este material condutor, geralmente sob a forma de fios condutores, deve permitir aos elétrons um caminho de ligação entre os dois potenciais da fonte de alimentação, ou seja, um circuito elétrico deve ser um caminho fechado por onde os elétrons circulam. Também deverá haver, no circuito, um elemento conversor de energia, responsável por transformar energia elétrica em outra forma de energia. Este material condutor, geralmente sob a forma de fios condutores, deve permitir aos elétrons um caminho de ligação entre os dois potenciais da fonte de alimentação, ou seja, um circuito elétrico deve ser um caminho fechado por onde os elétrons circulam.

Também deverá haver, no circuito, um elemento conversor de energia, responsável por transformar energia elétrica em outra forma de energia. Este elemento pode ser, por exemplo, uma lâmpada, um motor elétrico ou uma campainha. Finalmente, é preciso prever uma maneira de controlar o fluxo de corrente pelo circuito, permitindo ligar ou desligar o circuito quando for preciso. Este controle pode ser feito por meio de um interruptor, por exemplo, ou simplesmente atarraxando e desatarraxando a lâmpada em seu receptáculo.

O importante é a percepção de que, interrompendo o caminho de circulação da corrente, esta deixará de fluir pelo circuito. Em resumo, pode-se definir circuito elétrico como um caminho fechado por onde circula uma corrente elétrica. Este circuito é formado por quatro elementos básicos, conforme já foi visto anteriormente:

- Uma fonte de alimentação;
- Fios condutores;
- Um receptor de energia, também chamado de carga;
- Um elemento de controle.

Para que haja um circuito completo, são necessários estes elementos acima. Caso haja a ruptura de um dos fios condutores, a abertura do interruptor ou a queima da lâmpada, por exemplo, haverá um circuito aberto, o que irá interromper a

passagem da corrente e, por consequência, o funcionamento do circuito. Se, por outro lado, houver um desvio da corrente de modo que esta não passe pela carga, haverá um defeito conhecido como curto-circuito, e o circuito também deixará de funcionar.

Quando ocorre um curto-circuito, a corrente passa a circular de forma descontrolada, o que pode causar sérios danos às instalações do circuito, como a queima dos fios condutores e incêndios. Por isso, para serem limitadas as consequências de um curto-circuito, deve-se utilizar dispositivos de proteção.

O tipo mais comum e simples de proteção é o fusível. O fusível é um dispositivo construído para romper (fundir) assim que a corrente ultrapasse um determinado limite considerado seguro para o funcionamento do circuito, interrompendo a circulação de corrente antes que danos mais sérios ocorram.

É importante notar que um fusível só irá “queimar” se o seu limite de corrente for ultrapassado, ou seja, se houver um problema no circuito. Não se deve substituir um fusível por outro de maior capacidade sem que antes se faça uma análise de capacidade dos condutores do circuito. Também não se deve jamais “improvisar” um fusível com moedas, parafusos ou outros objetos. Na ocorrência de um curto-circuito, tais objetos não estarão dimensionados para proteger o circuito, podendo trazer consequências sérias para a instalação e para seus usuários.

PILHAS E BATERIAS

Para que uma lanterna acenda ou para que um rádio funcione, é necessária uma fonte de energia, ou seja, um dispositivo que forneça uma diferença de potencial. Normalmente, estas pilhas, quando novas, fornecem uma tensão elétrica de 1,5V, tensão esta que diminui à medida que a pilha se desgasta (ALEXANDER,2008).

Se for necessária uma tensão maior que 1,5V, várias destas pilhas podem ser associadas em série, de modo que suas tensões se somem, formando as chamadas baterias. Um exemplo comum são as baterias de 9V bastante utilizadas em

equipamentos eletrônicos. Estas baterias são formadas pela associação de seis pilhas de 1,5V cada, perfazendo uma tensão de 9V ($6 \times 1,5 = 9$).

CORRENTE CONTÍNUA E CORRENTE ALTERNADA

As pilhas e baterias têm a característica de fornecer corrente contínua para o circuito, o que significa dizer que a corrente flui continuamente em um único sentido de circulação, o que implica em dizer que a tensão mantém sempre a mesma polaridade. A corrente contínua é muitas vezes abreviada por CC ou DC (do inglês, *direct current*). No entanto, esta forma de energia não é a que é encontrada, por exemplo, nas tomadas das casas. Neste caso, a tensão alterna (inverte) sua polaridade periodicamente, em intervalos de tempo bem definidos, o que faz com que a corrente também apresente sentido de circulação alternado, ora num sentido, ora no sentido oposto. A este tipo de corrente dá-se o nome de corrente alternada, abreviada por CA ou AC (do inglês, *alternate current*).

Na figura são representados os esquemas gráficos em função do tempo de uma corrente contínua e de uma corrente alternada.

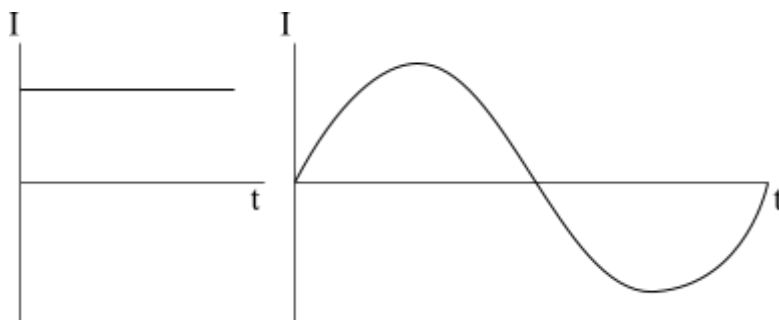


Figura: Corrente contínua x corrente alternada

A distribuição de energia pelas concessionárias se dá sob a forma de corrente alternada por uma série de facilidades operacionais. No entanto, muitos dos aparelhos, sobretudo os eletrônicos, necessitam de uma corrente contínua para funcionarem. Nestes casos, são usados dispositivos adaptadores conhecidos no mercado como eliminadores de pilhas. Estes dispositivos utilizam alimentação em

corrente alternada da rede elétrica e convertem esta energia em corrente contínua com nível de tensão adequado para o equipamento a que se destina.

Dispositivos semelhantes também são utilizados para a recarga de pilhas e baterias (somente quando estas forem recarregáveis), como é o caso, por exemplo, dos recarregadores de bateria de telefones celulares.

RESISTÊNCIA ELÉTRICA

A resistência elétrica é a característica que os materiais, mesmo os condutores têm de se opor, ou seja, oferecer dificuldade à passagem da corrente elétrica. Esta oposição é provocada pela dificuldade que os elétrons encontram em se deslocar pela estrutura atômica do material. A resistência elétrica é representada pela letra R e medida em ohms (Ω). Múltiplos da unidade de medida da resistência elétrica podem ser visualizados na tabela:

	Denominação	Símbolo	Valor em Rel. Unidade
Múltiplo	Megaohm	$M\Omega$	$10^6 = 1000000A$
	Quilohm	$k\Omega$	$10^3 = 1000A$
Unidade	Ohm	Ω	—

Tabela – Múltiplos da resistência elétrica

Usualmente, em circuitos elétricos, representa-se a resistência através dos símbolos da figura:



Figura- Símbolos da resistência elétrica

A resistência elétrica de um material depende da composição deste material e de suas dimensões físicas. Em qualquer material, a dificuldade oferecida à passagem dos elétrons faz com que estes se choquem contra sua estrutura atômica, provocando aquecimento do material. Este fenômeno é conhecido como efeito Joule, e pode ser aproveitado, por exemplo, na construção de aquecedores elétricos. Quanto à sua composição, os materiais se diferenciam por suas resistências específicas, característica esta também chamada de resistividade do material. A resistividade, representada pela letra grega ρ , é expressa em ohmímetro (W.m), e representa um valor específico da resistência elétrica do material, sem se preocupar com suas dimensões. Assim, duas barras de cobre, com exatamente a mesma composição, terão resistividades iguais, podendo no entanto terem resistências elétricas diferentes. Abaixo, segue a fórmula da resistência elétrica em função da resistividade do material ρ , do comprimento do condutor l e da seção transversal S :

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

Assim, uma barra de ferro e outra de cobre, com exatamente as mesmas dimensões, terão resistências diferentes, uma vez que os dois materiais têm resistividades diferentes. Também em relação a duas barras de cobre, quanto mais comprida for a barra, maior será a resistência, e quanto maior for a seção, menor será a resistência.

Partindo deste conceito, pode-se construir uma resistência elétrica de valor variável, através de um cursor que desliza sobre uma resistência fixa. Conforme a posição em que se encontrar este cursor, a distância entre este ponto e a extremidade da resistência irá determinar um valor de resistência que se torna variável, uma vez que a posição do cursor pode ser variada.

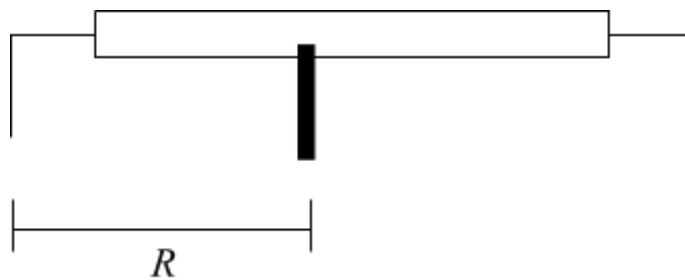


Figura: Variação da resistência

Quando estes dispositivos são construídos a partir de resistências de carbono, são chamados de potenciômetros e são usados em dispositivos eletrônicos (o controle de volume de um rádio, por exemplo). Se forem construídos a partir de resistências de fio, são chamados reostatos, e encontram-se em aplicações industriais, como por exemplo, na partida de certos tipos de motores elétricos.

LEI DE OHM

A Lei de Ohm estabelece uma relação entre as grandezas elétricas tensão, corrente e resistência de um circuito. A equação matemática da lei de Ohm é expressa por:

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

Onde:

V: é a tensão elétrica, medida em Volts

R: é a resistência elétrica, medida em Ohms.

Para utilizar as equações decorrentes da Lei de Ohm, as grandezas elétricas devem ter seus valores expressos nas unidades fundamentais Volt, Ampére e Ohm. Para tornar mais simples a utilização da equação da lei de Ohm, costuma-se usar

um “triângulo”. Para facilitar você poderá usar letras num triângulo, como acima. Cobrindo uma letra (a desejada) você usará a equação que se representar com as outras letras. Experimente e terá as três fórmulas abaixo

$$I = \frac{V}{R} \quad \text{Cálculo da corrente}$$

$$R = \frac{V}{I} \quad \text{Cálculo da resistência}$$

$$V = I \cdot R \quad \text{Cálculo da tensão}$$

POTÊNCIA E ENERGIA

Sabe-se da Física que o conceito de potência está associado à quantidade de energia transformada ou trabalho realizado por unidade de tempo. No caso da potência elétrica, é uma medida da energia transformada por um aparelho elétrico (lâmpada, aquecedor, motor, etc.) por unidade de tempo. Quanto maior for a potência de uma lâmpada, maior será a quantidade de energia elétrica convertida em luz em um mesmo intervalo de tempo. Em outras palavras, a lâmpada de maior potência produz mais energia luminosa que outra, de mesma tecnologia, mas de menor potência.

Em um circuito elétrico, a potência pode também ser definida como a quantidade de cargas elétricas Q que uma fonte de tensão V fornece a um circuito em um intervalo de tempo Δt . Matematicamente, tem-se:

$$P = \frac{V \cdot Q}{\Delta t}$$

Mas é também conhecida que a taxa $Q/\Delta t$ representa a quantidade de cargas elétricas que percorrem o circuito por unidade de tempo, ou seja, a corrente elétrica que percorre o circuito. Assim, pode-se expressar a potência como:

$$P = V \cdot I$$

Da expressão acima, conclui-se que a potência elétrica é expressa em volt.ampère [VA]. Para circuitos em corrente contínua, é mais comum expressar a potência em uma unidade equivalente, o watt [W]. Futuramente, quando forem estudados circuitos de corrente alternada, serão mostradas mais algumas particularidades a respeito destas unidades.

ENERGIA ELÉTRICA

Foi visto na seção anterior que a potência é a quantidade de trabalho realizado em um determinado intervalo de tempo. Assim, pode-se expressar a energia como sendo:

$$E = P \cdot \Delta t$$

A unidade de energia, no sistema internacional, é o joule (J). No entanto, os medidores de energia presentes nas residências medem a quantidade de energia consumida em outra unidade, o quilowatt-hora (kW.h). Esta unidade de medida é usual porque, uma vez que se está avaliando a energia consumida ao longo de um intervalo de tempo muito grande (1 mês), a medição em joule resultaria em um valor numérico muito grande, pois o tempo deveria ser informado em segundos.

Os medidores de energia, também chamados de medidores de kW.h, são instrumentos registradores, que avaliam a tensão da rede e a corrente que circula

pelo circuito, fazendo girar um disco por efeito de indução eletromagnética. A tensão do sistema é praticamente constante, porém a corrente que circula varia conforme a potência consumida. Quanto maior for o produto da tensão pela corrente (potência), mais rápida é a rotação do disco.

A este disco, está acoplado um mecanismo de ponteiros, os quais se movem conforme a rotação do disco, registrando a energia total consumida. Mensalmente, a concessionária de energia elétrica faz uma leitura da indicação do medidor, e a energia consumida no mês é calculada a partir da diferença entre a leitura do mês atual e a leitura do mês anterior.

INSTRUMENTOS DE MEDIDAS ELÉTRICAS

VOLTÍMETRO

O voltímetro é o instrumento utilizado para medir tensão elétrica. O voltímetro não mede o potencial propriamente dito, mas a sua diferença em relação a um ponto de referência. Para medir uma tensão, os terminais do voltímetro devem estar conectados aos pontos onde se deseja comparar os potenciais, ou seja, em “paralelo” com o elemento sobre o qual se deseja medir a tensão, conforme ilustra a figura:



Figura: Medição de um voltímetro

Há basicamente dois tipos de voltímetro, o analógico e o digital. O analógico indica a tensão através da deflexão de um ponteiro, proporcional à tensão medida. Quanto maior for a tensão, maior será o movimento do ponteiro, que indicará o valor medido sobre uma escala previamente graduada e calibrada. Já o voltímetro digital

possui um visor de cristal líquido, cujos dígitos indicam diretamente o valor da tensão medida.

Se o potencial medido for menor que o de referência (tensão negativa), o instrumento digital apenas sinalizará com um sinal negativo (-) antes dos dígitos no visor, enquanto o instrumento analógico tenderá a apresentar uma deflexão no sentido contrário ao normal, o que muitas vezes acaba por danificar o instrumento. Atualmente, o custo dos instrumentos digitais tornou-se tão reduzido, que praticamente condenou os instrumentos analógicos à extinção.

AMPERÍMETRO

O amperímetro é o instrumento elétrico destinado a medir a intensidade de corrente elétrica que percorre um circuito. Como se deseja medir a corrente que “passa” pelo condutor, é necessário que esta corrente também passe pelo amperímetro. Assim, o amperímetro deve ser ligado em “série” com o circuito, conforme mostra a figura:

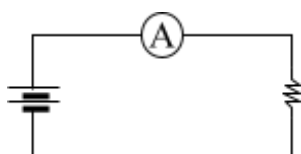


Figura – Amperímetro em série com o circuito

Assim como ocorre com o voltímetro, há o amperímetro analógico e o digital, sendo este último o tipo mais utilizado atualmente, devido ao menor custo e à facilidade de uso. É importante observar que, para a ligação do amperímetro, o circuito deve ser interrompido, devendo ser religado através do instrumento. Teste, na prática, a ligação do amperímetro num circuito e meça a corrente elétrica.

Existe um outro tipo de amperímetro, conhecido como amperímetro “alicate”, que mede a corrente que passa pelo circuito por meio de acoplamento

eletromagnético, não exigindo a abertura do circuito ou mesmo conexões elétricas para que se efetue a medida. Este tipo de instrumento é muito utilizado na manutenção de instalações industriais, onde as correntes envolvidas são muito elevadas e a abertura do circuito muitas vezes implicaria na interrupção do processo de produção.

OHMÍMETRO

O ohmímetro é o instrumento destinado à medição de resistências elétricas. Para que se meça a resistência de um determinado elemento, este não poderá estar conectado ao circuito. Assim, para que seja medida uma resistência, deve-se primeiramente retirá-la do circuito e, em seguida, medi-la com as pontas de prova do ohmímetro, tomando o cuidado de não tocar com as mãos os terminais da resistência ou as pontas de prova enquanto se faz a medição. Esta medida é necessária, pois o contato com as mãos pode interferir no resultado da medida, uma vez que nosso corpo, como todo material, também possui uma resistência elétrica. Isto pode ser verificado segurando-se com as mãos os terminais de um ohmímetro e observando sua leitura. Assim como nos dois casos anteriores, existem ohmímetros do tipo analógico e também do tipo digital.

MULTÍMETRO

O multímetro, também conhecido como multiteste, é um instrumento que reúne, em um só aparelho, um voltímetro, um amperímetro e um ohmímetro. Existem multímetros para uso em bancada e, os mais comuns, do tipo portátil, amplamente utilizados por técnicos e eletricitas instaladores e de manutenção. Além destas três funções básicas, a maioria dos multímetros encontrados hoje no mercado reúne ainda uma série de funções, tais como teste de continuidade, teste de semicondutores, medição de capacitores e outras.

Existem multímetros analógicos e digitais, sendo estes os mais utilizados atualmente, por reunirem um grande número de funções com um baixo custo, sendo

um instrumento indispensável para quem trabalha em instalações ou manutenção elétrica.

CIRCUITOS ELÉTRICOS

CIRCUITO SÉRIE

O circuito série é aquele que tem componentes ligados um após o outro, de forma que permitem um só caminho para a passagem da corrente elétrica. Assim, a corrente que passa por uma lâmpada é a mesma que passa nas demais. Observe o circuito série representado na figura, onde a corrente total do circuito $I_t = 2A$.

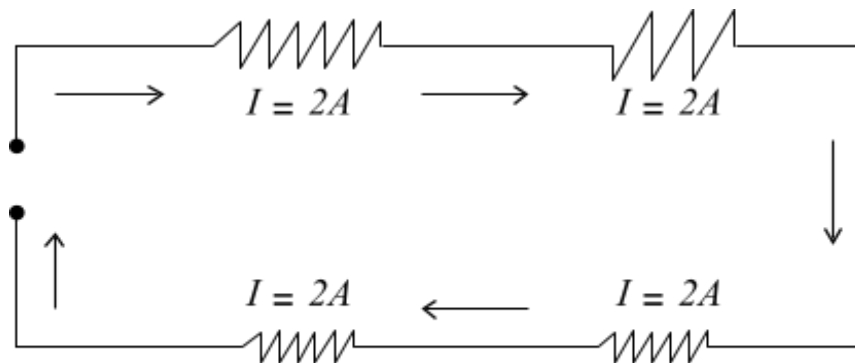


Figura: Resistências em série

No entanto, a tensão da fonte se divide proporcionalmente à resistência dos diversos componentes do circuito. A tensão em cada componente chama-se queda de tensão. Conhecendo-se a queda de tensão em cada resistor, pode-se calcular a tensão da fonte. Calcule a tensão da fonte no circuito na figura.

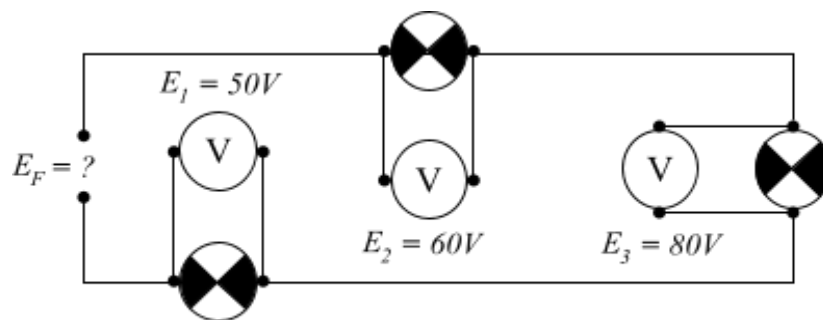


Figura: Cálculo da tensão total

Determine agora o valor da queda de tensão nos bornes do Resistor R2.

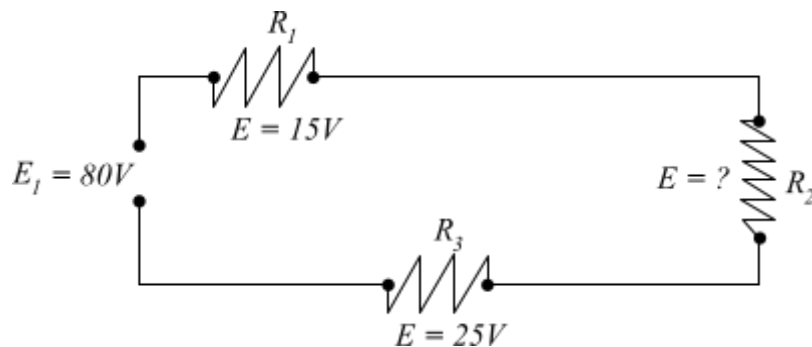


Figura: Cálculo da tensão no resistor 2

$$E_2 = E_F - (E_1 + E_3)$$

$$E_2 = 80V - (15V + 25V)$$

$$E_2 = 40V$$

$$E_2 = 40V$$

Assim, como foi visto que a corrente é igual em qualquer parte do circuito, então a tensão total é dada pela seguinte equação:

$$E_t = E_1 + E_2 + E_3 \dots$$

Dividindo cada termo de E pela corrente I:

$$\frac{E_t}{I} = \frac{E_1}{I} + \frac{E_2}{I} + \frac{E_3}{I}$$

Pela lei de Ohm, pode-se escrever:

$$R_t = R_1 + R_2 + R_3$$

Assim, concluímos que a resistência do circuito série é igual à soma das resistências parciais.

CIRCUITO PARALELO

Circuito paralelo é aquele em que seus componentes são ligados diretamente a uma diferença de potencial. Assim, os aparelhos ligados ao circuito não dependem uns dos outros. No circuito esquematizado abaixo, foi retirada uma lâmpada, porém as outras continuam funcionando.

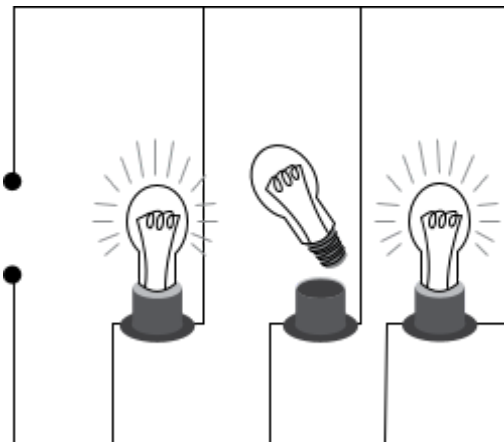


Figura: Lâmpadas em paralelo

Nos circuitos paralelos, a tensão nos bornes de cada lâmpada é igual à tensão da fonte.

Assim, a equação da tensão total fica como:

$$E_F = E_1 = E_2 = E_3 \dots\dots\dots$$

A corrente total é a soma das correntes parciais, e é calculada pela equação abaixo:

$$I_t = I_1 + I_2 + I_3$$

Se houvesse cinco lâmpadas, o cálculo seria o mesmo (soma das cinco correntes elétricas para dar a corrente total). Calcule agora o valor da Corrente Total, na figura:

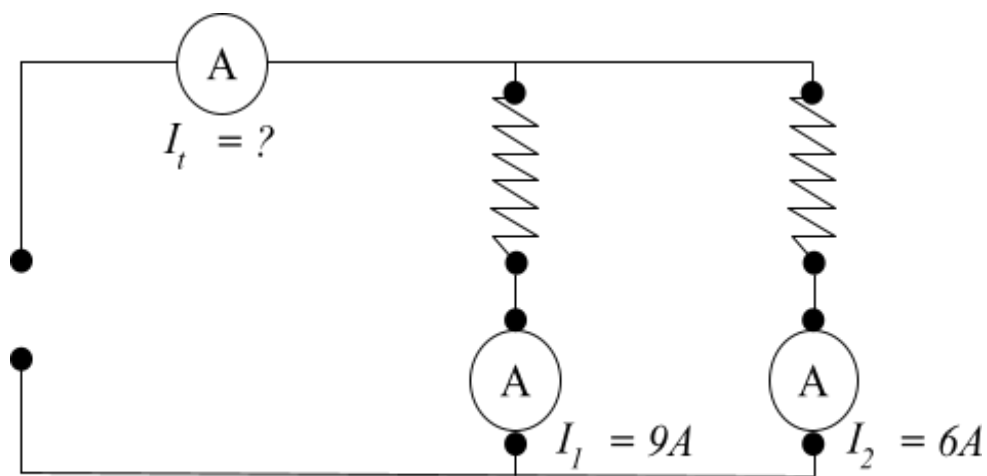


Figura: Resistências em paralelo

Você deve ter encontrado $I_t = 15 \text{ A}$. Você já sabe que um resistor oferece determinada resistência à passagem da corrente elétrica. Dois ou mais resistores ligados em paralelo oferecem menor resistência equivalente ao circuito. A resistência equivalente do circuito paralelo é sempre menor que a menor resistência contida nele. A resistência equivalente (R_t) dos resistores em paralelo você obtém com a fórmula:

$$R_t = \frac{I}{\frac{I}{R_1} + \frac{I}{R_2} + \frac{I}{R_3}}$$

Calcule a resistência equivalente de um circuito com três resistores em paralelo, representado abaixo, cujas resistências tem valores $R_1 = 8\Omega$, $R_2 = 12\Omega$ e $R_3 = 4\Omega$. Após o término do exercício, faça o mesmo, montando estas resistências, na prática, e compare os resultados obtidos.

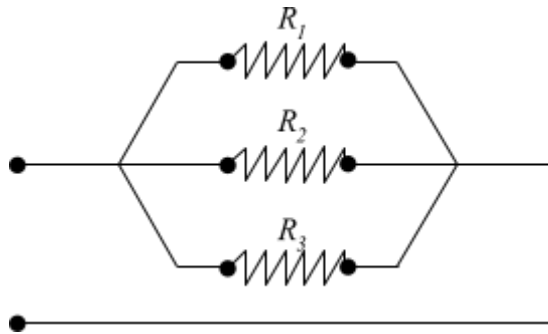


Figura: Cálculo da resistência total do circuito

CIRCUITOS MISTOS

Os circuitos mistos possuem características de circuitos série e paralelo, sendo uma combinação de ambos. A sua resolução consiste em reduzir, por grupos de resistência, até chegar a resultante final. No circuito que segue, R_1 está em série com R_2 e ambos em paralelo com R_3 .

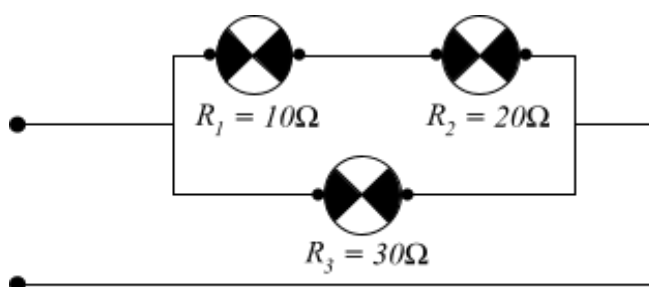


Figura: Circuito misto

Calculando a resistência do grupo 1 (série)

$$R_{G1} = R_1 + R_2 = 10 + 20 = 30\Omega$$

O circuito passará então a ser representado por:

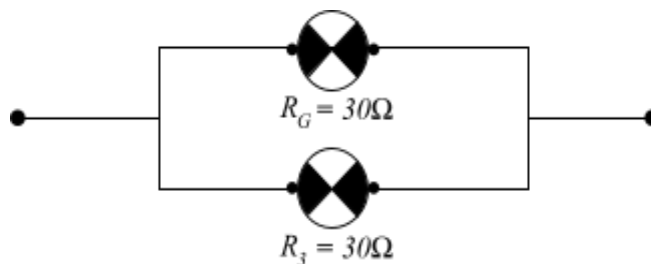


Figura: Circuito equivalente em paralelo

Portanto, o circuito é paralelo e você já sabe como encontrar a resistência equivalente.

EMENDAS OU CONEXÕES EM INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

Nas instalações em geral, as emendas ou conexões são, na maioria das vezes, inevitáveis. A sua execução pode trazer tantos problemas elétricos como mecânicos. Por isso, sempre que possível, deve-se evitá-las.

Outro agravante na execução das emendas é a perda em torno de 20% da capacidade de condução de corrente elétrica. Por isso, para eliminar os problemas com as emendas ou conexões, é necessário executá-las obedecendo a certos critérios, para que permitam a passagem da corrente elétrica sem perdas de energia (perdas por efeito joule), e evitando também problemas inerentes à elevada densidade de corrente. A seguir, serão mostrados diferentes tipos de emendas.

EMENDAS DE CONDUTORES EM PROLONGAMENTO

Esta operação consiste em unir condutores para prolongar linhas. A sua utilização é recomendada em instalações de linha aberta. Abaixo, segue figura:

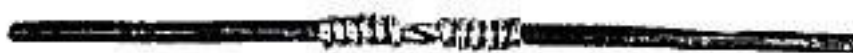


Figura: Emenda de condutor em prolongamento

PROCESSO DE EXECUÇÃO

EMENDA EM LINHA ABERTA OU EXTERNA

- 1 - Remova o isolante, aproximadamente 50 vezes ao diâmetro do condutor.
- 2 - Para remover o isolante, proceda como mostram as figuras abaixo:

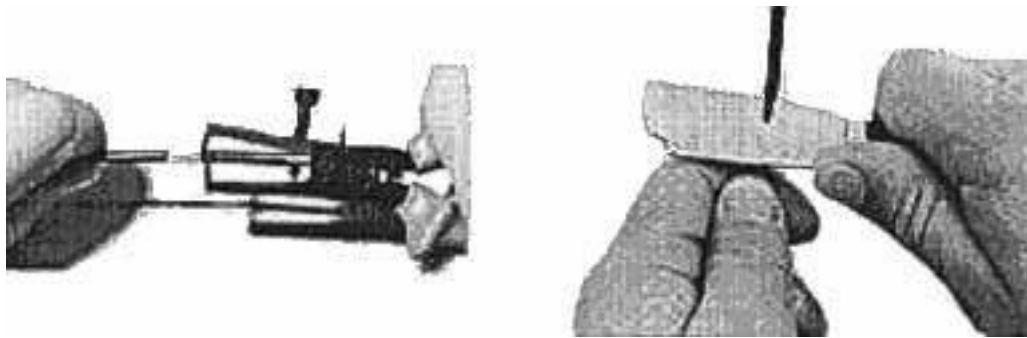


Figura – Procedimento de remoção do isolante

- 3 - Cruze as pontas, formando um ângulo de 90° a 120° aproximadamente.



Figura: Cruzamento entre pontas

Segue tabela com os diâmetros nominais de condutores rígidos e flexíveis mais comuns

0,5	0,78	0,87
0,75	0,95	1,05
1,0	1,1	1,25
1,5	1,36	1,50
2,5	1,74	1,95
4,0	2,20	2,50
6,0	2,70	3,05
10,0	3,50	4,00
16,0	4,4	5,70

Tabela – Diâmetros nominais de condutores rígidos e flexíveis

- 4 - Segure os condutores com o alicate e inicie as primeiras voltas com os dedos.
- 5 - Finalize a primeira parte da emenda com auxílio de outro alicate.



Figura: Uso do alicate

- 6 - Inicie a segunda parte da emenda, segurando a primeira parte com o alicate.
- 7 - Dê o aperto final com auxílio de dois alicates.

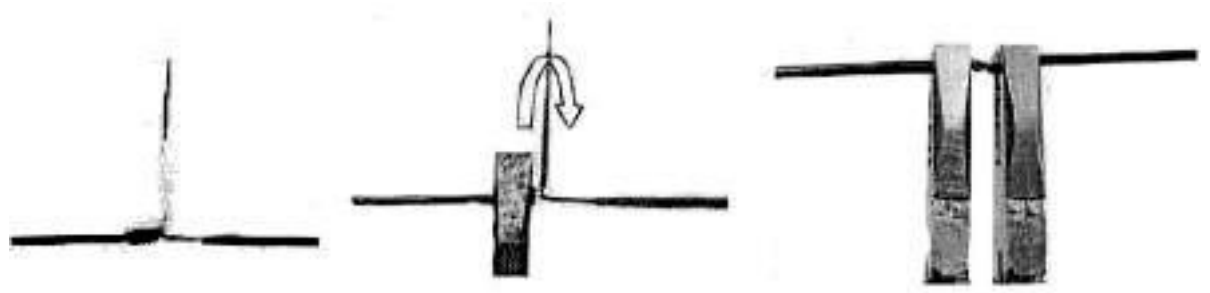


Figura: Uso de dois alicates.

EMENDA DE CONDUTORES EM PROLONGAMENTO DENTRO DE CAIXAS DE DERIVAÇÃO OU DE PASSAGEM

Entre Condutores Rígidos

A figura indica a sequência de execução deste tipo de emenda.



Figura: Emenda de condutores em prolongamento dentro de caixas de derivação

1 - Remova a isolação, aproximadamente 30 vezes o diâmetro (d) do condutor. Em seguida, coloque-os um ao lado do outro.

2 - Cruze os condutores, segurando-os com um alicate, fazendo com que formem um ângulo de 90° a 120° aproximadamente.

3 - Continue segurando os condutores com auxílio de um alicate, e inicie as primeiras voltas (espirais) com os dedos.

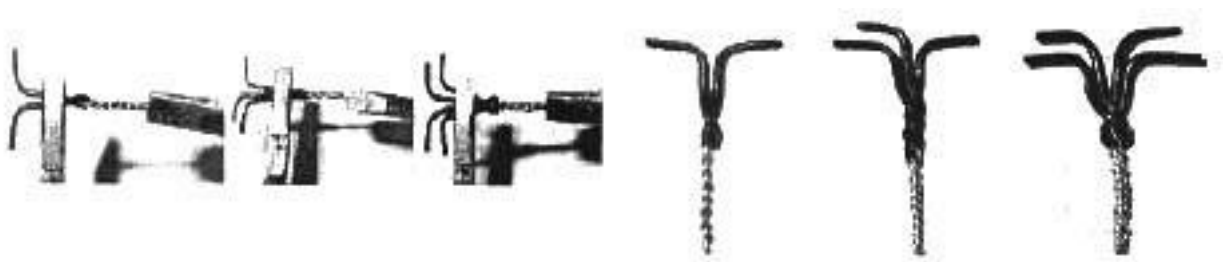


Figura: Procedimento

4 - Termine a emenda com auxílio de outro alicate.

5 - Aspecto final da emenda:



Figura: Aspecto final da emenda

6 - O travamento da emenda é dispensável, no entanto pode ser feito na impossibilidade da soldagem.

EMENDAS ENTRE CONDUTORES RÍGIDO E FLEXÍVEL

As figuras indicam a sequência de execução deste tipo de emenda:

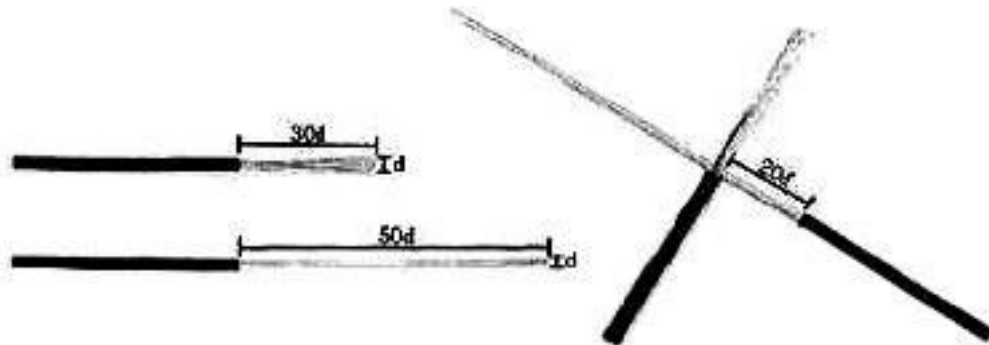


Figura: Emendas entre condutores rígido e flexível

- 1 - Remova a isolação de ambos os condutores conforme a figura.
- 2 - Cruze os condutores, fazendo com que formem um ângulo de 90° entre si, e que o condutor flexível fique afastado $20d$ (d é o diâmetro do condutor) da distância da isolação do condutor rígido.



Figura: Cruzamento entre condutores

- 3 - Inicie a emenda pelo condutor flexível fazendo as espiras até completá-las.

- 4 - Com auxílio de um alicate universal, dobre o condutor rígido sobre o flexível.



Figura: Procedimentos 3, 4 e 5

- 5 - Dobre o condutor rígido como mostra a figura, à esquerda.
- 6 - Segure o condutor rígido pelo olhal, com auxílio de um alicate de pressão, fazendo as espiras conforme indicado na figura acima, até a conclusão da emenda.
- 7 - Aspecto final da emenda. Faça, na prática, os procedimentos indicados.

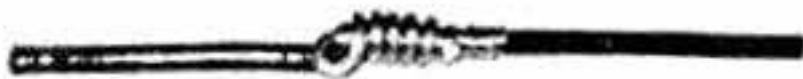


Figura: Aspecto final da emenda

EMENDAS ENTRE CONDUTORES FLEÍVEIS

A figura indica a sequência de execução deste tipo de emenda.
Faça o mesmo na prática.



Figura: Emendas entre condutores flexíveis

EMENDA DE CONDUTORES EM DERIVAÇÃO

Este tipo de emenda tem como objetivo unir o extremo de um condutor (RAMAL) numa região intermediária (REDE), para tomar uma alimentação elétrica. As figuras apresentam a sequência de execução desse tipo de emenda.

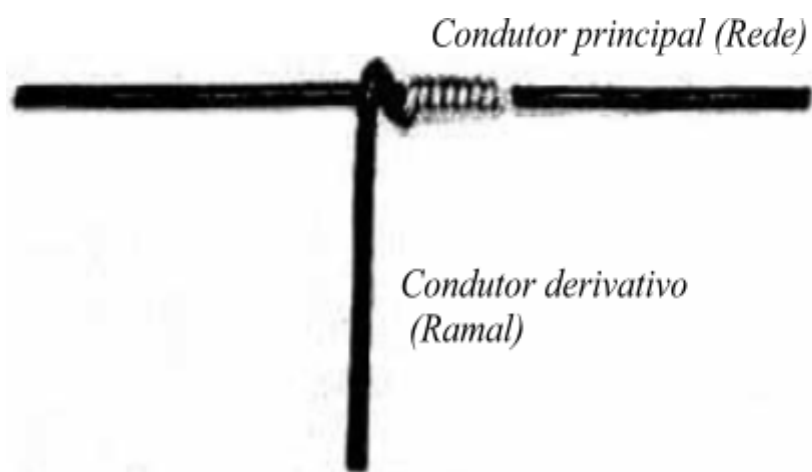


Figura: Emenda de condutores em derivação

ENTRE CONDUTORES RÍGIDOS – DERIVAÇÃO SIMPLES

Este tipo de emenda pode ser ilustrado na figura:

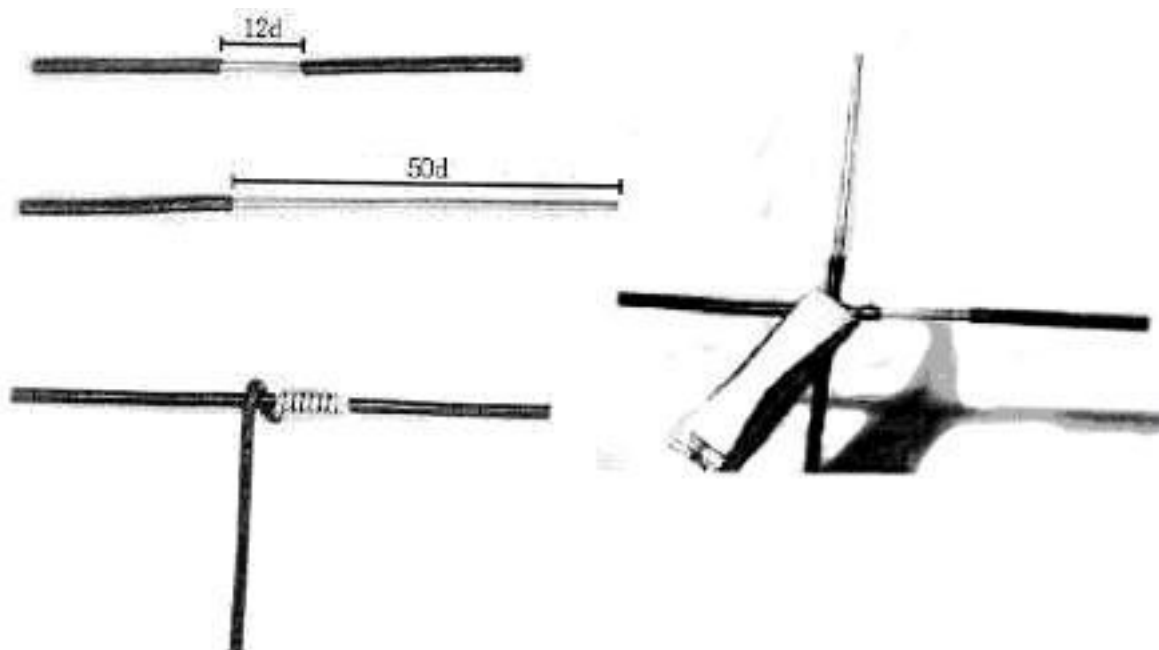


Figura: Emenda entre condutores rígidos (tipo derivação simples)

DE UM CONDUTOR RÍGIDO COM UM FLEXÍVEL

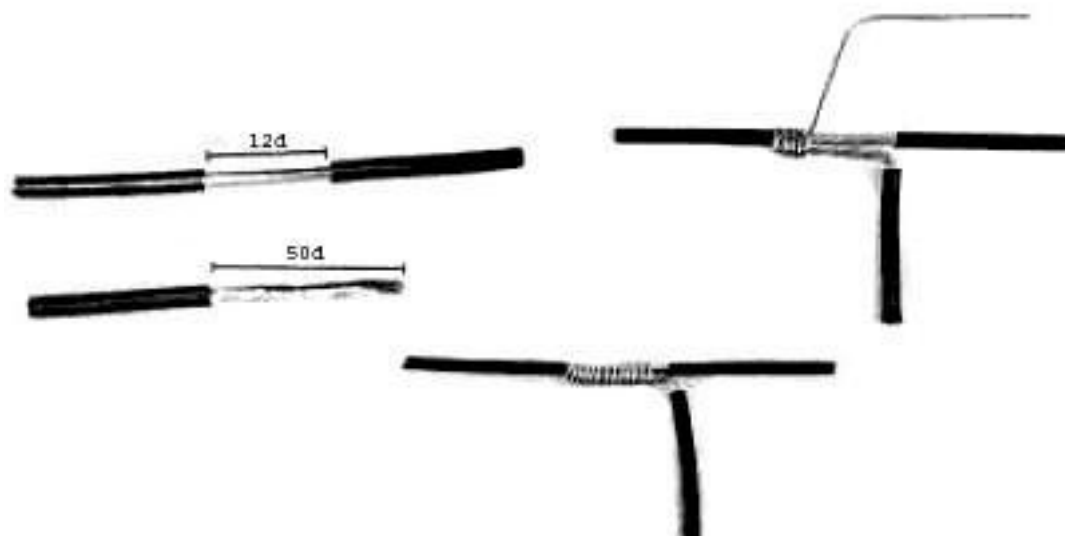


Figura: Emenda de um condutor rígido com um flexível

DE UM CONDUTOR FLEXÍVEL COM UM RÍGIDO

A figura ilustra emenda de condutores flexível com um rígido.



Figura: Emenda de um condutor flexível com um rígido

OLHAL

Quando se deseja conectar condutores rígidos e flexíveis diretamente aos bornes de elementos, tais como interruptores, tomadas, receptáculos, dispositivos de proteção e controle, barramentos de Quadros de Luz ou Quadros de Distribuição e outros, executa-se esta operação por meio de OLHAL. As figuras abaixo mostram os procedimentos para a execução do olhal, bem como a sua correta fixação.



$$\ell = 2\pi R_p + d_c$$

Onde:

ℓ = comprimento da circunferência do olhal, em mm

R_p = raio do parafuso, em mm

d_c = diâmetro do condutor, em mm

$\pi = 3,14 \dots$

Figura: Operação do Olhal

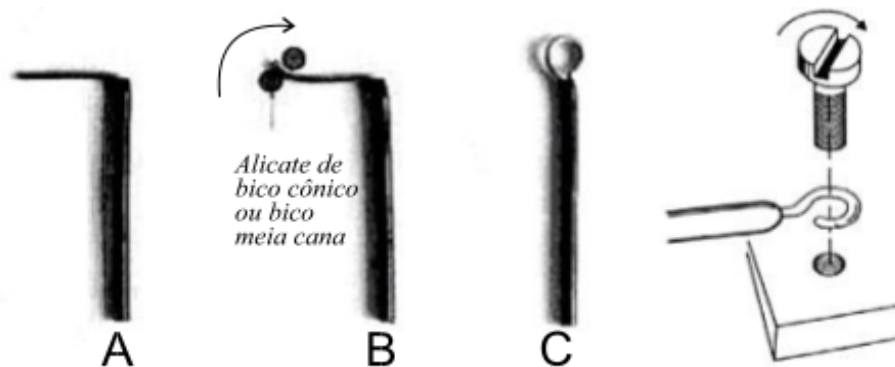


Figura: Olhal

RECOMENDAÇÕES SOBRE EMENDAS OU CONEXÕES

1 - Remover a isolamento do condutor, de tal forma que seja suficiente para que, no ato de emendá-los, não ocorra falta e nem sobra.

2 - Após remover a isolamento, o condutor de cobre deve estar completamente limpo, isto é, isento de pó, partículas de massa de reboco, tintas, substâncias oleosas, etc.

CONEXÕES BIMETÁLICAS

São aquelas destinadas a proporcionar a continuidade elétrica entre condutores de materiais diferentes. Muitas vezes, torna-se necessária a interligação (conexão) de condutores de cobre com condutores de alumínio. Esses metais conectados, em contato com o ar e submetidos à variações de temperatura e umidade, causarão uma diferença de potencial entre eles, dando origem à corrosão galvânica.

A corrosão galvânica pode ser evitada adotando-se as seguintes regras básicas:

- a) A parte de cobre a ser conectada ao alumínio deve ser estanhada.
- b) Entre os metais, deve ser usado um inibidor metálico, cuja função é impedir a formação da película de óxido que é formada no alumínio. Geralmente, é usado o bronze estranho como inibidor.
- c) Deve ser evitada a penetração de umidade no contato entre o cobre e o alumínio. A umidade na conexão bimetálica comporta-se como uma pilha, ou seja: existirá um ânodo (alumínio), um cátodo (cobre) e um eletrólito (água).
- d) A conexão entre esses metais deverá ser de tal forma que a massa do alumínio seja maior do que a massa do cobre.

ACESSÓRIOS PARA CONDUTORES ELÉTRICOS

CONECTORES

Para condutores com seção transversal superior a 10mm², usam-se, com vantagem, os conectores. Os conectores são dispositivos destinados a unir elétrica e mecanicamente dois ou mais condutores entre si, ou um condutor a um borne de interruptores, tomadas, disjuntores, etc. Os conectores podem ser encontrados das mais variadas formas e tamanhos, destinados aos diversos tipos de serviços (BOYLESTAD. 2004). Pode-se classificá-los em:

- Soldáveis;

- Não soldáveis (deformáveis ou de pressão por parafuso);
- Terminais;
- De derivação;
- De emenda;
- Conectores rápidos Isolantes.

A figura mostra alguns tipos de conectores mais utilizados em instalações elétricas.

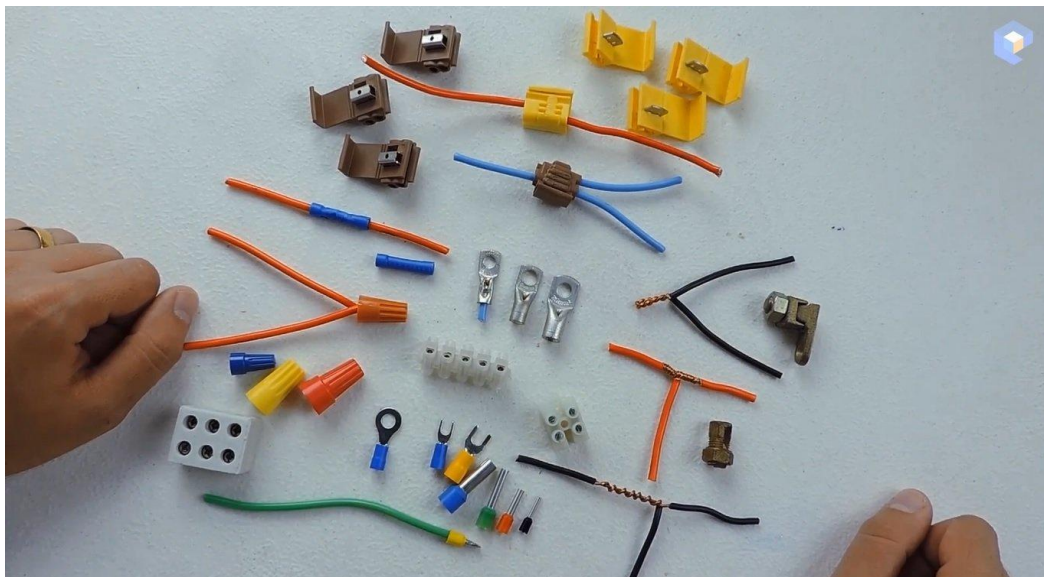


Figura: Tipos de conectores

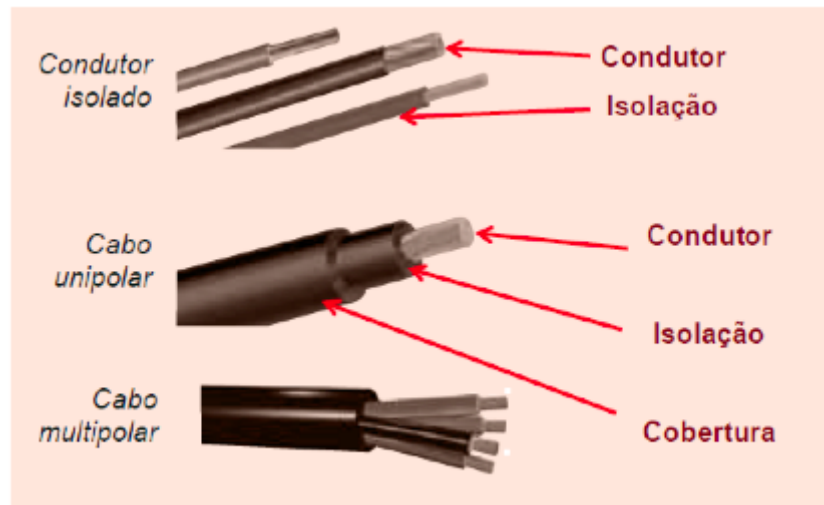


Figura: Aspecto de um conector com isolação de PVC submetido a correntes elevadas

Atenção:

Deve-se usar conector com isolação de porcelana ou baquelite de correntes elevadas, como por exemplo: chuveiro, torneiras elétricas, etc. O conector rápido isolante é confeccionado em polipropileno, tendo como característica isolar e não propagar a chama. Possui internamente uma mola de aço em formato quadrado, conforme ilustra a figura, a qual garante a firmeza da conexão, unindo com facilidade dois ou mais condutores rígidos e/ou flexíveis, de seções iguais ou diferentes, proporcionando excelente condutibilidade elétrica. O conector dispensa o uso de soldas, alicate, chave de fenda e fita isolante.

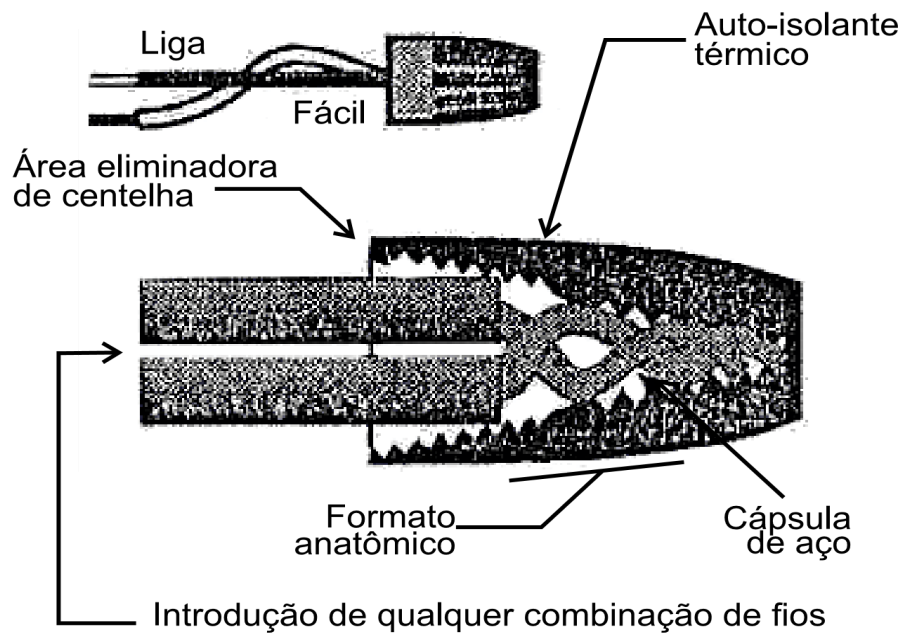
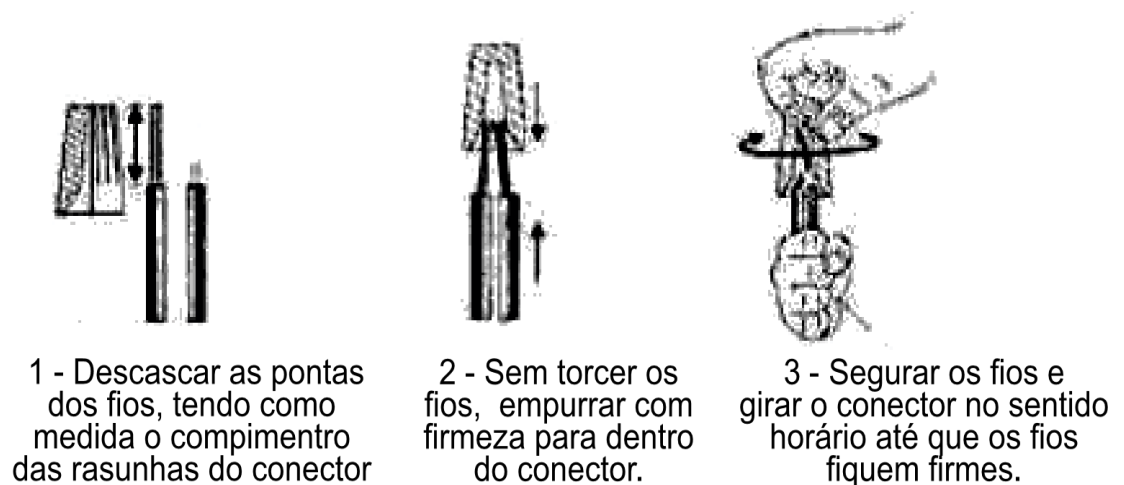


Figura: Partes de um conector rápido








Para reaproveitar o conector girar no sentido anti-horário.

Figura: Instruções de uso do conector AMB

Utilização:

- Condutores de cobre (rígidos e/ou flexíveis) com área mínima 4 mm² e máxima 17 mm². Demais instruções.

Tamanho					
Cor	CINZA	AZUL	LARANJA	AMARELO	VERMELHO
Sessão (mm ²)	0,33 a 1,31	0,33 a 1,31	0,33 a 2,39	0,82 a 2,09	0,82 a 5,27
Composição	Min. 1 ≠ 0,52 e 1 ≠ 0,33 Máx 2 ≠ 1,31	Min. 3 ≠ 0,52 Máx 3 ≠ 1,31	Min. 3 ≠ 0,52 Máx 4 ≠ 1,31 e 1 ≠ 0,52	Min. 1 ≠ 2,09 e 1 ≠ 0,82 Máx. 4 ≠ 2,09	Min. 2 ≠ 2,09 Máx 2 ≠ 5,27 e 2 ≠ 3,30

- Para variação de seção e quantidade de condutores, vide tabela 4:

Tabela: Conector AMB de acordo com tamanho, cor, seção e composição

As aplicações do AMB são: circuitos elétricos, iluminação, eletrodomésticos, chuveiros, aquecedores, sistemas de alarme, telecomunicações, indústrias automobilísticas, circuitos eletrônicos, etc. Já a sua composição restringe-se a mola interna em aço, com capa isolante de polipropileno (antichama).

Vantagens:

- Instalações residenciais e prediais - máximo 600V;
- Instalações de ruas - máximo 1000V;
- Produto reaproveitável;
- Suporta temperaturas em regime permanente de 150°C, máxima permitida de 155°C.

PRENSA-CABOS

São dispositivos com rosca, sendo usados para vedação de entradas de cabos em caixas de derivação e outros aparelhos. Possui amplo campo de

aplicações em indústrias químicas, automobilísticas, naval, de máquinas e equipamentos, fabricantes de painéis e outras.

A figura ilustra detalhes, assim como sua vista em corte.

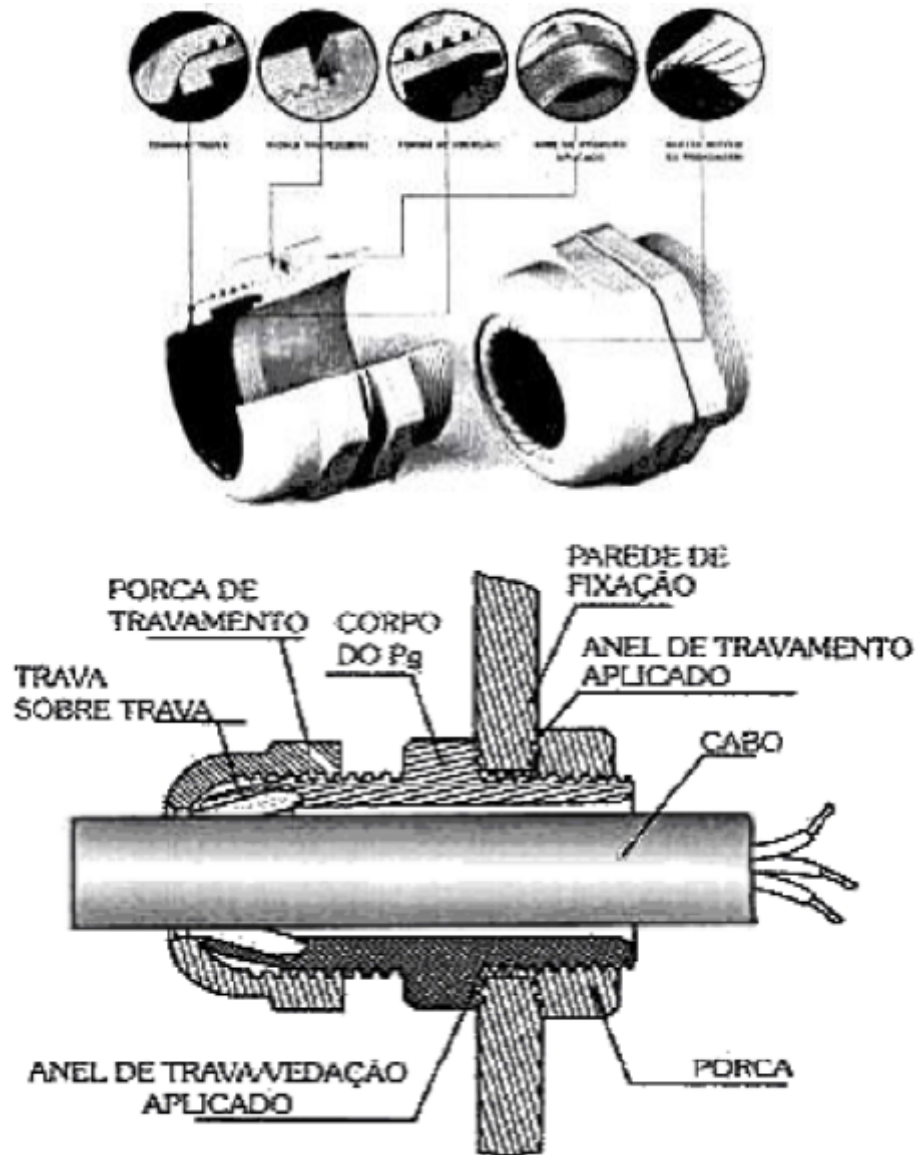


Figura: Detalhes do prensa-cabos e vista, em corte, do mesmo

SOLDA E SOLDAGEM

DEFINIÇÃO DE SOLDA

É uma liga (mistura) de dois materiais: o estanho e o chumbo; conforme a proporção, pode ser utilizada para a realização de diversos trabalhos. Isto será visto no próximo tópico.

UTILIZAÇÃO DA SOLDA

É utilizada, por exemplo, para unir condutores elétricos dando, à emenda, as seguintes propriedades:

- Boas condições de condutibilidade elétrica (bom contato elétrico);
- Impedir o processo de oxidação;
- Resistir melhor aos esforços mecânicos.

CARACTERÍSTICAS

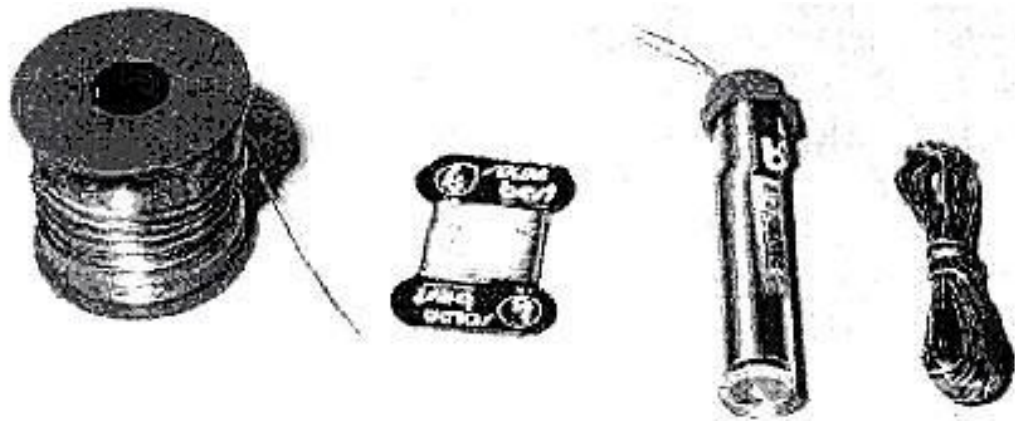
As ligas (misturas) de materiais usadas nos trabalhos de eletricidade para soldagem de emendas, terminais, etc. apresentam baixo ponto de fusão na proporção de: 67% de estanho e 33% de chumbo. Com esta proporção, a solda se funde a uma temperatura de 170°C.

A solda pode ser encontrada com os seguintes formatos:



Forma da barra (35 com aproximadamente)

Figura – Solda em forma de barra



Em forma de fios, carretel, tubo e avulso.

Figura – Solda em forma de fios de carretel, cartela, tubo e avulso

A solda encontrada em forma de fios, cujo diâmetro varia entre 0,8 e 1,5mm, que é a mais utilizada em Eletrônica, apresenta uma proporção de 60% de estanho e 40% chumbo, conforme se verifica na figura. Possui no seu interior, núcleo de resina, que tem por finalidade facilitar a aderência da solda nos locais em que deve ser aplicada.

CUIDADOS AO SE EFETUAR UMA SOLDAGEM

1 - Mantenha o ferro de soldar encostado numa emenda ou conexão pelo tempo estritamente necessário. Caso ultrapasse este tempo, poderá haver o comprometimento da soldagem.

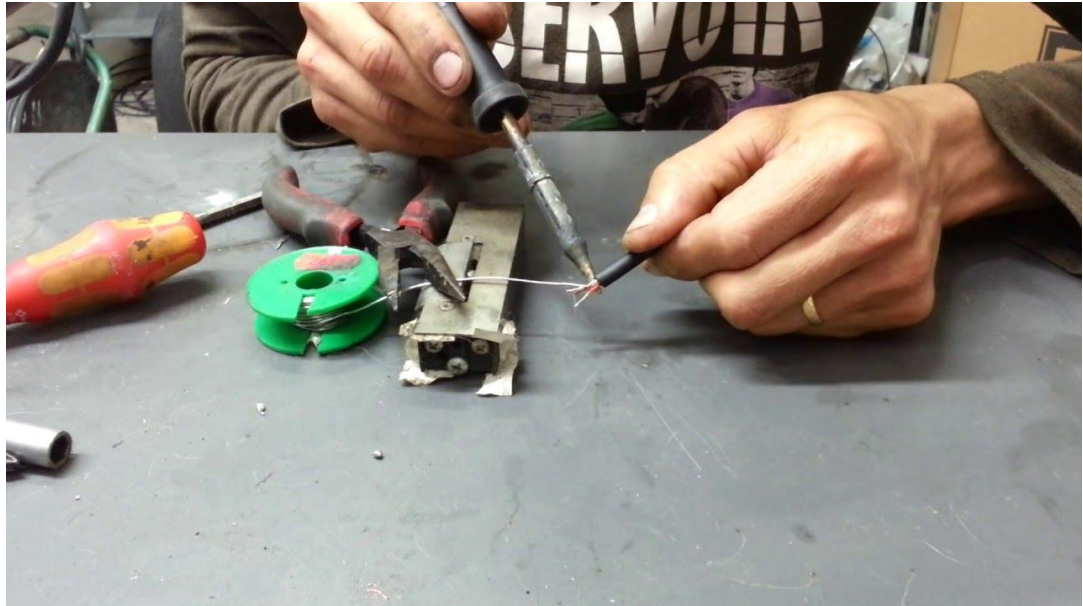


Figura: Soldagem

2 - Aquecimento muito prolongado de uma emenda ou conexão aquecerá também o(s) condutor(es), e poderá danificar sua isolação.

3 - Usar apenas a quantidade de solda necessária para se efetuar uma boa soldagem.

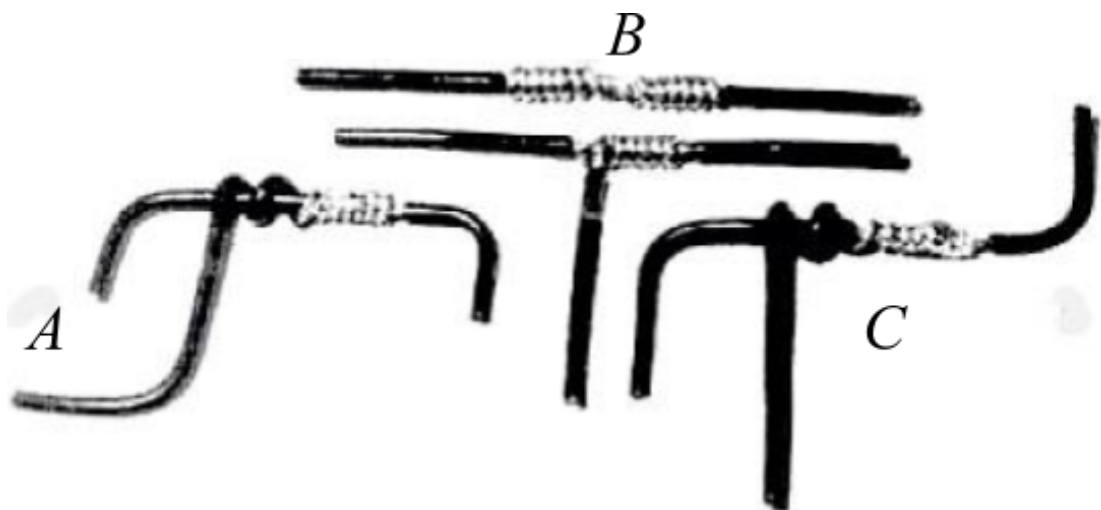


Figura: Tipos de soldagem

A - Soldagem feita com ferro a uma temperatura muito baixa.

B - Soldagem feita após atingida a temperatura normal de funcionamento do ferro de solda. A soldagem é lisa e brilhante.

C - Soldagem feita com excesso de solda.

CONDIÇÕES DE APLICAÇÃO

1 - Verifique as condições do ferro de soldar, se está com a ponta perfeitamente limpa e estanhada.

2 - Ligue o ferro de soldar, deixando-o aquecer-se por um tempo de 5 minutos aproximadamente, que é o tempo para que adquira a temperatura ideal de soldagem. Fazer limpeza na ponta do ferro se estiver com excesso de solda utilizando canivete ou escova de aço.

3 - Faça uma limpeza minuciosa das partes que vão ser unidas, com auxílio de uma lixa, lima, etc. É importante que sejam eliminados todos os vestígios de graxa, óleos, crostas ou óxidos dos elementos a unir. Em instalações elétricas, podem ser usados produtos desoxidantes, sendo que o mais comum são o breu ou pasta para soldar não ácida.

Atenção: Na soldagem de componentes eletrônicos, em hipótese alguma, devem-se usar pastas de soldar, devido à existência, nestas pastas, de substâncias agressivas, que podem danificar, em pouco tempo, estes componentes.

4 - As partes a serem soldadas devem ficar firmes e imóveis, para se obter um bom contato elétrico. A solda fraca é quebradiça, enquanto está esfriando ou solidificando. Caso haja algum movimento entre as partes no momento da soldagem, pode provocar como é comumente chamada de “solda fria”.

5 - Ela apresenta cor prateada brilhante e a solda deve “escorrer” sobre a superfície das partes que estão sendo soldadas.

SOLDAGEM DE EMENDAS OU CONEXÕES

Essa operação consiste em preparar e efetuar a soldagem de emendas (prolongamento, derivação ou junção).

Processo de execução

A - Após o ferro de soldar ter atingido a sua temperatura normal, com sua ponta devidamente limpa e estanhada, apoie-o na parte inferior da emenda ou conexão.

B - Apoie a barra ou fio de solda, na parte superior da emenda, até que a solda derretida preencha todos os espaços entre as espiras e cubra totalmente a emenda.

Precaução: Cuidado para não se queimar o local onde foi posicionado o ferro quente. O ferro, durante o trabalho, deve ser colocado sobre um suporte apropriado (ex. Suporte metálico com base isolante, tijolo, etc).

Notas:

- 1 - Faça a soldagem logo após ter efetuado a emenda.
- 2 - Nas emendas em caixas de passagem ou de derivação, o processo de soldagem é feito na própria obra, com o auxílio de um dispositivo chamado “Cachimbo”.

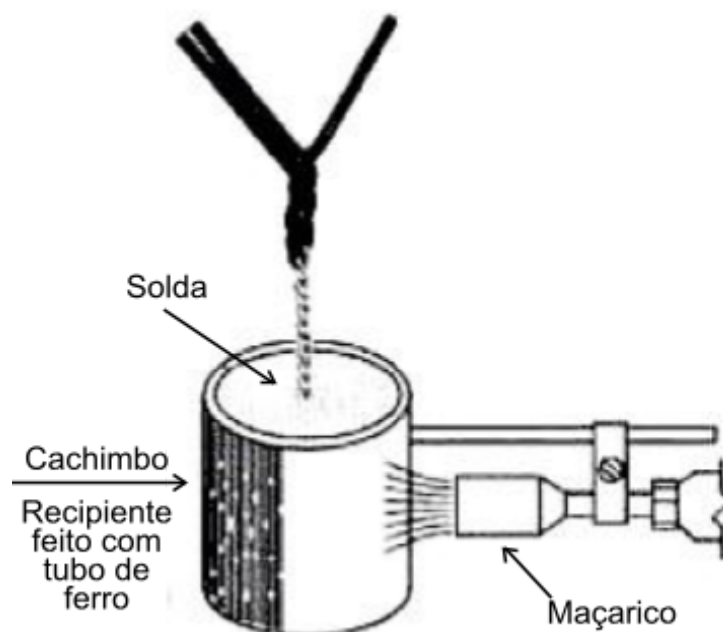


Figura: Soldagem Cachimbo

C - As emendas, após a soldagem, apresentam o aspecto da figura:

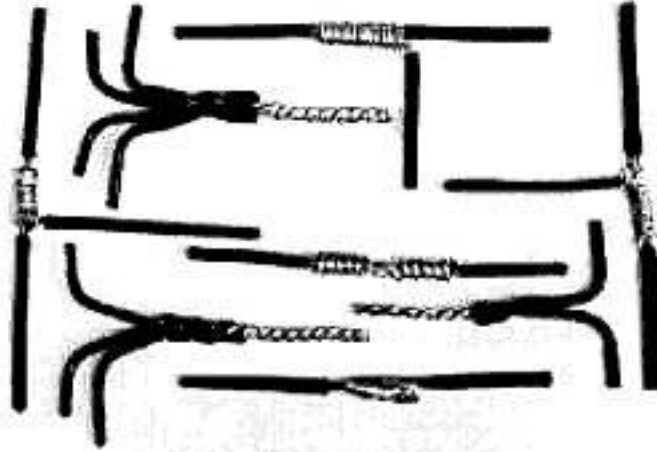


Figura: Aspecto final da soldagem

MATERIAIS ISOLANTES

Os materiais isolantes podem apresentar vários formatos: em forma de tira (fita) plana, longa, com substância adesiva em um dos lados, de autofusão, ou ainda em forma de tubo termocontrátil (se contrai ao ser submetido a uma determinada temperatura). Podem ser, também, em forma líquida.

TIPOS

Os materiais isolantes podem ser classificados em:

- Fita isolante - de borracha (autofusão);
- Plástica;
- Isolante termocontrátil;
- Isolante líquido.

FITA ISOLANTE

FITA ISOLANTE DE BORRACHA (AUTOFUSÃO)

É uma tira elástica fabricada com diversos compostos de borracha e não possui adesivos. Possui como característica a “Autofusão”, isto é, ela se funde quando sobreposta, formando uma massa lisa e uniforme.

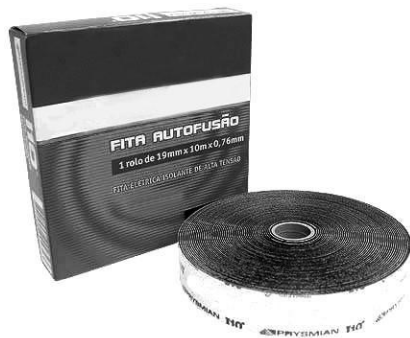


Figura: Fita isolante de borracha

As aplicações da fita isolante de borracha são para reposição da camada isolante de cabos elétricos em emendas terminações de até 69 kV.

FITA ISOLANTE PLÁSTICA

É uma tira de material plástica possuindo, em um dos lados, uma substância adesiva à base de borracha sensível à pressão. É fabricada em diversas cores: branca, amarela, azul, verde, vermelha e preta.

Aplicações:

Para recomposição da camada isolante ou cobertura de cabos elétricos em emendas e acabamentos nas instalações em geral, sendo a P44 para 750 V e a P42 para 600 V.

Características da Fitas Isolantes: apresentam-se em rolos de diversos comprimentos, larguras e espessuras:

- Comprimento: 5, 10 e 20m (Autofusão: 10m)
- Largura: 19mm (as mais comuns para uso em instalações elétricas em geral)
- Espessura: Pirelli P-42: 0,15mm; P44: 0,18mm; 3M 33+: 0,19mm; Wetzel: 0,15mm e 0,76 mm (Autofusão-Pirelli).

ISOLANTE TERMOCONTRÁTIL

São tubos flexíveis de poliolefina, para uso contínuo em temperaturas de até 125°C. Este isolante de material termocostrátil permite ser instalado com facilidade e rapidez bastando, para isso, aplicadores automáticos ou dispositivos de aquecimento normais (soprador térmico, maçarico, etc.).

Características:

- Excelente estabilidade térmica, indicado para uso contínuo de -30°C a 125°C;
- Poucas medidas são necessárias para cobrir uma faixa de diâmetros de 0,6 a 51 mm;
- Não são afetados pelos fluídos e solventes comumente usados;
- Aplicar calor acima de 115°C;
- Os tubos se contraem 50% do diâmetro nominal.

ISOLANTE LÍQUIDO

É uma substância isolante de fácil utilização, bastando aplicá-la, com auxílio de um pincel, nas emendas ou conexões.

Característica:

A aplicação com 1mm de espessura permite um isolamento de até 10kV.

ISOLAR EMENDAS OU CONEXÕES

Esta operação consiste em cobrir superfícies de emendas ou conexões expostas, utilizando-se dos materiais isolantes vistos anteriormente. É executada para restabelecer as condições de isolação dos condutores elétricos. Seu processo de execução segue a seguir.

Processo de Execução

Caso 1 - Isolar com fita isolante

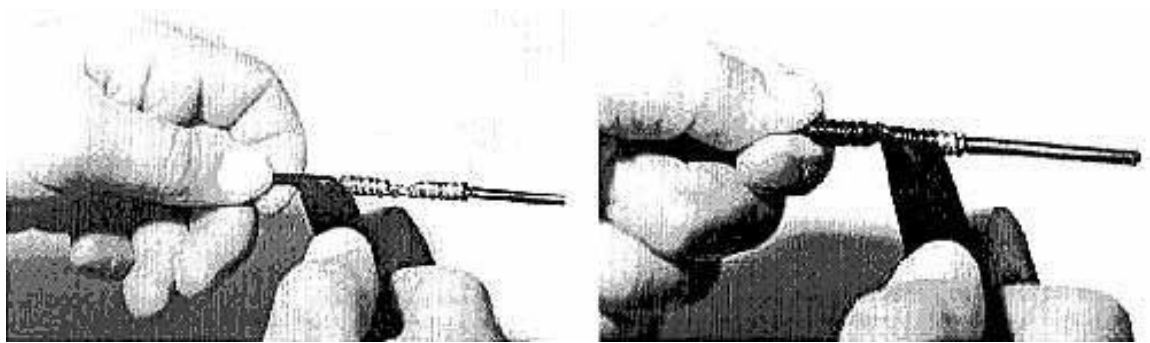


Figura: Processo de execução com fita isolante

- 1 - Prenda a ponta da fita isolante à isolação do condutor;
- 2 - Inicie a primeira camada enrolando a fita isolante sobre a emenda, de modo que cada volta cubra metade da volta anterior.

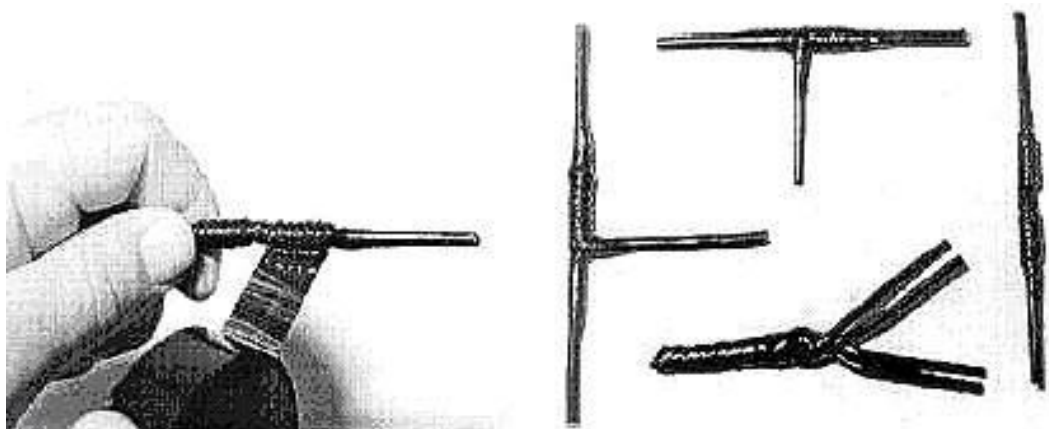


Figura: Completando com segunda camada da fita isolante

- 3 - Sem cortar a fita, retorne até completar a segunda camada.
- 4 - Aspecto final da isolação com fita isolante.

Atenção: Ao aplicar a fita isolante, certifique-se de que a superfície da emenda ou conexão, a isolação do condutor, bem com as mãos, esteja perfeitamente limpa.

Notas:

- 1 - Uma boa isolação deve conter, no mínimo, duas camadas de fita isolante de boa qualidade;
- 2 - Deve ser alongada tanto quanto necessário, para permitir uma boa conformidade;
- 3 - Ao término da isolação, evite deslocamento da extremidade da fita isolante.

Caso 2 - Isolar com isolante tubular termo contrátil

Todo o processo de isolação, neste caso, pode ser ilustrado na figura.



Figura: Isolação com isolante tubular termocontrátil

- 1 - Introduza o isolante tubular termocontrátil na emenda ou conexão;
- 2 - Aplicar calor acima de 155°C, até que ocorra a contração do isolante termocontrátil.
- 3 - Aspecto final da isolação.

Caso 3 - Isolar com isolante líquido

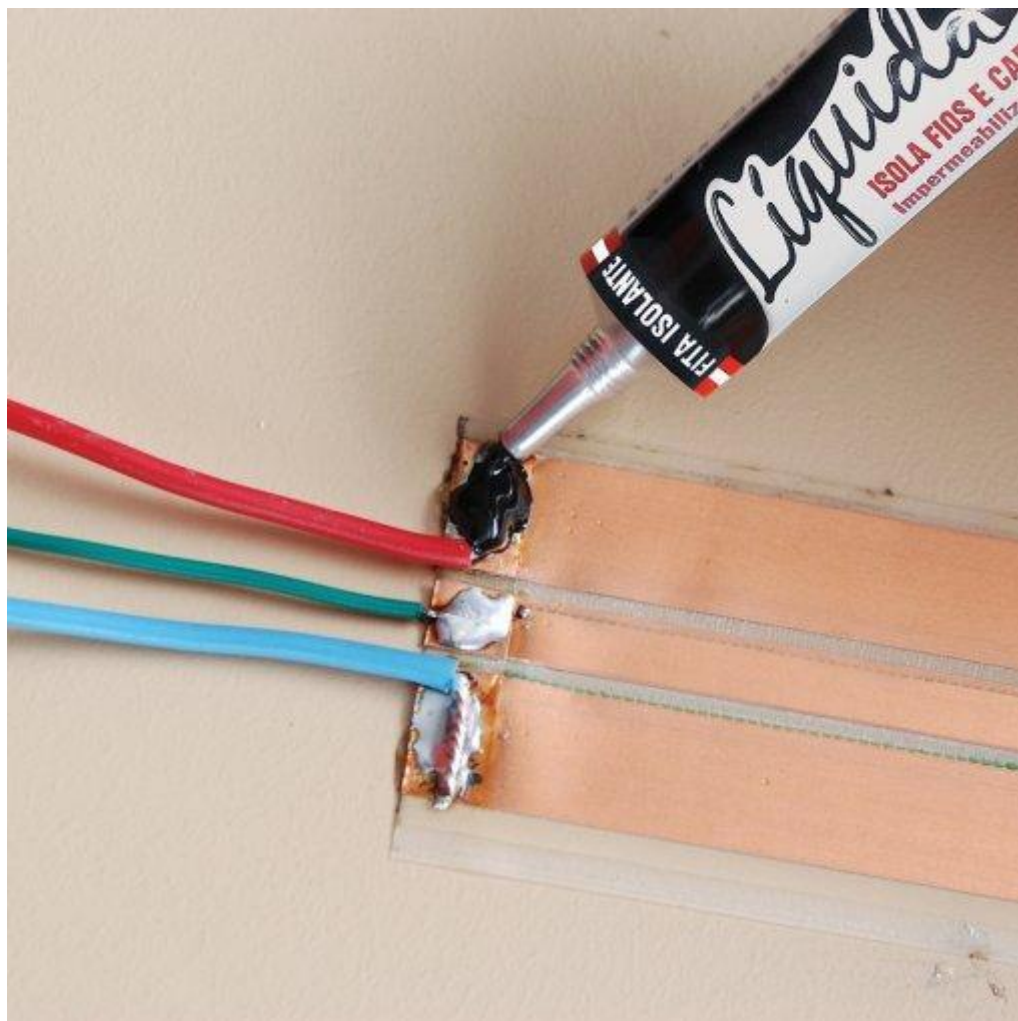


Figura: Isolação com isolante líquido

COMO INSTALAR LÂMPADAS INCANDESCENTES COM INTERRUPTOR SIMPLES E TOMADA

Instrução

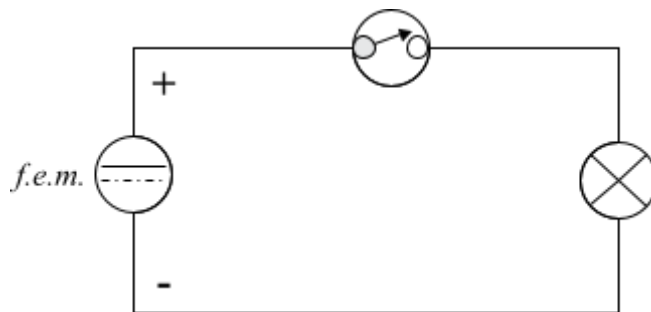


Figura: Circuito com lâmpada incandescente com interruptor simples e tomada

No circuito da figura, uma lâmpada é comandada por interruptor simples, sendo que esta lâmpada é alimentada por uma tensão ou corrente contínua, que poderá ser uma bateria, pilha ou outra fonte de tensão ou corrente contínua qualquer. Quando o interruptor é fechado, o sentido da corrente será indicado pela seta, ou seja, do terminal + para o terminal -, fazendo com que a lâmpada acenda.

Como a transmissão de energia elétrica é feita em tensão ou corrente alternada, as instalações elétricas, quer sejam prediais, residenciais, comerciais ou industriais, recebem alimentação nesta modalidade de energia.



Figura: Diferentes voltagens da rede

O comando por interruptor simples é feito para comandar uma lâmpada ou mais, por um único local, ou ponto de comando.

Precaução: os aparelhos e lâmpadas elétricas, em geral, são construídos para funcionarem em uma determinada tensão dos aparelhos e lâmpadas antes de energizá-los pois, caso contrário, o aparelho pode queimar, conforme ilustra a figura.

INTERRUPTOR DE UMA TECLA SIMPLES DE EMBUTIR

Na figura, podem ser ilustrados dois tipos de interruptores com visão de frente e posterior.

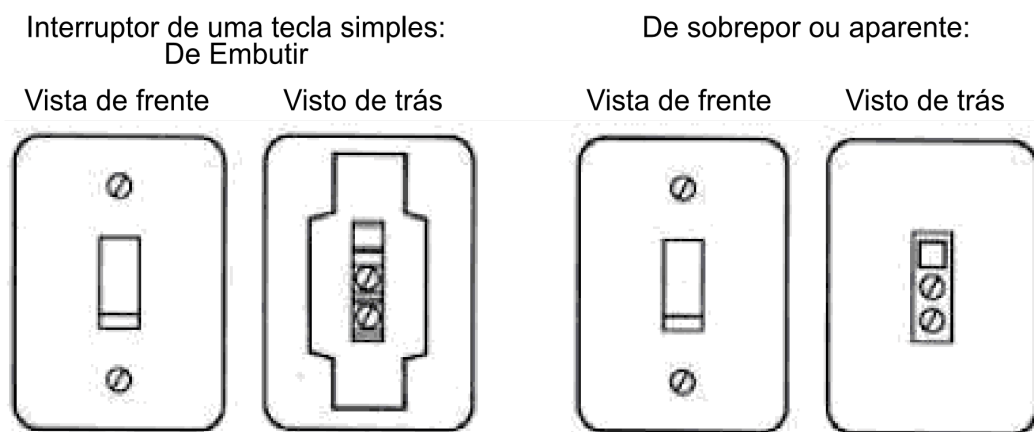


Figura: Tipos de interruptores com vistas frontal e posterior

REPRESENTAÇÃO DE ESQUEMAS MULTIFILAR E UNIFILAR

Serão representados os esquemas multifilar e unifilar do comando de uma lâmpada incandescente de 60 W / 127 V, com interruptor simples.

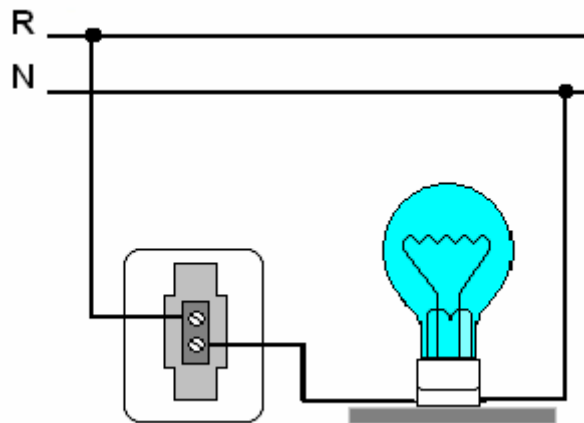


Figura: Diagrama funcional

Na realização dos exercícios, consideram-se os dois traços acima do esquema da figura, como um sendo o neutro e o outro a fase, sendo que esses dois condutores sempre vêm de um quadro terminal de luz. Na prática, sempre o condutor vivo, ou seja, a fase é que deverá ser seccionada pelo elemento de comando, que neste caso será o interruptor. A figura, que ilustra um esquema unifilar com suas partes constituintes.

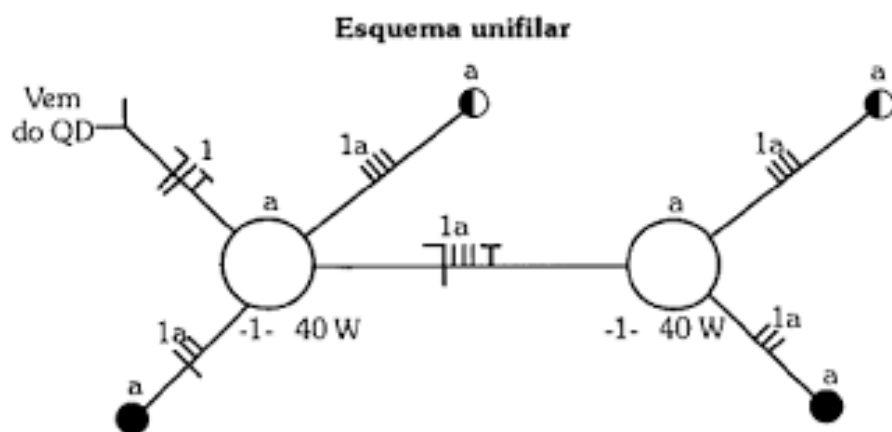


Figura: Esquema unifilar

Onde:

1 - Quadro terminal de luz (QL).

- 2 - Caixa de passagem no teto (octogonal 4x4" - 100x100mm - fundo móvel - 'FM').
- 3 - Caixa de passagem na parede (retangular 4x2").
- 4 - Eletrodutos de interligação das caixas de passagem, e entre caixas, e quadro terminal de luz.
- 5 - Lado por onde vem a alimentação do quadro terminal de luz (QL).

Observe que os condutores N_1 e R_1 da figura saem do QL. Portanto, sempre que aparecerem dois traços na horizontal com estas indicações, estes indicam que se está trazendo neutro e fase diretamente deste quadro de luz (QL) para fazer a alimentação ou instalação de uma ou mais lâmpadas.

Deve-se lembrar que, quando há um componente a ser instalado, como lâmpada, interruptor ou tomada, haverá sempre uma caixa de passagem na alvenaria, e eletrodutos interligados para possibilitar a passagem dos condutores.

A partir do quadro terminal de luz (1), saem todos os circuitos (condutores) que vão alimentar as suas respectivas cargas. Desta forma, para alimentar a iluminação, saem os condutores N_1 e R_1 , porque a tensão da lâmpada incandescente é 127 V.

O número 1, de N_1 e R_1 , significa que, dentro do quadro terminal de luz, o disjuntor número 1 é reservado para a iluminação. No teto, está a caixa de passagem (2), onde é instalada a lâmpada. Na parede, está a caixa de passagem retangular 2x4" (3), onde será fixado o interruptor. Interligando o quadro e as caixas de passagem, estão os eletrodutos (4). O número (5) da figura representa a origem da fonte (lado por onde vem a alimentação da instalação).

Na figura, seguem mais instruções gerais de instalação.

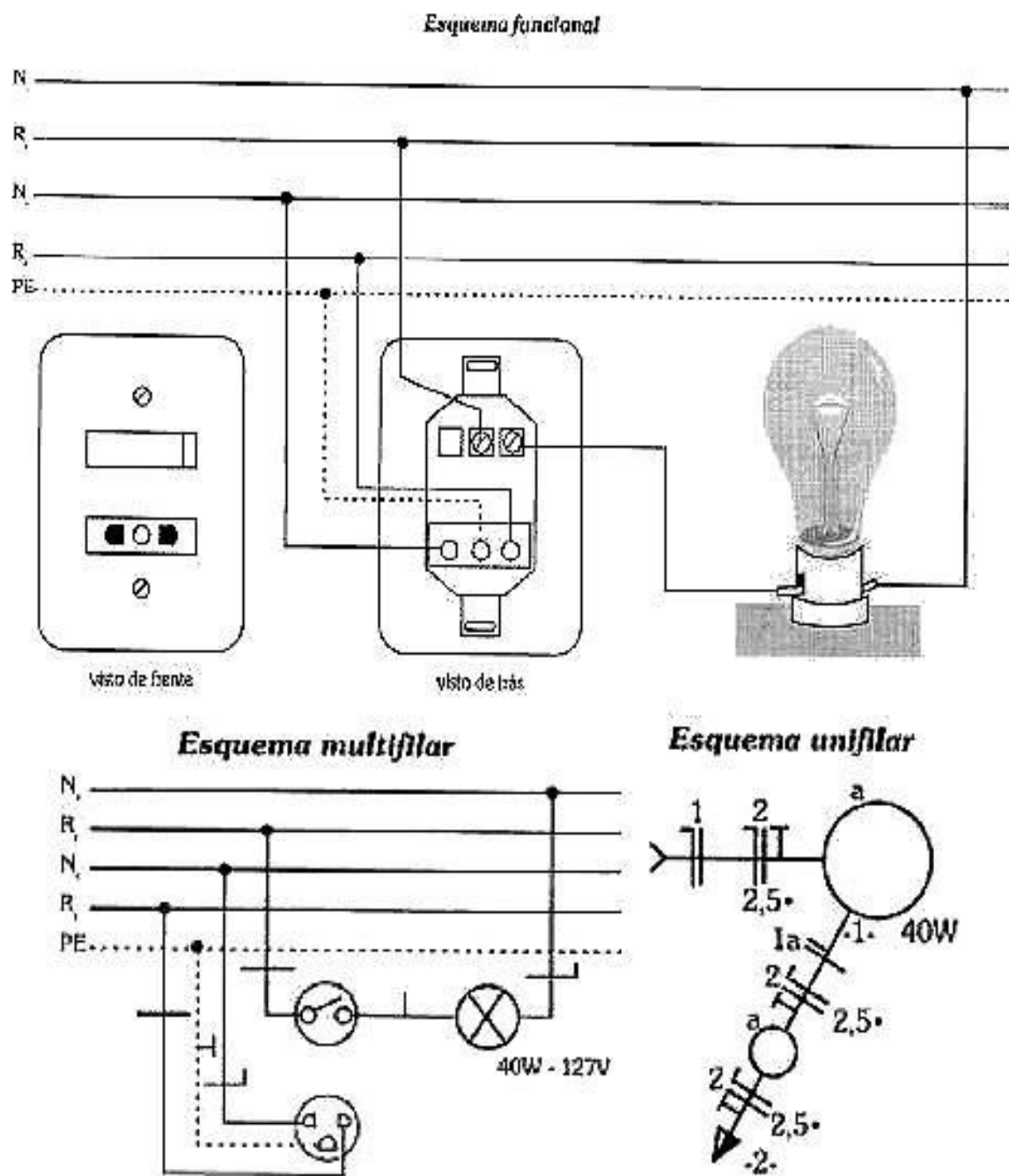


Figura: Esquema multifilar x unifilar

Observa-se que, na figura, aparece uma linha tracejada, juntamente com as linhas de neutro e fase. Esta linha tracejada recebe o nome de PE (condutor de proteção). Este condutor de proteção é também chamado de fio terra, pois é o

condutor que vai aterrar todas as partes metálicas dos equipamentos, internos da residência, para garantir a segurança do ser humano.

Os equipamentos mais comumente aterrados são o chuveiro, torneira elétrica, freezer, máquina de lavar roupa, máquina de lavar louça, forno de micro-ondas, computadores em geral, etc.

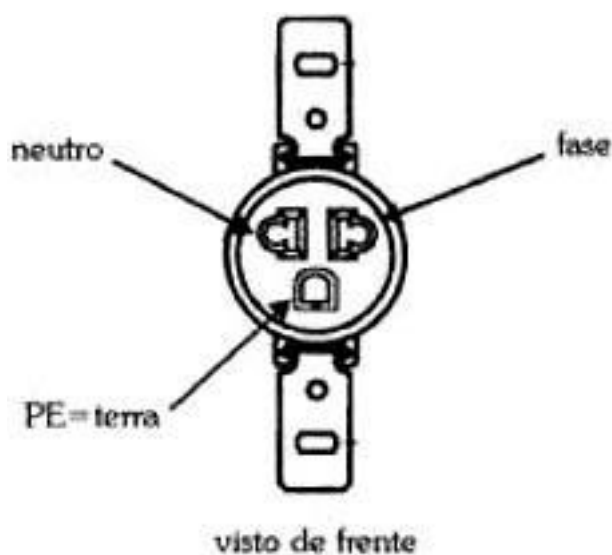


Figura: Tomada com três pinos

Há vários tipos de tomadas com três pinos, que são chamadas 2P+ T, sendo que, para evitar problemas com inversão de fases, na tomada, cada um tem a sua posição. Neste tipo de tomada, o terminal de proteção PE (terra) sempre é o do meio. A fase e o neutro, tanto faz em cima ou embaixo.

Neste tipo de tomada, o pino PE e os demais (pinos) já têm as posições definidas, pois mesmo que você queira inverter o pino, colocando-o de ponta cabeça, não há como encaixá-lo na tomada. Esta tomada é chamada 2p+t universal.

É utilizada exclusivamente para computadores, e nunca se pode inverter a posição dos terminais pois, caso isto aconteça, pode-se queimar o equipamento.

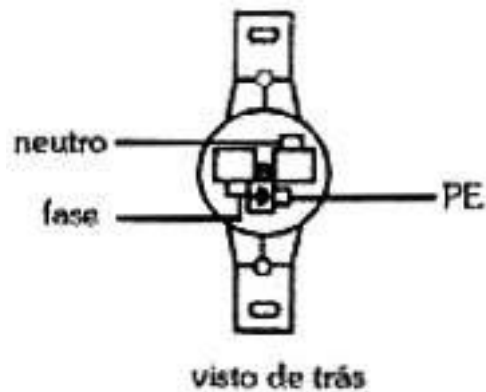


Figura: Tomada de três pinos com visão de trás (posterior)

Observe que, na figura, mantendo-se o borne PE para baixo, a fase sempre é o borne da direita. Cuidado quando você virar a tomada para efetuar as ligações. Antes de ligar qualquer fio, analise bem a posição da fase neutro e terra, conforme pode ser verificado na mesma figura.

O circuito para iluminação sempre será diferente do circuito de tomadas, ou seja, serão utilizados o N_1 e R_1 para a iluminação, e N_2 e R_2 para as tomadas pois, como será visto posteriormente, tanto os circuitos, como os condutores são de bitolas diferentes. Como o disjuntor nº 1 é para instalar as lâmpadas, então o circuito nº2 é utilizado para as tomadas.

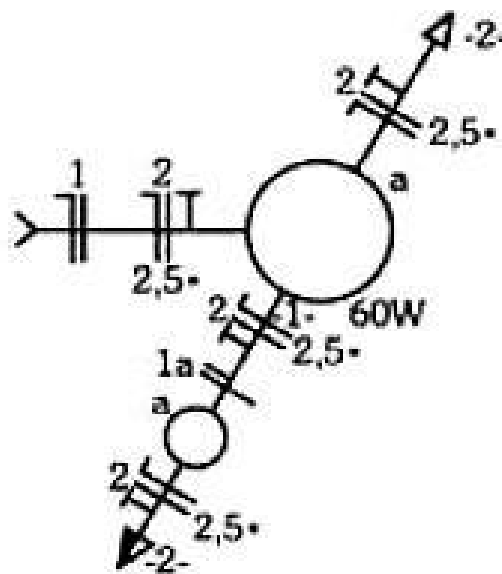
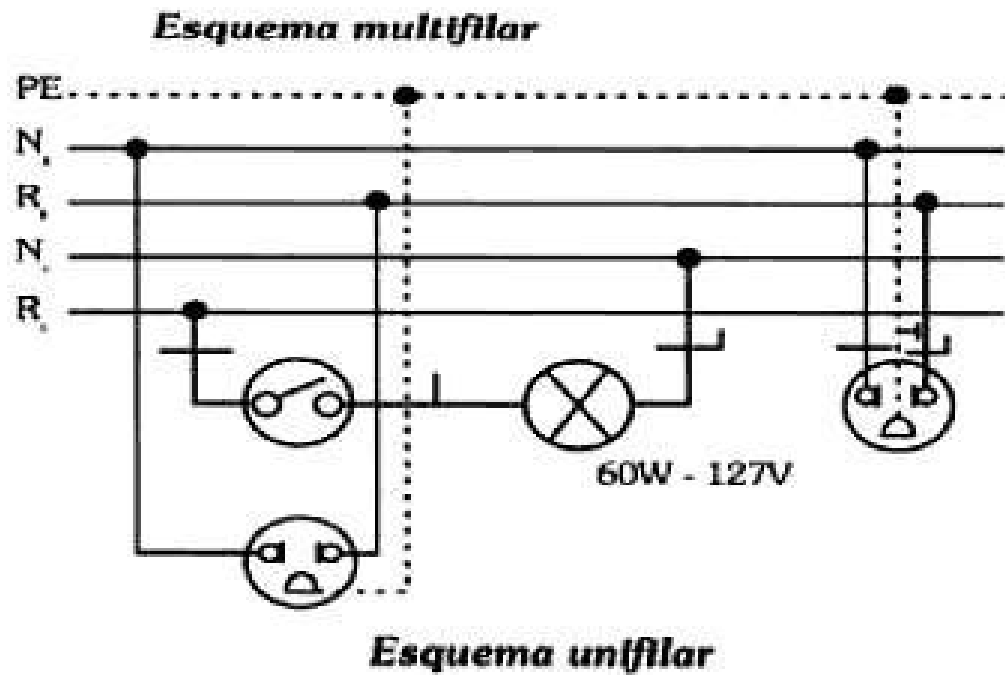


Figura: Esquemas multifilar e unifilar

Para entender melhor como será executada na prática, a instalação dos esquemas multifilar e unifilar da figura, serão considerados um ambiente qualquer, e deve-se dispôr todos os componentes da instalação e, só então, ser passada a fiação.

A representação da instalação num projeto, conforme figura, terá a simbologia QM, que significa Quadro de Medição (onde ficam os medidores de energia).

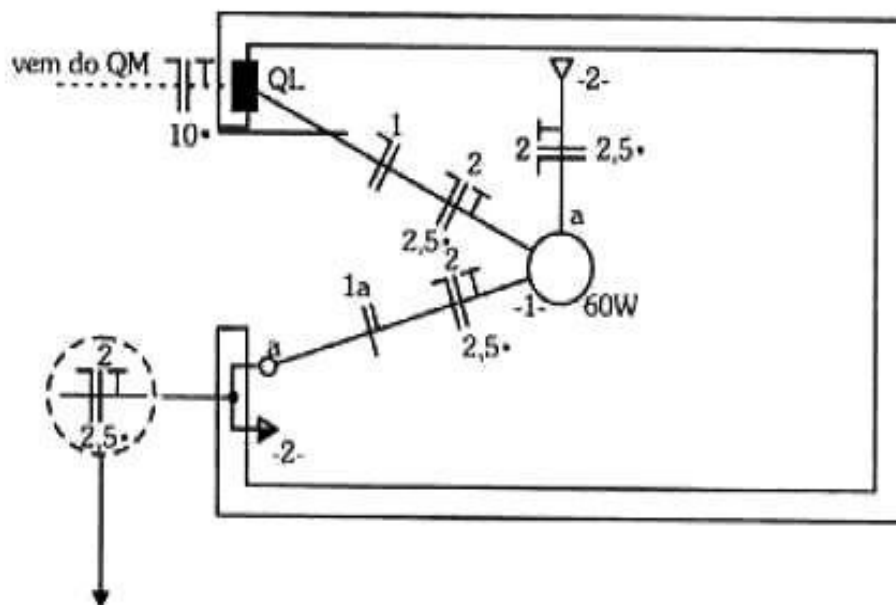


Figura: Representação da fiação.

Observação:

Quando se representa a fiação, deve-se ter o cuidado de nunca representá-lo dentro do traçado das paredes, e sim utilizando linhas de chamada, que deverão sempre estar na horizontal, conforme ilustra a figura.

Para localizar o ponto de iluminação dentro de qualquer ambiente, devem-se traçar as diagonais para achar o centro do cômodo e, neste centro, localiza-se o símbolo da lâmpada. Na prática, há casos que em alguns ambientes, devido ao seu tamanho, há necessidade de duas ou mais lâmpadas comandadas por um interruptor. Desta forma, tem-se dois tipos de ligações possíveis.

LIGAÇÃO EM SÉRIE

Um exemplo comum deste tipo de ligação de lâmpada é aquele usado em cordões para iluminação de árvores de Natal, em que são usadas 10 lâmpadas de 12 volts cada uma (pois: $10 \times 12 = 120$ volts), conforme diagrama da figura.

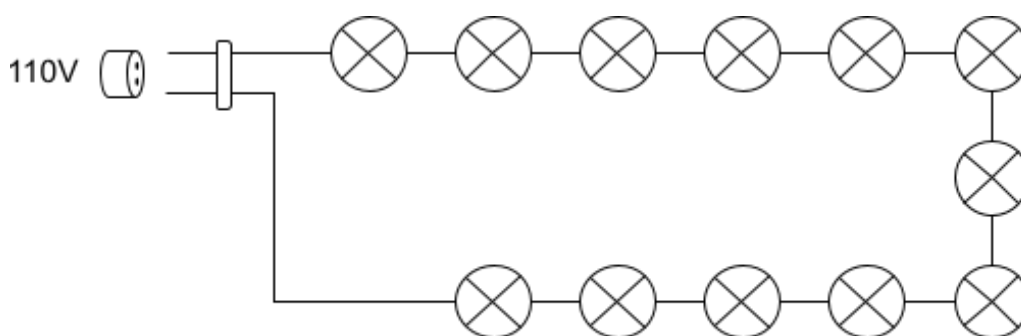


Figura: Diagrama representando ligação em série

As ligações série apresentam um só caminho para a corrente seguir; logo, se uma das lâmpadas queimar, todas apagam, pois, o circuito é interrompido. Neste caso, para achar a lâmpada com defeito, deve-se testar lâmpada por lâmpada, até achar a defeituosa. Mas atenção: em instalações elétricas, não é usado este tipo de ligação (ligação série), exceto nos casos acima.

LIGAÇÃO EM PARALELO DE LÂMPADAS

A ligação em paralelo apresenta vários caminhos para a corrente (indicados pelas setas abaixo); se uma lâmpada queimar, as demais permanecerão acesas.

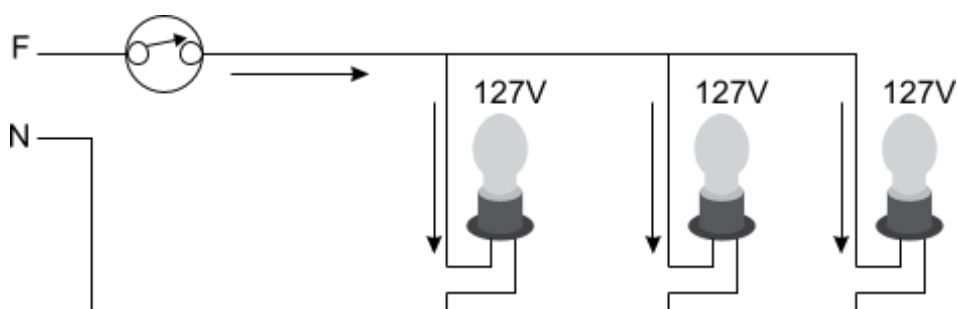


Figura: Representação de ligação em paralelo de lâmpadas

Sendo assim, em qualquer tipo de instalação, sempre deve ser utilizada a ligação em paralelo. Desta forma, a representação do comando de duas lâmpadas incandescentes de 60 W / 127 V, por um interruptor simples, será da seguinte forma:

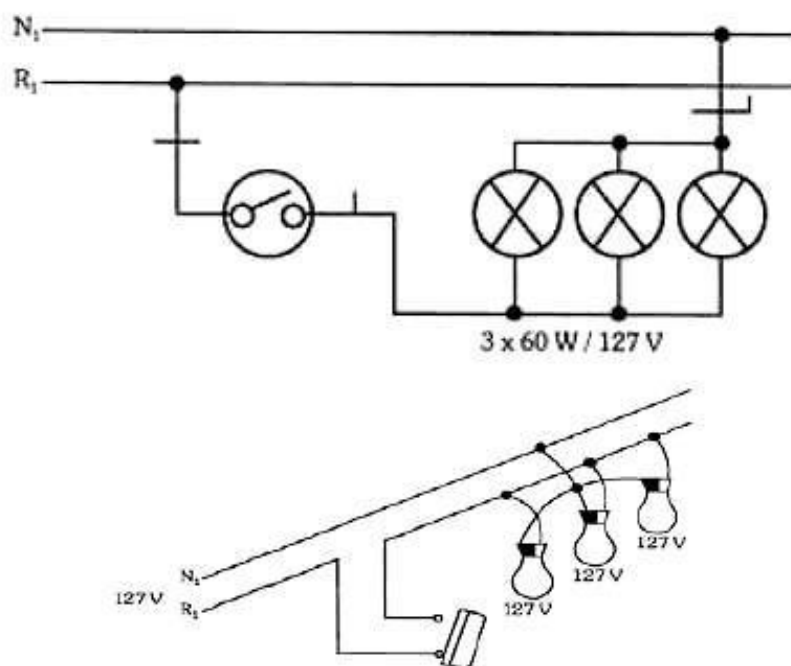
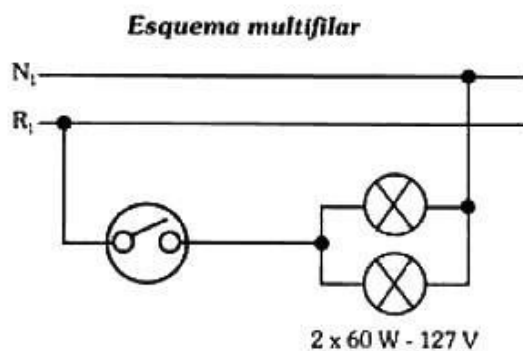


Figura: Representação do comando de duas lâmpadas incandescentes de 60 W / 127 V, por um interruptor simples

Caso não esteja entendendo a quantidade de condutores que está passando nos eletrodos ou não sabe a transformação da forma multifilar para a unifilar, procure dispor os componentes na mesma posição do esquema unifilar, conforme figura.



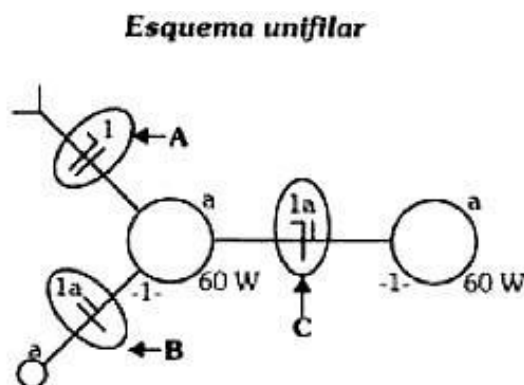


Figura: Esquemas multifilar e unifilar

A alimentação em 127 V, N_1 e R_1 , vem do QL. A fase passa direta até o interruptor; do interruptor sempre sai o retorno, que é o mesmo fio que vai em um dos lados das duas lâmpadas. Do outro lado das lâmpadas, entra o neutro.

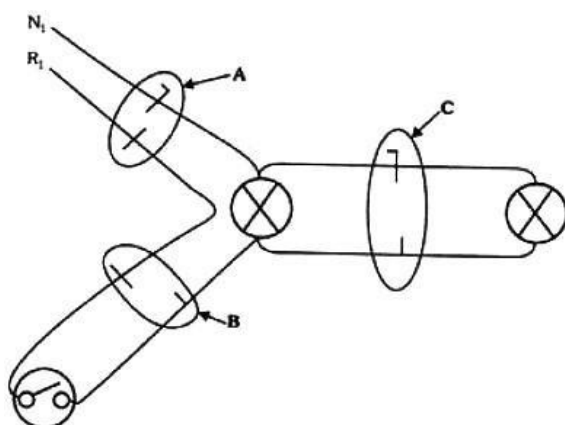


Figura: Transformação da forma multifilar para a unifilar

Comparando as figuras, fica fácil entender a transformação da forma multifilar para a forma unifilar. A quantidade de fios dos trechos (A), (B) e (C) da figura é a mesma dos trechos (A), (B) e (C). A instalação do n° do circuito (1), a letra (a) de comando entre as lâmpadas (1000W), sempre estarão representados nos esquemas. Além da letra de comando (a) indicada no interruptor e nas lâmpadas, a mesma letra será representada em cima do retorno, até onde ele for, bem como o n° do circuito. A representação, num projeto elétrico, ficará da seguinte forma:

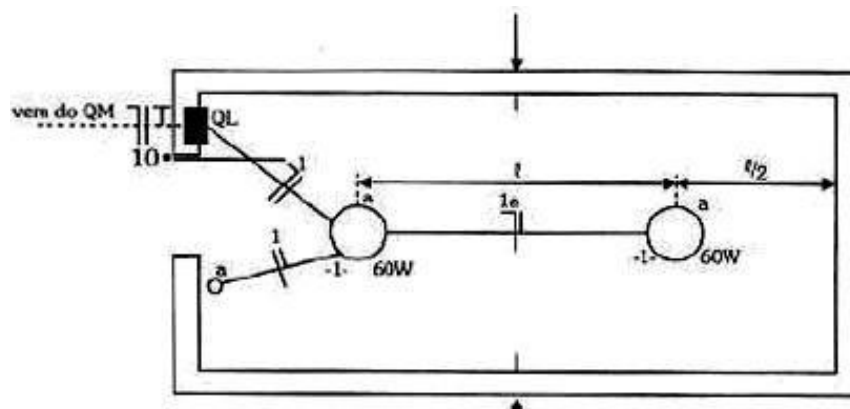


Figura: Representação do esquema unifilar num projeto elétrico

Para dois pontos em um mesmo ambiente, acha-se o centro do ambiente e, posteriormente, traçam-se as diagonais das duas metades. O traçado das diagonais deve ser feito bem fraco, para não confundir com o traçado dos eletrodutos. Quando há dois ou mais pontos em um ambiente, deve-se localizá-los de tal forma que a distância entre os pontos (l) seja o dobro da distância entre o ponto e a parede ($l/2$).

LÂMPADA FLUORESCENTE

A iluminação de grandes recintos não se faz mais com lâmpadas incandescentes, por causa do intenso calor produzido e o baixo rendimento de iluminação, que encarece o custo da mesma. Atualmente, dá-se preferência às lâmpadas fluorescentes e à vapor de mercúrio. A maior parte das construções modernas usa este tipo de iluminação, por ser mais agradável e econômica. Agora, serão tratados os componentes da instalação.

LUMINÁRIA FLUORESCENTE

Luminária Fluorescente é um aparelho de iluminação composto de calhas, receptáculo, difusor, starter, lâmpada fluorescente, reator e acessório de fixação. Serve para iluminar ambientes residenciais, escolares, hospitalares, comerciais e industriais.

Há alguns tipos de luminárias fluorescentes como “*standard*”, industrial e decorativo e podem ser embutidas, pendentes ou fixadas diretamente à superfície, conforme ilustra a figura.



Figura: Tipos de luminárias fluorescentes

Na maior parte dos sistemas de lâmpadas fluorescentes, os receptáculos têm a função de suportar a lâmpada e de conectar eletricamente a lâmpada ao sistema, exceto nas lâmpadas seguras por braçadeiras, nas quais os receptáculos têm apenas a função de conectar a lâmpada.

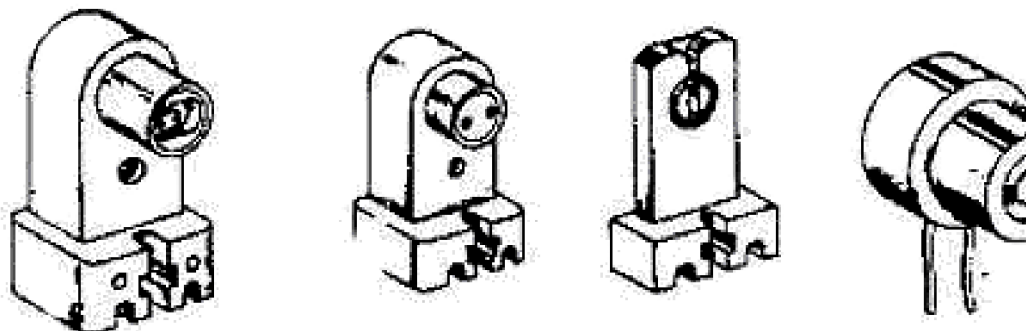


Figura: Receptáculo de lâmpadas fluorescentes

O *Starter* é um dispositivo que atua como interruptor automático, abrindo circuito dos filamentos depois do tempo necessário para o seu aquecimento, possibilitando a ionização do gás contido no interior da lâmpada.

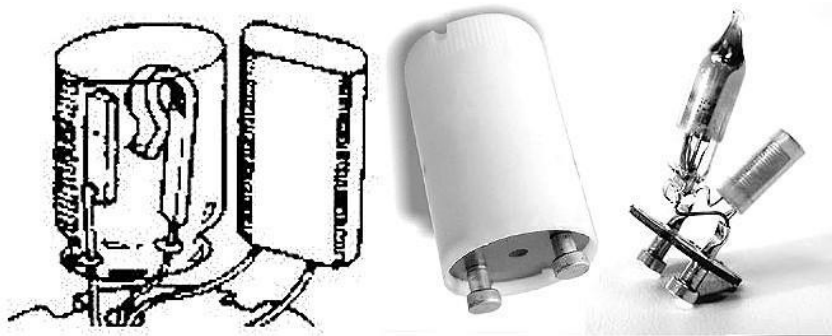


Figura: Starter

LÂMPADA FLUORESCENTE

Basicamente, a lâmpada fluorescente é composta de:

- Um tubo ou bulbo de vidro que atua como compartimento à prova de ar para o mercúrio, o gás de enchimento, os cátodos e a camada de pó fluorescente chamado de fósforo, luminóforo ou simplesmente de pó fluorescente;
- Um gás de enchimento (geralmente o argônio) para ajudar a partida e a operação;
- Uma pequena quantidade de mercúrio que se vaporiza quando a lâmpada está em uso.

É um aparelho montado em caixa de chapa de ferro em massa isolante. Da caixa do reator, saem os terminais, que são constituídos de condutores que se apresentam em cores diferentes, a fim de facilitar sua ligação aos outros elementos da instalação. Tem, na caixa, o esquema de ligação e características, tais como número de lâmpadas, tensão, potência, que devem ser obedecidas pelo instalador. As principais características de funcionamento das lâmpadas fluorescentes são:

- Alta eficiência na produção de luz, resultando em menores custos de iluminação;
- Lâmpadas de vida longa e de fácil manutenção;
- Superfície de brilho e quantidade de calor gerada relativamente baixas, o que se traduz em maior conforto visual e térmico;
- Ampla escolha de cores e tamanhos.

As lâmpadas fluorescentes, cuja eficiência chega a ultrapassar 75 lúmens por watt, estão entre as mais eficientes fontes de luz elétrica encontradas comercialmente. Obviamente, a eficiência luminosa destas lâmpadas é muito maior do que a das lâmpadas incandescentes (75 lúmens por watt contra 16 lúmens por watt das lâmpadas incandescentes). Tendo mais eficiência luminosa, as lâmpadas fluorescentes são muito mais vantajosas.

COMO FUNCIONA UMA LÂMPADA FLUORESCENTE

Uma lâmpada fluorescente entra em funcionamento quando a diferença de tensão entre os cátodos é suficiente para formar um arco no gás de enchimento. Como a corrente do arco passa através do vapor, causa modificações nos níveis de energia dos elétrons nos íons individuais de mercúrio.

Com esta mudança nos níveis dos elétrons, a energia é liberada na forma de diversos comprimentos de onda de energia visível e na forma de energia ultravioleta. Toda esta energia é irradiada para as paredes do tubo, por onde parte dela e faz com que o material fluorescente brilhe e emita luz visível.

COMO FUNCIONA O REATOR

A função do reator é fornecer picos de alta tensão no momento em que se acende a lâmpada. Através desta alta tensão, a formação do arco entre os cátodos é facilitada. Após a lâmpada estar acesa, o reator atua como um limitador de corrente para a lâmpada.

A vida de uma lâmpada fluorescente é influenciada, em alto grau, pelas condições de operação. Por exemplo, a operação com partidas frequentes encurta consideravelmente a vida das lâmpadas. Por outro lado, muitas horas de funcionamento por partida prolongam a vida das mesmas.

Assim como os demais tipos de lâmpadas, as fluorescentes também sofrem alguma depreciação em seu fluxo luminoso ao longo da vida. O fluxo luminoso inicial

varia de lâmpadas e seu valor decresce rapidamente durante as cem primeiras horas de funcionamento, quando a redução de luminosidade pode chegar até dez por cento, aproximadamente.

CARACTERÍSTICAS DAS LÂMPADAS FLUORESCENTES E DOS REATORES

No início da vida, as lâmpadas fluorescentes ocasionalmente apresentam uma condição chamada espiralamento, isto é, o brilho caminha em espiral, de uma extremidade à outra.

Isto ocorre em função dos materiais desprendidos pelo cátodo.

Normalmente, este efeito desaparece após algumas horas de funcionamento. As lâmpadas fluorescentes, operando a 60 Hz, desenvolvem uma flutuação de 120 Hz. Contudo, isto não é percebido pelo olho humano. Algumas vezes, uma lâmpada tremula a baixas frequências (o que é perceptível), quando é ligada pela primeira vez ou quando é esfriada por corrente de ar. Geralmente, este tipo de tremulação cessa quando a lâmpada se aquece.

Os reatores projetados em circuitos de 120 V, em geral, operam satisfatoriamente entre 108 e 132 V. Da mesma forma, os reatores para 220 V operam entre 198 e 242 V. Entretanto, deve-se tomar cuidado para uma operação demorada nos limites de faixas. Se a tensão do circuito for muito baixa, a corrente pode ser pequena para um aquecimento satisfatório dos cátodos, causando uma partida insegura e demorada, reduzindo assim a vida útil da lâmpada.

LÂMPADAS DE LUZ MISTA

Quando se necessita de uma iluminação melhor do que a proporcionada pelas lâmpadas incandescentes ou pelas fluorescentes, e não se quer utilizar reatores, pois o custo de uma instalação com os mesmos seria alto, pode-se utilizar

lâmpadas de luz mista, as quais proporcionam um ótimo rendimento com um baixo custo.

Na escala de eficiência luminosa das fontes de luz, a lâmpada mista (ou de luz mista) está um degrau acima das lâmpadas incandescentes, com a vantagem de apresentar vida útil mais longa. Esta lâmpada é composta por tubo de arco igual ao da lâmpada de vapor de mercúrio e filamento de lâmpada incandescente.

O filamento produz luz e limita a corrente de funcionamento no tubo de arco eliminando, desta forma, o uso de equipamentos auxiliares de operação. As lâmpadas mistas devem ser ligadas diretamente à rede elétrica de 220 ou 230 V.

As principais aplicações da lâmpada mista são em ruas secundárias, pequenos estádios, pequenas indústrias, oficinas, postos de gasolina, etc. Este tipo de lâmpada tem um filamento de tungstênio ligado em série com um tubo de vidro (tubo de arco) com descarga de mercúrio. Este filamento funciona como fonte de luz incandescente e produz luz de imediato e, ao mesmo tempo, atua como reator, limitando a corrente da lâmpada, ao passo que o tubo de arco inicia gradual geração de luz.

No instante em que o tubo de arco estiver com sua máxima intensidade luminosa, o filamento estará com a sua mínima intensidade; neste momento, a lâmpada estará em funcionamento pleno e produzindo o máximo de intensidade luminosa. Desligando-se a tensão, mesmo momentaneamente, a lâmpada só volta a operar após cerca de três a quatro minutos.

INTERRUPTOR OU RELÉ FOTOELÉTRICO

É o aparelho destinado a controlar lâmpadas, acendendo-as ao escurecer e apagando-as ao clarear o dia. É utilizado em luminárias, letreiros luminosos, vitrines e outras instalações que devam permanecer ligadas apenas em período noturno.

O princípio de funcionamento deste relé baseia-se no LDR (Resistor Dependente da Luz ou "*Light Dependent Resistor*"), no qual, à medida que aumentamos a intensidade luminosa incidente sobre ele, sua resistência interna

diminui, facilitando, desta forma, a passagem de corrente elétrica para a bobina do eletroímã, ligando o mesmo e, desta forma, abrindo os contatos.

REFERÊNCIAS

- ALEXANDER, C. K., SADIKU, M. N. O. Fundamentos de Circuitos Elétricos. 3. ed. São Paulo: McGraw-Hill, 2008.
- BOM SUCESSO, Edina de Paula. Trabalho e qualidade de vida. 1.ed. Rio de Janeiro: Dunya, 1997, 183p.
- BOYLESTAD, R. L. Introdução à Análise de Circuitos. 10. ed. São Paulo: Pearson Prentice hall, 2004.
- CHIAVENATO, Idalberto. Introdução à teoria geral da administração. 6.ed. São Paulo: Campus, 2000, 700p.
- MAGALHÃES, Celso. Técnica da chefia e do comando. 9.ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1990, 104p.
- MOREIRA, Daniel Augusto. Administração da produção e operações. 5.ed. São Paulo: Pioneira, 2000, 619p.
- NILSSON, J. W., RIEDEL, S. A. Circuitos Elétricos. 8. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2008.
- SILVA, João Martins da. 5S para praticantes. 1.ed. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1995, 20p.
- VERGARA, Sylvia Constant. Projetos e relatórios de pesquisa em administração. 3.ed. São Paulo: Atlas, 2000, 92p.