

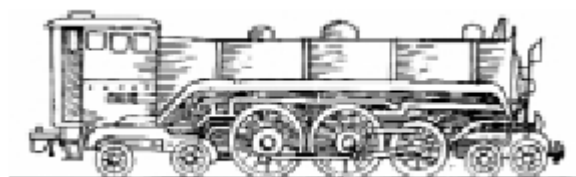


ELETRICIDADE

Conceito Geral

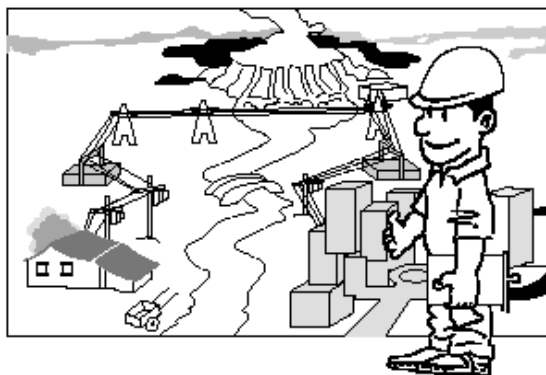
Energia é a capacidade de produzir trabalho e ela pode se apresentar sob várias formas:

- Energia Térmica;
- Energia Mecânica;
- Energia Elétrica;
- Energia Química;
- Energia Atômica, etc.



Energia Elétrica

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

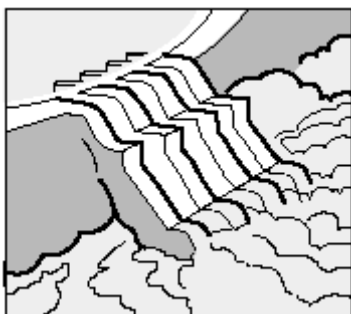


Por exemplo: a **energia térmica** pode ser convertida em **energia mecânica** (motores de combustão interna), **energia química** em **energia elétrica** (pilhas) etc.

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

A energia elétrica passa por 3 principais etapas:

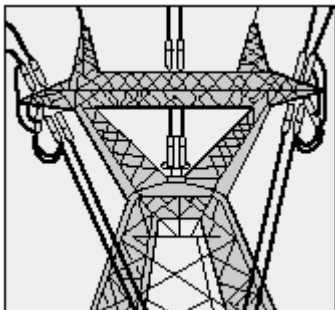
- a) **Geração:** - A energia elétrica é produzida a partir da energia mecânica de rotação de um eixo de uma turbina que movimenta um gerador.



Esta rotação é causada por diferentes fontes primárias, como por exemplo, a força da água que cai (hidráulica), a força do vapor (térmica) que pode ter origem na queima do carvão, óleo combustível ou, ainda, na fissão do urânio (nuclear).

As quedas d'água tem, na força hidráulica, a sua principal fonte de energia primária. Portanto, as usinas são em grande maioria, hidroelétricas.

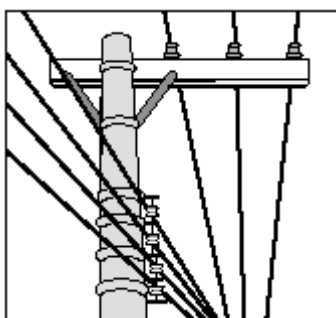
- b) **Transmissão:** - As usinas hidroelétricas nem sempre se situam próximas aos centros consumidores de energia elétrica.



Por isso, é preciso transportar a energia elétrica produzida nas usinas até os locais de consumo: cidades, indústrias, propriedades rurais, etc.

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

- c) **Distribuição:** - Nas cidades são construídas as subestações transformadoras. Sua função é baixar a tensão do nível de Transmissão (muito alto), para o nível de Distribuição.



A Rede de Distribuição recebe a energia elétrica em um nível de tensão adequado à sua Distribuição por toda a cidade, porém, inadequada para sua utilização imediata para a maioria dos consumidores.

Assim, os transformadores instalados nos postes das cidades fornecem a energia elétrica diretamente para as residências, para o comércio e outros locais de consumo, no nível de tensão (127/220 Volts, por exemplo), adequado à utilização.

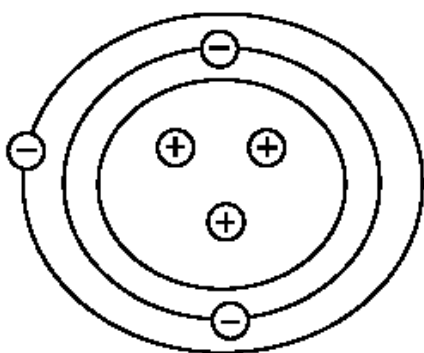
Etapas

As etapas de Geração, Transmissão, Distribuição e da utilização da energia elétrica, podem ser assim representadas:



Tensão, Corrente e Potência.

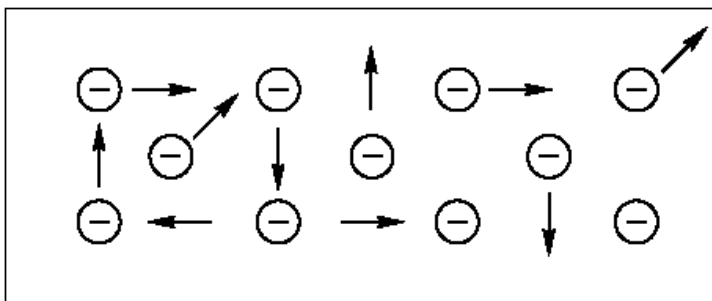
Todas as substâncias, gasosas, líquidas ou sólidas, são constituídas de pequenas partículas invisíveis a olho nu, denominadas átomos. O átomo é composto de três partículas básicas: **Prótons**, **Nêutrons** e **Elétrons**. Os Prótons e os Nêutrons formam o núcleo do átomo.



O Próton tem carga positiva e Nêutron não possui carga elétrica. As suas massas são equivalentes.

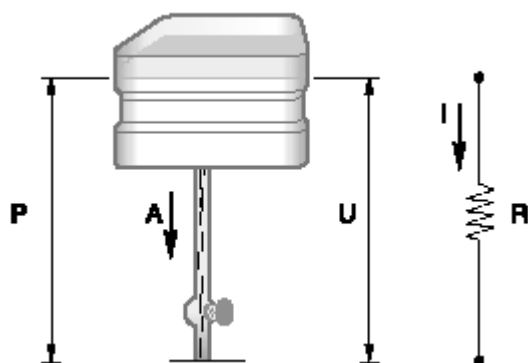
O Elétron possui uma carga negativa e a sua massa, por ser muito pequena, é desprezível.

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



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

Para que se tenha uma idéia do comportamento da tensão e da corrente elétrica, será feita uma analogia com uma instalação hidráulica. A pressão feita pela água, depende da altura da caixa d'água. A quantidade de água que flui pelo cano vai depender: desta pressão, do diâmetro do cano e da abertura da torneira.



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

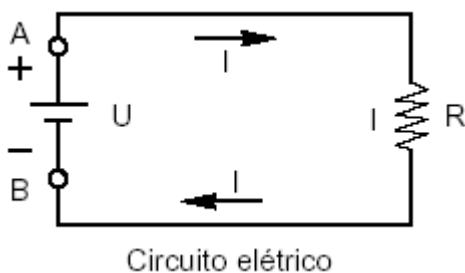
- A pressão da energia elétrica é chamada de Tensão Elétrica (U).
- A Corrente Elétrica (I) que circula pelo circuito depende da Tensão e da Resistência Elétrica (R).

A Resistência Elétrica (R) que o circuito elétrico oferece à passagem da corrente, é medida em Ohms (Ω) e varia com a seção dos condutores.

Resistência Elétrica – Lei de Ohm

É chamada de Resistência Elétrica (**R**) a oposição que o circuito oferece à circulação da corrente elétrica. A unidade da Resistência Elétrica é o **Ohm** e o seu símbolo é o Ω (letra grega chamada de ômega). Lei de Ohm, assim chamada, devido ao físico que a descobriu. Essa Lei estabelece que:

- Se for aplicado em um circuito elétrico, uma tensão de **1V**, cuja resistência elétrica seja de **1 Ω** , a corrente que circulará pelo circuito, será de **1A**.



Com isso tem-se:

$$I = U / R$$

Desta relação pode-se tirar outras, como:

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

Onde:

U: Tensão Elétrica;

I: Corrente Elétrica;

R: Resistência Elétrica.

Corrente Contínua e Corrente Alternada

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

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

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

A Corrente Alternada (**CA**) tem a sua polaridade invertida um certo número de vezes por segundo, isto é, a forma de onda oscila diversas vezes em cada segundo. O número de oscilações (ou variações) que a tensão elétrica (ou corrente elétrica) faz por segundo é denominado de **Frequência**. A sua unidade é **Hertz** e o seu símbolo é **Hz**. Um Hertz corresponde a um ciclo completo de variação da tensão elétrica durante um segundo, a frequência é de 60 Hz.

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

Potência Elétrica

A Potência é definida como sendo o trabalho efetuado na unidade do tempo. A Potência Elétrica (**P**) é calculada através da multiplicação da Tensão pela Corrente Elétrica de um circuito. A unidade da Potência Elétrica é o **Watt** e o seu símbolo é o **W**. Uma lâmpada ao ser percorrida pela corrente elétrica, ela acende e aquece. A luz e o calor produzido nada mais são do que o resultado da potência elétrica que foi transformada em potência luminosa (luz) e potência térmica (calor).

Tem-se que:

$$P = U \times I \text{ (Watts)}$$

Como:

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

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

$$P = (R \times I) \times I \text{ ou } P = R \times I^2$$

Então tem-se:

$$P = U \times U / R \text{ ou } P = U^2 / R$$

Onde:

P: Potência Elétrica;
U: Tensão Elétrica;
I: Corrente Elétrica;
R: Resistência Elétrica.

Cálculo da Energia Elétrica

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

$$E = (U \times I) \times t \text{ ou } E = P \times t$$

Onde:

E: Energia Elétrica;
P: Potência Elétrica;
U: Tensão Elétrica;
I: Corrente Elétrica;
t: Tempo normalmente nesse caso, é adotado em horas (h).

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

Exemplo de expressão: **1.100 Wh** ou **1,1 kWh**. A Potência de uma lâmpada incandescente comum, é melhor ser expressa em **Watts** do que em **kW**.

Outras unidades, muito utilizadas para expressar a Potência Elétrica de motores são:

- Cavalo Vapor que equivale a 736 W. Sua unidade é o **CV**.
- Horse Power (inglesa) que equivale a 746 W. Sua unidade é o **HP**.

Relação entre estas unidades de Potência:

1 cv = 735,5 W;
1 cv = 0,735 kW;
1 kW = 1,36 CV

1 HP = 746 W;
1 HP = 0,746 kW;
1 kW = 1,34 HP

As unidades possuem múltiplos e submúltiplos. A utilização de um ou outro, é em função da facilidade de expressar a quantidade da unidade em questão.

UNIDADES ELÉTRICAS – MÚLTIPLOS E SUBMÚLTIPLOS			
GRANDEZA	NOME	SÍMBOLO	RELAÇÃO
TENSÃO	Microvolt	μV	0,000001 V
	Milivolt	mV	0,001 V
	Volt	V	1 V
	Quilovolt	kV	1.000 V
CORRENTE	Microampère	μA	0,000001 A
	Miliampère	mA	0,001 A
	Ampère	A	1 A
	Quilo Ampère	kA	1.000 A
RESISTÊNCIA	Ohm	Ω	1 Ω
	Quilo Ohm	k Ω	1.000 Ω
	Megaohm	M Ω	1.000.000 Ω
POTÊNCIA	Watt	W	1 W
	Quilowatt	kW	1.000 W
	Megawatt	MW	1.000.000 W
ENERGIA	Watt-hora	Wh	1 Wh
	Quilowatt-hora	kWh	1.000 Wh
	Megawatt-hora	MWh	1.000.000 Wh

UNIDADES LEGAIS DO BRASIL		
UNIDADE	SÍMBOLO	DETERMINA
UNIDADES ELÉTRICAS		
Ampère	A	Corrente Elétrica
Volt	V	Tensão Elétrica
Watt	W	Potência Elétrica
Volt-Âmpere	VA	Potência Elétrica
Volt-Âmpere reativo	Var	Potência Elétrica
Cavalo-vapor	cv	Potência Elétrica
Watt-hora	Wh	Energia Elétrica
Ohm	Ω	Resistência Elétrica
Lúmen	lm	Fluxo Luminoso
Lux	lx	Iluminância
Hertz	Hz	Frequência

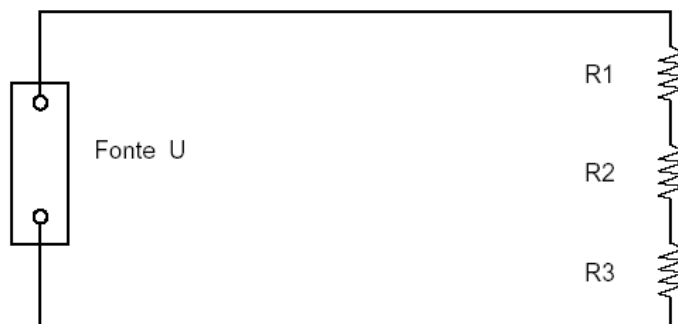
EXERCICIO (ANEXO 01)

Circuito Série e Paralelo

Circuito Série

O Circuito Série é aquele constituído por mais de uma carga, ligadas em série uma com as outras, isto é, cada carga é ligada na extremidade de outra carga, diretamente ou por meio de condutores. Exemplo de circuitos elétricos ligados em série muito utilizados: lâmpadas de árvore de natal. As principais características são:

- As cargas dependem uma das outras para o funcionamento do circuito elétrico;
- Existe apenas um caminho para a passagem da corrente elétrica.



Corrente Elétrica (I)

A corrente elétrica é a mesma em todos os pontos do circuito, isto é, a mesma corrente passa através de todas as cargas.

$$I_{\text{Total}} = I_1 = I_2 = I_3$$

Tensão Elétrica (U)

A tensão da fonte de alimentação é dividida entre as cargas, isto é, a soma das tensões nos bornes de cada carga é igual a tensão da fonte.

$$U_{\text{Fonte}} = U_1 + U_2 + U_3$$

Resistência Elétrica (R)

A resistência elétrica equivalente é igual a soma das resistências de cada carga.

$$R_{\text{Equivalente}} = R_1 + R_2 + R_3$$

EXERCICIO (ANEXO 02)

Circuito Paralelo

O Circuito Paralelo é aquele constituído por mais de uma carga, ligadas em paralelo uma com as outras.



As principais características são:

- As cargas não dependem umas das outras para o funcionamento do circuito elétrico;
- Existe mais de 1 (um) caminho para a passagem da corrente elétrica;
- As tensões elétricas nas cargas são iguais à tensão da fonte de alimentação:

Isto é:

$$U_{\text{Fonte}} = U_1 = U_2 = U_3$$

A Corrente Elétrica (I) total absorvida pelas cargas é igual à soma das correntes de cada carga:

$$I_{\text{Total}} = I_1 + I_2 + I_3$$

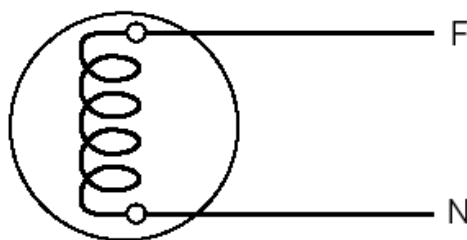
O inverso da Resistência Elétrica (R) equivalente, é igual a soma dos inversos das resistências de cada carga:

$$1 / R_{\text{Equivalente}} = 1 / R_1 + 1 / R_2 + 1 / R_3$$

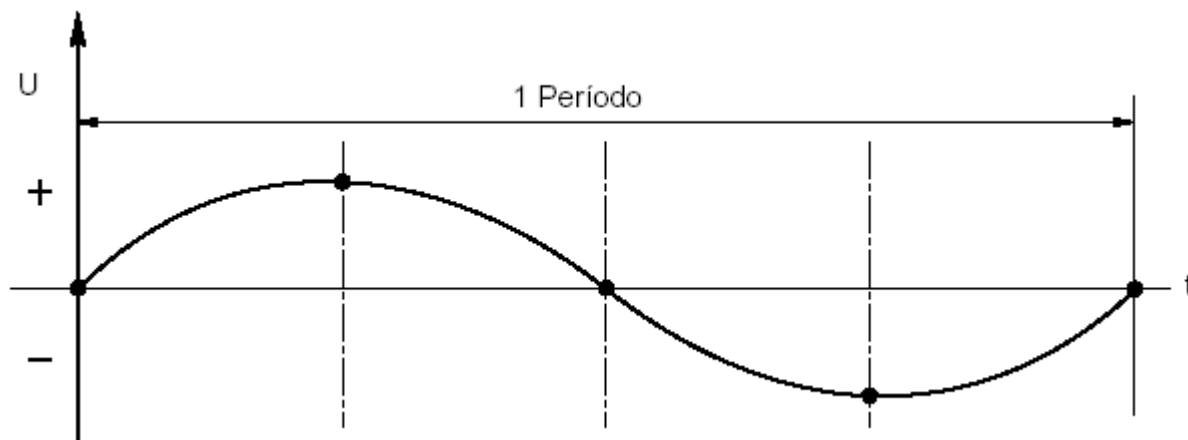
Circuitos Monofásico e Trifásico

Circuito Monofásico

Um gerador com uma só bobina (enrolamento), chamado de “Gerador Monofásico” ao funcionar, gera uma Tensão entre seus terminais.

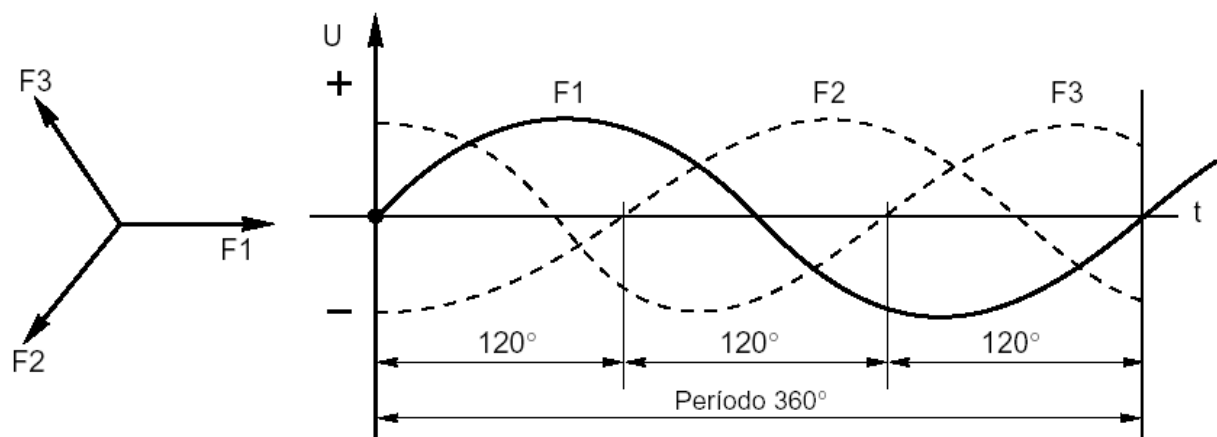
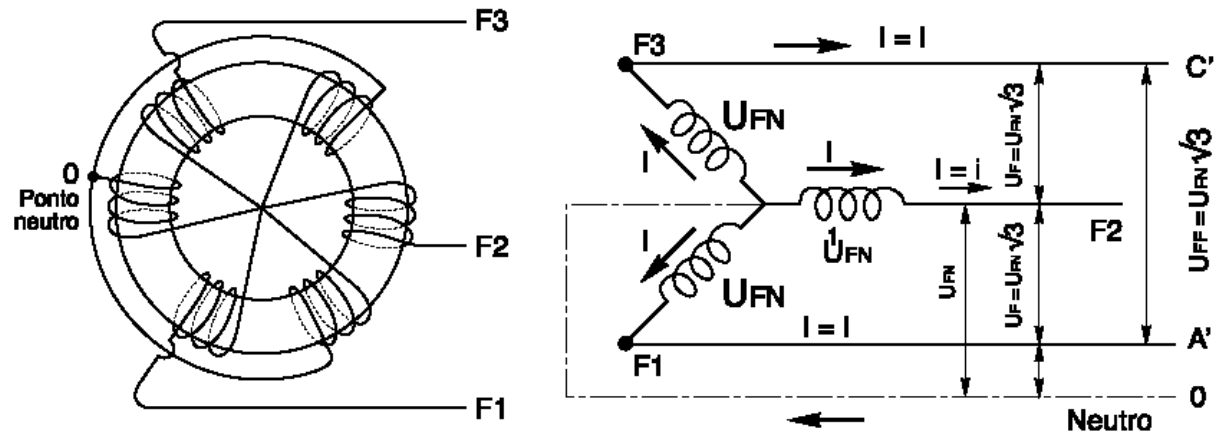


Nos geradores monofásicos de corrente alternada, um dos terminais deste Gerador é chamado de Neutro (N) e o outro de Fase (F). Um circuito monofásico é aquele que tem uma Fase e um Neutro (F e N). A tensão elétrica (U) do circuito é igual à tensão entre Fase e Neutro (UFN). A forma de onda da Tensão Elétrica é uma senóide.



Circuito Trifásico Ligadas em Estrela (Y)

Um gerador com três bobinas (enrolamentos), ligadas conforme a figura abaixo, é um “Gerador Trifásico”. Nesta situação, o Gerador Trifásico está com as suas três bobinas ligadas em Estrela (Y). Este gerador tem um ponto comum nesta ligação, chamado de ponto neutro.



Neste circuito trifásico com a ligação em Estrela, às relações entre as tensões elétricas, a tensão entre Fase e o Neutro (U_{FN}) e a tensão entre Fases (U_{FF}), são:

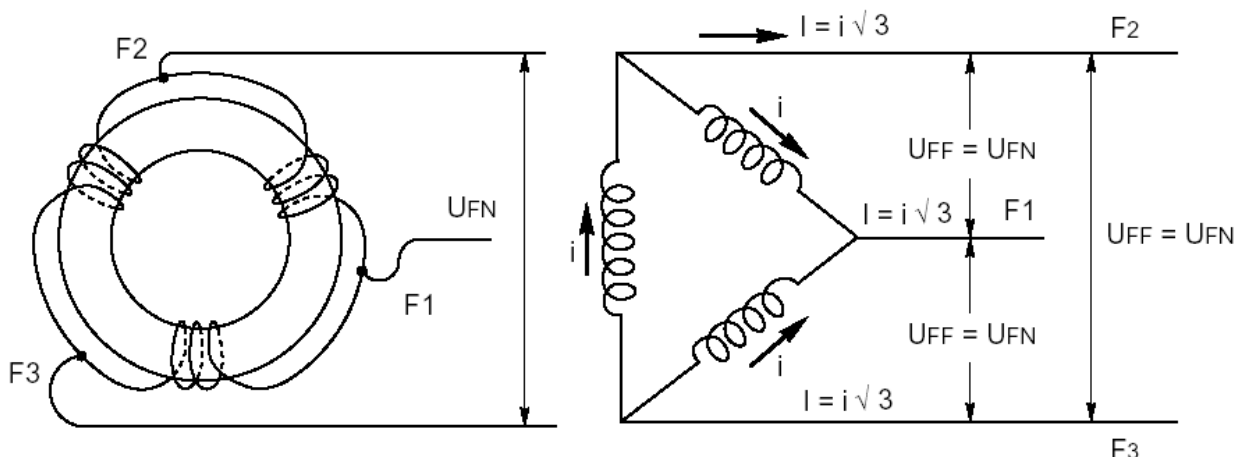
$$U_{FF} = \sqrt{3} \times U_{FN} \quad \text{ou} \quad U_{FN} = U_{FF} / \sqrt{3}$$

Sendo que $\sqrt{3}$ (leia-se raiz quadrada de três) = 1,732

IMPORTANTE: A Corrente Elétrica (I) é igual nas três Fases.

Circuito Trifásico Ligadas em Triângulo (Δ)

Quando as bobinas do Gerador Trifásico são ligadas entre si, de modo a constituírem um circuito fechado, como na figura abaixo, o Gerador tem uma ligação em Triângulo (Δ).



As relações entre as tensões e correntes, podem-se dizer que:

$$U_{FF} = U_{FN} \text{ e } I = i \times \sqrt{3}$$

Podem-se ter os circuitos trifásicos:

- A três fios: 3 Fases (F1, F2 e F3)
- A quatro fios: 3 Fases e 1 Neutro (F1, F2 e F3 e N).

Essas Fases também podem ser representados pelas letras: **R, S, T** ou **L1, L2, L3**. As formas de onda da tensão são senóides, defasadas entre si de 120° .

Observação: usa-se também, denominar os geradores de corrente alternada de “Alternadores”.

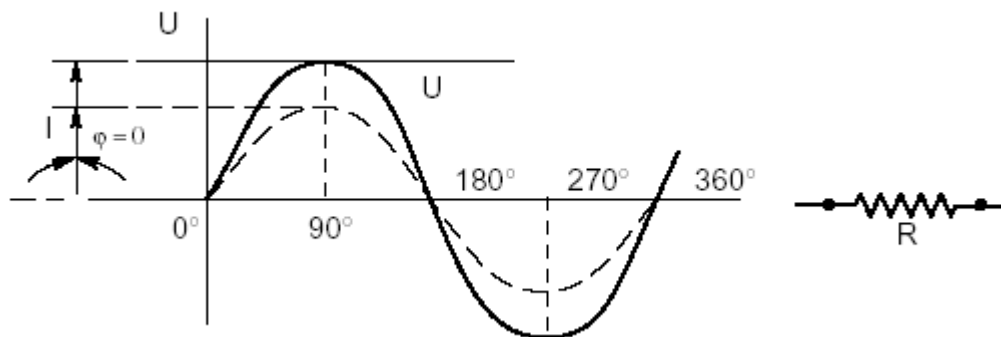
Potência em Corrente Alternada (CA)

Em um condutor elétrico energizado em Corrente Alternada (CA), passa uma determinada quantidade de energia, sendo um percentual Ativo e outro Reativo. Quanto maior for o percentual de Potência Ativa (kW) que passar, será melhor e mais econômico.

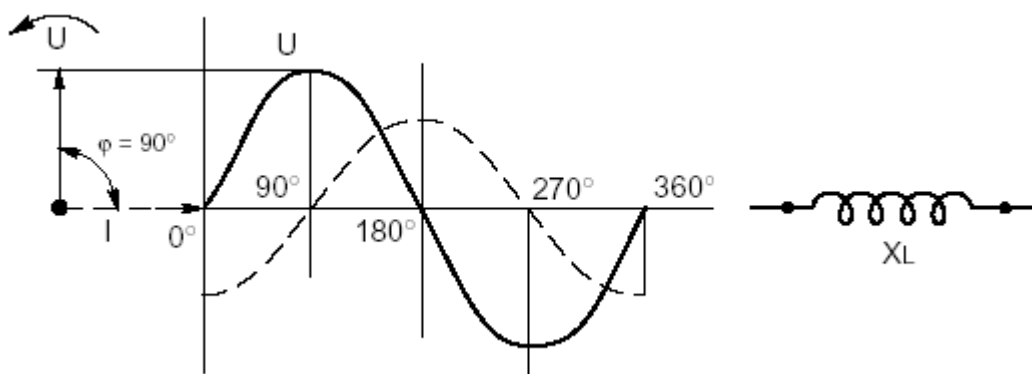
A Potência Reativa (kVAr) é necessária para produzir o fluxo magnetizante para o funcionamento dos aparelhos (motores, transformadores, etc), pode ser obtida junto a esses equipamentos, com a instalação de Capacitores.

A seguir, serão apresentados alguns conceitos, de forma bastante simplificada. Como foi visto anteriormente, em Corrente Alternada (CA), a Corrente Elétrica (I) e a Tensão Elétrica (U), são geradas e transmitidas em uma forma de onda de uma senoide. As ondas de Corrente e de Tensão podem estar defasadas uma da outra em um circuito elétrico: quando a Corrente está em uma determinada posição, a Tensão pode estar em outra posição, e vice-versa.

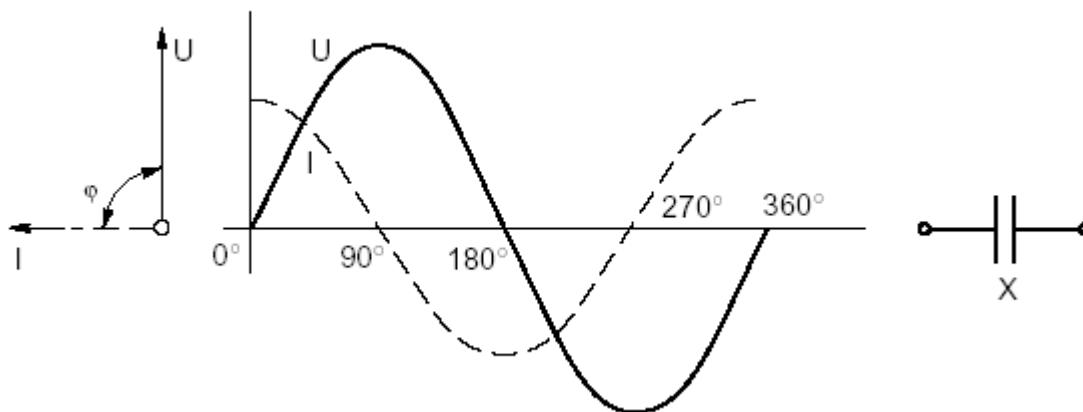
Quando a Tensão está em fase com a Corrente, a carga é denominada de **Resistiva**. O circuito elétrico é **Resistivo**.



Quando a Corrente está atrasada em seu deslocamento da Tensão, a carga é denominada de **Indutiva**. Esse atraso (defasagem) é de até 90° . O circuito elétrico é **Indutivo**.



Quando a Corrente está adiantada em seu deslocamento da Tensão, a carga é denominada de **Capacitiva**. Esse adiantamento (defasagem) é de até 90° . O circuito elétrico é **Capacitivo**.



Em um circuito elétrico de Corrente Alternada (CA), a oposição à passagem da corrente elétrica recebe os seguintes nomes:

- **Resistência (R)** quando se tratar de um circuito formado por resistência elétrica;
- **Reatância Indutiva (XL)** quando se tratar de bobinas (enrolamentos);
- **Reatância Capacitiva (XC)** quando se tratar de capacitor.

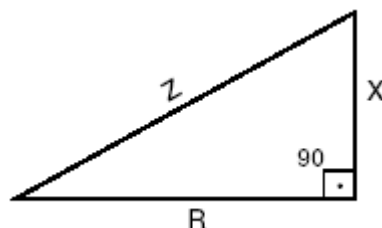
A soma vetorial das Reatâncias ($X_L + X_C$) com a Resistência (R), dá-se o nome de **Impedância (Z)**.

$$X = X_L - X_C$$

$X_L > X_C$ (o circuito é Indutivo)

$X_C > X_L$ (o circuito é Capacitivo)

Os valores da Resistência, das Reatâncias e da Impedância podem ser representados graficamente através de um triângulo retângulo.



Onde:

Z = Impedância do circuito, dada pela fórmula $Z = \sqrt{R^2 + X^2}$

R = Resistência do circuito

X = Reatância total do circuito (que é igual a $X = X_L - X_C$ ou $X = X_C - X_L$).

Uma carga ligada a um circuito de Corrente Alternada (CA) é quase sempre constituída de Resistência e Reatância, ou seja, tem-se normalmente uma Impedância (Z). A expressão da Potência $P = U \times I$ em geral, não é válida para todos os circuitos de corrente alternada, devendo ser acrescida à expressão um outro fator, conforme será mostrado a seguir, foi mostrado que a Potência (P) pode ser dada por:

$P = R \times I^2$ em **W (Watts)**. Se for substituído na expressão acima, a Resistência (R) pela Reatância total (X), tem-se:

$P = X \times I^2 = VA$ (**Volt Ampère**). Substituindo pela Impedância:

$P = Z \times I^2 = VA$ (**Volt Ampère**)

A expressão da Potência Reativa do circuito elétrico depende das Reatâncias existentes. Este produto é chamado de Potência Aparente, sendo a “soma vetorial” das duas Potências - Ativa e a Reativa.

Observação: não será explicado nas nossas aulas, como é feita a soma vetorial. Caso sejam necessárias maiores informações, deve-se procurar uma literatura técnica especializada.

Assim tem-se:

$$W = R \times I^2$$

$$VAr = X \times I^2$$

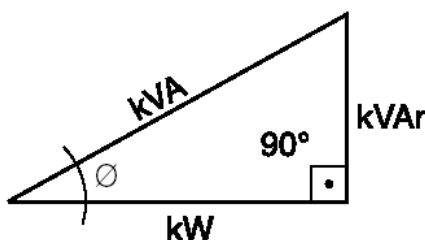
$$VA = Z \times I^2$$

W = Potência Ativa (ou kW, que corresponde a 1.000 W)

VAr = Potência Reativa (ou kVAr, que corresponde a 1.000 VAr)

VA = Potência Aparente (ou kVA, que corresponde a 1.000 VA)

Essas três Potências formam um triângulo, denominado “Triângulo das Potências”.



O ângulo ϕ é o ângulo do Fator de Potência ($\cos\phi = FP$).

Fator de Potência

A Potência Ativa (**kW**) é a que efetivamente produz trabalho. A Potência Reativa (**kVAr**) ou magnetizante, é utilizada para produzir o fluxo magnético necessário ao funcionamento dos motores, transformadores, etc. Para que se tenha uma idéia de como são essas duas formas de energia, será dado um exemplo de uma forma bastante simplificada.

Num copo cheio de cerveja, tem-se uma parte ocupada pelo líquido e outra ocupada pela espuma. Para aumentar a quantidade de líquido nesse copo, tem-se que diminuir a espuma. Assim, de maneira semelhante ao copo com cerveja, a Potência Elétrica solicitada, por exemplo, por um motor elétrico, é composta de Potência Ativa (kW) que “corresponde” ao líquido e Potência Reativa (kVAr) que “corresponde” à espuma.

A soma vetorial (em ângulo de 90°), das Potências Ativa e Reativa é denominada de Potência Aparente (kVA) que “corresponde” ao volume do copo (o líquido mais a espuma). Assim como o volume do copo é limitado, também a capacidade em kVA de

um circuito elétrico (fiação, transformadores, etc) é limitada. Para aumentar a Potência Ativa em um circuito, é preciso reduzir a Potência Reativa.

O Fator de Potência (FP) é definido como o quociente entre a Potência Ativa (kW) e a Potência Aparente (kVA). O Fator de Potência (FP) também é igual ao cosseno do ângulo $\varnothing$ do "Triângulo das Potências".

$$FP = \cos \varnothing \quad \text{ou} \quad FP = kW / kVA$$

Exemplo: Qual a potência do transformador, necessária para se ligar um motor de 10 CV com $FP = 0,50$ e qual a corrente do circuito para a tensão igual a 220 V? Calcular também para o $FP = 1,00$.

Transformando a potência do motor de cv para kW tem-se: $10 \text{ cv} = 10 \times 735,5 = \mathbf{7,3 \text{ kW}}$

1º Caso: Para $FP = 0,50$

$$\begin{aligned} P_{kVA} &= P_{kW} / \cos \varnothing \\ P_{kVA} &= 7,3 \text{ kW} / 0,50 \\ P_{kVA} &= 14,6 \text{ kVA} \\ I &= P_{VA} / U \\ I &= 14.600 \text{ VA} / 220 \text{ V} \\ \mathbf{I} &= \mathbf{66 \text{ A}} \end{aligned}$$

Resposta: Resposta:

Transformador de 15 kVA

2º Caso: Para $FP = 1,00$

$$\begin{aligned} P_{kVA} &= P_{kW} / \cos \varnothing \\ P_{kVA} &= 7,3 \text{ kW} / 1,00 \\ P_{kVA} &= 7,3 \text{ kVA} \\ I &= P_{VA} / U \\ I &= 7.300 \text{ VA} / 220 \text{ V} \\ \mathbf{I} &= \mathbf{33 \text{ A}} \end{aligned}$$

Transformador de 7,5 kVA

Pelo exemplo, verifica-se que quanto menor o Fator de Potência, mais problemas ele trará ao circuito: transformadores de maior capacidade ($P_{kVA} = P_{kW}/\cos \varnothing$), fiação mais grossa, conseqüentemente um maior custo, etc. Por isso é importante que o Fator de Potência de uma instalação elétrica tenha um valor mais próximo possível de 1 (um).

Todas as Concessionárias de Energia Elétrica cobram um ajuste financeiro (R\$) sobre o FP, quando o mesmo é inferior a 0,92 (capacitivo ou indutivo), de acordo com a Legislação em vigor. Para a correção do Fator de Potência podem ser utilizados os Capacitores, que são normalmente instalados junto as cargas (kW) elétricas.

Aparelhos

Os aparelhos de testes não medem os valores das grandezas elétricas, testam simplesmente a existência ou não, das mesmas. Podem, por exemplo, auxiliar na identificação do fio Fase energizado de um circuito elétrico.

Os aparelhos de medição

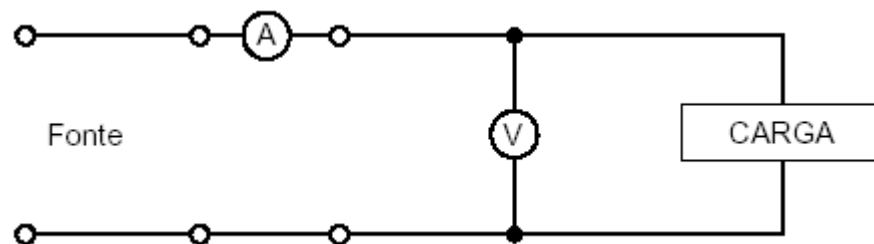
Os aparelhos de medição são instrumentos que, através de escalas, gráficos ou dígitos, fornecem os valores numéricos das grandezas que estão sendo medidas.

Como foi ressaltado anteriormente, é sempre preferível a utilização desses aparelhos, ao invés dos aparelhos de teste. Os aparelhos de medição, segundo a maneira de indicar os valores medidos, podem ser:

Amperímetro e Voltímetro

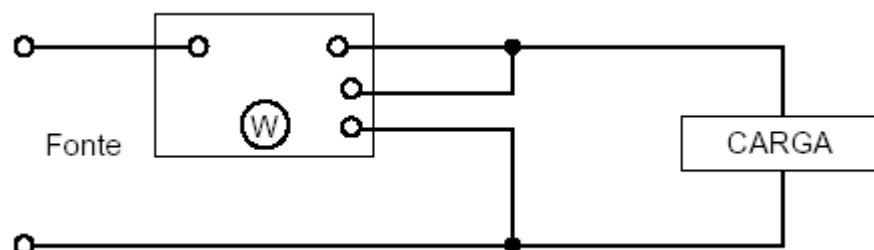
O Amperímetro é utilizado para medir a corrente elétrica de um circuito e deve ser ligado em série com a carga.

O Voltímetro é utilizado para medir a tensão elétrica de um circuito e deve ser ligado em paralelo com a carga.



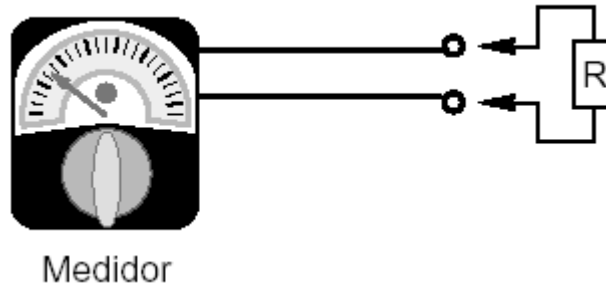
Wattímetro

A medição de potência elétrica (W) é feita por um aparelho, o Wattímetro, que associa as funções do Voltímetro e do Amperímetro. No Wattímetro, é indicado o terminal comum que deve ser ligado ao lado da carga.



Ohmímetro

O Ohmímetro é utilizado para medir a resistência elétrica. O Ohmímetro é também usado para se verificar a continuidade de um circuito elétrico. Observação: o circuito elétrico deverá estar desenergizado.

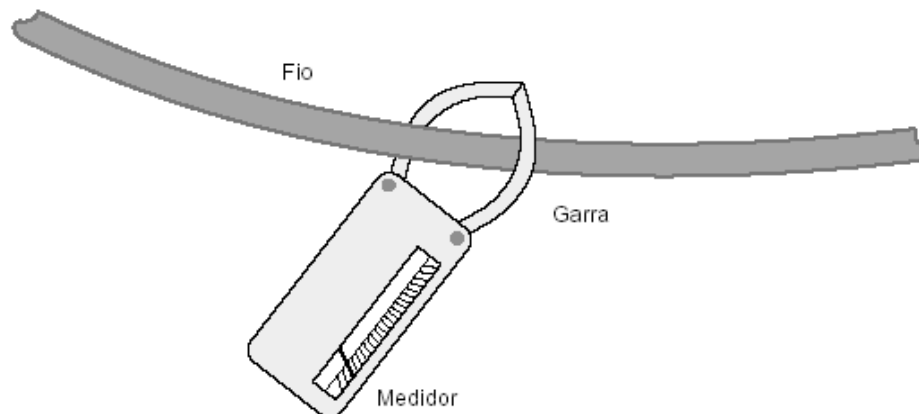


Alicate Volt-Amperímetro

O medidor de Corrente e de Tensão, tipo “alicate”, é um aparelho largamente utilizado. É conhecido como Alicate Volt-Amperímetro. Esse instrumento possui escalas para medir a Corrente e a Tensão. Com isso, deverá ser ajustado através de uma chave seletora (corrente ou tensão), antes de efetuar a medição.

Se a pessoa não tem uma idéia do valor da corrente ou da tensão a ser medida, ela deverá ajustar o aparelho para a maior escala de corrente ou tensão e se for o caso, ir diminuindo a escala para que seja efetuada a medição corretamente. Deve-se consultar o Manual de instruções do aparelho.

Medição de corrente elétrica: O aparelho possui garras que “abraçam” o condutor onde passa a corrente elétrica a ser medida. Essas garras funcionam como núcleo de um transformador de corrente em que o primário é o condutor, no qual está sendo realizada a medição e o secundário é uma bobina enrolada que está ligada ao medidor propriamente dito, conforme indica a figura a seguir.



O amperímetro deverá abraçar apenas o(s) fio(s) da mesma Fase (F1, F2 ou F3),

Para medir tensão, esse instrumento possui dois terminais nos quais são conectados os fios, que serão colocados em contato com o local a ser medido.

Circuitos Elétricos Residenciais

Antes de iniciar, serão abordadas algumas informações gerais, que poderão ser importantes para a compreensão e entendimento das nossas aulas. As instalações elétricas de baixa tensão são regulamentadas pela Norma Brasileira vigente, a NBR 5410/97 “Instalações Elétricas de Baixa Tensão” da ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. Essa Norma, também conhecida como NB 3, fixa os procedimentos que devem ter as instalações elétricas: PROJETO, EXECUÇÃO, MANUTENÇÃO e VERIFICAÇÃO FINAL, a fim de garantir o seu funcionamento adequado, a segurança das pessoas e de animais domésticos e aplica-se às instalações elétricas (novas e reformas das existentes) alimentadas sob uma tensão nominal igual ou inferior a 1.000 Volts em Corrente Alternada (CA).

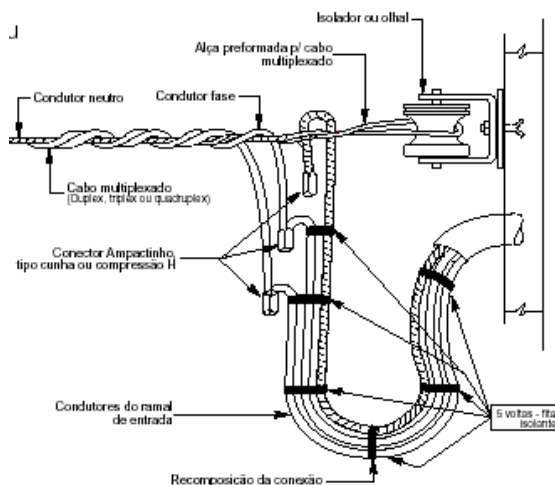
As Concessionárias de energia por sua vez, fornecem a energia elétrica para os consumidores de acordo com a carga (kW) instalada e em conformidade com a legislação em vigor. “Condições Gerais de Fornecimento de Energia Elétrica”, que estabelece os seguintes limites para atendimento:

a) Tensão Secundária de Distribuição – Grupo B (Baixa Tensão): Quando a carga instalada na unidade consumidora for igual ou inferior a 75 kW. Os consumidores do Grupo B são atendidos na tensão inferior a 2.300 Volts. Os consumidores são atendidos na tensão 220/127 Volts (Trifásico);

b) Tensão primária de distribuição inferior a 69 kV: Quando a carga instalada na unidade consumidora for superior a 75 kW e a demanda contratada ou estimada pelo interessado, para o fornecimento, for igual ou inferior a 2.500 kW. Os consumidores são atendidos geralmente na tensão de 13.800 Volts (Trifásico);

c) Tensão primária de distribuição igual ou superior a 69 kV: Quando a demanda contratada ou estimada pelo interessado, para o fornecimento, for superior a 2.500 kW. Da legislação em vigor, foram retiradas as seguintes definições:

d) Carga instalada: soma das potências nominais dos equipamentos elétricos instalados na unidade consumidora, em condições de entrar em funcionamento, expressa em quilowatts (kW).



. A dois fios (Monofásico):

- uma Fase e um Neutro
- tensão de 127 V;

. A três fios (Bifásico):

- duas Fases e um Neutro
- tensões de 127 e 220 V, ou
- tensões de 127 e 254 V;

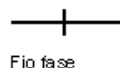
. A quatro fios (Trifásico):

- três Fases e um Neutro
- tensões de 127 e 220 V

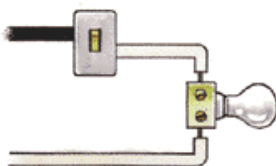
Símbolos e Convenções

Os Símbolos e as Convenções são muito úteis para representação dos pontos e demais elementos que constituem os circuitos de um Projeto Elétrico. A Norma da ABNT, a NBR 5444 – “Símbolos Gráficos para Instalações Elétricas Prediais” da ABNT, estabelece os símbolos gráficos referentes às instalações elétricas prediais.

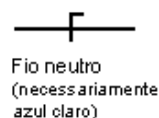
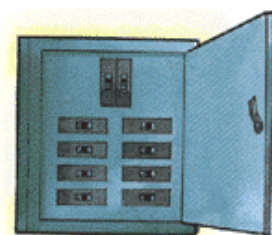
A seguir estão os principais símbolos e convenções usados em nossas aulas:



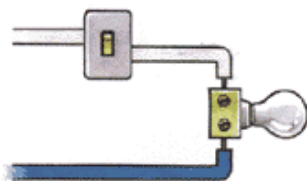
Fio fase



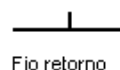
Quadro de distribuição



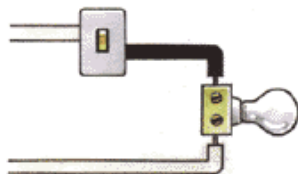
Fio neutro
(necessariamente azul claro)



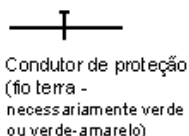
Ponto de luz no teto
100 - potência de iluminação
2 - número do circuito
a - comando



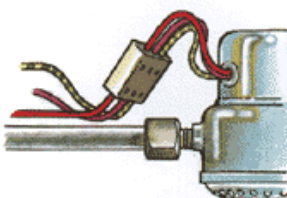
Fio retorno



- ⊖ Tomada baixa monofásica
- ⊕ Tomada baixa monofásica com terra
- ⊖ Tomada baixa bifásica
- ⊖ Tomada baixa bifásica com terra



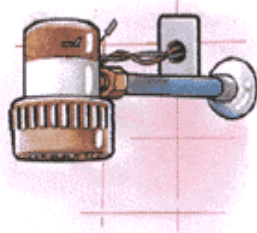
Condutor de proteção
(fio terra - necessariamente verde ou verde-amarelo)



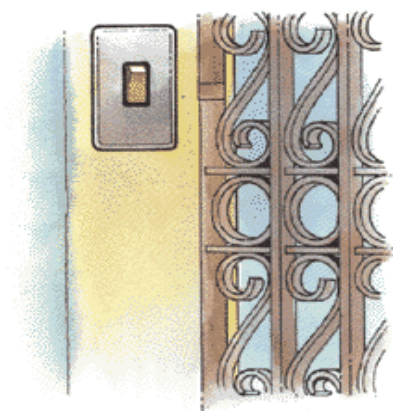
- ⊕ Tomada média monofásica
- ⊕ Tomada média monofásica com terra
- ⊖ Tomada média bifásica
- ⊖ Tomada média bifásica



- ⊖ Caixa de saída alta monofásica
- ⊕ Caixa de saída alta monofásica com terra
- ⊖⊕ Caixa de saída alta bifásica
- ⊖⊕⊕ Caixa de saída alta bifásica com terra



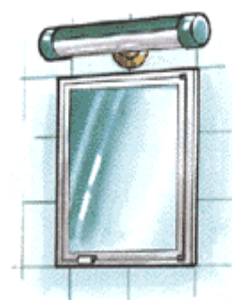
⊖ Botão de campainha



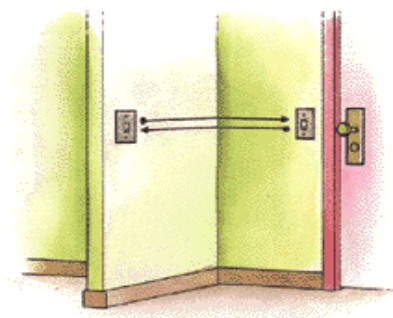
S Interruptor simples



D Ponto de luz na parede



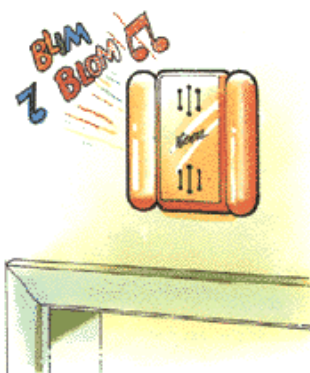
⌚ Interruptor paralelo



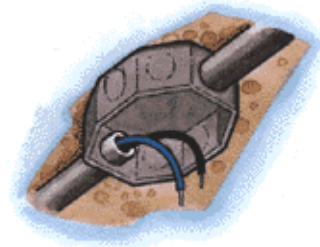
----- Eletroduto embutido na parede



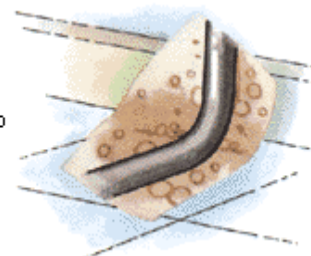
⌚ Campainha



_____ Eletroduto sobre a laje



----- Eletroduto embutido no piso



Outras representações Normalizadas:

	Condutores: Fase, Neutro e Retorno
	Condutor de Proteção (PE)
	Aterramento
	Marcação de circuitos
	Retorno do Interruptor Paralelo ("Three Way")
	Retorno do Interruptor Intermediário ("Four Way")
	Interruptor simples
	Interruptor duplo
	Interruptor Paralelo ("Three Way")
	Interruptor Intermediário ("Four Way")
	Caixa de passagem
	Eletroduto embutido no teto ou parede
	Eletroduto embutido no piso
	Que sobe
	Que desce
	Ponto de luz incandescente
	Ponto de luz fluorescente
	Arandela média-altura
	Arandela alta
	Refletor
	Tomada alta
	Tomada média
	Tomada baixa (de 30 a 40 cm do piso) (mínimo 25 cm)
	Tomada de força (bipolar)
	Tomada de força (tripolar)
	Tomada para TV (antena)
	Quadro de Distribuição de Circuitos - QDC
	Quadro de medição
	Gerador
	Motor
	Cigarra
	Campainha
	Botão de campainha
	Chave de faca (simples)
	Chave de faca (bipolar)
	Chave de faca (com fusível)
	Disjuntor a seco

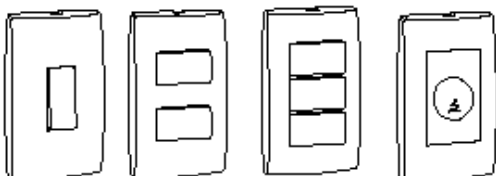
Exercícios (Anexo 01)

Interruptores, Tomadas e Lâmpadas

Existem diversos tipos de Interruptores e Tomadas de Uso Geral, sendo que cada um, é adequado para uma determinada utilização. Sempre devem ser consultados os catálogos de fabricantes com o objetivo de identificar, quais os dispositivos mais apropriados para cada situação.

Interruptores

Os Interruptores podem ser simples, duplos, triplos, intermediários, paralelos, bipolares, “dimmers”, etc, sendo que cada um é próprio para ser usado em uma determinada função específica. Uns tipos proporcionam mais conforto e segurança, economia de energia do que os outros.

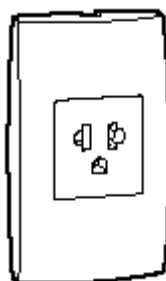


Os “dimmers” são interruptores que, através de um circuito (geralmente eletrônico), variam a intensidade luminosa da lâmpada instalada em seu circuito, podendo proporcionar economia de energia elétrica.

Existem interruptores tipo “dimmer” nos modelos de interruptor simples e interruptor paralelo (ver subitem 2.7.1 página 59). A instalação do “dimmer” é feita do mesmo modo que a do interruptor correspondente. Ver manual do fabricante.

Tomadas de Uso Geral e Especifico (Tugs e Tues)

As Tomadas de Uso Geral (**Tugs**), recomendadas são as de 2P + TU, para conter os Condutores Fase, Neutro e o de Proteção (PE ou fio terra). Essas Tomadas de 3 pólos apresentam disposições e tipos de pólos diferentes para cada encaixe de plugues, também existem as Tomadas de 2 pólos.



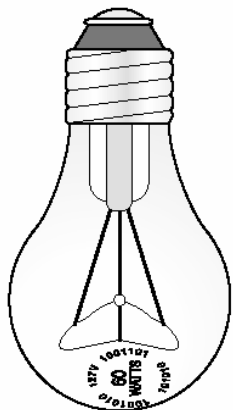
Os Interruptores e Tomadas de Uso Geral para serem utilizados em instalações elétricas residenciais, são feitos para suportar com segurança, uma determinada corrente e tensão, máximas.

As correntes elétricas máximas para as Tomadas, geralmente são de 10, 15 ou 20 A. A tensão elétrica, normalmente é de 250 V.

Os equipamentos exclusivos (**Tues**), devem ser ligados aos condutores dos circuitos elétricos, através de conectores ou tomadas apropriados.

Lâmpadas Incandescentes

São utilizadas na iluminação geral. As Lâmpadas Incandescentes são os tipos mais utilizados nas Residências, apesar de ter uma baixa Eficiência Luminosa (lm/W).



Elas produzem luz pelo aquecimento, a uma temperatura muito alta, de um filamento de tungstênio, quando passa uma corrente elétrica. Cerca de 80 % da energia elétrica (kWh) consumida é transformada em calor, sendo que apenas 15 %, geram luz.

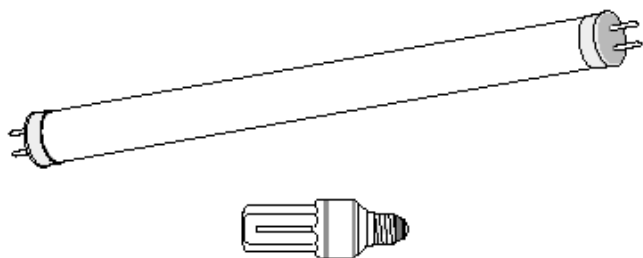
Alguns tipos dessas lâmpadas podem ser utilizados com o Interruptor tipo "dimmer". É a mais usual nas residências, quando fabricadas para funcionarem na tensão de 124 Volts, terão uma vida média em torno de 1.000 horas.

Se esta lâmpada funcionar em 127 Volts, a vida média cai para em torno de 750 horas.

As lâmpadas incandescentes comuns quando fabricadas para funcionarem na tensão de 220 Volts, terão uma vida média em torno de 1.000 horas.

Lâmpadas Fluorescentes

São lâmpadas que utilizam descarga elétrica através de um gás. Consiste em um bulbo cilíndrico de vidro revestido de material fluorescente (cristais de fósforo), contendo vapor de mercúrio a baixa pressão em seu interior e portando em suas extremidades, eletrodos de tungstênio.



A Temperatura de Cor pode ter diversas tonalidades, dependendo do fabricante.

Dessa forma, conforme a finalidade deverá ser usada a lâmpada com a Temperatura de Cor adequada.

As lâmpadas fluorescentes emitem menos calor e iluminam mais, se comparadas com as lâmpadas incandescentes comuns.

Os tipos mais usados na residência as Lâmpadas Fluorescentes Tubulares e as Lâmpadas Fluorescentes Compactas.

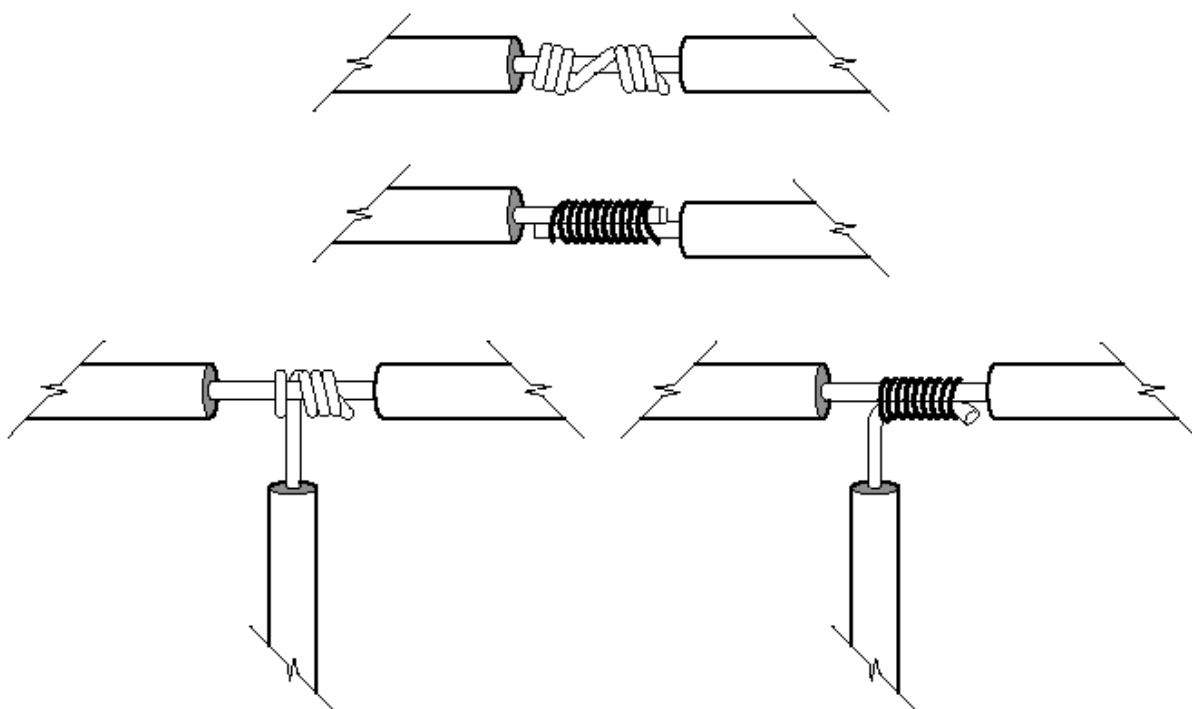
Recomendações Gerais

Emendas e Derivações

Devem garantir a continuidade elétrica e a resistência mecânica do circuito elétrico, podendo ser:

- O condutor de pequeno diâmetro usa-se torcer um condutor sobre o outro;
- Quando se trata de condutores maiores, usa-se um fio mais fino enrolado sobre a emenda, a fim de melhorar a resistência mecânica.

Os desenhos a seguir, mostram essas situações.

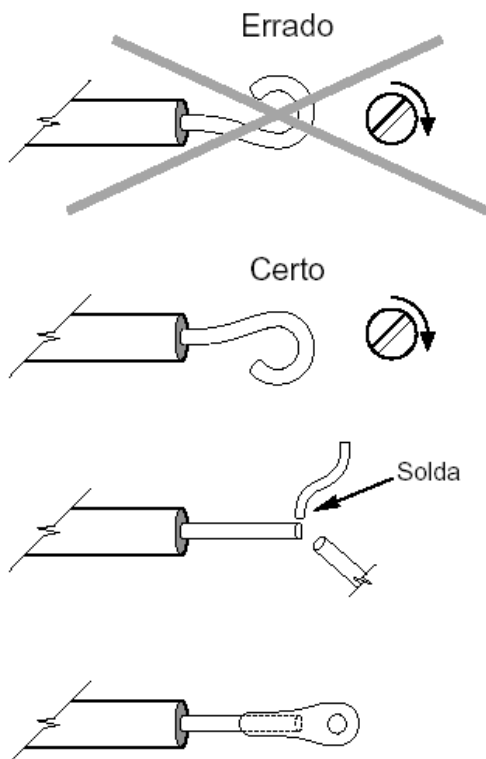


Em ambos os casos, recomendam-se cobrir a emenda com solda, a fim de garantir uma perfeita continuidade elétrica ao circuito. Para ligação de aparelhos com cordões flexíveis, deve-se usar um nó de segurança nas extremidades do condutor, a fim de evitar que qualquer esforço mecânico efetuado sobre o condutor seja transmitido aos contatos elétricos. Posteriormente a elaboração da emenda, deve-se isolá-la com fita isolante.

Ligações dos Terminais

Ao ser efetuada a ligação de um condutor em um terminal com parafuso, deve-se fazer a volta no condutor no mesmo sentido da rotação do parafuso ao ser apertado, para evitar que o condutor escape debaixo da cabeça do parafuso. Quando o condutor for flexível (tipo cabo), deve-se tornar rígida a sua extremidade com solda, ou então, usar um terminal apropriado.

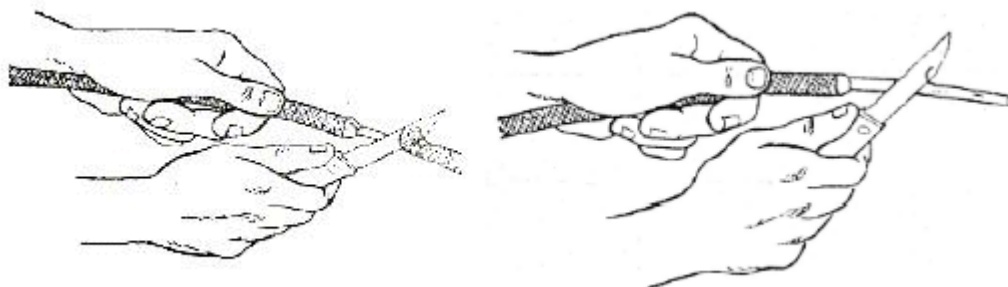
Os desenhos a seguir, mostram essas situações.



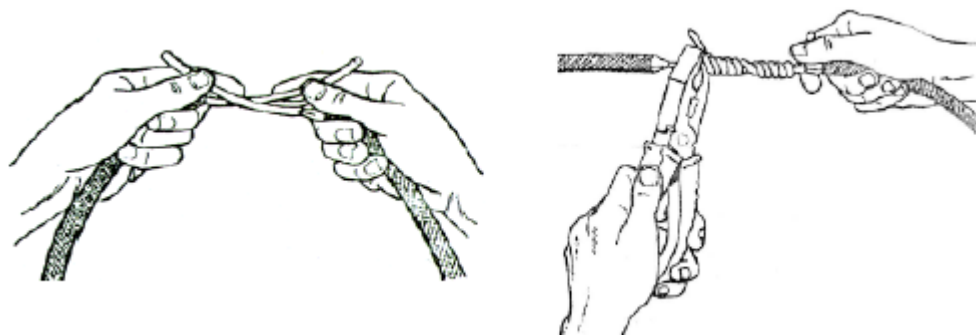
Emendas.

Essas emendas, entretanto, poderão se transformar mais tarde fontes de mau contato, produzindo aquecimento e, portanto, perigos de incêndio ou de falhas no funcionamento da instalação, se forem mal executadas.

O comprimento de cada ponta deve ser suficiente para aproximadamente umas 06 (seis) voltas em torno da ponta do outro condutor.



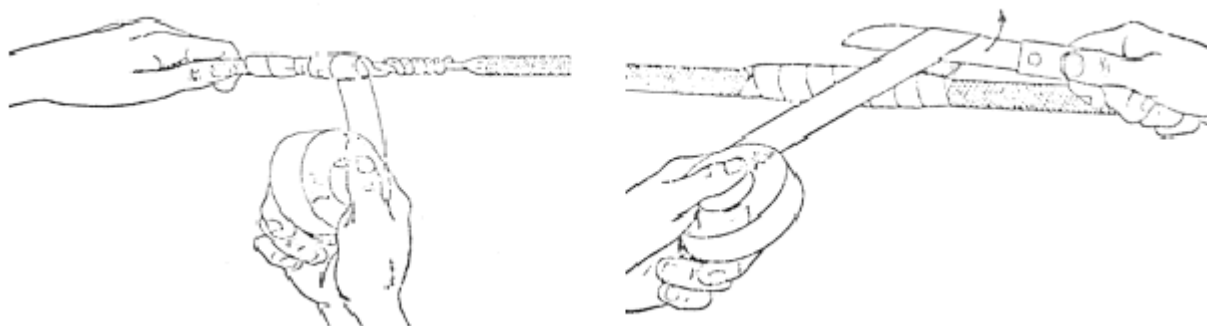
Limpe os condutores, retirando os restos do isolamento. Caso o condutor apresente oxidação na região da emenda, raspe o condutor com as costas da lâmina, a fim de eliminar a oxidação.



As pontas devem ficar completamente enroladas e apertadas no condutor, evitando-se assim que estas pontas perfurem o isolamento de acordo com a Figura.



A execução de uma emenda bem feita deve garantir que a camada isolante do condutor seja ultrapassada por uns dois centímetros. Corte a fita isolante, seguindo o procedimento de acordo com as Figura

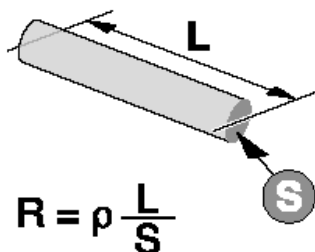


É uma parte muito importante na execução da instalação elétrica. Após a instalação dos eletrodutos, caixas, fiação, etc, as caixas deverão ser tampadas para não serem sujas quando do reboco das paredes ou a colocação do piso e dos azulejos.

Esses dispositivos deverão ser tampados, para que não sejam sujos durante a pintura e acabamento geral da residência. Após o acabamento geral, os dispositivos deverão ser destampados, limpos novamente e em seguida finalizar o acabamento, colocando as placas das caixas e fazendo um teste final do funcionamento dos circuitos elétricos.

Condutores

Os metais são condutores de corrente elétrica. Entretanto determinados metais conduzem melhor a corrente elétrica do que outros, ou seja, alguns oferecem menor resistência à passagem da corrente elétrica. A resistência elétrica de um condutor pode ser expressa pela fórmula:


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

Onde:

R = Resistência elétrica do condutor Ω

ρ = Resistividade (varia com o material empregado) $\Omega \text{ mm}^2 / \text{m}$

L = Comprimento do condutor **m**

S = Seção (área) transversal do condutor **mm²**

Observação: O inverso da resistência elétrica tem o nome de **Condutividade**.

Os metais mais usados para condução de energia elétrica são:

Prata - utilizada em pastilhas de contato de contadores, relés, etc; Resistividade média é $0,016 \Omega \text{mm}^2/\text{m}$ a 20°C ;

Cobre - utilizado na fabricação de fios em geral e equipamentos elétricos (chaves, interruptores, tomadas, etc). Resistividade média do cobre duro é $0,0179 \Omega \text{mm}^2/\text{m}$ a 20°C ;

Alumínio - utilizado na fabricação de condutores para linhas e redes por ser mais leve e de custo mais baixo. Os condutores de alumínio podem ser de:

CA – alumínio sem alma de aço

CAA - alumínio enrolado sobre um fio ou cabo de aço (“alma de aço”) Resistividade média é $0,028 \Omega \text{mm}^2/\text{m}$ a 20°C .

Observação: comparando os valores de resistividade do cobre e alumínio, pode ser verificado que o cobre apresenta menor resistividade, conseqüentemente para uma mesma seção (mm^2), os condutores de cobre, conduzem mais corrente elétricas.

Os condutores de metal podem ter os seguintes tipos de formação:

- **Fio** – formado por um único fio sólido;
- **Cabo** – formado por encordoamento de diversos fios sólidos.



Condutor Fase

O condutor Fase é o elemento do circuito que está carregado (Tensão e Corrente) em todo o sistema da instalação elétrica. Para os circuitos elétricos poderemos ter partindo do QDC: Circuito Monofásico; Bifásico; Trifásico;

- **Condutor Neutro:** deve ser sempre na **cor azul claro**;
- Circuito de Iluminação: **1,5 mm²**
- Circuito de Força - Tomadas de Uso Geral (**Tugs**): **2,5 mm²**
- Circuito de Força - Uso Específico (**Tues**): **4,0 a ----- mm²**

Observações: Nos cordões flexíveis para ligação de aparelhos eletrodomésticos, abajures, lustres e aparelhos semelhantes, poderão ser usados, o condutor de 0,75 mm².

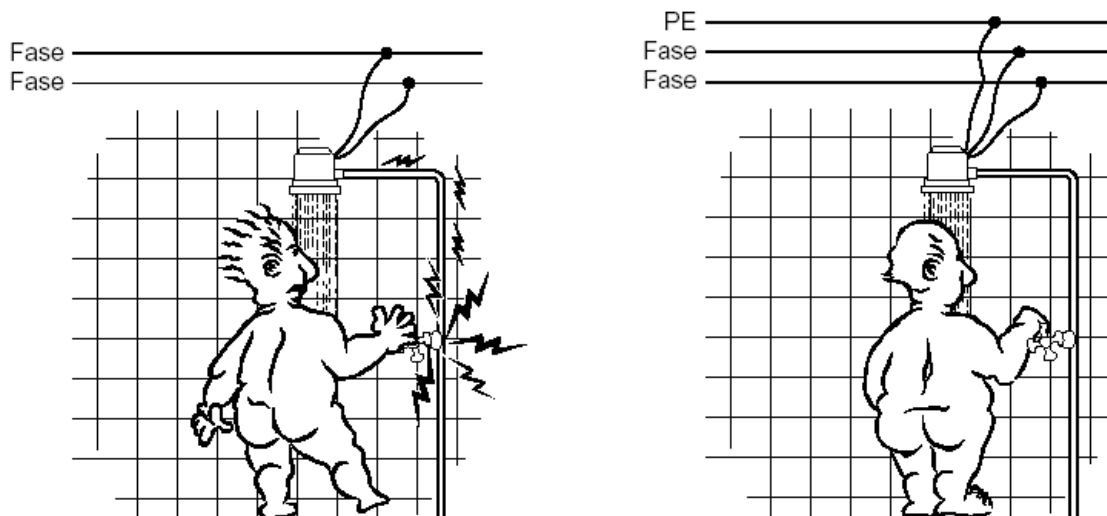
Condutor de Proteção (PE)

A isolação do condutor de Proteção (PE) deverá ser na cor verde-amarela ou verde. O condutor de Proteção (PE) para o caso das instalações elétricas residenciais, será considerado, como um condutor que será aterrado junto ao “Padrão de Entrada” para o fornecimento de energia elétrica, de acordo com os procedimentos estabelecidos nas Normas vigentes. Os Aterramentos Elétricos podem ser:

- Deverá ser na **cor verde-amarela ou verde**
- Aterramento por razões funcionais: o Aterramento é necessário para que o equipamento elétrico funcione corretamente e tenha proteção;
- Aterramento do equipamento por razões de proteção e segurança: neste caso, o Aterramento protege as pessoas e/ou animais domésticos contra os choques elétricos.

O caso bastante comum de choque elétrico, é um fio desencapado encostando na estrutura metálica de um aparelho energizado. Estando o aparelho aterrado, a corrente elétrica poderá ser desviada para a Terra, evitando o choque elétrico.

Através do Aterramento, a corrente elétrica tem um caminho mais fácil (Curto Circuito) para escoar para a Terra.



Condutor Neutro

O condutor Neutro é o elemento do circuito que estabelece o equilíbrio de todo o sistema da instalação elétrica. Para cada circuito elétrico teremos que ter um condutor Neutro partindo do QDC. De acordo com a Norma NBR 5410, em nenhuma circunstância, o condutor Neutro, poderá ser comum a vários circuitos.

Observação: O Condutor Neutro **não** deverá ser interligado ao longo da instalação elétrica interna, ao Condutor de Proteção (PE) e nem usado como tal. Este condutor deve possuir a mesma seção (mm²) que o condutor Fase, nos seguintes casos:

- **Condutor Neutro:** deve ser sempre na **cor azul claro**;
- Circuitos monofásicos a 2 e 3 condutores e
- Bifásicos a 3 condutores, qualquer que seja a seção (mm²);

Nota: A Norma NBR 5410 determina: Em nenhuma hipótese, podem ser trocadas essas cores. Exemplo os cabos com isolamento verde-amarela não podem ser utilizados como condutor Fase.

Fase R - preto

Fase S - branco

Fase T - vermelho

Neutro - azul claro

Terra - verde

Dimensionamento do Condutor

Assim como o diâmetro de um cano é função da quantidade de água que passa em seu interior, a bitola de um condutor depende da quantidade de elétrons que por ele circula (corrente elétrica). Além disso, toda vez que circula corrente, o condutor se aquece, devido ao "atrito" dos elétrons em seu interior.

No entanto, há um limite máximo de aquecimento suportado pelo fio ou cabo, acima do qual ele começa a se deteriorar. Nessas condições, os materiais isolantes se derretem, expondo o condutor de cobre, podendo provocar choques e causar incêndios. Para evitar que os condutores se aqueçam acima do permitido, devem ser instalados disjuntores ou fusíveis nos quadros de luz.

Esses dispositivos funcionam como uma espécie de "guarda-costas" dos cabos, desligando automaticamente a instalação sempre que a temperatura nos condutores começar a atingir valores perigosos. Dessa forma, o valor do disjuntor ou fusível (que é expresso sempre em Ampères – A) deve ser compatível com a bitola do fio, sendo que ambos dependem da corrente elétrica que circula na instalação.

Como a corrente é o resultado da potência dividida pela tensão, a tabela abaixo indica a bitola do condutor e o valor do disjuntor em função desses parâmetros.

Tipo de circuito	Tensão (volts)	Potência máx. (watts)	Bitola fio (mm ²)	Disjuntor máx. (A)
Iluminação	110	1.500	1,5	15
TUGS	110	2.000	2,5	20
TUES	220	4.000	4	25
Chuv. Torneiras eletr.	220	6.000	6	35
Ar condicionado	220	3.600	4	20

IMPORTANTE:

- Nunca aumentar o valor do disjuntor ou do fusível sem trocar a fiação, uma vez que deve haver uma correspondência entre eles;
- A menor bitola permitida por norma para circuitos de lâmpadas é de 1,5mm² e, para tomadas, de 2,5mm²;
- Devem ser previstos circuitos separados para iluminação e tomadas.

Eletroduto

Os eletrodutos são fabricados, normalmente, em varas de comprimento de 3 metros. A conexão entre duas peças deve ser feita através de luvas, de tal forma que seja assegurada a resistência mecânica do conduto. Os eletrodutos são fixados nas caixas retangulares, quadradas, octogonal, etc, através de buchas e arruela. As curvas de 45º ou 90º, quando utilizadas, deverão ser fixadas aos eletrodutos, através de luvas.

Gesso Acartonado



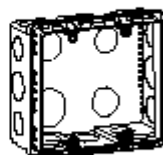
4"X2"



4"X4"

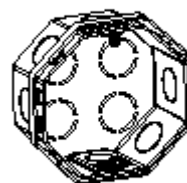


4"X2"



4"X4"

Octogonal

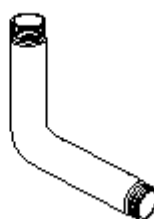


4"X4"

Curvas ,Luvas, Buchas e arruelas:



Curva 45º



Curva 90º



Luva



Bucha



Arruela

O diâmetro externo mínimo do eletroduto utilizado em instalações elétricas internas, deverá ser de 16 mm. A quantidade de condutores que podem ser enfiados em um eletroduto depende do tipo de condutor (diâmetro externo) e do diâmetro interno do eletroduto.

A Norma NBR 5410/97 estabelece que a taxa máxima de ocupação em relação à área da seção transversal dos eletrodutos não seja superior a:

- 53% no caso de um condutor ou cabo;
- 31% no caso de dois condutores ou cabos;
- 40% no caso de três ou mais condutores ou cabos.

Esta providência deverá ser tomada com a finalidade de facilitar a enfição, ou reenfição nos casos de modificações dos condutores nos eletrodutos. A expressão matemática a seguir, permite calcular o diâmetro do eletroduto a ser utilizado.

$$D = \frac{\sqrt{d^2 \times N}}{K}$$

Onde:

D: Diâmetro interno do eletroduto em mm;

N: Número de condutores;

d: Diâmetro externo do condutor;

K: Taxa máxima de ocupação (dado pela Tabela 5.3.)

QUANTIDADE DE CABOS ISOLADOS	TAXA MÁXIMA DE OCUPAÇÃO (K)
1	0,53
2	0,31
3	0,40
4	0,40
Mais de 4	0,40

Tabela 5.3

A partir do cálculo do diâmetro do eletroduto, pela fórmula, deve-se consultar a Tabela 5.4 “Número Máximo de Condutores em Eletrodutos” página 175. Essa Tabela mostra como dimensionar o eletroduto, em função número de condutores de mesma seção (mm²).

Exemplo 1: Dimensionar o diâmetro de um eletroduto capaz de conduzir 6 condutores de 10 mm² isolados em PVC, cujo diâmetro externo é 6,1 mm (Tabela do Anexo 8). Como na Tabela não tem uma coluna para 6 condutores de 10 mm² isolados em PVC, deve-se usar a fórmula a seguir.

$$D = \frac{\sqrt{(6,1)^2 \times 6}}{0,4} = \mathbf{23,6 \text{ mm}}$$

Consultando uma Tabela 5.4 “Número Máximo de Condutores em Eletrodutos”, verifica-se que não existe o eletroduto de 23,6 mm. Com isso, deverá ser utilizado o primeiro eletroduto de diâmetro superior a 23,6 mm encontrado na Tabela 5.4. No caso deste Exemplo 1, o eletroduto é o de diâmetro de 25 mm. Nossas aulas adotará tabelas

práticas para dimensionar os eletrodutos, com o objetivo de facilitar o dimensionamento. Entretanto outros métodos existentes e podem ser utilizados.

Exemplo 2: Dimensionar o eletroduto para a colocação de 6 condutores de 4 mm². Como a Tabela 5.4 tem a coluna para 6 condutores de 4 mm², deverá ser aplicação direta da Tabela 5.4. O eletroduto é de diâmetro de 20 mm. Usando a fórmula do Exemplo 1, chega-se ao mesmo resultado.

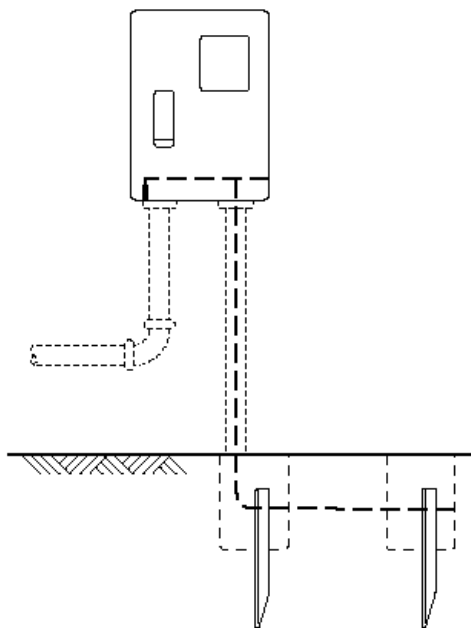
Número Máximo de Condutores em Eletrodutos

CONDUTOR (mm ²)	ELETRODUTO - Ø Nominal (mm)									
	16	20	25	31	41	47	59	75	88	100
1,5	7	12	21	34	60	80	132	215	303	398
2,5	4	8	14	22	40	52	86	141	199	262
4	2	6	10	17	31	40	67	110	155	203
6	2	5	8	14	24	32	53	87	123	162
10	1	2	5	8	14	19	31	52	73	96
16	1	2	2	6	10	13	22	37	52	69
25	1	1	2	3	6	9	14	24	34	45
35	-	1	1	2	4	6	10	17	24	32
50	-	1	1	2	2	5	8	13	18	24
70	-	-	1	1	2	3	6	10	15	19
95	-	-	1	1	2	2	4	7	10	14

Tabela 5.4

Aterramento Elétrico

Denomina-se “Aterramento Elétrico”, a ligação intencional de um componente através de um meio condutor com a Terra. Por exemplo: ligar a carcaça de um chuveiro elétrico, através de um condutor, com a Terra.



- **Todo equipamento elétrico deve, por razões de segurança, ter o seu corpo (parte metálica) aterrado.**

Também os componentes metálicos das instalações elétricas, tais como, os Quadros de Distribuição de Circuitos – QDC, os eletrodutos metálicos, caixas de derivação, etc, devem ser corretamente aterradas.

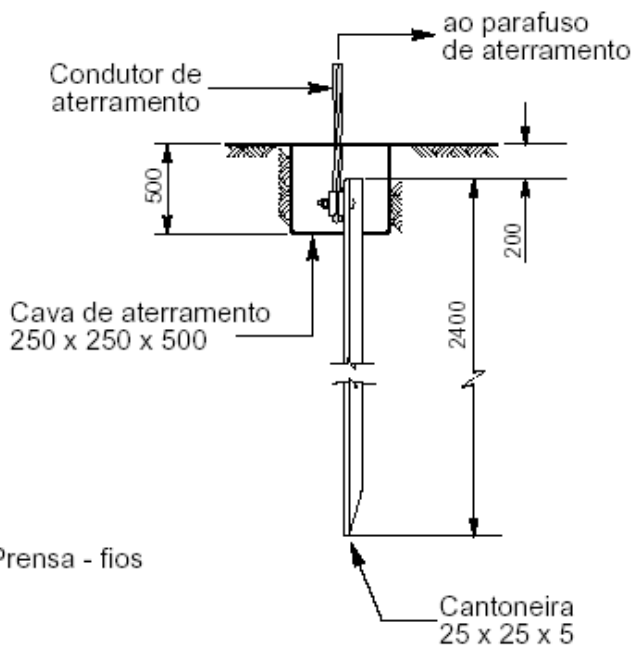
Quando há um defeito na parte elétrica de um equipamento que está corretamente aterrado, a corrente elétrica escoar para o solo (Terra). Alguns tipos de solos, são melhores condutores de corrente elétrica, pois têm uma menor Resistividade Elétrica.

A Resistividade é em função do tipo de solo, umidade e temperatura.

Todo Aterramento elétrico tem um valor de Resistência (ohms). O valor da resistência do Aterramento é muito importante.

Quanto menor o valor é melhor, pois aumenta a segurança – a corrente elétrica de falta escoar para a terra com mais facilidade.

Alguns aparelhos elétricos têm um plugue de tomada com três pinos, apropriado para a conexão desse aparelho. Erroneamente as pessoas colocam adaptador que elimina o pino de aterramento.



Diagramas

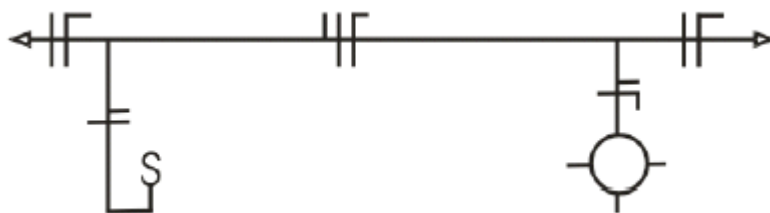
Unifilar e Multifilar

Estes e outros símbolos são normalizados pela ABNT através de normas específicas.

Unifilar representação do eletroduto ou conduíte e é somente representado em plantas baixas, mas o eletricitista necessita de um outro tipo de esquema chamado multifilar.

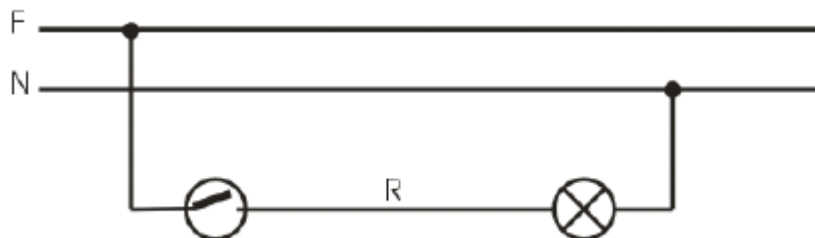
Multifilar representação de dois ou mais fios, onde se mostra detalhes de ligações e funcionamento, representando todos os seus condutores, assim como símbolos explicativos do funcionamento, como demonstra o exemplo a seguir:

Diagrama **Unifilar**:



Representação do eletroduto e dentro dele, estão os fios: Fase, neutro, retorno e estão ligados a um interruptor e uma lâmpada.

Diagrama **Multifilar**:

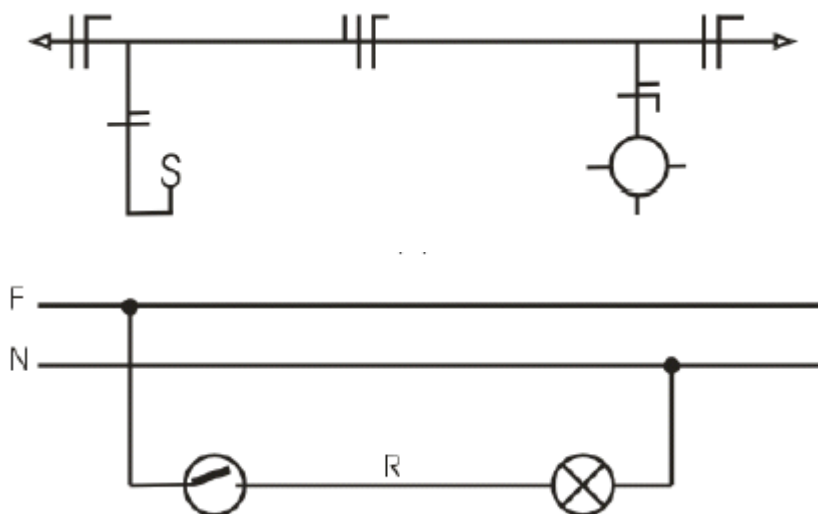


Representação de dois ou mais fios e mostra os detalhes de ligação e funcionamento.

Instalações

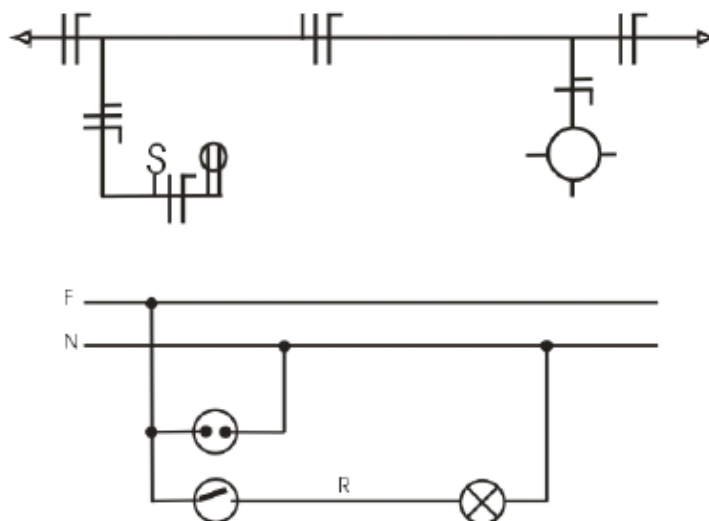
1) INSTALAÇÃO DE UMA LÂMPADA INCANDESCENTE ACIONADA POR UM INTERRUPTOR SIMPLES DE UMA SEÇÃO.

Diagramas



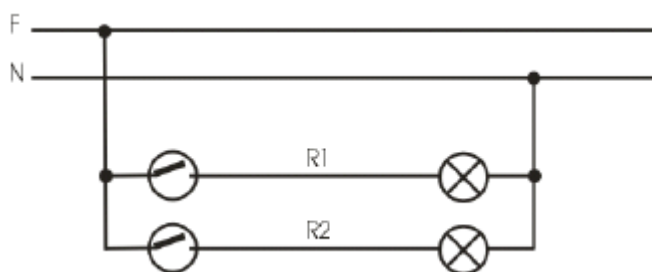
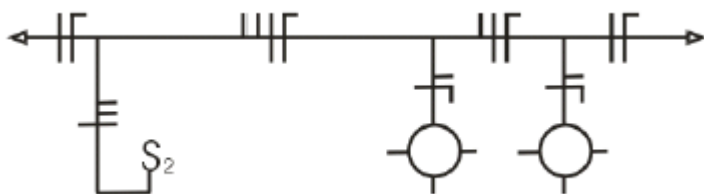
2) INSTALAÇÃO DE UMA LÂMPADA INCANDESCENTE ACIONADA POR UM INTERRUPTOR SIMPLES CONJUGADO COM UMA TOMADA.

Diagramas



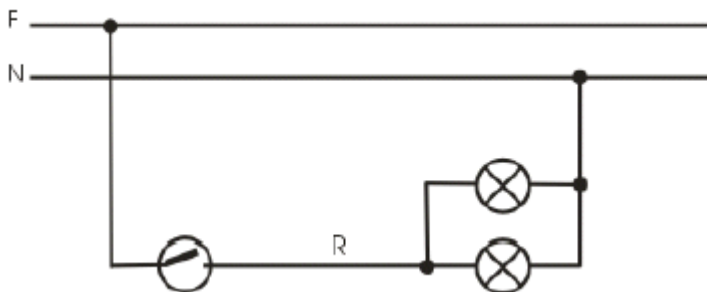
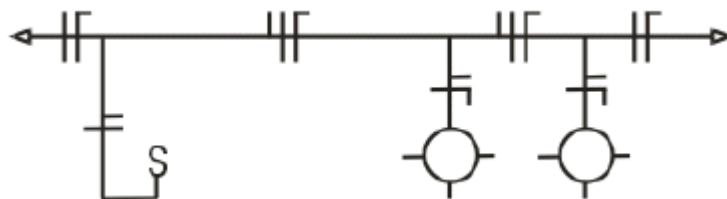
3) INSTALAÇÃO DE DUAS LÂMPADAS INCANDESCENTES ACIONADAS POR UM INTERRUPTOR SIMPLES DE DUAS SEÇÕES.

Diagramas



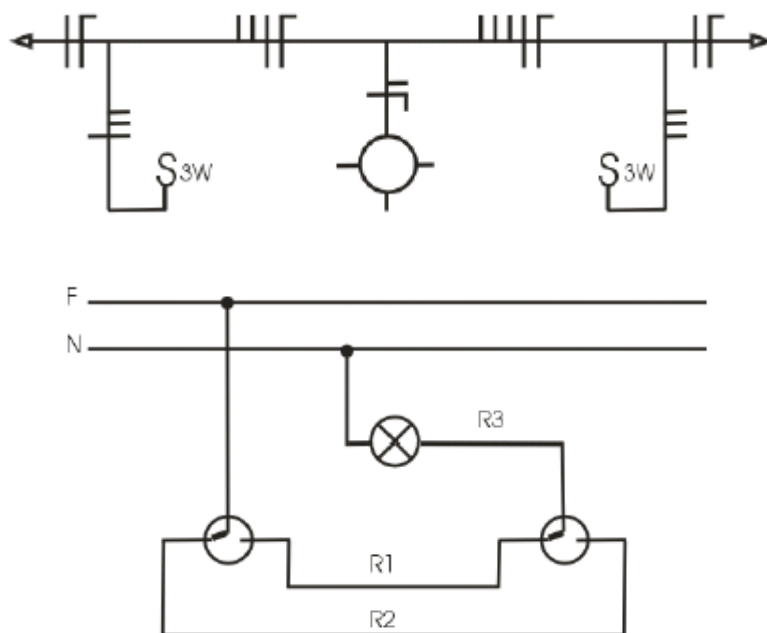
4) INSTALAÇÃO DE DUAS LÂMPADAS INCANDESCENTES ACIONADAS POR UM INTERRUPTOR SIMPLES DE UMA SEÇÃO.

Diagramas



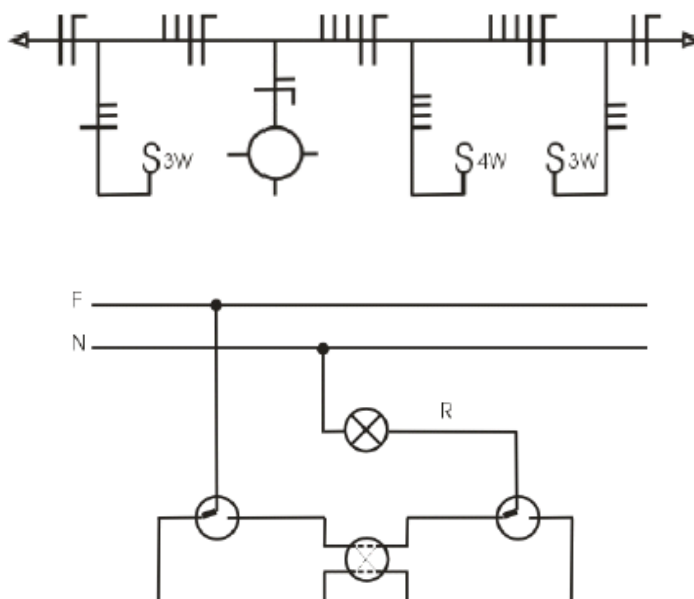
5) INSTALAÇÃO DE UMA LÂMPADA INCANDESCENTE ACIONADA POR INTERRUPTORES PARALELO OU "TREE-WAY".

Diagramas



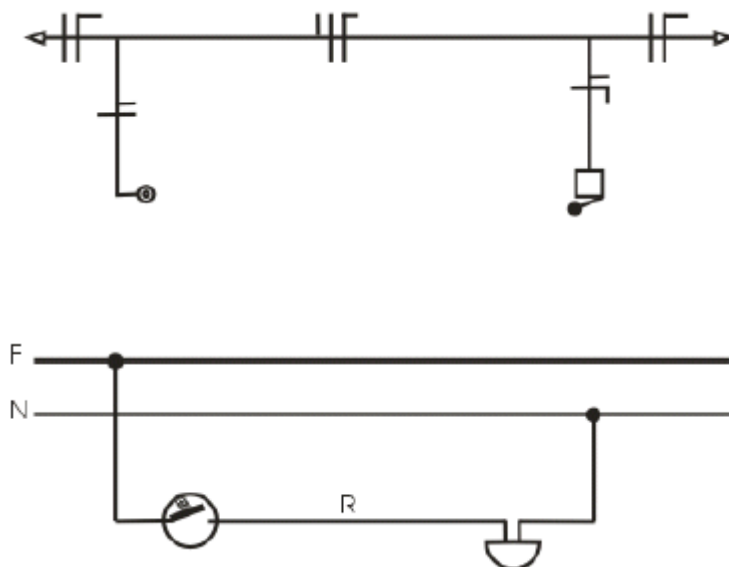
6) INSTALAÇÃO DE UMA LÂMPADA INCANDESCENTE ACIONADA POR INTERRUPTORES TREE-WAY E FOUR-WAY.

Diagramas



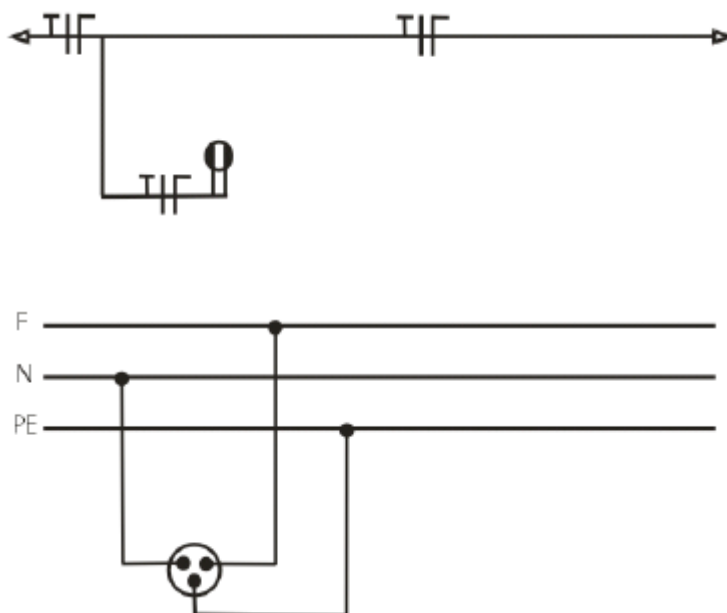
7) INSTALAÇÃO DE UMA CAMPAINHA OU CIGARRA.

Diagramas



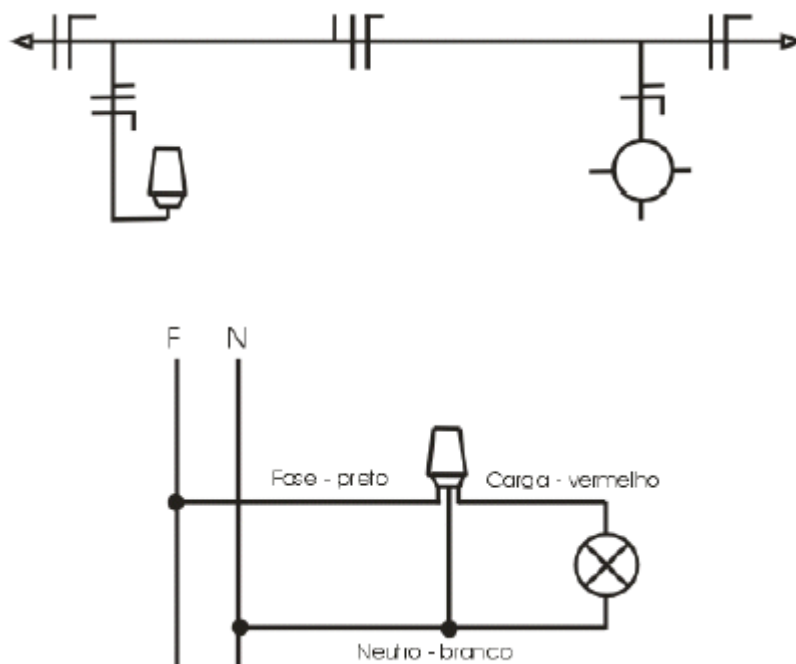
8) INSTALAÇÃO DE TOMADA COM CONDUTOR DE PROTEÇÃO.

Diagramas



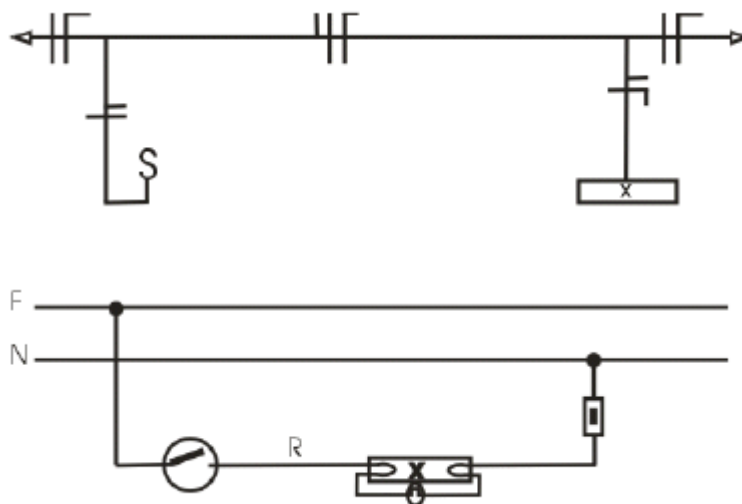
9) INSTALAÇÃO DE LÂMPADA ACIONADA POR FOTOCÉLULA.

Diagramas



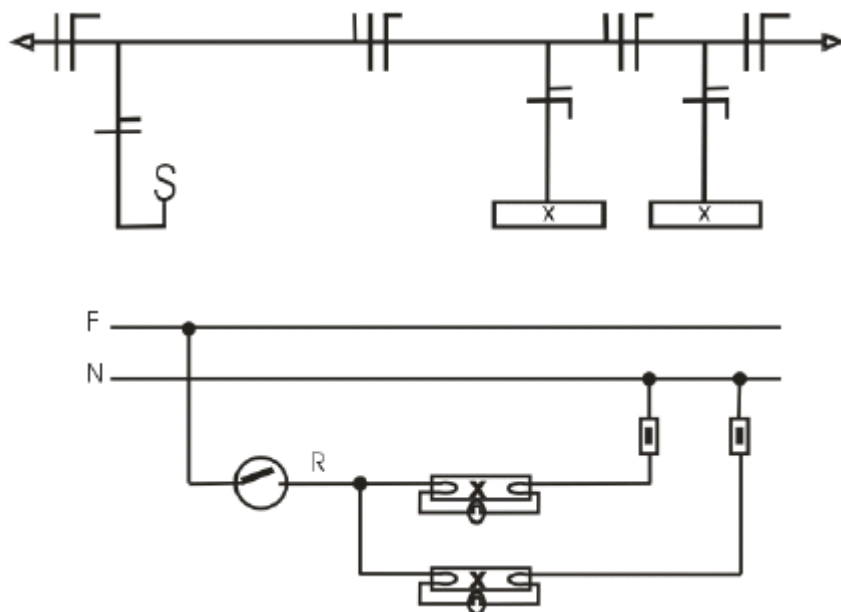
10) INSTALAÇÃO DE UMA LÂMPADA FLUORESCENTE DE 40W COM REATOR DO TIPO COMUM.

Diagramas



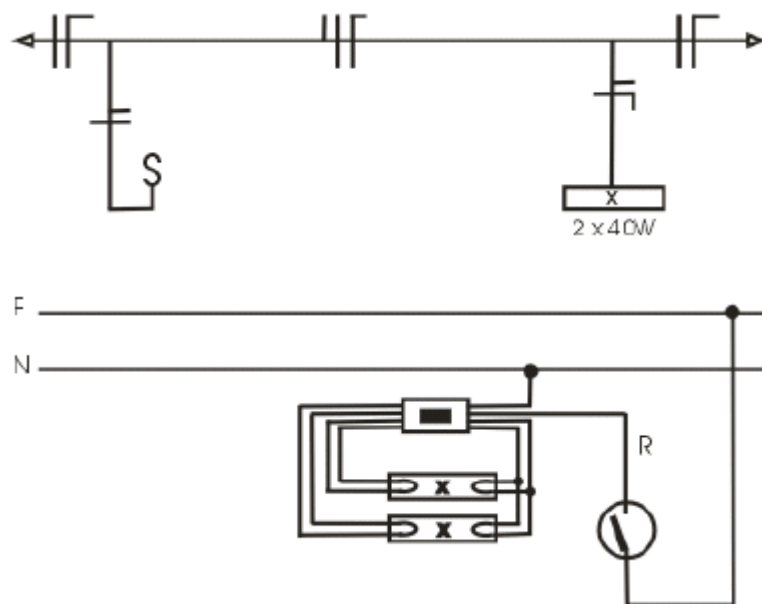
11) INSTALAÇÃO DE DUAS LÂMPADAS FLUORESCENTES DE 40W COM REATORES DO TIPO COMUM, ACIONADAS POR UM INTERRUPTOR DE UMA SEÇÃO

Diagramas



12) INSTALAÇÃO DE DUAS LÂMPADAS FLUORESCENTES DE 40W COM REATOR DUPLO DO TIPO PARTIDA RÁPIDA

Diagramas

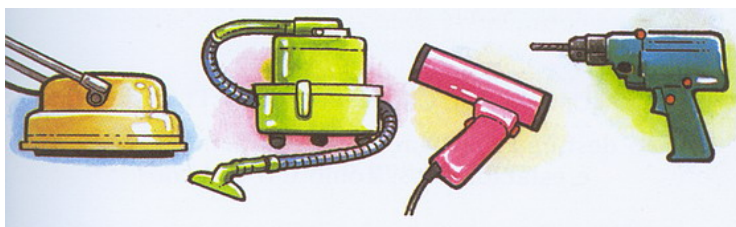


Levantamento de Potência

Para determinar a carga de uma instalação elétrica residencial, devem-se somar **todas** as cargas elétricas previstas para: as tomadas de uso geral, a potência das lâmpadas e dos demais equipamentos elétricos. A Norma vigente da ABNT, a NBR 5410/97 “Instalações Elétricas de Baixa Tensão” determina que a previsão de cargas em VA (Volt Ampère) dos equipamentos deverá ser de acordo com as seguintes prescrições a seguir.

Tomadas de Uso Geral (Tugs)

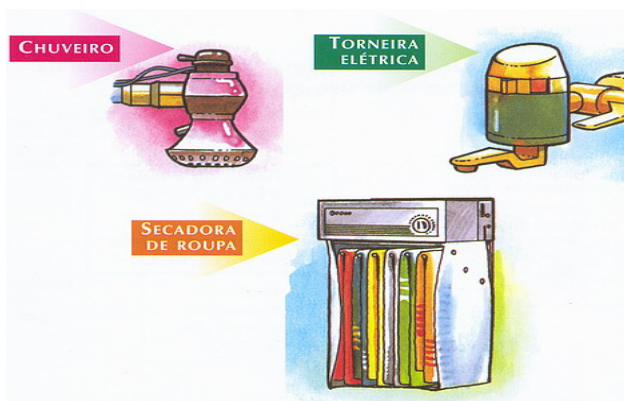
Em banheiros, cozinhas, copas, copas-cozinhas, áreas de serviço, lavanderias: para as 3 (três) primeiras tomadas, a carga mínima por tomada a ser considerada, deverá ser de 600 VA. A partir da quarta tomada (se existir), deverá ser considerada a carga mínima de 100 VA para cada tomada.



IMPORTANTE: A determinação da carga deverá ser feita, considerando cada um desses cômodos separadamente;

Em subsolos, garagens, sótão, varandas: deverá ser prevista no mínimo uma tomada de 1.000 VA. Nos demais cômodos ou dependências, no mínimo 100 VA por tomada.

Tomadas de Uso Específico (Tues)



Tomadas de uso exclusivo para o equipamento elétrico conforme a necessidade. Considerar a carga do equipamento elétrico a ser ligado, fornecida pelo Fabricante ou então, calcular a carga a partir da tensão nominal, da corrente nominal e do fator de potência do equipamento elétrico.

Iluminação

A iluminação adequada deve ser calculada de acordo com a Norma vigente NBR 5413/92 “Iluminação de Interiores”, da ABNT. Entretanto a Norma NBR 5410/97 estabelece como alternativa que para determinar as cargas de iluminação em unidades consumidoras residenciais, poderão ser adotados os seguintes critérios:

- Em cômodos ou dependências com área igual ou inferior a 6 m² deve ser prevista uma carga mínima de 100 VA;
- Em cômodos ou dependências com área superior a 6 m² deve ser prevista uma carga mínima de 100 VA para os primeiros 6 m², acrescidas de 60 VA para cada aumento de 4 m².

Observação: Os valores apurados correspondem à potência destinada a iluminação para o efeito de dimensionamento dos circuitos elétricos e não necessariamente à potência nominal das lâmpadas.

Exemplo: Qual a carga de iluminação incandescente a ser instalada numa sala de 3,5 m de largura e 4 m de comprimento?

Iluminação:

A área da sala: 3,5 m x 4 m = 14 m²

- Carga para a Iluminação: 14 m² = 6 m² + 4 m² + 4 m² ;
- A Carga total será: 100 VA + 60 VA + 60 VA = **220 VA**

A Tabela 2.2 à seguir fornece os dados para calcular, de uma maneira prática, a carga de iluminação incandescente para cômodos, com área variando de 6 a 30 m².

ÁREA DO CÔMODO (m ²)	CARGA DE ILUMINAÇÃO (VA)
Até 6	100
De 6,1 a 10	160
De 10,1 a 14	220
De 14,1 a 18	280
De 18,1 a 22	340
De 22,1 a 26	400
De 26,1 a 30	460

Tabela 2.2

Número Mínimo de Tomadas por Cômodo

Cada cômodo de uma residência deverá ter tantas tomadas, quantos forem os aparelhos elétricos a serem instalados/ligados dentro do mesmo. Uma sala de estar, por exemplo, deve ter tomadas de uso geral para individuais: o televisor, os aparelhos de som, vídeo, abajures, aspirador de pó, etc.

A Norma vigente, a NBR 5410/97 determina as seguintes quantidades mínimas de Tomadas de Uso Geral em uma residência:

- 1 tomada por cômodo para área igual ou menor do que 6 m²;
- 1 tomada para cada 5 m, ou fração de perímetro, para áreas maiores que 6 m²;
- 1 tomada para cada 3,5 m ou fração de perímetro para copas, cozinhas, áreas de serviço, lavanderias, sendo que acima de cada bancada de 30 cm ou maior, deve ser prevista pelo menos uma tomada;
- 1 tomada em sub-solos, sótãos, garagens e varandas;
- 1 tomada junto ao lavatório, em banheiros.

Exemplo: Qual a Potência e quantas tomadas devem ser instalada numa sala de 3,5 m de largura e 4 m de comprimento?

Quantidade:

- Perímetro da sala: $(3,5 \text{ m} + 4 \text{ m}) \times 2 = 15 \text{ m}$
- Quantidade: $15 \text{ m} = 5 \text{ m} + 5 \text{ m} + 5 \text{ m}$;
- A quantidade total será: = **3 tomadas**

Potência:

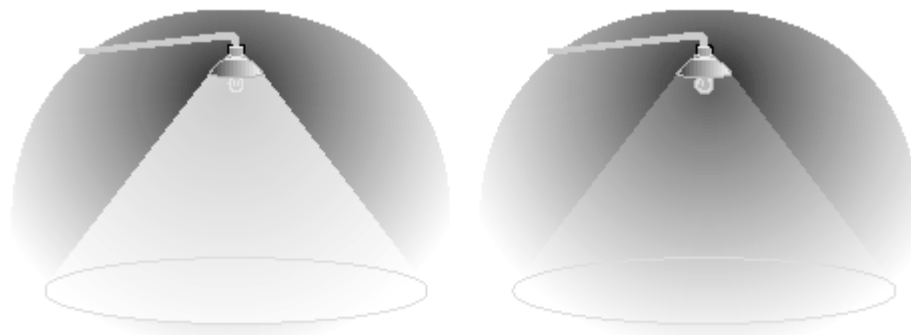
- Conforme levantamento mínimo deverá ser de **600 VA** cada tomada.

Exercício (Anexo 02)

Conforme o projeto (anexo 01), faça um levantamento das potência para cada cômodo.

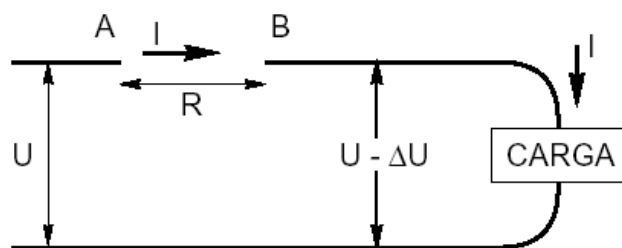
- Quantidade de tomadas Tugs;
- Quantidade de tomadas Tucs;
- Potencia das tomadas;
- Potencia de Iluminação.

Queda de Tensão



Como foi visto, todo condutor tem certa resistência elétrica. Quando circula uma corrente elétrica por uma resistência, há uma dissipação de potência em forma de calor e, conseqüentemente, uma queda de tensão no condutor.

Na figura a seguir, a carga é alimentada por um circuito formado com condutores: um trecho com um condutor de maior seção (mais grossos) sendo que será desconsiderada a resistência elétrica deste condutor e com um trecho (A-B) de condutor de menor seção (mais fino), de resistência elétrica R .



Pela Lei de Ohm, a queda de tensão no trecho A-B é dada por: $U_{AB} = \Delta U = RI$.

A potência dissipada (perda de potência) no trecho A-B, é: $W_{AB} = \Delta W = R I^2$

Devido a queda de tensão (ΔU), a tensão aplicada à carga será igual a $U - \Delta U$. Como a potência é determinada pelo produto da corrente pela tensão aplicada, teremos na carga: $W = (U - \Delta U) \times I$. Observe que a potência na carga é menor, devido a queda de tensão ΔU no trecho A-B.

Exemplo: No Circuito da figura anterior, serão consideradas as seguintes situações: O condutor de todo o circuito é composto somente do condutor de maior seção (mais grosso). Será desconsiderado o valor de sua resistência elétrica ($R = \text{zero}$);

O circuito é composto de: uma parte com um condutor de maior seção (mais grosso) onde será desconsiderado também, o valor de sua resistência elétrica ($R = \text{zero}$) e outra parte (trecho A-B) com um condutor de menor seção (mais fino), com uma resistência elétrica de $R = 1 \, \Omega$. A tensão aplicada é $U = 127 \, \text{V}$ e a corrente $I = 10 \, \text{A}$. Calcular as Potências na carga, a queda de tensão e a perda de potência.

Solução: Como o condutor de maior seção (mais grosso) praticamente não tem resistência elétrica, $R = 0 \, \Omega$, não há queda de tensão (ΔU), portanto não há perda de potência (ΔW).

Queda de Tensão:

$$\Delta U = RI$$

$$\Delta U = 0 \, \Omega \times 10 \, \text{A}$$

$$\Delta U = 0 \, \text{V} \text{ (não há queda de tensão)}$$

Perda de Potência:

$$\Delta W = RI^2$$

$$\Delta W = 0 \, \Omega \times (10)^2 \, \text{A}$$

$$\Delta W = 0 \, \text{W} \text{ (não há perda de potência)}$$

Potência na Carga

$$W = UI$$

$$W = 127 \, \text{V} \times 10 \, \text{A}$$

$$W = 1.270 \, \text{W} \text{ (potência na carga)}$$

O condutor de menor seção (mais fino, trecho A-B) tem uma resistência elétrica de $R = 1 \, \Omega$. Portanto há uma queda de tensão (ΔU) e perda de potência (ΔW) no condutor. No circuito com o condutor de maior seção, conforme visto anterior, o valor da resistência elétrica foi desconsiderado ($R = \text{zero}$), portanto não há queda de tensão e perda de potência neste trecho. No trecho de menor seção:

Queda de Tensão

$$\Delta U = RI$$

$$\Delta U = 1 \, \Omega \times 10 \, \text{A}$$

$$\Delta U = 10 \, \text{V} \text{ (queda de tensão no trecho)}$$

Perda de Potência

$$\Delta W = R \times I^2$$

$$\Delta W = 1 \, \Omega \times (10)^2 \, \text{A}$$

$$\Delta W = 100 \, \text{W} \text{ (perda de potência do trecho)}$$

Potência na Carga

$$W = (U - \Delta U) \times I$$

$$W = (127 - 10) \, \text{V} \times 10 \, \text{A}$$

$$W = 117 \times 10$$

$$W = 1.170 \, \text{W} \text{ (potência na carga)}$$

IMPORTANTE: A Norma vigente, a NBR 5410 determina que a queda de tensão entre a origem de uma instalação e qualquer ponto de utilização não deve ser maior do que **4%**, para as instalações alimentadas diretamente por um ramal de baixa tensão a partir de uma Rede de Distribuição de uma Concessionária de Energia Elétrica, será considerado que esses **4%** de queda de tensão admissíveis serão assim distribuídos:

- Até o medidor de energia: **1%**
- Do medidor até o Quadro de Distribuição de Circuitos - QDC: **1%**
- A partir do QDC: **2%**

Momento Elétrico

Estão apresentadas a seguir, Tabelas práticas do produto Ampère x Metro (A.m) para quedas de tensão com diferentes valores percentuais (**1%, 2% e 4%**) e de tensões aplicadas, para condutores de cobre com isolamento em PVC até 70°C. A Tabela 3.6 apresenta condutores em Eletroduto de Material Não Magnético e a Tabela 3.7 apresenta condutores em Eletroduto de Material Magnético.

O Momento Elétrico (ME) é igual ao produto da corrente (A) que passa pelo condutor pela distância total em metros (m) desse circuito:

$$ME = A.m \text{ (Amperes x metro)}$$

Momento Elétrico (A.m) – Eletroduto de Material Não Magnético									
Condutor (mm²)	127 V Monofásico			220 V Monofásico			220 V Trifásico		
	1%	2%	4%	1%	2%	4%	1%	2%	4%
1,5	55	110	221	96	192	383	111	222	443
2,5	91	182	363	157	314	628	179	358	715
4	141	282	564	244	488	977	282	564	1127
6	218	436	871	357	714	1427	412	824	1648
10	332	664	1327	574	1148	2297	666	1332	2664
16	498	996	1992	863	1726	3451	995	1990	3981
25	726	1452	2903	1257	2514	5028	1457	2914	5828
35	941	1882	3763	1630	3260	6519	1880	3760	7521
50	1176	2352	4704	2037	4074	8148	2340	4680	9361
70	1494	2988	5976	2588	5176	10353	3014	6028	12055
95	1841	3682	7363	3188	6376	12753	3667	7334	14667

Tabela 3.6

Momento Elétrico (A.m) – Eletroduto de Material Magnético									
Condutor (mm²)	127 V Monofásico			220 V Monofásico			220 V Trifásico		
	1%	2%	4%	1%	2%	4%	1%	2%	4%
1,5	55	110	221	96	192	383	110	220	440
2,5	91	182	363	157	314	628	183	366	733
4	146	292	584	253	506	1012	293	586	1173
6	219	438	876	379	758	1517	431	862	1725
10	363	726	1451	395	790	1581	733	1466	2933
16	552	1104	2208	957	1914	3867	1128	2256	4513
25	847	1694	3386	1467	2934	5867	1732	3464	6929
35	1146	2292	4586	2000	4000	8000	2316	4632	9263
50	1530	3060	6121	2651	5302	10603	3056	6112	12223
70	2082	4164	8328	3607	7214	14427	4151	8302	16604
95	2702	5404	10809	4681	9362	18724	5366	10732	21464

Tabela 3.7

Dimensionamento da Seção de Condutores

Como foi visto deverá sempre ser adotado o resultado que levar ao condutor de maior seção (mm²). Assim, para o dimensionamento dos condutores de um circuito, deve ser determinada a corrente (A) que circulará pelo mesmo e o seu Momento Elétrico (ME) (A.m).

Consultando as tabelas de “Capacidade de Condução Corrente”, escolhe-se a seção (mm²) do condutor que deverá ser utilizado. Os exemplos a seguir, explicam de maneira mais clara o cálculo das seções (mm²) dos condutores.

Exemplo: Uma residência, com a carga estabelecida a seguir, deverá ser alimentada através de uma rede de baixa tensão, ligação a 2 fios, 127 V. Determinar a seção (mm²) e a quantidade (metros) dos condutores para o ramal que vai do Quadro do Medidor do Padrão até o QDC (6 m) através de um eletroduto embutido na parede em linha reta.

Carga na residência:

- 1 chuveiro: 4.400 VA
- 10 lâmpadas de 60 W: 600 VA
- 1 ferro elétrico: 1.000 VA
- 1 TV: 80 VA
- Outros: 300 VA

Total: **6.380 VA**

Cálculo da corrente:

$$\frac{6.380 \text{ VA}}{127 \text{ V}} = 50,2 \text{ A}$$

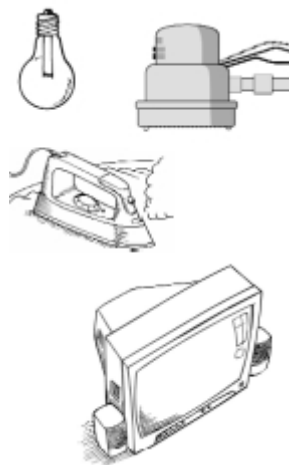
Cálculo do Momento Elétrico (ME):

$$\text{ME} = A \times m$$

$$\text{ME} = 50,2 \text{ A} \times 6 \text{ m} = 301 \text{ A.m (Ampère x metro)}$$

Consultando a Tabela 3.6 de Momentos Elétricos (127 V - 1% - Eletroduto de Material não Magnético), verifica-se que o fio indicado é o de 10 mm². O Momento Elétrico é de 332 A.m. Consultando a Tabela 3.3 “Capacidade de Condução de Corrente” verifica-se que a corrente máxima admissível para o fio de 10 mm² com eletroduto instalado na parede (2 condutores carregados) é de 57 A.

Resposta: 12 m de condutor de cobre de 10 mm².



Corrente de Condutores

Ao circular uma corrente elétrica em um condutor, ele aquece e o calor gerado é transferido para o ambiente em redor, dissipando-se. Se o condutor está instalado ao ar livre a dissipação é maior. Caso o condutor esteja instalado em um eletroduto embutido na parede, a dissipação do calor é menor.

Quando existem vários condutores no mesmo eletroduto embutido, as quantidades de calor, geradas em cada um deles se somam aumentando ainda mais a temperatura dentro desse eletroduto.

Os condutores são fabricados para operar dentro de certos limites de temperatura, a partir dos quais começa a haver uma alteração nas características de Isolação/Isolamento, que deixam de cumprir as suas finalidades.

A Tabela 3.2 (da Norma NBR 5410) a seguir, mostra as temperaturas características de condutores utilizados em instalações elétricas residenciais.

TIPO DE ISOLAÇÃO	Temperatura máxima para o serviço contínuo do condutor (°C)	Temperatura limite de sobrecarga do condutor (°C)	Temperatura limite de curto circuito do condutor (°C)
Cloreto de Polivinila (PVC)	70	100	160
Borracha Etileno - propileno (EPR)	90	130	250
Polietileno Reticulado (XLPE)	90	130	250

Tabela 3.2

Os condutores com isolamento termoplástico, para instalações residenciais, sejam especificados para uma temperatura de trabalho de 70°C (PVC/70°C) e as tabelas de capacidade de condução de corrente, são calculadas tomando como base este valor e a temperatura ambiente de 30°C.

A Tabela 3.3 (da Norma NBR 5410) a seguir, especifica a capacidade de condução de corrente elétrica para condutores de cobre, instalados em eletrodutos embutidos na parede.

O número de condutores carregados a ser considerado é o de condutores efetivamente percorridos por corrente. Assim tem-se:

- Circuito monofásico a 2 condutores = 2 condutores carregados;
- Circuito monofásico a 3 condutores = 3 condutores carregados;
- Circuito bifásico sem neutro = 2 condutores carregados;
- Circuito bifásico com neutro = 3 condutores carregados.
- Circuito trifásico sem neutro = 3 condutores carregados;
- Circuito trifásico com neutro = 4 condutores carregados;

A Tabela 3.3 (Norma NBR 5410)

SEÇÃO NOMINAL EM (mm ²)	Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto de seção circular embutido em alvenaria	
	2 Condutores Carregados	3 Condutores Carregados
0,75	11	10
1	14	12
1,5	17,5	15,5
2,5	24	21
4	32	28
6	41	36
10	57	50
16	76	68
25	101	89
35	125	110
50	151	134
70	192	171
95	232	207
120	269	239

Tabela 3.3

Divisão dos Circuitos Elétricos

A Norma vigente, a NBR 5410 “Instalações Elétricas de Baixa Tensão”, determina que sejam separados os circuitos elétricos de Tomadas de Uso Geral (**Tugs**) e o de **Iluminação**. Deverá ser previsto um circuito elétrico (**Tues**), também separado, para cada equipamento elétrico de corrente nominal superior a 10 A (1.270 VA em 127 V), como os chuveiros elétricos, fornos elétricos, fornos de microondas etc.

É importante que uma instalação elétrica seja dividida em circuitos elétricos parciais para facilitar: a inspeção, a manutenção, a proteção será mais bem dimensionada, reduz as quedas de tensão e aumenta a segurança.

Se na residência tiver um só circuito para toda a instalação elétrica, o Disjuntor deverá ser de grande capacidade de interrupção de corrente, sendo que, um pequeno curto-circuito poderá não ser percebido por ele.

Entretanto, se na residência tiver diversos circuitos e com vários disjuntores de capacidades de interrupção de correntes menores e dimensionados adequadamente, aquele pequeno curto-circuito poderá ser percebido pelo Disjuntor do circuito em questão, que o desligará.

Com isso somente o circuito onde estiver ocorrendo um curto-circuito ficará desligado (desenergizado). Cada circuito elétrico deve ser concebido de forma que possa ser seccionado sem risco de realimentação inadvertida, através de outro circuito.

Modelo de Quadro de Distribuição:

CIRCUITO		TENSÃO	LOCAL	POTENCIA (VA)		I	FIAÇÃO	PROTEÇÃO		
Nº	Tipo	Volts	Comodo	Quant x Pot	Total	A	Secão	Tipo	Nº P.	I
1	Iluminação	127	Dormitorio 1 Banho Dormitorio 2	1 x 200 1 x 100 1 x 200	500	3,93	1,5 mm ²	DDR	UNIP	5A
2	Tugs	127	Banheiro	1 x 600	600	4,72	2,5 mm ²	DDR	UNIP	5A
11	Tues	220	Banheiro	1 x 6000	6000	27,27	6 mm ²	DDR	BIP	30A
4	Iluminação	127	Cozinha Hall 2	1 x 200 1 x 100	300	2,36	1,5 mm ²	DDR	UNIP	5A
5	Tugs	127	Dormitorio 1	4 x 100	400	3,14	2,5 mm ²	DDR	UNIP	5A

EXERCICIOS (ANEXO 04)

Dispositivos de Proteção e Segurança

Os dispositivos de proteção e de segurança que devem ser utilizados em instalações elétricas residenciais, com o objetivo de proteger e dar segurança para a instalação elétrica, tais como a fiação, equipamentos, etc, as pessoas e animais domésticos, são:

- Disjuntor, Seccionador (chave faca) com Fusíveis,
- Dispositivo Diferencial Residual (disjuntores diferenciais residuais e interruptores diferenciais residuais),
- Protetor contra Sobretensões,
- Protetor contra Subtensões,
- Protetor contra falta de fase etc.

Os condutores de uma instalação elétrica devem ser protegidos por um ou mais dispositivos de seccionamento automático contra sobrecargas e curtos circuitos. Além de proteger, esses dispositivos devem ser coordenados.

NOTA: Os dispositivos de proteção devem estar dispostos e identificados de forma que seja fácil reconhecer os respectivos circuitos protegidos.

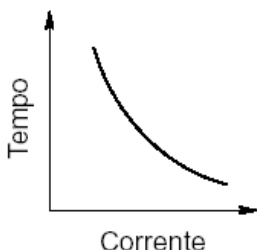
Fusíveis

São dispositivos de proteção contra os curtos-circuitos. O elemento fusível é constituído de um material apropriado. Quando ocorre o curto-circuito a corrente circulante provoca o aquecimento e, conseqüentemente, a fusão do elemento fusível (queima), interrompendo o circuito.



O fusível deve ser trocado, após a sua queima, para que o circuito seja restabelecido. Os fusíveis “queimados” deverão ser substituídos por outros iguais e nunca “consertados”. Isso porque se o fusível for substituído por outro de capacidade maior ou “consertado”, não irá garantir a proteção necessária, podendo causar danos ao circuito que ele está protegendo.

Nos dispositivos porta-fusíveis só poderão ser colocados os fusíveis de capacidade recomendada/calculada e nunca de capacidade superior ou inferior. Os fusíveis devem estar de acordo com Norma vigente NBR 11840.



Disjuntores Termomagnéticos

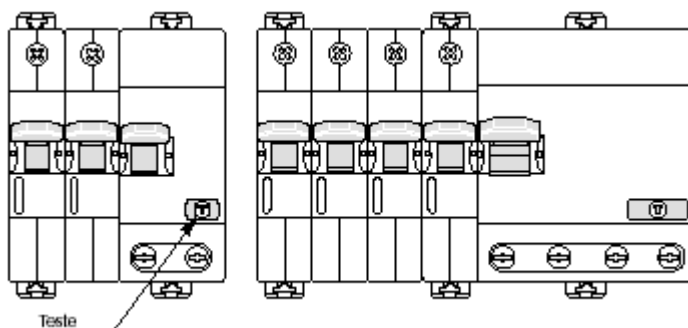
São dispositivos “termomagnéticos” que fazem a proteção de uma instalação contra curtos-circuitos e contra sobrecargas. O Disjuntor não deve ser utilizado como dispositivo de liga-desliga de um circuito elétrico e sim, de Proteção.



O disjuntor tem a vantagem sobre os fusíveis, em se tratando da ocorrência de um curto-circuito. No caso de um disjuntor, acontece apenas o desarme e para religá-lo, basta acionar a alavanca (depois de verificar/sanar porque aconteceu o curto-circuito). Nesse caso, a durabilidade do disjuntor é muito maior. Assim, a utilização dos disjuntores é muito mais eficiente.

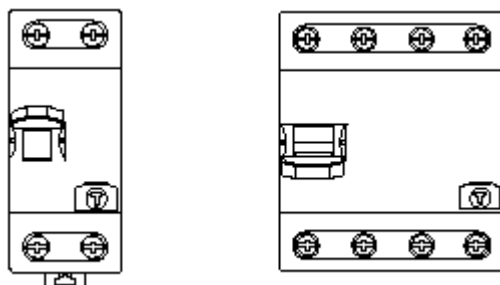
Disjuntores Diferenciais Residuais – DDR

São dispositivos que têm o objetivo de proteger contra sobrecargas, curtos-circuitos, fugas de corrente, choque elétrico, etc. Esses equipamentos possuem disjuntores acoplados ao Diferencial fazendo também, a proteção contra sobrecargas e curtos-circuitos das instalações elétricas.



Interruptores Diferenciais Residuais – IDR

São dispositivos que têm o objetivo somente de proteger contra as fugas de corrente, choques elétricos etc. Como não possuem disjuntores acoplados, não protegem contra sobrecorrentes. Neste caso é necessária a utilização de disjuntores em série para completar a proteção.

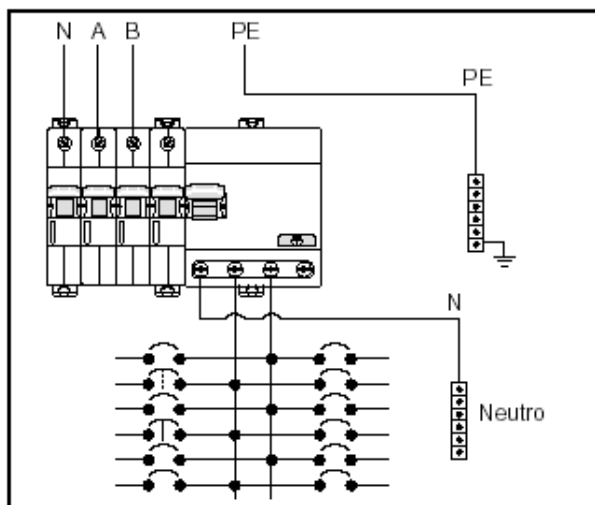


Instalação dos Disjuntores

Os Dispositivos são equipamentos que têm o objetivo de garantir a qualidade da instalação, pois esses dispositivos não admitem correntes de fugas elevadas, sobrecargas nas instalações e sobrecorrentes, protegendo as pessoas e animais domésticos contra os choques elétricos e por outro lado, e conseqüentemente, economiza energia nas instalações elétricas. A proteção dos circuitos por pode ser realizada individualmente ou por grupos de circuitos.

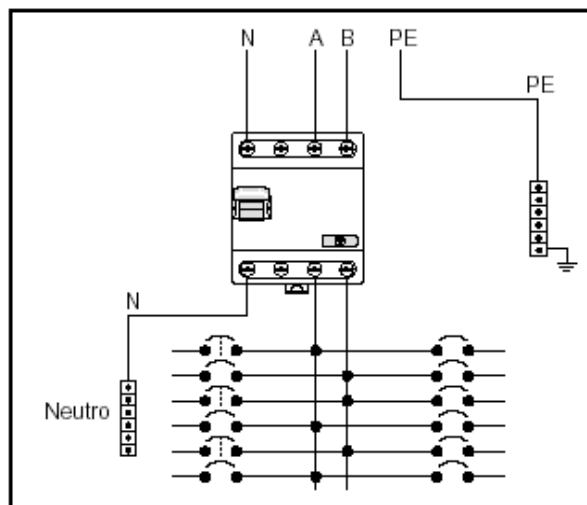
DDR

Alimentação 2 Fases + Neutro

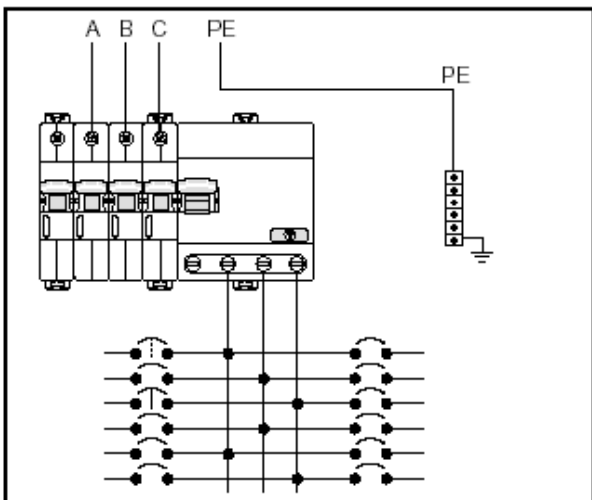


IDR

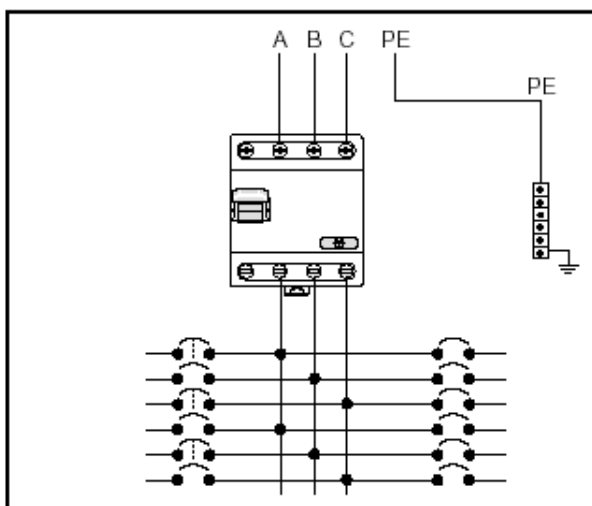
Alimentação 2 Fases + Neutro



Alimentação 3 Fases



Alimentação 3 Fases



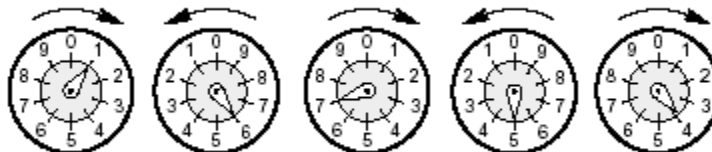
Leitura e Controle do Consumo

A leitura no medidor do consumo de energia elétrica (kWh) é feita mensalmente, é importante que o consumidor acompanhe o seu próprio consumo e saiba controlá-lo.

Existem dois tipos de medidor de energia (ou relógio). Aquele que funciona como um medidor de quilometragem de automóvel. Nesse caso, os números que aparecem no visor já indicam a leitura: 16.754.

1	6	7	5	4
---	---	---	---	---

Aquele que tem quatro ou cinco círculos com números, sendo que cada círculo é semelhante a um relógio. Nesse caso, os ponteiros existentes dentro de cada círculo indicam a leitura. Esses ponteiros movimentam-se sempre na ordem crescentes dos números. Quando estão entre dois números, deve-se considerar sempre o número menor. No exemplo a seguir o medidor marca 16.754.



O consumo de energia elétrica (kWh) de uma residência pode ser verificado em qualquer período: por hora, dia, semana ou mês. A

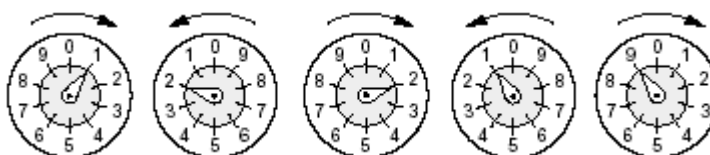
leitura da concessionária é mensal. O consumo de energia elétrica durante uma semana, pode ser determinado da seguinte forma:

Exemplo: Anotar o dia e os valores indicados da seguinte forma:

- Segunda-feira: a leitura é 12197



- Domingo: a leitura é 12219



A diferença entre estes valores multiplicada pela constante do medidor (normalmente igual a 1, conferir na Fatura de Energia) vai ser o equivalente ao consumo da semana. Consumo = $(12219 - 12197) \times 1 = 22 \text{ kWh}$ (quilowatt-hora)

Estimativa do consumo

O consumo mensal de sua residência pode ser estimado observando o tempo de uso dos eletrodomésticos e suas respectivas potências. A Tabela 7.5 a seguir, fornece alguns exemplos de potências encontradas nos principais eletrodomésticos, bem como uma estimativa de consumo para um tempo de uso médio.

No Anexo 6, encontra-se a Tabela “Potência Média de Aparelhos Elétricos”. No Anexo 7, encontra-se também, uma Tabela de “Características de Motores Elétricos”.

Equipamentos	Potência Média (W)	Tempo médio de Utilização	Consumo Mensal (kWh)
Chuveiro Elétrico	4.400	8 minutos/banho 2 banhos/dia	35,2
Ferro Elétrico	1.000	3 horas/dia 1 vez/semana	12
Geladeira (1 porta)	120	Uso contínuo	35
Televisor 20 polegadas	80	6 horas/dia	14,4
Lâmpada Incandescente de 150 W	150	4 horas/dia	18

Tabela 7.5

Para calcular o consumo médio mensal de energia elétrica de cada eletrodoméstico, primeiro deve ser verificado a potência em Watts na placa de identificação do aparelho. Em seguida multiplique a potência encontrada pelo número de horas em que o aparelho foi utilizado no mês. Para isso, aplique a seguinte expressão:

$$\text{Consumo (kWh)} = \frac{\text{Potência (W)} \times \text{Horas/Dia} \times \text{Dias/Mês}}{1.000}$$

Exemplo: Um ferro elétrico de 1.000 W, que é utilizado 1 hora por dia, 3 vezes por semana (12 dias por mês):

$$\text{Consumo (kWh)} = \frac{1.000\text{W} \times 1 \text{ Hora} \times 12 \text{ Dias(no mês)}}{1.000} = 12 \text{ kWh/mês}$$

Elaboração de um Projeto Elétrico

Para a elaboração de um Projeto Elétrico de uma residência, deverá ser aplicada grande parte dos conceitos destas aulas. Por isso é importante que esses conceitos sejam entendidos. Sempre que necessário, deverá ser consultado e estudado novamente os capítulos anteriores. Não se devem ter dúvidas.

É importante que a pessoa sempre tenha firmeza em suas decisões. Mesmo seguindo os procedimentos técnicos estabelecidos, duas pessoas provavelmente

elaborarão Projetos Elétricos diferentes para uma mesma residência. Porém esses Projetos poderão estar corretos.

O Projeto Elétrico deverá ser apresentado em escala, contendo todos os dados necessários à sua correta execução:

1. Pontos de Iluminação;
2. Interruptores (diversos tipos);
3. Tomadas de Uso Geral;
4. Tomadas de Uso Específico;
5. A seção dos condutores;
6. O diâmetro dos eletrodutos;
7. Quadro Distribuição dos Circuitos QDC;
8. Identificação dos Circuitos Elétricos e dos condutores etc;
9. Legenda, identificando o Projetista, etc.
10. Simbologia conforme ABNT;
11. Os valores precedidos do símbolo # correspondem à seção dos Fios em mm²;
12. Os valores precedidos do símbolo Ø correspondem ao diâmetro do eletroduto;

A partir daí, deve ser utilizado uma Legenda no Projeto Elétrico, contendo:

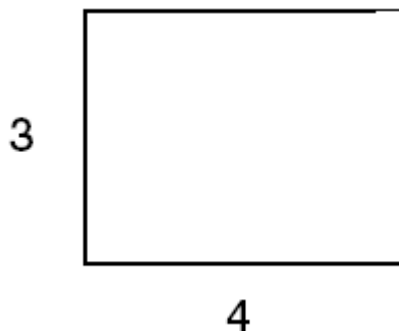
- Simbologia utilizada;
- Condutores não cotados correspondem a (exemplo: # 2,5 mm²);
- Eletrodutos não cotados correspondem a (exemplo: Ø 16 mm).

Os desenhos da “planta baixa” devem ser feitos em escalas. Essas escalas podem ser **1:100** (leia-se um para cem), **1:75**, **1:50**, etc.

As pessoas estão acostumadas com a escala 1:100 – uma régua comum, em centímetros (cm), que é utilizada para desenhar e fazer medições em um papel.

Qual é o significado de uma escala 1:100 de um desenho, que utilizou uma régua em centímetros (cm)? Significa que para cada 1 (um) centímetro medido no desenho, tem-se 100 cm ou 1 metro na escala real.

Por exemplo, medindo o comprimento de um lado da parede no desenho abaixo, encontra-se um lado com 3 cm e outro com 4 cm.



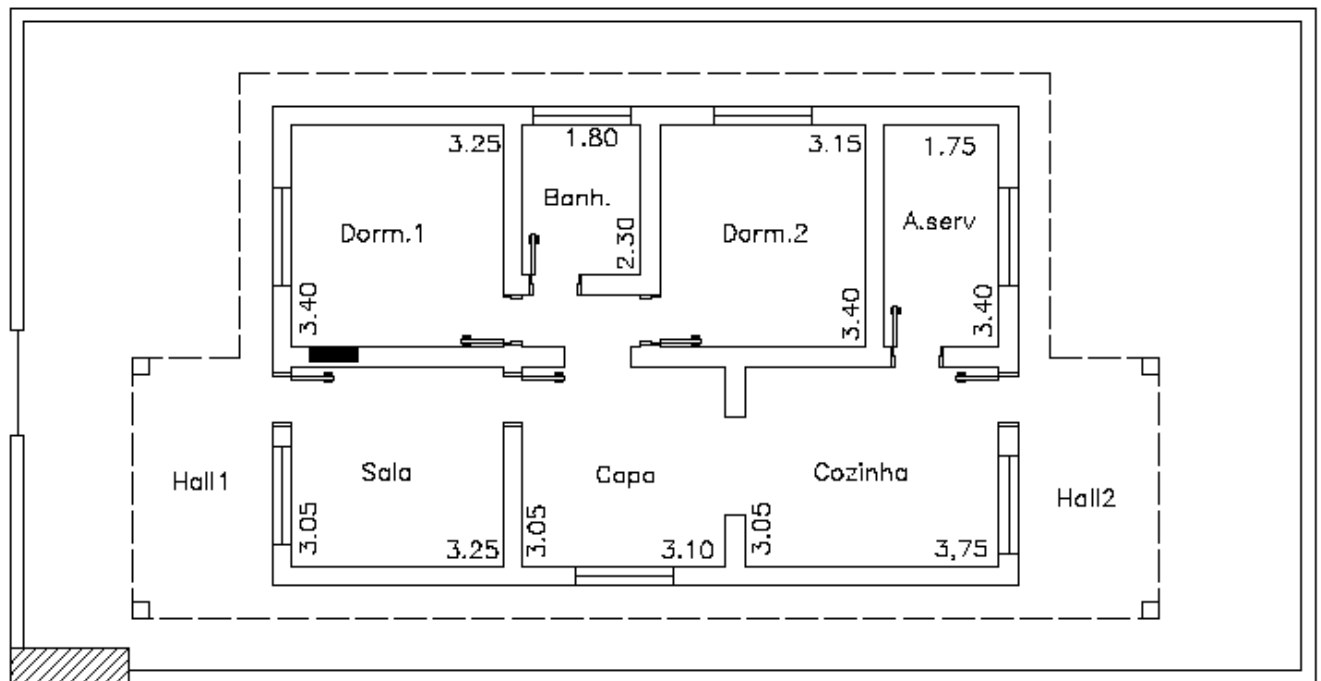
Na escala real, uma parede terá 4 metros de comprimento e a outra, 3 metros. Um desenho feito em uma escala qualquer, deverá usar a régua com a escala conveniente **1:100, 1:75, 1:50**, etc.

A localização adequada da iluminação, interruptores, tomadas de uso geral e tomadas de uso específico, é muito importante.

Os pontos de iluminação deverão estar preferencialmente centralizados em cada cômodo, para uma melhor distribuição geral da iluminação.

Se o cômodo tiver armários, deverá ser descontado o espaço ocupado por esse armário, para localizar o ponto de iluminação. Os interruptores e tomadas, não deverão ser instalados atrás de uma porta (aberta).

A seguir será apresentado o Projeto Elétrico.



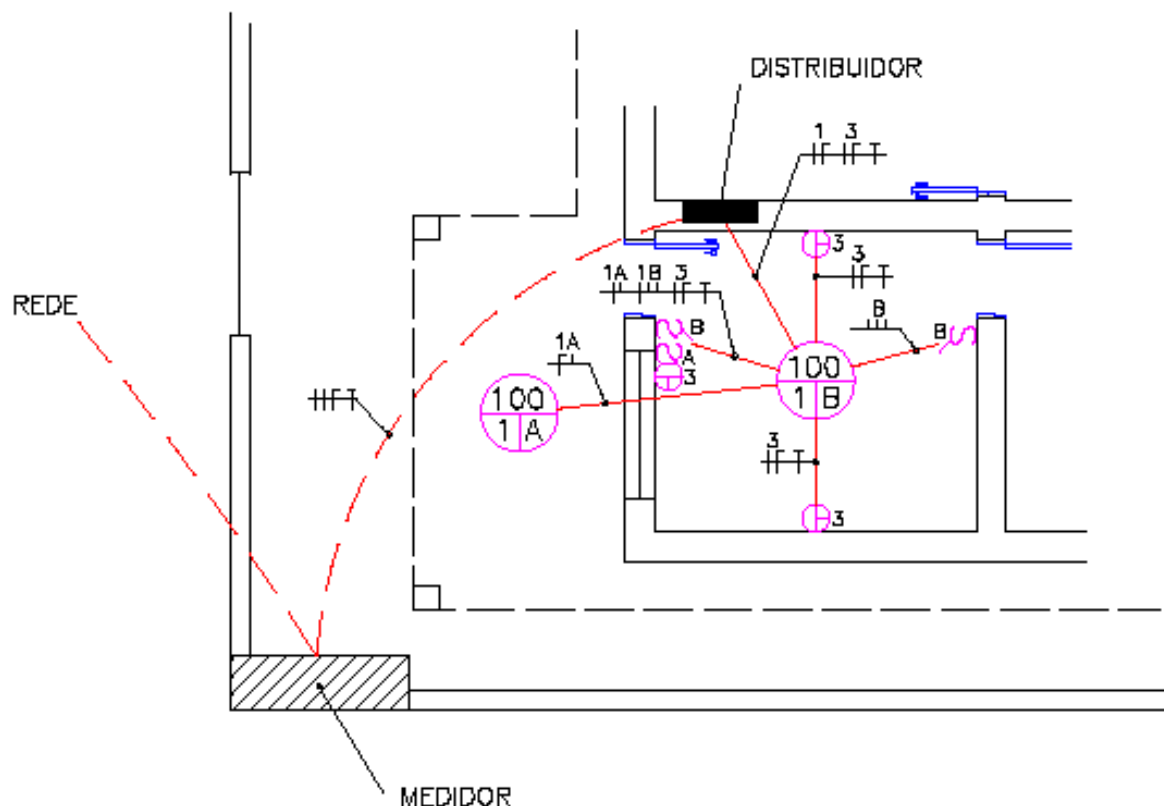
Planta Baixa

Aplicação no projeto

Começando a representação gráfica pelo alimentador: os dois fios fase e o fio neutro + proteção (PEN) partem do quadro do medidor e vão até o quadro de distribuição. Do quadro de distribuição saem os fios fase e neutro do **circuito 1**, indo até o ponto de luz da sala.

Sala:

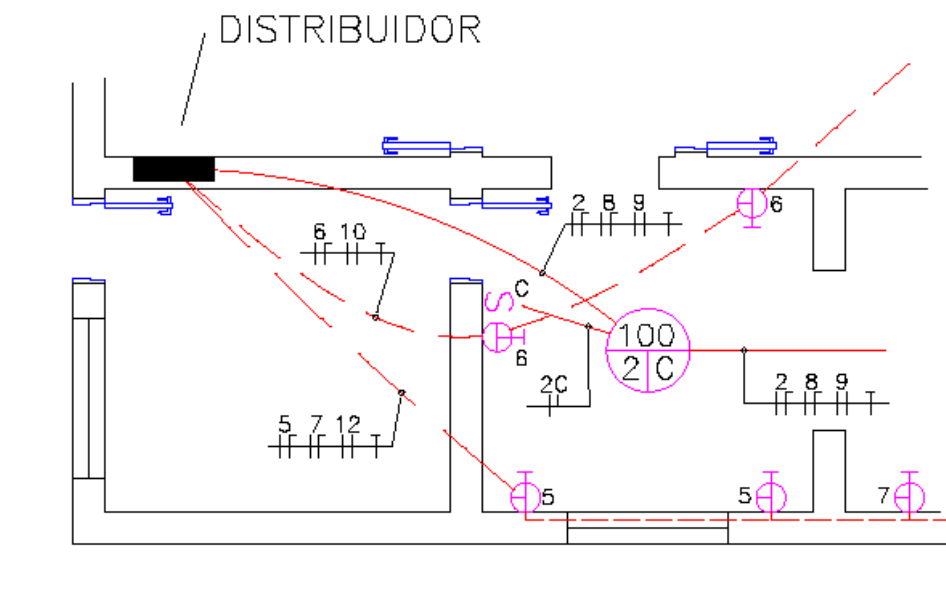
Do ponto de luz da sala, faz-se a ligação da lâmpada Hall 1 que será comandada por um interruptor simples e da sala que será comandada por interruptores paralelos.



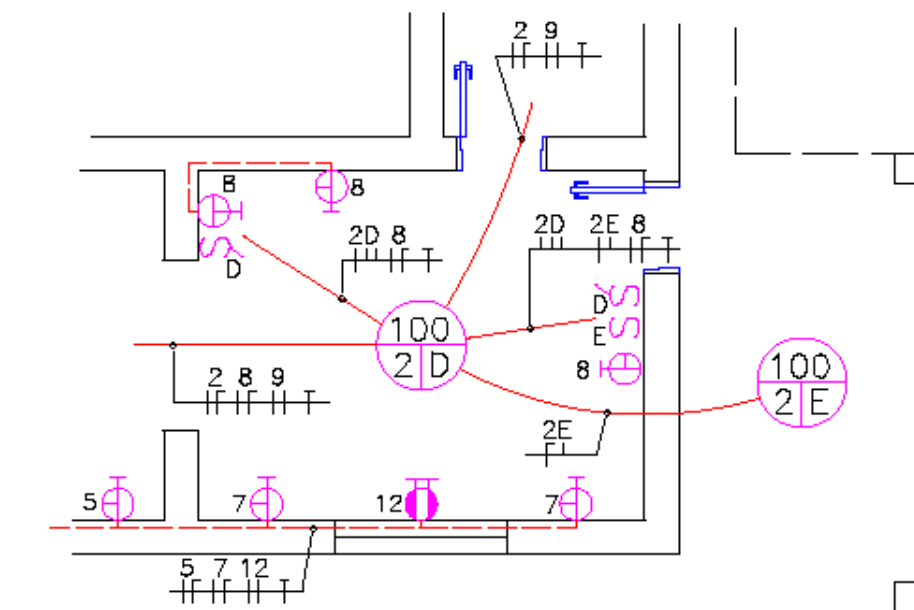
Para ligar as tomadas da sala, é necessário sair do quadro de distribuição com os fios fase e neutro do **circuito 3** e o fio de proteção, indo até o ponto de luz na sala e daí para as tomadas, fazendo a sua ligação.

Copa - cozinha:

Ao prosseguir com a instalação é necessário levar a fase e o neutro do **circuito 2** do quadro de distribuição até o ponto de luz na copa, ligando com o interruptor da copa.



Para ligar as tomadas da copa, faz-se necessário trazer os **circuito 5 e o circuito 6** do quadro de distribuição passando pelo ponto das tomadas na copa. Observando que o **circuito 10** segue para a área de serviço e o **circuito 7 e 12** para a cozinha :

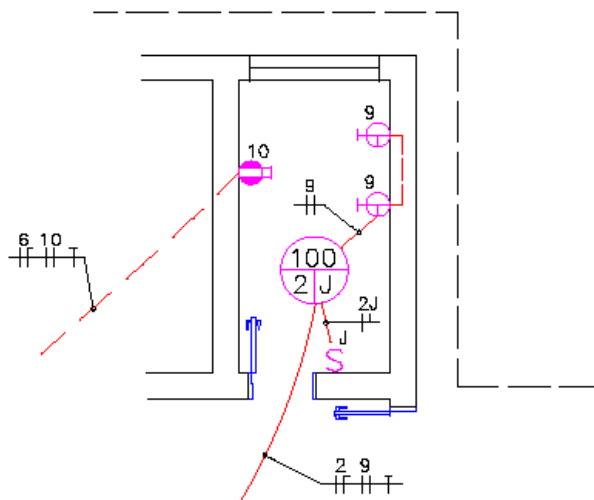


Área de serviço:

Para a ligação da lâmpada da área de serviço, que pertence ao **circuito 2**, deve-se partir do quadro de distribuição com este circuito, trazendo-o da copa passando pela

cozinha seguindo até o ponto de luz na área de serviço e fazendo as ligações com o interruptor.

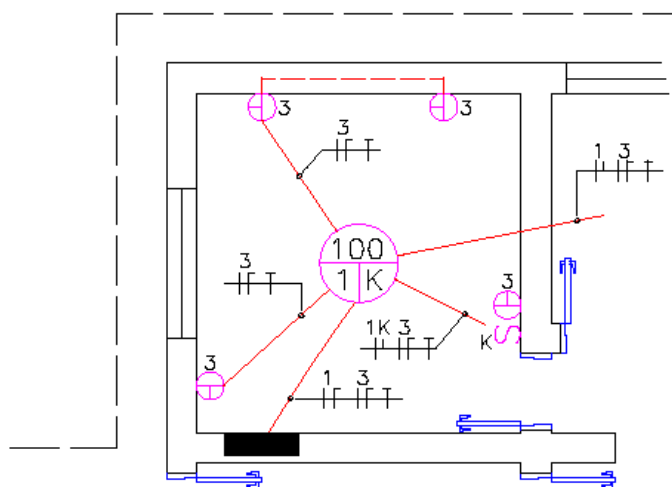
Para as tomadas da área de serviço, que pertencem ao **circuito 9**. Para isso, deve-se partir do quadro de distribuição indo até o ponto de luz da área de serviço e daí fazer as ligações. Lembrando existe uma tomada de uso específico e está ligada no **circuito 10**.



Dormitório 01:

Voltando ao quadro de distribuição, parte-se daí com os fios fase e neutro do **circuito 1** até o ponto de luz do dormitório 1 e faz-se a ligação da Lâmpada.

Para ligar as tomadas do dormitório 1, é necessário sair do quadro de distribuição com os fios fase e neutro do **circuito 3** e o fio de proteção, indo até o ponto de luz deste cômodo e daí para as tomadas, fazendo as ligações.

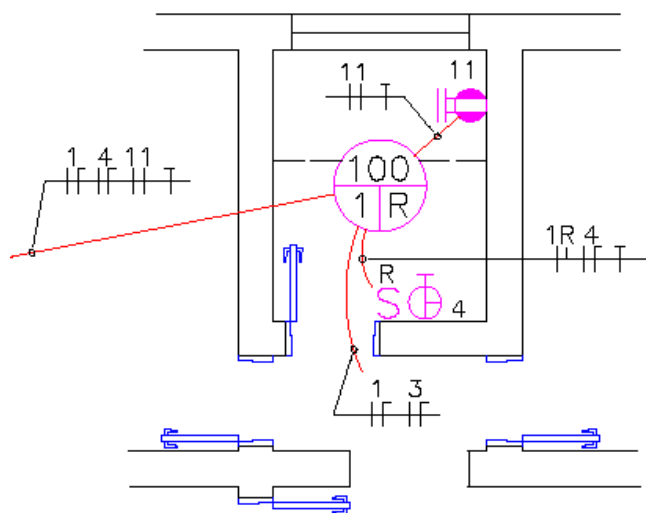


Banheiro:

Caminhando-se com o **circuito 1** até o ponto de luz do banheiro, faz-se a ligação da lâmpada correspondente.

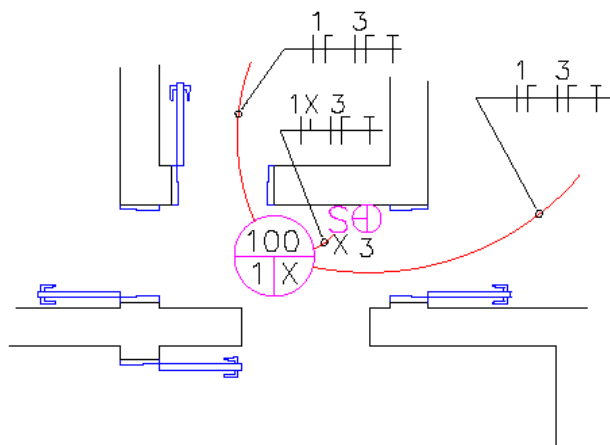
Para ligar a tomada do banheiro, leva-se o **circuito 4** e o fio de proteção do ponto de luz do dormitório 1 até o ponto de luz do banheiro, e daí para a tomada, fazendo a ligação.

Partindo-se para a ligação do chuveiro elétrico, é necessário trazer o **circuito 11** do quadro de distribuição até o ponto específico, passando-se para isso pelos pontos de luz do dormitório 1 e do banheiro.



Corredor:

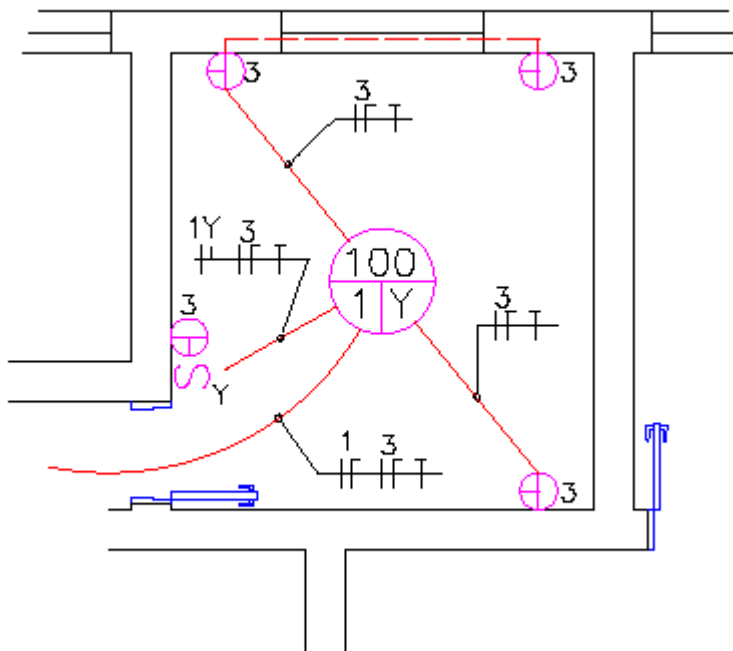
Agora, ligando a lâmpada do corredor, que pertence ao **circuito 1**, e a tomada, que pertencem ao **circuito 3**, tem-se:



Dormitório 02:

No dormitório 2, para a ligação da lâmpada, deve-se trazer os fios do **circuito 1** até o ponto de luz e daí fazer as ligações com o interruptor.

Ainda no dormitório 2, na ligação das tomadas, que pertencem ao **circuito 3**, tem-se:

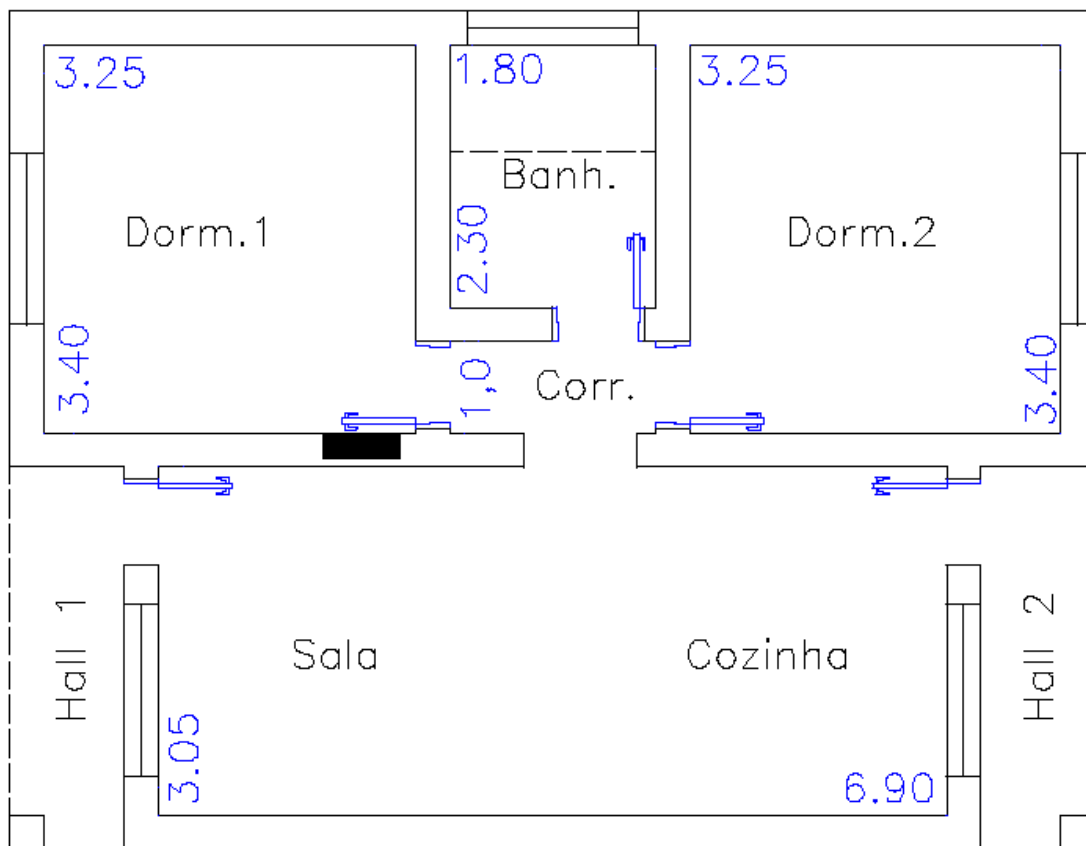


Projeto Elétrico Residencial

O Projeto Elétrico deverá ser apresentado em escala, contendo todos os dados necessários à sua correta execução:

- Pontos de Iluminação;
- Interruptores;
- Tomadas de Uso Geral;
- Tomadas de Uso Específico;
- A seção dos condutores;
- O diâmetro dos eletrodutos;
- Quadro Distribuição dos Circuitos QDC;
- Identificação dos Circuitos Elétricos e dos condutores etc;
- Legenda, identificando o Projetista, etc.
- Simbologia conforme ABNT;
- Os valores precedidos do símbolo # correspondem à seção dos Fios em mm²;
- Os valores precedidos do símbolo Ø correspondem ao diâmetro do eletroduto;

Planta:



Motores Elétricos

Os motores elétricos são máquinas que recebem energia elétrica da rede caracterizada por tensão, corrente e fator de potência e fornecem energia mecânica no seu eixo caracterizada pela rotação e pelo conjugado mecânico.

$$\text{Torque no eixo} = 71620 \times \text{Cv} / \text{Rpm} \quad (\text{kgf} \cdot \text{cm})$$

Motores de indução tipo gaiola

Motores de indução tipo gaiola são compostos basicamente de:

- Um estator, com enrolamento montado na carcaça do motor que vai fornecer o campo girante do motor;
- Um rotor, com o enrolamento constituído por barras curto-circuitadas, que sob ação do campo girante irá fornecer energia mecânica no eixo do motor.

Quando o motor é energizado, ele funciona como um transformador com o secundário em curto-circuito, portanto, exige da rede elétrica uma corrente muito maior que a nominal, podendo atingir cerca de 7 vezes o valor da corrente nominal. À medida que o campo girante “arrasta” o rotor, aumentando sua velocidade a corrente vai diminuindo até atingir a corrente nominal, no tempo que a rotação atinge seu valor nominal.

Quando o motor é ligado em vazio, ele adquire rapidamente sua velocidade nominal, conseqüentemente sua corrente será reduzida rapidamente. Nesta situação, o motor pode partir com uma tensão bem abaixo da nominal (50%, por exemplo). Assim, quando sua velocidade estiver próxima da nominal, ele poderá ser alimentado com sua tensão nominal. Em suas atividades normais (industriais, atividades agrícolas, aparelhos eletrodomésticos, etc), o motor parte realizando trabalho, isto é, em carga. Por exemplo, em uma máquina de lavar roupa, o motor parte iniciando a movimentação das roupas e da água, isto é, ele parte com carga acoplada ao seu eixo.

A partida de um motor em carga é mais complicada, em termos elétricos. Pois ao se tentar dar a partida com 50% da tensão nominal, o motor pode necessitar de um tempo maior do que o recomendado ou não conseguir atingir sua rotação nominal. Caso isto aconteça, a probabilidade do motor queimar é bastante grande, devido à corrente ser excessivamente maior do que a nominal. Isto pode acontecer porque o conjugado oferecido pelo motor no seu eixo será menor quando a tensão for menor, a potência mecânica disponível no eixo será menor.

A maioria das vezes torna-se necessário alimentar o motor na partida com 65%, 80% ou 100% da tensão nominal, e correntes correspondentemente maiores. No momento da partida de um motor de alta potência, haverá uma queda de tensão nos alimentadores decorrente da circulação da alta corrente de partida nos condutores. A queda de tensão, embora que momentânea, pode prejudicar outros consumidores.

Assim, as empresas fornecedoras de energia elétrica (as concessionárias) exigem que haja uma limitação da corrente de partida dos motores, de acordo com as condições do seu sistema. Para minimizar os inconvenientes da partida com tensão plena, deve-se reduzir a tensão de alimentação das bobinas do motor. Para tanto são usados:

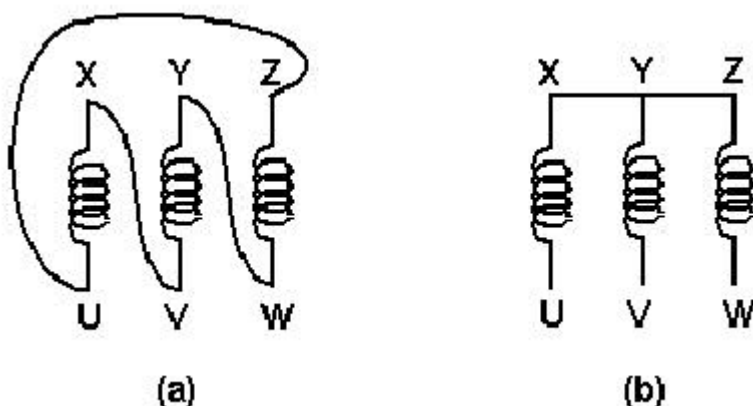
- Resistores ou indutores em série;
- Transformadores ou auto-transformadores;
- Chaves estrela-triângulo;
- Chaves série-paralelo;
- Chaves compensadoras, etc.

Chave de Partida Estrela-Triângulo

As ligações de motores através de chaves estrela-triângulo são utilizadas em alguns casos, quando o motor admite ligações em dois níveis de tensão. Elas têm a finalidade de reduzir a corrente de partida, para motores de alta potência, que requerem naturalmente uma alta corrente durante a partida.

O motor parte com ligação estrela, sendo energizado, até que sua velocidade se aproxime da nominal, quando um operador ou um relé temporizado pode mudar a ligação de estrela para triângulo e desse modo, o motor passa a ser alimentado com sua tensão nominal. Para a realização das conexões que permitam as ligações estrela-triângulo é necessário que os terminais da bobina sejam acessíveis.

Na Figura (a) e (b) podem ser visualizadas as ligações das bobinas para as ligações estrela (a) e triângulo (b).

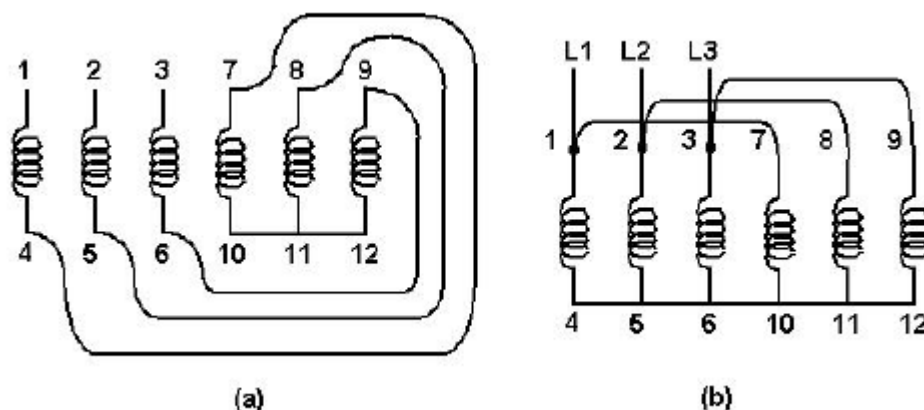


Partida com Chave Série-Paralelo

As chaves de partida série-paralelo são utilizadas para redução corrente de partida de motores elétricos, quando o motor admite ligações em quatro níveis de tensão. Elas têm a finalidade de reduzir a corrente de partida, para motores de alta potência, que requerem naturalmente uma alta corrente durante a partida. Para partida com chave série-paralelo é necessário que o motor seja energizado em duas tensões, onde a menor delas deverá ser igual à tensão da rede (tensão de serviço) e a outra igual ao dobro daquela.

Motores com quatro possibilidade de ligação em serviço (220/380/440/760 v), onde a tensão de 760V é utilizável apenas no instante da partida. No sistema aqui utilizado, as ligações referentes são usadas na tensão de 760V para partida e 380 V para a tensão de serviço do motor. Para a tensão de 380 V, uma ligação duplo Y deverá ser utilizada. Na partida série-paralelo, o pico de corrente é reduzido a 1/4 daquele com partida direta. Deve-se ter em mente que com este tipo de ligação, o conjugado de partida do motor também fica reduzido a 1/4 e, portanto, a máquina deve partir praticamente em vazio.

Nas Figuras podem ser visualizados os esquemas de ligação das bobinas para a chave de partida série-paralelo. Observe que na Fig. (a) as bobinas são ligadas em série, e que na Fig. (b) são ligadas duas bobinas em paralelo por fase.



Motores Elétricos Monofásicos

Os motores elétricos foram desenvolvidos especialmente para utilização em rede monofásica, satisfazendo as necessidades da diversificada das aplicações nos setores rural, industrial e doméstico, tais como: máquinas agrícolas, bombas para adubação, bombas centrífugas, trituradores, compressores, ventiladores, moinhos, elevadores, talhas, guinchos, correias transportadoras, descarregadores de silos, entre outros.

Motor Elétrico Monofásico de Capacitor Permanente

Os motores elétricos de capacitor permanente foram projetados para acionamento com redução de velocidade ou que requeiram baixo conjugado de partida como: bombas industriais e residenciais, máquinas de lavar e secar, equipamentos odontológicos e hospitalares, ventiladores, exaustores, sopradores, succionadores, cortadores de grama, etc.

Motores Elétricos Trifásicos de Alto Rendimento

Os motores elétricos trifásicos de alto rendimento foram projetados para minimizar o consumo de energia, isto é, a relação energia elétrica energia mecânica (potência no eixo) é maior. Eles são usados em compressores, bombas, ventiladores e exaustores, prensas, máquinas ferramentas, correias transportadoras, pontes rolantes, elevadores,

laminadoras, máquinas operatrizes, máquinas agrícolas, misturadores, trituradores, evaporadores, indústria mecânica em geral, entre outros.

Motor Elétrico Trifásico Motorfreio

Os motores elétricos equipados com motorfreio foram desenvolvidos para utilização em equipamentos onde são necessárias paradas rápidas por questão de segurança, posicionamento e economia de tempo, tais como: máquinas-ferramentas, máquinas gráficas, bobinadeiras, transportadores, pontes rolantes, máquinas de engarrafar e secar, entre outras.

Motor Elétrico Trifásico de Dupla Velocidade – Dahlander

Os motores de dupla velocidade se destinam às máquinas operatrizes, pontes rolantes, correias transportadoras, sistemas de ventilação, misturadores, centrífugas, indústrias naval e alimentícia, madeireira, siderúrgica e indústrias mecânicas em geral.

Especificações para aquisição de Motores Elétricos

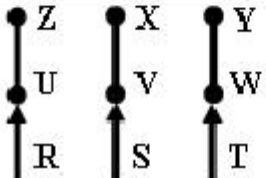
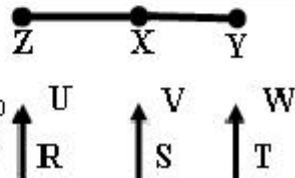
Os motores elétricos possuem algumas características diferentes, que variam segundo a aplicabilidade do mesmo. Algumas características devem ser consideradas quando se deseja adquirir um motor elétrico. Observe o quadro abaixo, algumas destas características:

Característica	Especificação
Modelo:	Carcça
Polaridade:	2 pólos/3600rpm 4 pólos/1800 rpm 6 pólos/1200 rpm 8 pólos/900 rpm
Potência:	CV, HP ou KW
Tensão:	Monofásicos: 110V, 220V ou 110/220V Trifásicos: 220/380, 220/440, 380/660, 440, 440/760 ou 220/380/400/760V
Frequência:	60 ou 50/60 Hz

Placa de identificação de um motor

A placa de identificação dos motores é o elemento mais rápido que se utiliza para se obter as informações principais necessárias à sua operação adequada. A Figura mostra como exemplo a placa de identificação de um motor. Com exceção dos campos MOD (modelo) e N^o, os demais dados são características técnicas de fácil identificação. Tomando-se como exemplo a placa de identificação mostrada na Figura, serão mostradas as características mais importantes para a identificação e utilização dos motores em nossas tarefas:

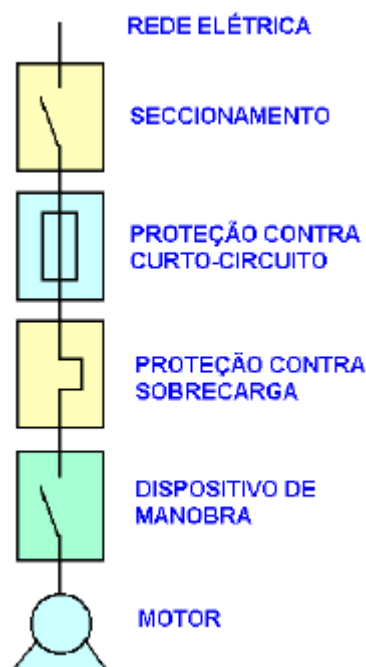
- **CV** - Potência mecânica do motor em CV;
- **Ip/In** – Relação entre as correntes de partida e nominal;
- **Hz** – Frequência da tensão de operação do motor;
- **Rpm** – Velocidade do motor em frequência nominal;
- **A** – Corrente requerida pelo motor em condições nominais de funcionamento, e que depende do tipo ligação;
- **F.S.** – Fator de serviço, quando F.S. é igual a 1,0 isto implica que o motor pode disponibilizar 100% de sua potencia mecânica;
- A última linha mostra as ligações requeridas para tensão menor (triângulo) e tensão maior (estrela), ou seja, a ligação dos terminais do motor depende do nível de tensão de alimentação do mesmo. Sendo que para as nossas tarefas as ligações dos motores variam segundo o nível de tensão do mesmo.

									
MOTOR DE INDUÇÃO TRIFÁSICO									
Mod. S71 A4 B761					Nº 1050				
CV 1/2			Isol. B			IP 54			
Regime S1					Ip/In 5,0				
Hz		Rpm		V 220 A		380 Y		Cat. N	
50				A				F.S.	
60		1700		A 1,90		1,10		F.S. 1,0	
									
Tensão Menor				Tensão Maior					

Um dos pontos fundamentais para o entendimento dos comandos elétricos é a noção de que “os objetivos principais dos elementos em um painel elétrico são”:

- Proteger o operador e
- Propiciar uma lógica de comando.

Partindo do princípio da proteção do operador uma seqüência genérica dos elementos necessários a partida e manobra de motores é mostrada na figura. Nela podem-se distinguir os seguintes elementos:



- **Seccionamento**: Só pode ser operado sem carga. Usado durante a manutenção e verificação do circuito.
- **Proteção contra correntes de curto-circuito**: Destina-se a proteção dos condutores do circuito terminal.
- **Proteção contra correntes de sobrecarga**: para proteger as bobinas do enrolamento do motor.
- **Dispositivos de manobra**: destinam-se a ligar e desligar o motor de forma segura, ou seja, sem que haja o contato do operador no circuito de potência, onde circula a maior corrente.

Seguranças Fusíveis:

Os fusíveis são elementos bem conhecidos, pois se encontram em instalações residenciais, nos carros, em equipamentos eletrônicos, máquinas, entre outros.

Tecnicamente falando estes são elementos que se destinam a proteção contra correntes de curto-circuito.

Entende-se por esta última aquela provocada pela falha de montagem do sistema, o que leva a impedância em determinado ponto a um valor quase nulo, causando assim um acréscimo significativo no valor da corrente.

Sua atuação deve-se a fusão de um elemento pelo efeito Joule, provocado pela súbita elevação de corrente em determinado circuito. O elemento fusível tem propriedades físicas tais que o seu ponto de fusão é inferior ao ponto de fusão do cobre. Este último é o material mais utilizado em condutores de aplicação geral.

Os seguros fusíveis são elementos inseridos nos circuitos para interrompe-los em situações anormais de corrente, como curto-circuito ou sobrecargas de longa duração. De um modo geral, os seguros fusíveis são classificados segundo a tensão de alimentação em alta ou baixa tensão, e, também segundo as características de desligamento em efeito :

- **Rápido;**
- **Retardado.**

Fusíveis de Efeito Rápido:

Os fusíveis de efeito rápido são empregados em circuitos em que não há variação considerável de corrente entre a fase de partida e a de regime normal de funcionamento. Esses fusíveis são ideais para a proteção de circuitos **Resistivos** (lâmpada, fornos, etc.)

Fusíveis de Efeito Retardado:

Os fusíveis de efeito retardado são apropriados para uso em circuitos cuja corrente de partida atinja valores muitas vezes superiores ao valor da corrente nominal e em circuito que estejam sujeitos a sobrecarga de curta duração. Como exemplo pode citar, motores elétricos e cargas capacitivas em geral. Os seguros, fusíveis de efeito retardado mais comumente usado são os **NH E DIAZED RETARDADO**.

Fusíveis NH

Os fusíveis NH suportam elevações de tensão durante certo tempo sem que ocorra fusão. Eles são empregados em circuitos sujeitos a pico de corrente e onde existam cargas indutivas e capacitivas.

Sua construção permite valores padronizados de corrente que variam de 6 á 1200 A. . Sua capacidade de ruptura é sempre superior a 70 KA com uma tensão máxima de 500 V.

Construção dos fusíveis NH

Os fusíveis NH são constituídos por 2 partes: base e fusível. A base é fabricada de material isolante como a esteatita,



plástico ou termofixo. Nela são fixados os contatos em forma de garras, às quais estão acopladas molas que aumentam a pressão de contato.

O fusível possui corpo de porcelana de seção retangular. Dentro desse corpo, estão o elo porcelana existem duas facas de metal que se encaixam perfeitamente nas garras da base.

O elo fusível é feito de cobre em forma de lâminas vazadas em determinados pontos para reduzir a seção condutora. O elo fusível pode ainda ser fabricado em prata.

Fusíveis DIAZED

Os fusíveis Diazed podem ser de ação rápida ou retardada. Os de ação rápida são usados em circuitos resistivos, ou seja, sem picos de corrente.

Os de ação retardada são usados em circuitos com motores e capacitores, sujeitos a picos de corrente.

Esses fusíveis são construídos para valores de, no máximo 100 A. e capacidade de ruptura é de 70 KA com uma tensão de 500 V.



Construção

O fusível Diazed ou (D) é composto por: base (aberta ou protegida), tampa fusível parafuso de ajuste e anel.

A base é feita de porcelana dentro da qual está um elemento metálico roscado internamente e ligado externamente a um dos bornes. O outro borne está isolado do primeiro e ligado ao parafuso de ajuste.

A tampa, geralmente de porcelana, fixa o fusível á base e não é inutilizada com a queima do fusível. Ela permite inspeção visual do indicador do fusível e sua substituição mesmo sob tensão.

O parafuso de ajuste tem função de impedir o uso de fusíveis de capacidade superior á desejada para o circuito. A montagem do parafuso é por meio de uma chave especial.

O anel é um elemento de porcelana com rosca interna, cuja função é proteger a rosca metálica da base aberta, pois evita a possibilidade de contatos acidentais na troca do fusível.

O fusível é um dispositivo de porcelana em cujas extremidades é fixadas em fio de cobre puro ou recobertas por uma camada de zinco. Ele fica imerso em areia especial cuja função é extinguir o arco voltaico e evitar o perigo de explosão quando da queima do fusível.

O fusível possui um indicador, visível através da tampa, cuja corrente nominal é identificada por meio de cores e que se desprendem em caso de queima. Veja na tabela a seguir, algumas cores e suas corrente nominais correspondentes:

INTENSIDADE		INTENSIDADE		INTENSIDADE	
COR DE CORRENTE (A)		COR DE CORRENTE (A)		COR DE CORRENTE (A)	
Rosa	2	Cinza	16	Preto	35
Marrom	4	Azul	20	Branco	50
Verde	6	Amarelo	25	Laranja	63
Vermelho	10				

O **elo indicador de queima** é constituído de um fio muito fino ligado em paralelo com o elo fusível. Em caso de queima do elo fusível, o indicador de queima também se funde e provoca o desprendimento da espoleta.

Característica dos fusíveis NH e DIAZED

As principais características dos fusíveis Diazed e NH são:

- Corrente Nominal - corrente máxima que o fusível suporta continuamente sem interromper o funcionamento do circuito. Esse valor é marcado no corpo de porcelana do fusível.
- corrente de curto circuito - corrente máxima que deve circular no circuito e que deve ser interrompida instantaneamente.
- Capacidade de ruptura - (KA) - valor de corrente que o fusível é capaz de interromper com segurança. Não depende da tensão nominal da instalação.
- Tensão Nominal - tensão para a qual o fusível foi construído. Os fusíveis normais para baixa tensão são indicados para tensões de serviço de até 500 v em CA e 600V em CC.
- Resistência elétrica (ou resistência ôhmica) - grandeza elétrica que depende do material e da pressão exercida. A resistência de contato entre a base e o fusível é responsável por eventuais aquecimentos que podem provocar a queima do fusível.

Instalação:

Os fusíveis Diazed e NH devem ser colocados no ponto inicial do circuito a ser protegido. Os locais devem ser arejados para que a temperatura se conservem igual á do ambiente. Esses locais devem ser de fácil acesso para facilitar a inspeção e a manutenção. A instalação deve ser feita de tal modo que permita seu manejo sem perigo de choque para o operador.

Escolha do fusível



A escolha do fusível é feita considerando-se a corrente nominal da rede, a malha ou circuito que se pretende proteger. Os circuitos elétricos devem ser dimensionados para uma determinada carga nominal, dada pela carga que se pretende ligar. A escolha do fusível deve ser feita de modo que qualquer anormalidade elétrica do circuito fique restrita ao setor onde ela ocorrer, sem afetar os outros.

Dimensionamento:

Para dimensionar um fusível, é necessário levar em consideração as seguintes grandezas elétricas: corrente nominal ou ramal; corrente de curto-circuito; Tensão nominal.

Relês como dispositivos de Proteção

Relés

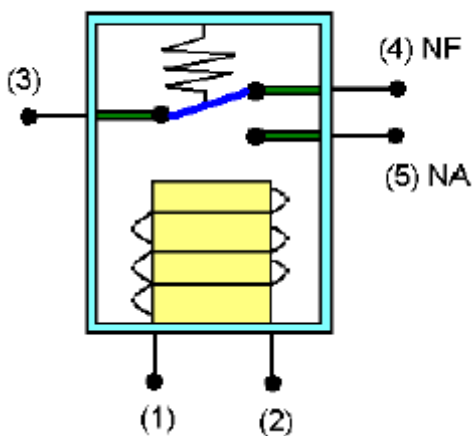
Os **relés** são os elementos fundamentais de manobra de cargas elétricas, pois permitem a combinação de lógicas no comando, bem como a separação dos circuitos de potência e comando.

Os mais simples constituem-se de uma carcaça com cinco terminais. Os terminais (1) e (2) correspondem a bobina de excitação. O terminal (3) é o de entrada, e os terminais (4) e (5) correspondem aos contatos normalmente fechado (NF) e normalmente aberto (NA), respectivamente.

Uma característica importante dos relés, como pode ser observada na figura é que a tensão nos terminais (1) e (2) pode ser 5 Vcc, 12 Vcc ou 24 Vcc, enquanto simultaneamente os terminais (3), (4) e (5) podem trabalhar com 110 Vca ou 220 Vca.

Ou seja, **não há contato físico** entre os terminais de acionamento e os de trabalho. Este conceito permitiu o surgimento de dois circuitos em um painel elétrico:

- **Circuito de comando:** neste encontra-se a interface com o operador da máquina ou dispositivo e portanto trabalha com baixas correntes (até 10 A) e/ou baixas tensões.
- **Circuito de Potência:** é o circuito onde se encontram as cargas a serem acionadas, tais como motores, resistências de aquecimento, entre outras. Neste podem circular correntes elétricas da ordem de 10 A ou mais, e atingir tensões de até 760 V.



É um dispositivo que atua quando é atingido um determinado valor duma grandeza. Basicamente é constituído por um **sensor**, que determina o valor atual duma grandeza, um **comparador**, que compara este valor atual com um valor pré determinado e um **disparador**, que produz uma determinada atuação, por exemplo, abrir ou fechar um contato elétrico.

A tecnologia mais antiga usada no fabrico de relés é a **eletromagnética**.

Diferentes dos fusíveis, que se autodestroem, os relés abrem os circuitos em presença de sobrecargas, por exemplos, e continuam a ser usados depois de sanada a irregularidade.

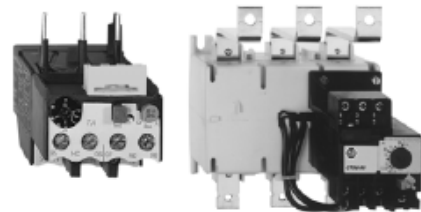
Os relés são usados como dispositivos de segurança e podem ser:

- **Eletromagnéticos;**
- **Térmicos ou sobrecargas;**
- **Temporizadores.**

Relés eletromagnéticos

Os relés eletromagnéticos funcionam com base na ação do eletromagnetismo por meio do qual um núcleo de ferro próximo da bobina é atraído quando esta é percorrida por uma corrente elétrica, e podem ser:

- Mínima tensão;
- Máxima corrente.



O relê de **mínima tensão** recebe uma regulação aproximadamente 20% menor do que a tensão nominal.

Se a tensão abaixar a um valor prejudicial, o rele interrompe o circuito de comando da chave principal e por consequência abre os contatos dessa chave.

Aplicados principalmente em contadores e disjuntores.

O relê de **máxima corrente** é regulada para proteger um circuito contra o excesso de corrente. Esse tipo de relê abre, indiretamente, o circuito principal assim que a corrente atingir o limite da regulação.

Relés térmico ou Sobrecargas

Antigamente a proteção contra corrente de sobrecarga era feita por um elemento separado denominado de relé térmico. Este elemento é composto por uma junta

bimetálica que se dilatava na presença de uma corrente acima da nominal por um período de tempo longo. Atualmente os disjuntores englobam esta função e sendo assim os relés de sobrecarga caíram em desuso.

Esse tipo de relê, como dispositivo de proteção, controle ou comando do circuito elétrico, atua por efeito térmico provocado pela corrente elétrica. O elemento básico dos relês térmicos é o bimetal.

O bimetal é um conjunto de lamina de metais diferentes (normalmente ferro e níquel), sobrepostas e soldadas.

Esses dois metais, de coeficientes diferentes, formam um par metálico. Por causa da diferença de coeficiente de dilatação, se o par metálico for submetido a uma temperatura elevada, um dos metais do par vai se dilatar mais que o outro provocando o encurvamento do conjunto para o seu lado, afastando o conjunto de um ponto determinado.



Relês Temporizadores.

Os temporizadores são dispositivos utilizados apenas em circuitos de comando, e que tem como função energizar ou desenergizar determinado componente, após um tempo pré-programado.



Contatores

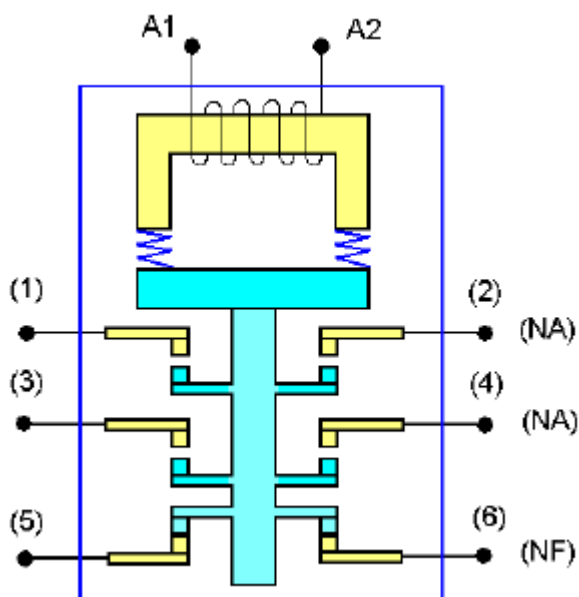
Para fins didáticos pode-se considerar os contatores como relés expandindo pois o princípio de funcionamento é similar. Conceituando de forma mais técnica, o contator é um elemento eletro-mecânico de comando a distância, com uma única posição de repouso e sem travamento podem ser Bi, Tri ou Tetrapolares.

Como pode ser observado, o contator consiste basicamente de um núcleo magnético excitado por uma bobina. Uma parte do núcleo magnético é móvel, e é atraído por forças de ação magnética quando a bobina é percorrida por corrente e cria um fluxo magnético.

Quando não circula corrente pela bobina de excitação essa parte do núcleo é repelida por ação de molas. Contatos elétricos são distribuídos solidariamente a esta parte móvel do núcleo, constituindo um conjunto de contatos móveis.

Solidário a carcaça do contator existe um conjunto de contatos fixos. Cada jogo de contatos fixos e móveis podem ser do tipo Normalmente aberto (NA), ou normalmente fechados (NF).

Contatores são dispositivos de manobra mecânica, eletromagneticamente, construídos para uma elevada frequência de operação. De acordo com a potência (carga), o contator é um dispositivo de comando de motor e pode ser utilizado individualmente, acoplados a relés de sobrecarga, na proteção de sobrecorrente. Há certos tipos de contatores com capacidade de estabelecer e interromper correntes de curto-circuito. Basicamente, existem contatores para motores e contatores auxiliares.



Os contadores podem ser classificados como principais (CW, CWM) ou auxiliares (CAW). De forma simples pode-se afirmar que os contadores auxiliares tem corrente máxima de 10A e possuem de 4 a 8 contatos, podendo chegar a 12 contatos.

Os contadores principais tem corrente máxima de até 600A. De uma maneira geral possuem 3 contatos principais do tipo NA, para manobra de cargas trifásicas a 3 fios. Um fator importante a ser observando no uso dos contadores são as faíscas produzidas pelo impacto, durante a comutação dos contatos. Isso promove o desgaste natural dos mesmos, além de consistir em riscos a saúde humana.

A intensidade das faíscas pode se agravar em ambientes úmidos e também com a quantidade de corrente circulando no painel.

Dessa forma foram aplicadas diferentes formas de proteção, resultando em uma classificação destes elementos.

Basicamente existem 4 categorias de emprego de contadores principais:

- **AC1:** é aplicada em cargas ôhmicas ou pouco indutivas, como aquecedores e fornos a resistência.
- **AC2:** é para acionamento de motores de indução com rotor bobinado.
- **AC3:** é aplicação de motores com rotor de gaiola em cargas normais como bombas, ventiladores e compressores.
- **AC4:** é para manobras pesadas, como acionar o motor de indução em plena carga,
- reversão em plena marcha e operação intermitente.

Contactores Inversores possuem as mesmas características dos contadores disjuntores e são usados para inverter o sentido de rotação dos motores trifásicos.

OBS: Os contadores para motores e os contadores auxiliares são basicamente semelhantes. O que os diferencia são algumas características mecânicas e elétricas.

Contadores para motores

Os contadores para motores têm as seguintes características:

- Dois tipos de contatos com capacidade de carga diferentes (principal e auxiliares)
- Maior robustez de construção
- Possibilidade de receber reles de proteção
- Existência de câmara de extinção de arco voltaico
- Variação de potência da bobina do eletroímã de acordo com o tipo do contador.
- Tamanho físico de acordo com a potência a ser comandada
- Possibilidade de ter a bobina do eletroímã secundário

Contatores auxiliares



Os contatores auxiliares são utilizados para aumentar o número de contatos auxiliares dos contatores de motores para comandar contatores de elevado consumo na bobina, para evitar repique, para sinalização.

Os contatores auxiliares têm as seguintes características:

- Tamanho físico variável conforme o número de contatos
- Potência da bobina do eletroímã praticamente constante
- Corrente nominal de carga máxima de 10 A para todos os contatos
- Ausência de necessidade de relê de proteção e de câmara de extinção

Os principais elementos construtivos de um contator são:

- Contato Principal
- Contato Auxiliar
- Sistema de Acionamento
- Carcaça
- Acessórios

Contatos Principais

Os contatos principais tem a função de estabelecer e interromper correntes de motores e chavear cargas resistivas ou capacitivas. O contato é realizado por meio de placas de prata cuja vida útil termina quando essas placas estão reduzidas a 1/3 de seu valor inicial.

Contatos Auxiliares

Os contatos auxiliares são dimensionados para comutação de circuitos auxiliares para comando, sinalização e intertravamento elétrico. Eles podem ser do tipo NA (normalmente aberto) ou NF (normalmente fechado) de acordo com a sua função.

Sistema de acionamento

O acionamento dos contatores pode ser feito com corrente alternada ou corrente contínua. Para esse sistema de acionamento existem anéis de curto circuito que se situam sobre o núcleo fixo do contator e evitam o ruído por meio da passagem da CA por zero. Um entreferro reduz a remanescência após a interrupção da tensão de comando e evita o colamento do núcleo. Após a desenergização da bobina de acionamento, o retorno dos contatos principais (bem como dos auxiliares) para a posição original de repouso é garantido pelas molas de compressão.

Carcaça

A carcaça dos contadores é constituída de 2 partes simétricas (tipo macho e fêmea), unidas por meio de grampos. Retirando-se os grampos de fechamento do contador e sua capa frontal é possível abri-lo e inspecionar seu interior, bem como substituir os contatos principais e os da bobina. A substituição da bobina é feita pela parte superior do contador, através da retirada de 4 parafusos de fixação para o suporte do núcleo.

Funcionamento

A bobina eletromagnética quando alimentada por um circuito elétrico forma um campo magnético que se concentra no núcleo fixo e atrai o núcleo móvel. Como os contatos móveis estão acoplados mecanicamente com o núcleo móvel, o deslocamento deste no sentido do núcleo fixo movimenta os contatos móveis.

Quando o núcleo móvel se aproxima do fixo, os contatos móveis também devem se aproximar dos fixos, de tal forma que, no fim do curso do núcleo móvel, as peças fixas imóveis do sistema de comando elétrico estejam em contato e sob pressão suficiente.

O Comando da bobina é efetuado por meio de uma botoeira ou chave-bóia com duas posições, cujos elementos de comando estão ligados em série com a bobina. A velocidade de fechamento dos contadores é resultado da força proveniente da bobina e da força mecânica das molas de separação que atuam em sentido contrário.

As molas são também as únicas responsáveis pela velocidade de abertura do contador, o que ocorre quando a bobina magnética não estiver sendo alimentada ou quando o valor da força magnética for inferior à força das molas.

Vantagem do emprego de contadores

- Comando à distância
- Elevado número de manobras
- Grande vida útil mecânica
- Pequeno espaço para montagem
- Garantia de contato imediato
- Tensão de operação de 85 a 110% da tensão nominal prevista para contador

Montagem dos contadores

Os contadores devem ser montados de preferência verticalmente em local que não esteja sujeito a trepidação. Em geral, é permitido uma inclinação máxima do plano de montagem de 22,5 em relação a vertical, o que permite a instalação em naivos. Na instalação de contadores abertos, o espaço livre em frente a câmara deve ser no máximo de 45mm.

Disjuntores

Os disjuntores também estão presentes em algumas instalações residenciais, embora sejam menos comuns do que os fusíveis. Sua aplicação determinadas vezes interfere com a aplicação dos fusíveis, pois são elementos que também se destinam a proteção do circuito contra correntes de curto-circuito.

Em alguns casos, quando há o elemento térmico os disjuntores também podem se destinar a proteção contra correntes de sobrecarga. A corrente de sobrecarga pode ser causada por uma súbita elevação na carga mecânica, ou mesmo pela operação do motor em determinados ambientes fabris, onde a temperatura é elevada.

A vantagem dos disjuntores é que permitem a re-ligação do sistema após a ocorrência da elevação da corrente, enquanto os fusíveis devem ser substituídos antes de uma nova operação. Para a proteção contra a sobrecarga existe um elemento térmico (bi-metálico).

Para a proteção contra curto-circuito existe um elemento magnético. O disjuntor precisa ser caracterizado, além dos valores nominais de tensão, corrente e frequência, ainda pela sua capacidade de interrupção, e pelas demais indicações de temperatura e altitude segundo a respectiva norma, e agrupamento de disjuntores, segundo informações do fabricante, e outros, que podem influir no seu dimensionamento.

A figura mostra o aspecto físico dos disjuntores comerciais.

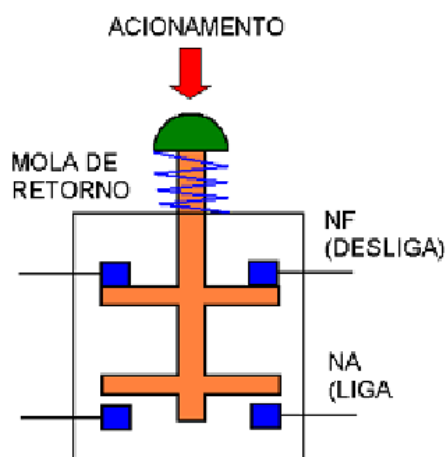


Botão de Comando

Quando se fala em ligar um motor, o primeiro elemento que vem a mente é o de uma chave para ligá-lo. Só que no caso de comandos elétricos a “chave” que liga os motores é diferente de uma chave usual, destas que se tem em casa para ligar a luz, por exemplo.

A diferença principal está no fato de que ao movimentar a “chave residencial” ela vai para uma posição e permanece nela, mesmo quando se retira a pressão do dedo. Na “chave industrial” ou botoeira há o retorno para a posição de repouso através de uma mola, como pode ser observado na figura.

O entendimento deste conceito é fundamental para compreender o porquê da existência de um *selo* no circuito de comando.



A botoeira faz parte da classe de componentes denominada “elementos de sinais”. Estes são dispositivos pilotos e nunca são aplicados no acionamento direto de motores.

A figura mostra o caso de uma botoeira para comutação de 4 pólos. O contato NA (Normalmente Aberto) pode ser utilizado como botão LIGA e o NF (Normalmente Fechado) como botão DESLIGA. Esta é uma forma elementar de intertravamento. Note que o retorno é feito de forma automática através de mola. Existem botoeiras com apenas um contato.

Estas últimas podem ser do tipo NA ou NF. Ao substituir o botão manual por um rolete, tem-se a chave fim de curso, muito utilizada em circuitos pneumáticos e hidráulicos. Este é muito utilizado na movimentação de cargas, acionado no esbarro de um caixote, engradado, ou qualquer outra carga.

Outros tipos de elementos de sinais são os Termostatos, Pressostatos, as Chaves de Nível e as chaves de fim de curso (que podem ser roletes). Todos estes elementos exercem uma ação de controle discreta, ou seja, liga / desliga.

Como por exemplo, se a pressão de um sistema atingir um valor máximo, a ação do Pressostato será o de mover os contatos desligando o sistema. Caso a pressão atinja novamente um valor mínimo atua-se re-ligando o mesmo.

Chave fim de curso.

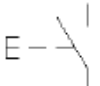
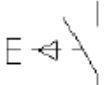
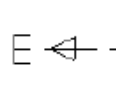
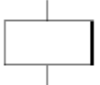
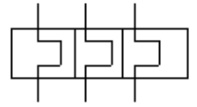
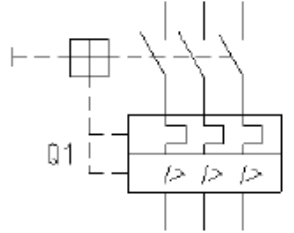
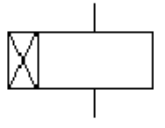
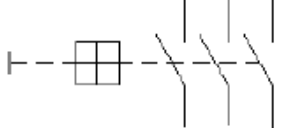
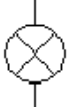
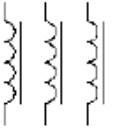
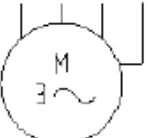
Essas chaves são dispositivos de comando usado para comandar contatores, válvulas solenóides circuitos de sinalização.

São construídos por uma alavanca ou haste com ou sem roldana na extremidade, cuja função é transmitir movimento aos contatos a fim de abri-los ou fechá-los

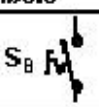
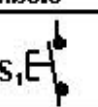
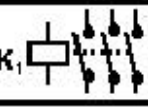
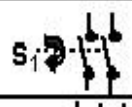
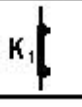
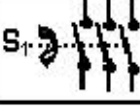
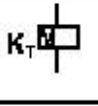
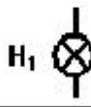
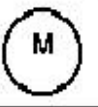


Simbologia

Até o presente momento mostrou-se a presença de diversos elementos constituintes de um painel elétrico. Em um comando, para saber como estes elementos são ligados entre si é necessário consultar um desenho chamado de esquema elétrico. No desenho elétrico cada um dos elementos é representado através de um símbolo. A simbologia é padronizada através das normas NBR, DIN e IEC. Na tabela apresenta-se alguns símbolos referentes aos elementos estudados nos parágrafos anteriores.

SÍMBOLO	DESCRIÇÃO	SÍMBOLO	DESCRIÇÃO
	Botoeira NA		Botoeira NF
	Botoeira NA com retorno por mola		Botoeira NF com retorno por mola
	Contatos tripolares NA, ex: contator de potência		Fusível
	Acionamento eletromagnético, ex: bobina do contator		Contato normalmente aberto (NA)
	Relé térmico		Contato normalmente fechado (NF)
	Disjuntor com elementos térmicos e magnéticos, proteção contra correntes de curto e sobrecarga		Acionamento temporizado na ligação
	Disjuntor com elemento magnético, proteção contra corrente de curto-circuito		Lâmpada / Sinalização
	Transformador trifásico		Motor Trifásico

Outras tabelas mostrando as simbologias

Símbolo	Descrição	Símbolo	Descrição
	Disjuntor termomagnético monofásico		Botoeira NA (Normalmente Aberta)
	Disjuntor termomagnético trifásico		Botoeira NF (Normalmente Fechada)
	Conjunto com três fusíveis diazed		Contactor tripolar
	Chave mecânica bipolar		Contato auxiliar NF do contactor K ₁
	Chave mecânica tripolar		Relé temporizado
	Relé de sobrecarga		Contato auxiliar NF do relé temporizado K _T
	Contato auxiliar NF do relé de sobrecarga		Relé falta de fase
	Lâmpada de sinalização		Motor de indução monofásico ou trifásico

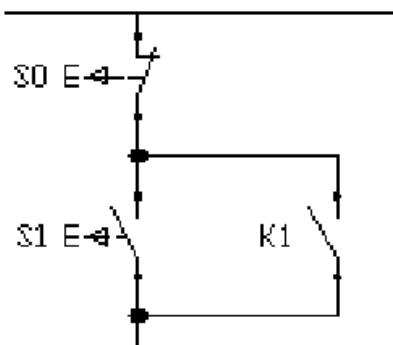
Nesta representação todos os componentes são representados. Os aparelhos são mostrados de acordo com sua seqüência de instalação, obedecendo à construção física dos mesmos. Não são indicados nos circuitos de circulação de corrente.

A posição dos contatos é feita com o sistema desligado (sem tensão). A disposição dos aparelhos pode ser qualquer uma, com a vantagem de que eles são facilmente reconhecidos, sendo reunidos por trações de contorno, se necessário.

Manobras em Motores

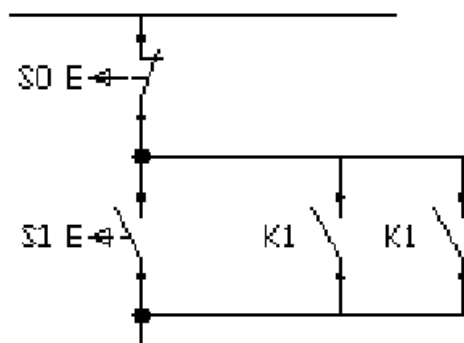
Para ler e compreender a representação gráfica de um circuito elétrico é imprescindível conhecer os componentes básicos dos comandos e também sua finalidade. Alguns destes elementos são descritos a seguir.

A) Selo



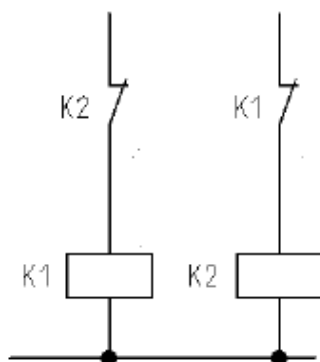
O contato de selo é sempre ligado em paralelo com o contato de fechamento da botoeira. Sua finalidade é de manter a corrente circulando pelo contator, mesmo após o operador ter retirado o dedo da botoeira.

B) Selo com dois contatos



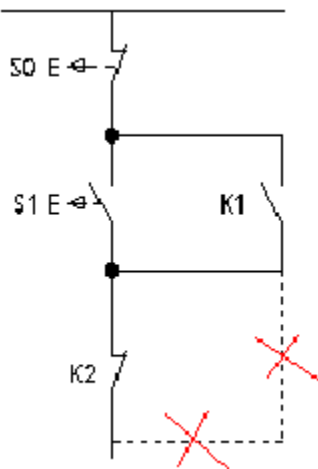
Para obter segurança no sistema, pode-se utilizar dois contatos de selo.

C) Intertravamento



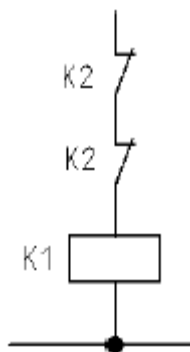
Em algumas manobras, onde existem 2 ou mais contadores, para evitar curtos é indesejável o funcionamento simultâneo de dois contadores. Utiliza-se assim o intertravamento. Neste caso os contatos devem ficar antes da alimentação da bobina dos contadores.

E) Circuito paralelo ao intertravamento



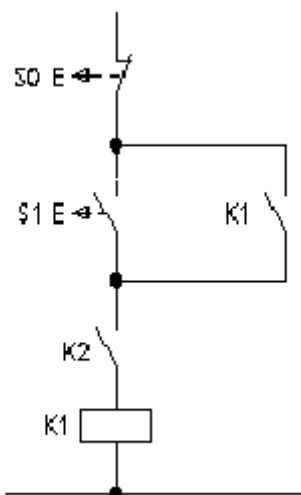
No caso de um intertravamento entre contatos, o contato auxiliar de selo, não deve criar um circuito paralelo ao intertravamento, caso este onde o efeito de segurança seria perdido.

F) Intertravamento com dois contatos



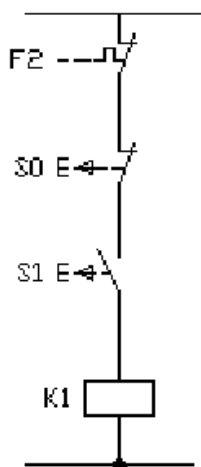
Dois contatos de intertravamento, ligados em série, elevam a segurança do sistema. Estes devem ser usados quando acionando altas cargas com altas correntes.

G) Ligamento condicionado



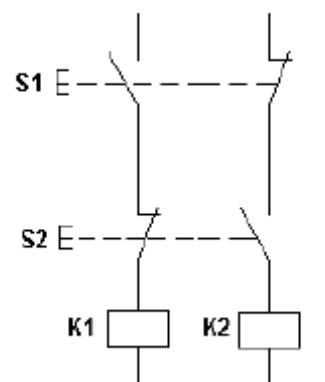
Um contato NA do contator K2, antes do contator K1, significa que K1 pode ser operado apenas quando K2 estiver fechado. Assim condiciona-se o funcionamento do contator K1 ao contator K2.

F) Proteção do sistema



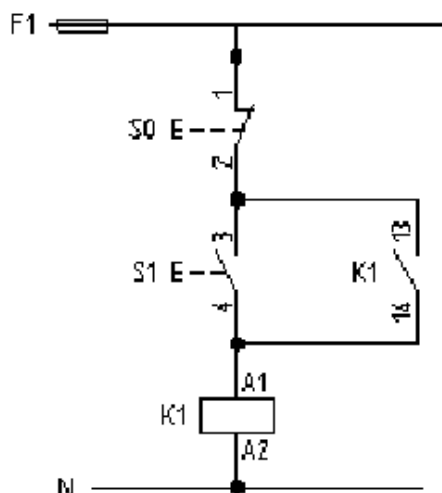
Os relés de proteção contra sobrecarga e as botoeiras de desligamento devem estar sempre em série.

G) Intertravamento com botoeiras



O intertravamento, também pode ser feito através de botoeiras. Neste caso, para facilidade de representação, recomenda-se que uma das botoeiras venha indicada com seus contatos invertidos. Não se recomenda este tipo de ação em motores com cargas pesadas.

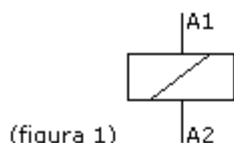
I) Esquema Funcional



Nesta representação também todos os condutores estão representados. Não é levada em conta a posição construtiva e a conexão mecânica entre as partes. O sistema é subdividido de acordo com os circuitos de correntes existentes. Estes circuitos devem ser representados sempre que possível, por linhas retas, livres de cruzamentos. A posição dos contatos é desenhada com o sistema desligado (sem tensão). A vantagem consiste no fato de que se torna fácil ler os esquemas e respectivas funções, assim este tipo de representação é o que será adotado neste curso.

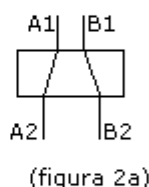
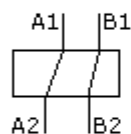
Normas de Identificação

A normalização nas identificações de terminais dos contatos e demais dispositivos de manobra de baixa tensão é o meio utilizado para tornar mais uniforme a execução de projetos de comandos e facilitar a localização e função desses elementos na instalação. A identificação é feita por letras maiúsculas nas bobinas com apenas um enrolamento.

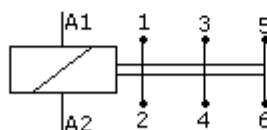


São identificadas por letras maiúsculas e algarismos nas bobinas com mais de um enrolamento e/ou terminações (figura 2 e 2a)

Bobina para contator com dois enrolamentos



Identificação dos terminais para circuitos principais dos contatores (figura 3)



Identificação por algarismos, sendo os ímpares para as entradas (ligação à rede) e os pares para a saída (ligação à carga)

Bobina do Contator.



Os exemplos dados são baseados no uso de um dispositivo de controle, mas o mesmo princípio pode ser aplicado a outros dispositivos de chaveamento (por exemplo, parada de emergência ou dispositivos de desarme).

Identificação dos Terminais

A identificação é feita por (2) dígitos compostos pelo algarismo de origem de localização e pelo algarismo seqüencial de função.

Os algarismos de localização são contados em seqüência, começando de 1. A identificação numérica apresentada nas figuras 4, 4a e 5, aplicam-se a contatos abridores e fechadores.

Botão abridor
(normalmente fechado)



figura 4

Botão fechador
(normalmente aberto)



figura 4a

Os contatos auxiliares duplos e relês de ligação tem normalizado também o posicionamento físico dos contatos (figura 5)

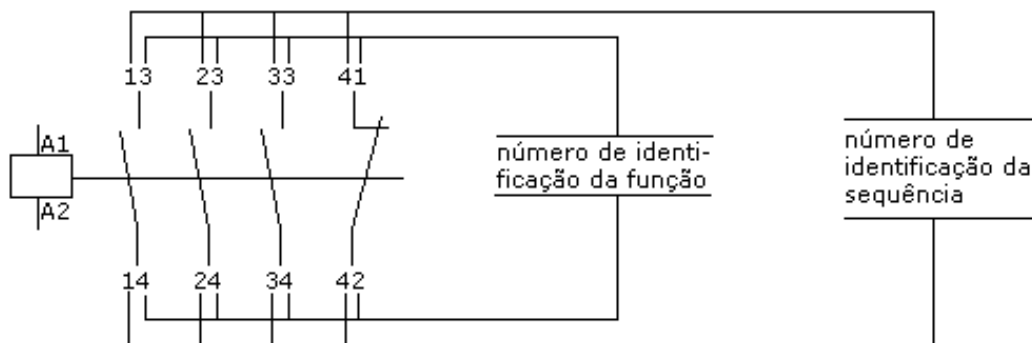


figura 5

número de identificação

3 fechadores ————— 3 1
1 abridor ————— 1

Assim como cada elemento em um comando tem o seu símbolo gráfico específico, também a numeração dos contatos e denominação literal dos mesmos tem um padrão que deve ser seguido. Neste capítulo serão apresentados alguns detalhes, para maiores informações deve-se consultar a norma NBR 5280 ou a IEC 113.2. A numeração dos contatos que representam terminais de força é feita da seguinte maneira:

- 1, 3 e 5 Circuito de entrada (linha)
- 2, 4 e 6 Circuito de saída (terminal)

Já a numeração dos contatos auxiliares segue o seguinte padrão:

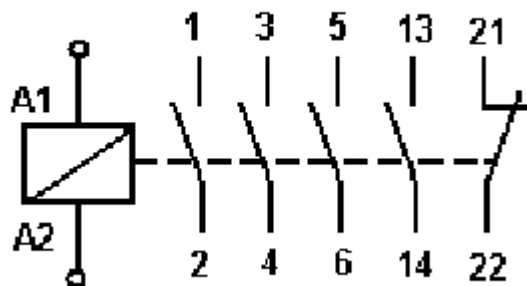
- 1 e 2 Contato normalmente fechado (NF), sendo 1 a entrada e 2 a saída
- 3 e 4 Contato normalmente aberto (NA), sendo 3 a entrada e 4 a saída

Nos relés e contadores tem-se A1 e A2 para os terminais da bobina. Os contatos auxiliares de um contator seguem um tipo especial de numeração, pois o número é composto por dois dígitos, sendo:

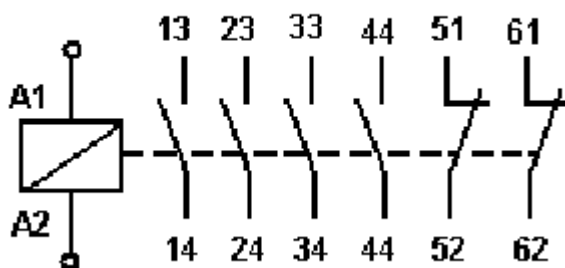
Primeiro dígito: indica o número do contato

Segundo dígito: indica se o contato é do tipo NF (1 e 2) ou NA (3 e 4)

Exemplo 1: Numeração de um contator de potência com dois contatos auxiliares 1 NF e 1NA.



Exemplo 2: Numeração de um contator de auxiliar com 4 contatos NA e 2 contatos NF



Bornes de ligação.

Os bornes são elementos que fazem as ligações de contadores, bobinas, relês e são montados por números ou letras que indicam:



Função: contatos abridores e fechadores do circuito de comando ou de força; contatos de relês temporizadores ou relês térmicos.

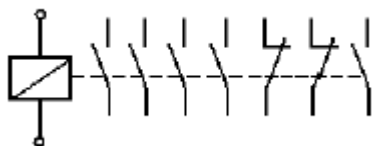
Posição: entrada ou saída e a posição física dos contadores. Nos diagramas funcionais, essa indicação é acompanhada da indicação do contator ou elemento correspondente.

Símbolos literais

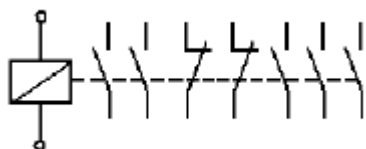
Símbolo	Componente	Exemplos
F	Dispositivos de proteção	Fusíveis, pára-raios, disparadores, relês
H	Dispositivos de sinalização	Indicadores acústicos e ópticos
K	Contadores	Contadores de potência e auxiliares
M	Motores	
Q	Dispositivos de manobra para circuitos de potência	Disjuntores, seccionadores, interruptores
S	Dispositivos de manobra, seletos auxiliares	Dispositivos e botões de comando e de posição (fim-de-curso) e seletos
T	Transformadores	Transformadores de distribuição, de potência, de potencial, de corrente, autotransformadores

Exercícios:

A) Contador de potência



B) Contador auxiliar



Defeitos dos Contatores

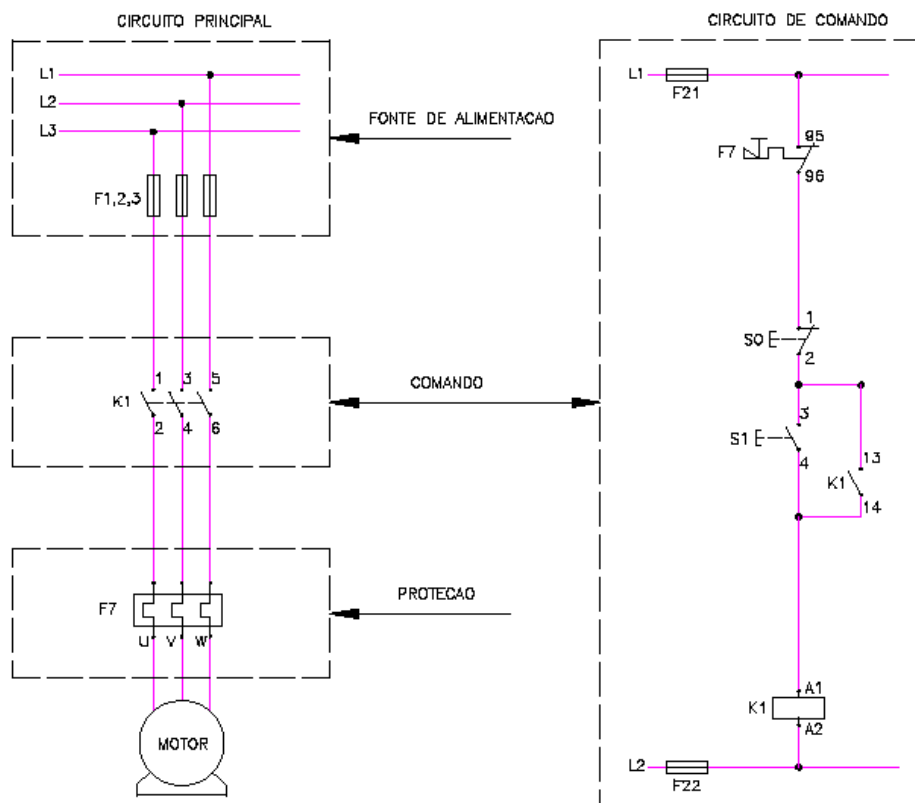
Já sabemos que os contatores são dispositivos de manobra mecânica acionados eletromagneticamente, utilizados como dispositivos de comando de motores ou como dispositivos de proteção contra sobrecarga, se acoplados á relés. Neste tópico, estudaremos os defeitos mais comuns que acontecem nos contatores e os problemas causados nos circuitos elétricos por eles comandados.

Circuito Principal e de Comando

Neste capítulo o objetivo é o de conhecer as ferramentas necessárias à montagem de um painel elétrico. Assim como para trocar uma simples roda de carro, quando o pneu fura, necessita-se conhecer as ferramentas próprias, em comandos elétricos, para entender o funcionamento de um circuito e posteriormente para desenhar o mesmo, necessita-se conhecer os elementos apropriados. A diferença está no fato de que em grandes painéis existem altas correntes elétricas que podem levar o operador ou montador a riscos de vida. Um comentário importante neste ponto é que por via de regra os circuitos de manobra são divididos em “**Comando**” e “**Principal**”, possibilitando em primeiro lugar a segurança do operador e em segundo a automação do circuito. Embora não pareça clara esta divisão no presente momento, ela tornar-se-á comum a medida que o aluno familiariza-se com a disciplina.

Circuito Principal ou de Força é responsável pelo fornecimento da corrente necessária à operação dos equipamentos. No caso das montagens, os equipamentos serão os motores.

Circuito auxiliar ou de Comando é utilizado para os acionamentos e desacionamentos dos dispositivos de manobra tipo: contatores, relés, temporizadores, etc. Além disso, o circuito é usado para fins de travamento quando da ocorrência de anormalidades no circuito de força e sinalização.



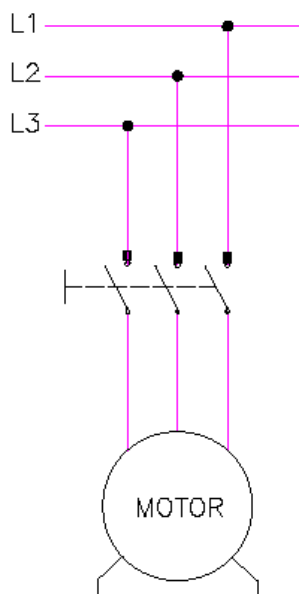
Chave de partida

Chave de partida é um dispositivo que dá condições à partida do motor. Sempre que possível, a partida de um motor deverá ser feita de forma direta, ou seja, sem artifícios para redução da corrente de partida. Por outro lado, quando a corrente de partida do motor é elevada, podem ocorrer alguns transtornos, tais como:

- Interferência no funcionamento de equipamentos instalados no mesmo sistema, devido à queda de tensão excessiva.
- Necessidade de superdimensionar os sistemas de proteção, com conseqüente aumento de custos.
- Por imposição da redução da corrente de partida pela companhia concessionária de energia elétrica, de forma a limitar a queda de tensão na rede. Quando tais fatos ocorrem, é necessário recorrer a um sistema de partida indireta, de modo a reduzir o pico de corrente na partida.

Chave Faca

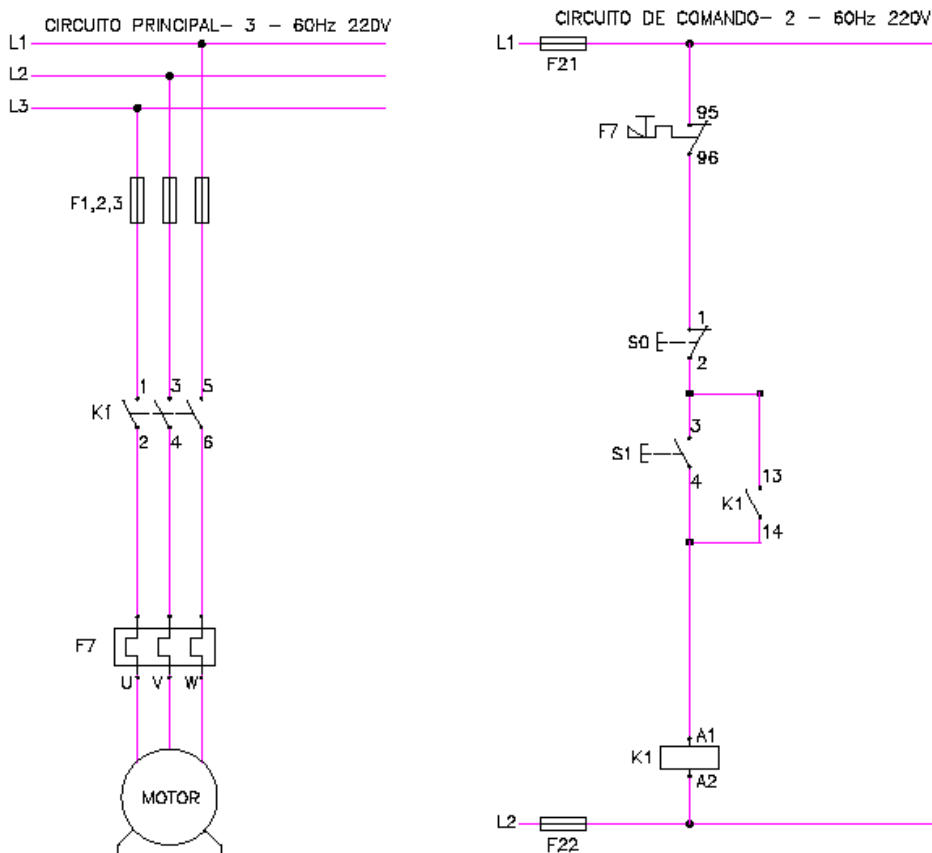
A chave faca é um dispositivo de abertura em carga. É o dispositivo mais simples que só é aplicável a motores de baixa potência. O arco elétrico que ocorre no fechamento e na abertura provoca o desgaste nos seus contatos. Estas chaves não permitem o desligamento automático por sobrecarga. Associadas as fusíveis oferecem proteção contra curto-circuito, mas permitem o comando à distância. No desenho abaixo pode ser visualizado um circuito de acionamento de um motor com a utilização de uma chave faca.



Partida Direta do Motor comandada por contator

A chave de partida direta é um dispositivo que fornece condições ao motor de partir com a tensão nominal de serviço. Consiste em um sistema simples e seguro, como pode ser visto na Figura abaixo a partida direta dos motores é normalmente realizada através de contatores, sendo os motores supervisionados por dispositivos de proteção. Há, no entanto, algumas limitações quanto às suas aplicações:

- Ocasiona queda de tensão da rede devido à alta corrente de partida (I_p). No caso dos grandes motores a corrente de partida é limitada por imposição das concessionárias de energia elétrica;
- Pode ocasionar interferência em equipamentos instalados no sistema, devido à elevada queda de tensão. Neste texto, porém mais adiante, serão mostrados os outros tipos de partida de motores, utilizados para os grandes motores com a finalidade de minimizar a corrente de partida e seus efeitos.



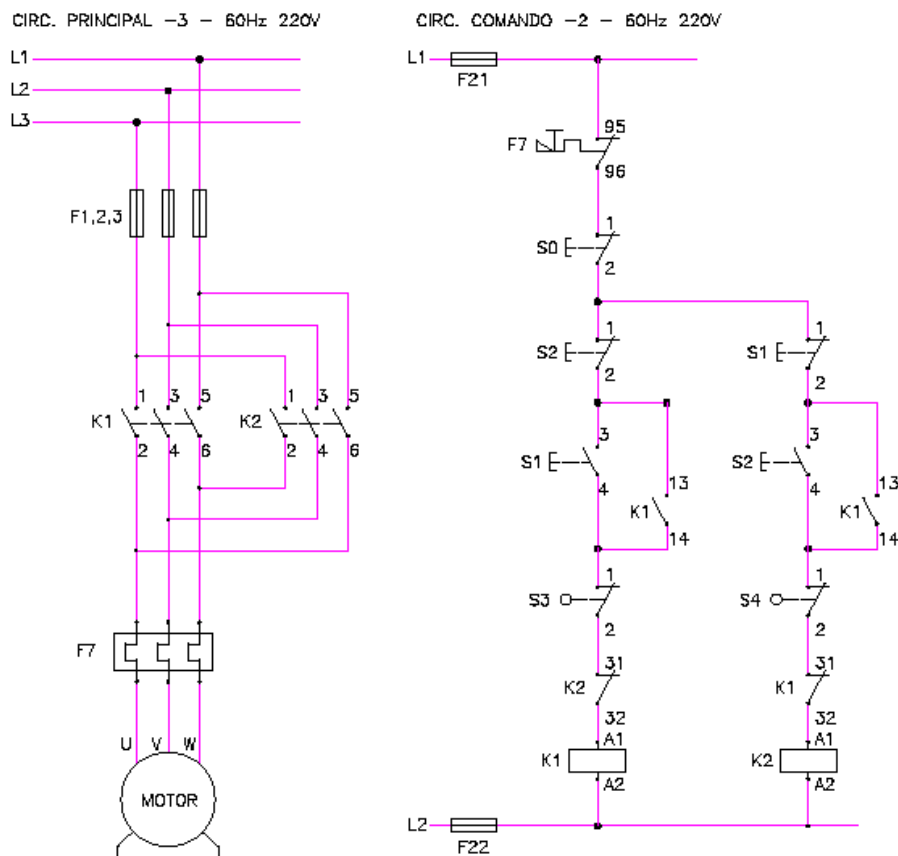
Na condição inicial, L1, L2 e L3 estão energizados. Quando o botão S1(3-4) é acionado, a bobina do contator K1(A1-A2) é energizada.

Esta ação faz fechar o contato de selo K1 (13-14) que manterá a bobina energizada. Os contatos principais se fecharão e o motor funcionará.

Para desligar o motor basta acionar o botão S0, que desenergizará o sistema.

Reversão do Sentido de Rotação

A partida com reversão de sentido de rotação possibilita a reversão em plena marcha do sentido de rotação de um motor trifásico, através da inversão da sequência de fases. Esta chave é dotada de 2 contatores. O primeiro contator permite a ligação na sequência ABC e o segundo permite a ligação na sequência CBA. É necessário que os contatores tenham **intertravamento**, isto é, uma ligação só é plenamente realizada quando a outra ligação foi totalmente desconectada.



Na 1ª condição L1, L2 e L3 estão energizados. Ao pulsar o botão S1(3-4), esta ação faz abrir S1(1-2) porque estão conjugados. A bobina do contator K1 será energizada, isso provoca o fechamento do contato de selo K1(13-14) abrindo o contato auxiliar K1(31-32) para segurança, que mantém a bobina energizada e o motor é acionado em um sentido de rotação.

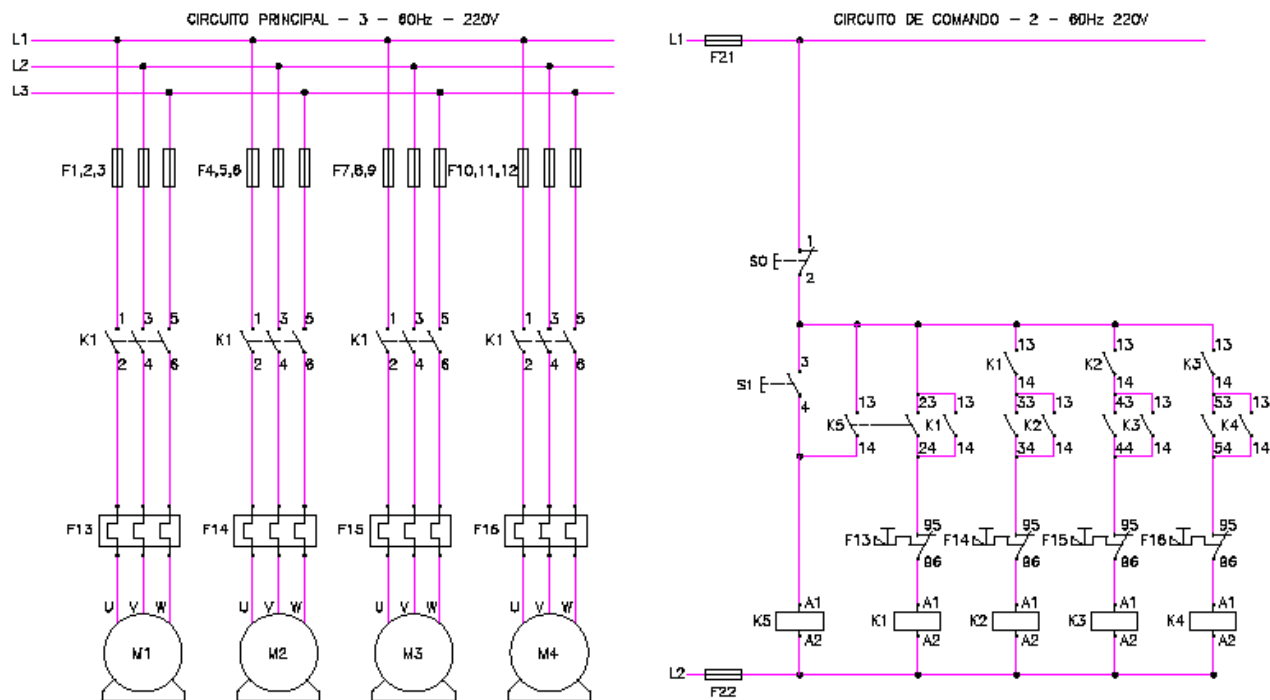
Na 2ª condição L1, L2 e L3 estão energizados. Ao pulsar o botão S2(3-4), esta ação faz abrir S2(1-2) porque estão conjugados. A bobina do contator K2 será energizada, isso provoca o fechamento do contato de selo K2(13-14) abrindo o contato auxiliar K2(31-32) para segurança, que mantém a bobina energizada e o motor é acionado em um sentido reverso de rotação.

Partida consecutiva de motores trifásicos

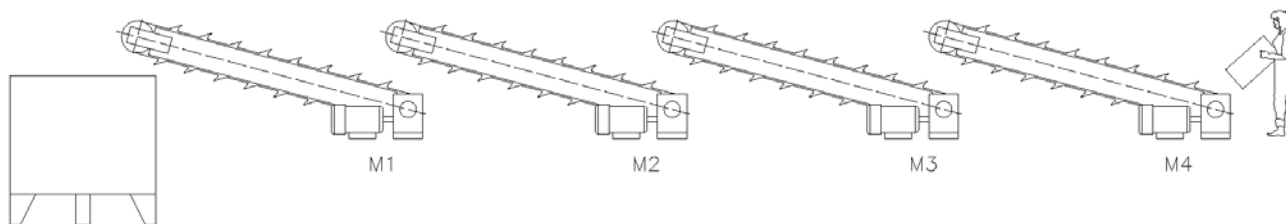
A partida consecutiva de motores trifásicos é a série de operações desencadeadas por um sistema de comandos elétricos. Esse sistema introduz dois ou mais motores com suas partidas em seqüência.

Esse tipo de partida pode ser realizado por meio de comandos elétricos e com auxílio de relés temporizadores.

Essas energizações são muito rápidas o que torna difícil a percepção dos intervalos entre uma e outra.



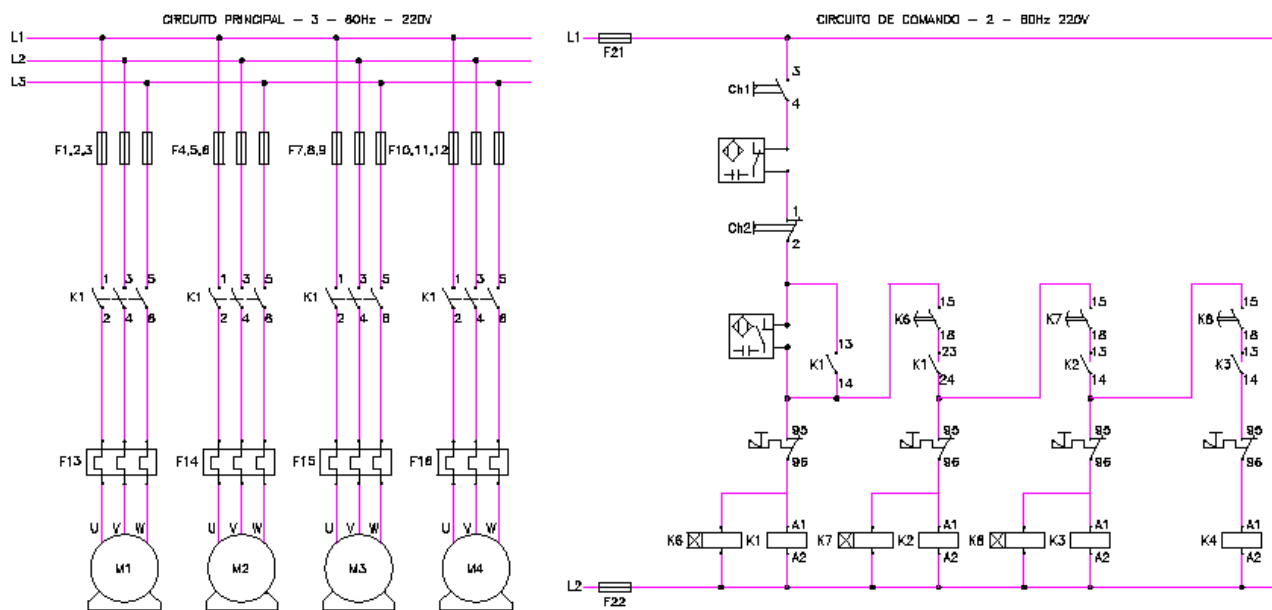
Exemplo de aplicação



Quando o botão pulsador S1(3-4) é acionado, energiza-se a bobina do contator K5(A1-A2), que fecha instantaneamente, acionando K1 e fechando simultaneamente todos os contatos auxiliares fechadores (K2; K3; K4), conservando K5 energizada.

PARTIDA CONSECUTIVA DE MOTORES COM RELÉS TEMPORIZADORES

A partida consecutiva de motores com relés temporizadores permite a partida de dois ou mais motores, obedecendo a uma seqüência pré- estabelecida. Os intervalos de tempo entre as sucessivas partidas são determinados pela regulagem de relés temporizadores



- Quando o chave 1(3-4) é acionada, a bobina K1 é energizada fechando o contato de selo K1, o relê K6 é energizado, e o motor M1 parte.
- Decorrido o tempo ajustado para o temporizador K6, este fecha o contato auxiliar temporizado K5 e energiza K2 e K7. O motor M2 parte.
- Decorrido o tempo ajustado para o temporizador K7, este energiza K3 e K8. O motor M3 parte.
- Após o tempo ajustado para K8 este energiza K4, dando partida a M4, o último motor parte.
- Os motores devem seguir as seguintes ordens de ligação M1; M2; M3; M4, e acionados no sentido de conduzir M4; M3; M2; M1, ou seja, o inverso.

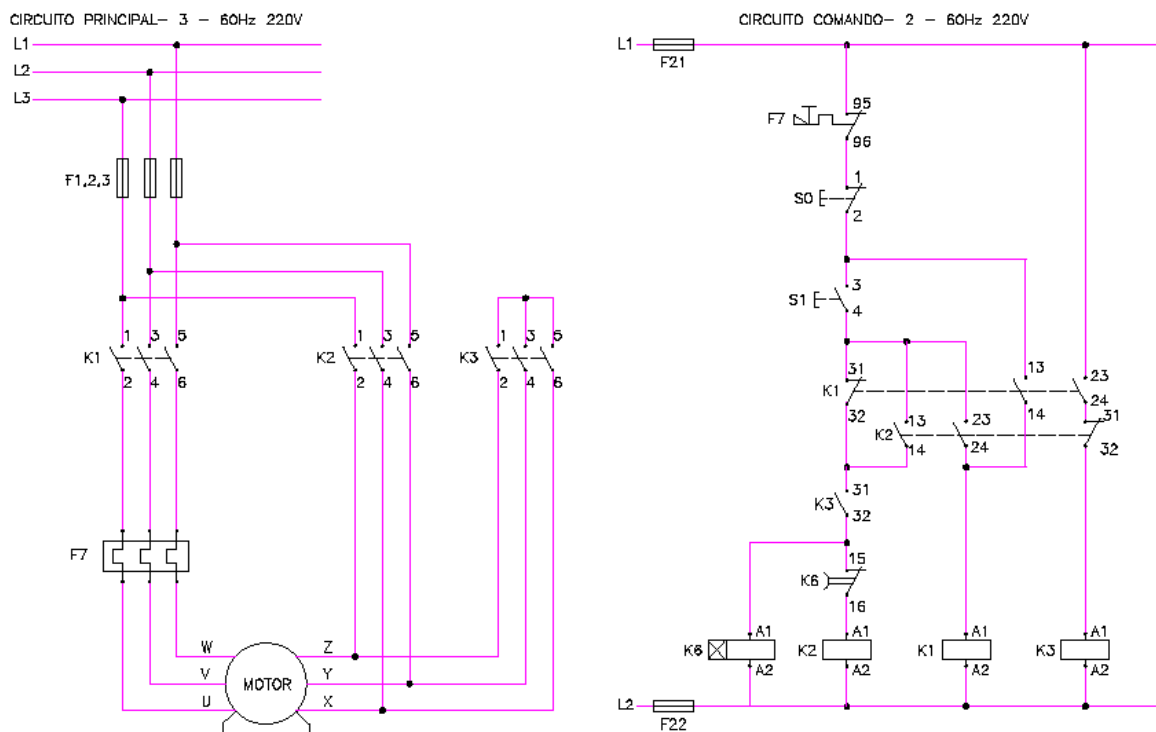
Defeito no circuito comandado por:

K4 desliga M4, mas M1, M2 e M3 continuam ligados.
K3 desliga M3 e M4, mas M1, M2 continuam ligados.
K2 desliga M2, M3 e M4, mas M1 continua ligado.
K1 desliga M2, M3 e M4.

Exemplo de aplicação: Esteiras transportadoras ou alimentadoras muito extensas ou máquinas usando vários motores com partidas consecutivas.

PARTIDA DE MOTOR TRIFÁSICO ESTRELA TRIÂNGULO:

Este sistema permite a comutação da ligação estrela para triângulo. Possibilita também a inversão do sentido de rotação do motor. A partida é feita por meio de três comandos por botões. O sistema é usado para reduzir a tensão de fase do motor durante a partida.



Na condição inicial de partida do motor (em estrela), K1, K2, K3 estão desligados e a rede L1, L2, L3 estão sob tensão.

Pulsando o botão S1(3-4), a bobina do contator K2 (A1-A2) e o relê temporizado K6 (A1-A2) serão alimentados, fechando os contatos de selo NA K2 (13-14 e 23-24) e abrindo o contato auxiliar K2 NF (31-32), que mantém energizadas as bobinas dos contadores K1(A1-A2), K2 (A1-A2) e o relê K6 (A1-A2). Uma vez energizadas as bobinas de K1, K2 fecham-se os contatos principais (W V U e Z Y X) e o motor é acionado na **ligação estrela** (Tensão maior).

Decorrido o tempo para qual o relê temporizado foi ajustado, este atua fazendo com que o contato auxiliar NF de K1(31-32) venha se abrir, fechando seus contatos auxiliares NA (13-14 e 23-24) desenergizando a bobina de K2 e abrindo seus contatos principais.

Com a bobina K2 desenergizada, o contato auxiliar NF (31-32) é acionado, energizando a bobina K3 que acionará o motor na **ligação triângulo** (Tensão menor). Para desligar o motor que esta funcionando em triângulo, aciona-se o botão S0, interrompendo a energização da bobina K1. Este abre os contatos K1 (13-14) e K1 (23-24), interrompendo a corrente da bobina K3. Com isso, o motor está desenergizado.

Na ligação triângulo, quando o motor está em movimento, o contator K3 (31-32) fica aberto e impede a energização acidental da bobina.

Perguntas e Respostas

1- Como as pessoas podem se proteger dos acidentes relacionados com Eletricidade?

2- Se eu tenho uma casa ou escritório antigo, com a instalação elétrica antiga, como posso saber se é necessário uma reforma?

3- Para que serve um plugue de três pinos? Qual a vantagem de utilizá-lo?

4- E os plugues que têm pinos de tamanho diferentes, para que servem?

5- O que é um interruptor de corrente de fuga? Como ele funciona?

6- Com o uso desses interruptores, não há risco de choque elétrico?

7- Há vantagens de se utilizar disjuntores no lugar de fusíveis?

8- Quem deve executar serviços nas Instalações Elétricas?

- 1) Faça o comando para acionar uma eletro-válvula hidráulica de 4/2 vias que aciona um cilindro de dupla ação de modo que o retorno seja automático.
- 2) Faça o comando para acionar uma resistência de aquecimento, de modo que após o operador pressionar a botoeira, a resistência permaneça 10 min ligada, desligando após este tempo.
- 3) Faça o comando para uma partida com reversão de modo que ao pressionar a botoeira para reverter a velocidade de rotação haja um tempo de 15s para que o motor efetue a reversão.
- 4) Desenhe os contatos referentes as ligações de 380V e 440V para um motor de 12 pontas, utilizando a regra prática.

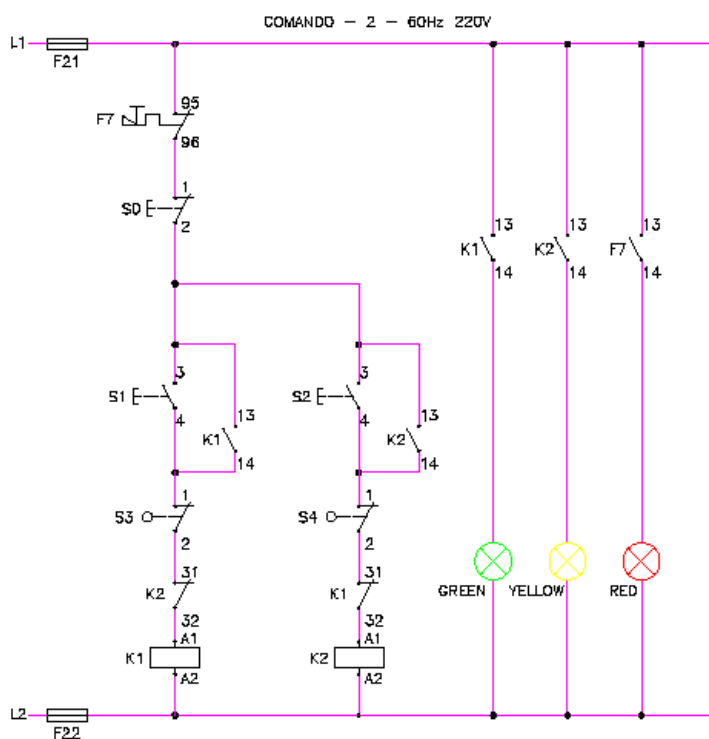
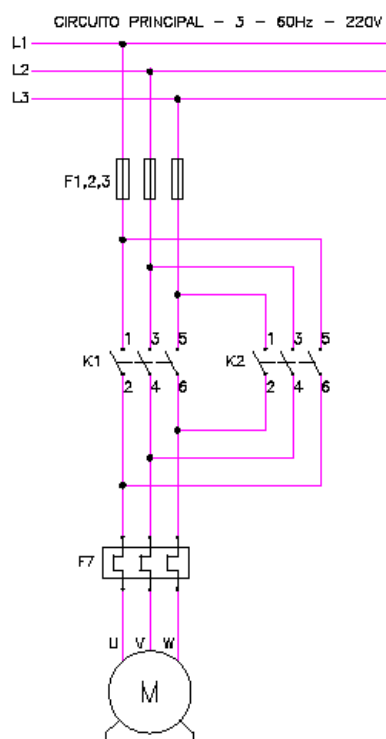
TRABALHO 01 “PORTÃO ELÉTRICO”

Aluno: _____ Nº cham. _____ Inscr.: _____

Curso: () Mecânica () Mecatrônica () Eletrônica Nota: _____

Um portão deve ser acionado, para abertura e fechamento, por um motor de trifásico. O sistema deve apresentar as seguintes características:

- O motor é comandado por um botão de “abre”, um de “fecha” e um de “para”.
- Quando o portão estiver totalmente aberto ou fechado, o motor deve ser desligado, através de chave fim de curso.
- Lâmpadas sinalizadoras de cores distintas devem ser ligadas quando o portão estiver abrindo (verde) ou fechando (amarelo).
- Na ocorrência de sobrecargas, um elemento térmico deverá desligar o motor, e uma lâmpada sinalizadora deverá ser ligada.
- Descreva o funcionamento.
- Eventual sobrecarga no circuito.



TRABALHO 02 “RESERVATÓRIO DE FLÚIDO”

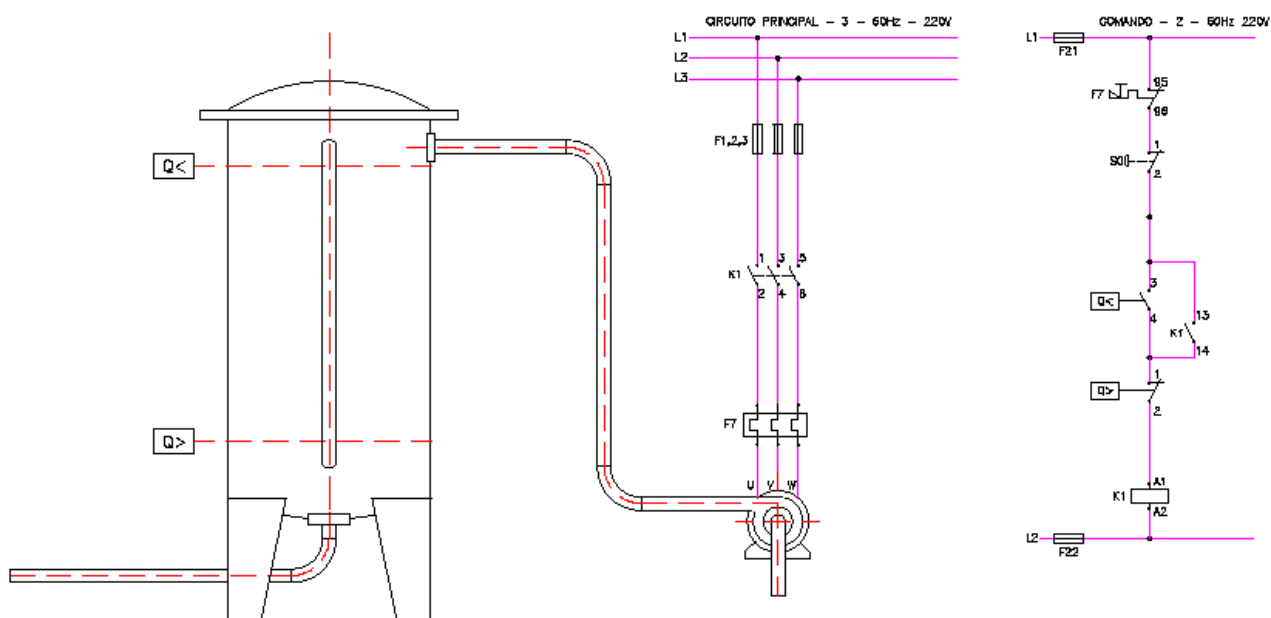
Aluno: _____ Nº cham. _____ Inscr.: _____

Curso: () Mecânica () Mecatrônica () Eletrônica Nota: _____

Fornecer o circuito de comando para um motor de bomba que deve ser ligado e desligado através de duas chaves.

Observação: A chave de bóia opera como botão “liga” e “desliga” comandada pelo nível de água no reservatório.

- Descreva o funcionamento.
- Eventual sobrecarga no circuito.



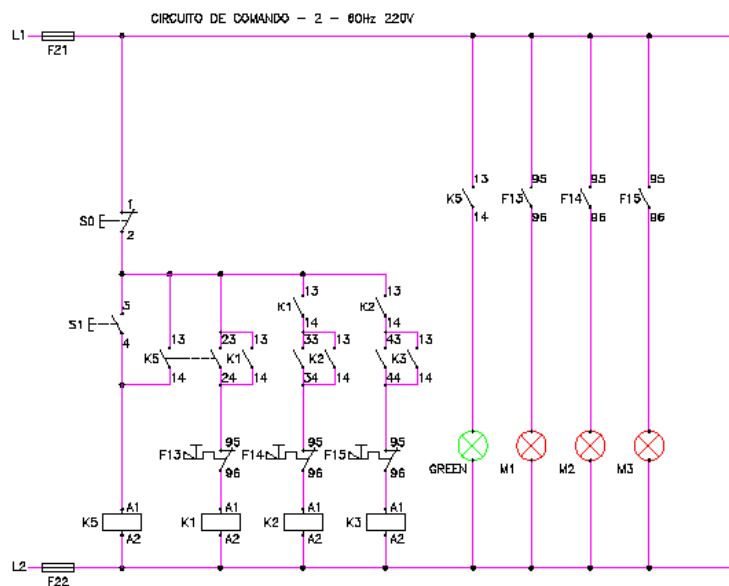
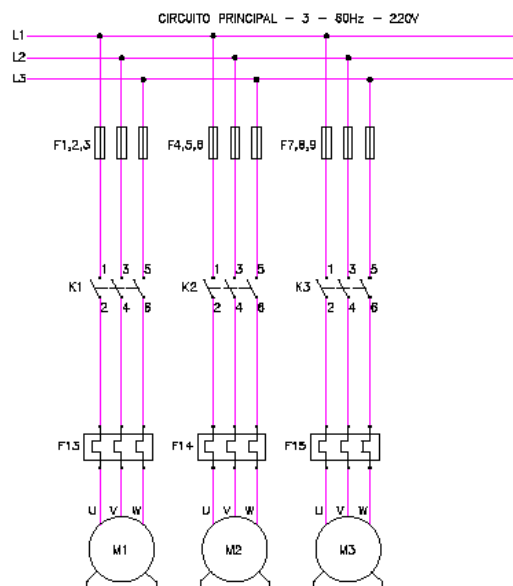
TRABALHO 03 “ESTEIRA TRANSPORTADORA”

Aluno: _____ Nº cham. _____ Inscr.: _____

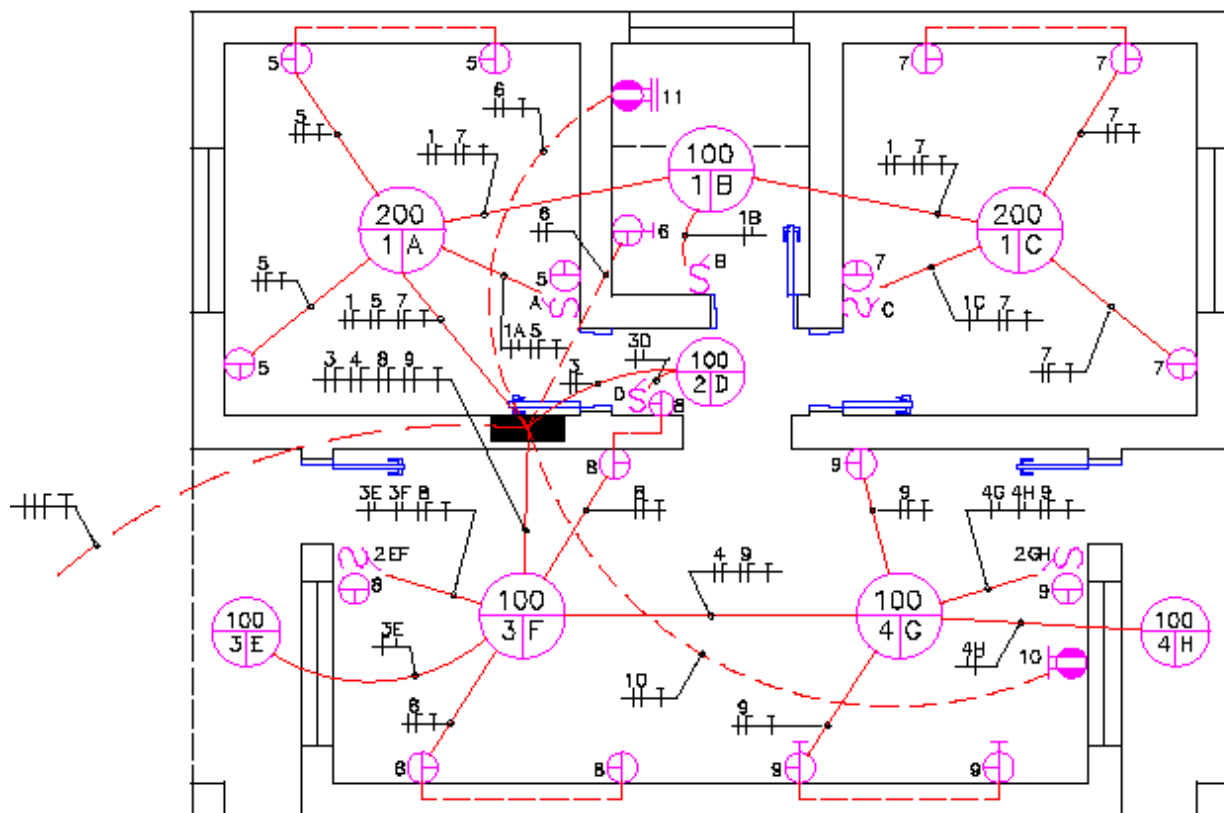
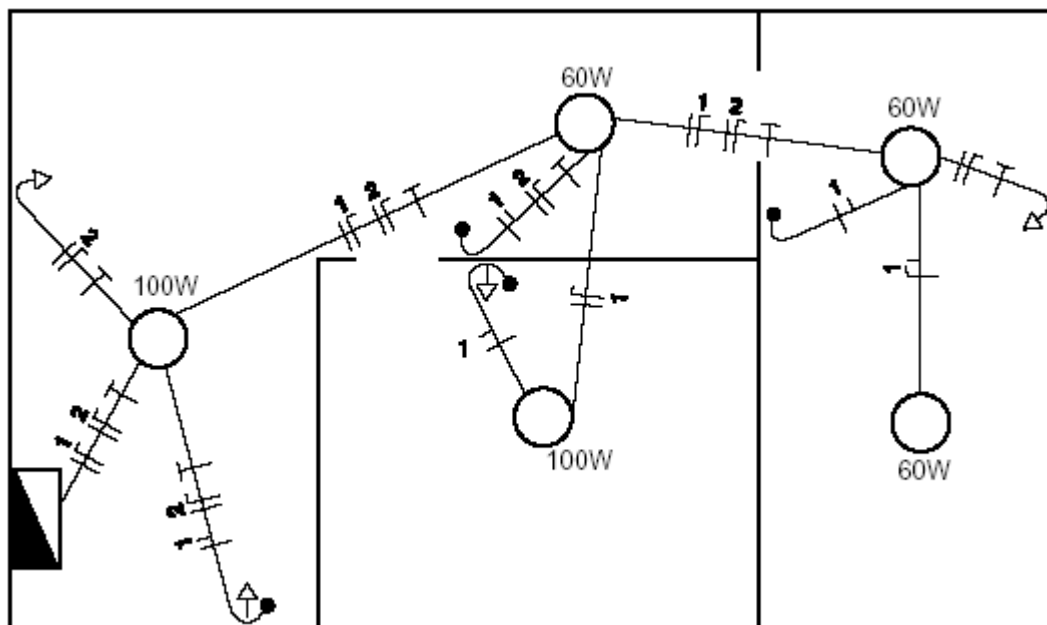
Curso: () Mecânica () Mecatrônica () Eletrônica Nota: _____

Fornecer os circuitos de força e de comando para um sistema constituído de três motores trifásico, que acionem esteiras transportadoras de areia, com as seguintes características:

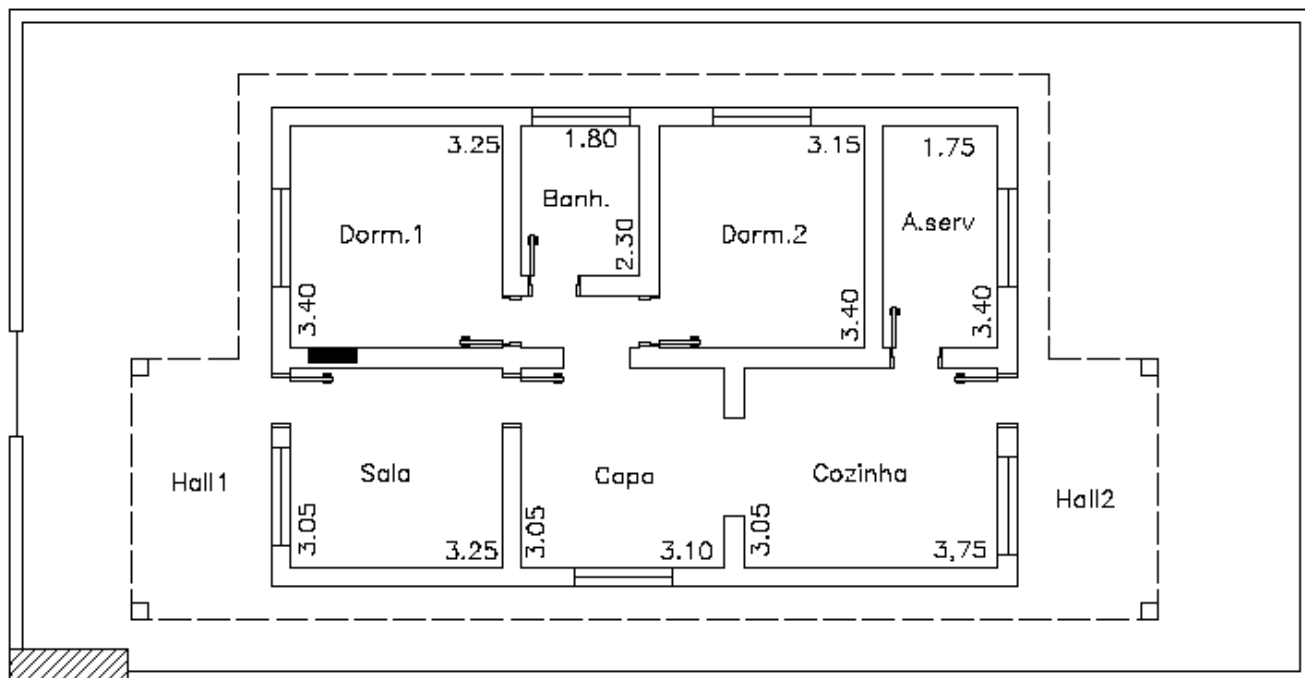
- A partir de um único comando (liga) os motores devem ser ligados, automaticamente, na sequência M1, M2, M3.
- Na ocorrência de sobrecargas em um dos motores, devem ser desligados, além do próprio motor, todos os outros que acionam as esteiras anteriores no sentido de deslocamento da carga.
- Uma lâmpada sinalizadora verde deve ser ligada indicando que todos os motores estão ligados.
- Quando um ou mais motores forem desligados devido à sobrecarga em um deles, uma lâmpada sinalizadora vermelha deve ser ligada em que motor ocorreu o defeito.
- Descreva o funcionamento.
- Eventual sobrecarga no circuito.



ANEXO 01: REPRESENTAÇÃO NO PROJETO



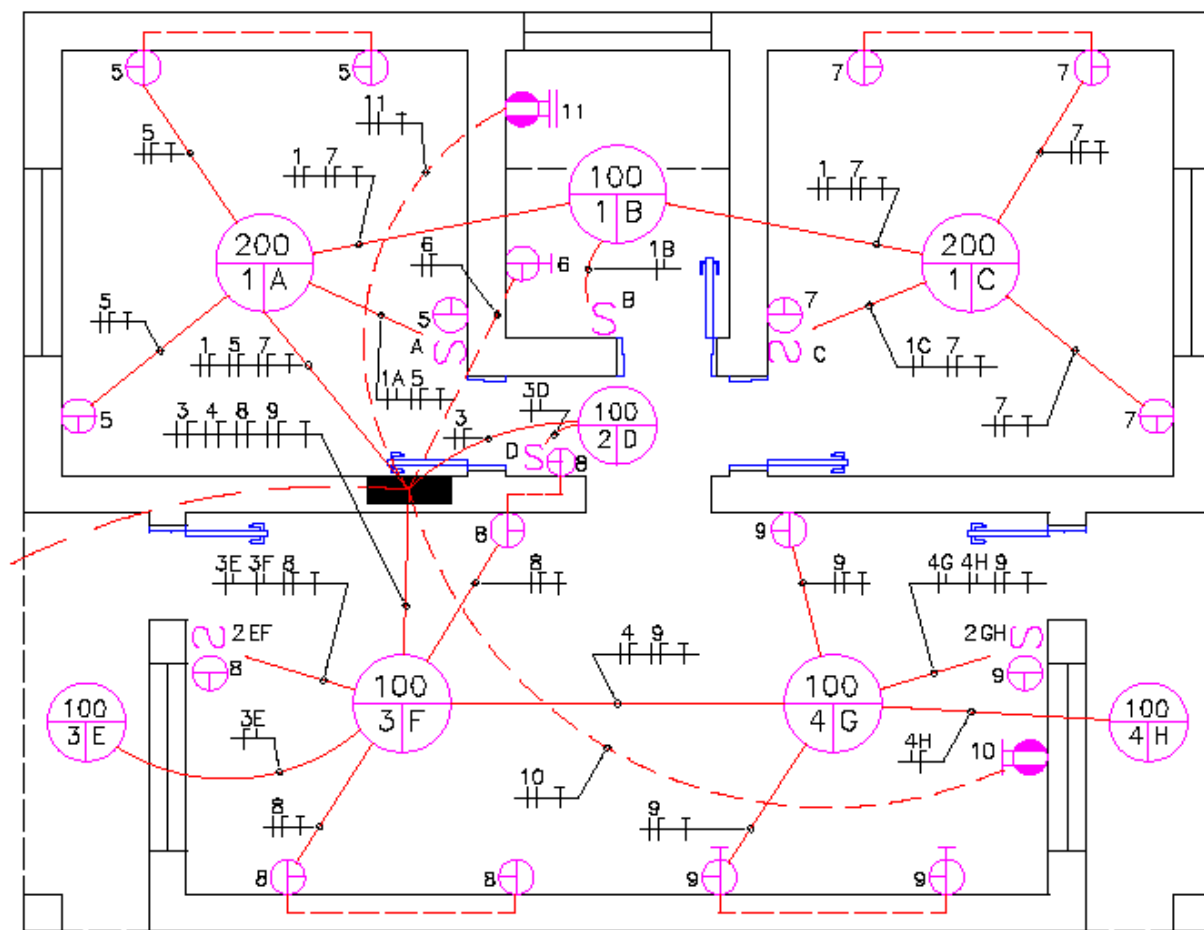
ANEXO 02: EXERCICIO LEVANTAMENTO DE POTÊNCIA



Planta Baixa

Dependências	Dimensões		Potência de iluminação (VA)	TUGs		TUEs necessários	
	Área (m²)	Perímetro (m)		Quantidade	Potência (VA)	Quant e Descr.	Potência (W)
TOTAL	-	-	2680	-	10800	-	31500
			POTÊNCIA APARENTE				POTÊNCIA ATIVA

ANEXO 04: DESCREVA OS CIRCUITOS E OS ELEMENTOS LIGADOS.



DIVISAO DOS CIRCUITOS

ANEXO 06 : TABELA DE POTENCIA DOS APARELHOS

APARELHO	POTÊNCIA (WATTS)	APARELHO	POTÊNCIA (WATTS)
Aquecedor de Água por Acumulação	2.000	Forno de Micro Ondas	1.000
Aquecedor de Água de Passagem	6.000	Freezer horizontal	500
Aquecedor de Ambiente	1.000	Freezer vertical	300
Aspirador de Pó	600	Geladeira simples	250
Batedeira	100	Geladeira duplex	500
Bomba de Água	400	Grill	1.200
Cafeteira Elétrica (Residencial)	600	Impressora	45
Churrasqueira Elétrica	3.000	Liqüidificador	200
Chuveiro Elétrico	4.400	Máquina de Costura	100
Computador	300	Máquina lavar louça	1.500
Condicionador de Ar	1.400	Máquina lavar roupa	1.000
Conjunto de som – Mini System	150	Projeto de slides	200
Cortador de Gramas	1.300	Rádio Grávador	30
Ebulidor	1.000	Rádio relógio	10
Enceradeira	300	Secador de cabelo	1.000
Espremedor de Frutas	200	Secadora de roupa	3.500
Exaustor	150	Televisor 21"	90
Ferro Elétrico	1.000	Torneira Elétrica	2.500
Fogão Elétrico 2 Bocas	3.000	Torradeira	800
Fogão Elétrico de 4 Bocas	6.000	Ventilador	100
Forno Elétrico Pequeno	1.500	Vídeo cassete	20
Forno Elétrico Grande	4.500	Vídeo game	20

ANEXO 07 : TABELA DE POTENCIA DOS MOTORES ELETRICOS

POTÊNCIA (cv)	POTÊNCIA Absorvida da Rede (aproximada) (kW)	FATOR DE POTÊNCIA $\cos \phi$ (aproximado)	RENDIMENTO (η) (aproximado)	CORRENTE A PLENA CARGA (aproximada) (A)
Monofásicos – 127 Volts				
1/4	0,39	0,63	0,47	4,9
1/2	0,66	0,72	0,56	7,4
3/4	0,89	0,72	0,62	9,7
1	1,10	0,74	0,67	11,7
1,5	1,58	0,82	0,70	15,2
2	2,07	0,85	0,71	19,2
5	4,91	0,94	0,75	41,1
7,5	7,46	0,94	0,74	62,5
10	9,44	0,94	0,78	79,1
12,5	12,10	0,93	0,76	102,4
Trifásicos – 220 Volts				
1/4	0,33	0,69	0,55	1,2
1/3	0,41	0,74	0,60	1,5
1/2	0,57	0,79	0,65	1,9
3/4	0,82	0,76	0,67	2,8
1	1,13	0,82	0,65	3,7
1,5	1,58	0,78	0,70	5,3
2	1,94	0,81	0,76	6,3
5	4,78	0,85	0,77	15
7,5	6,90	0,85	0,80	21
10	9,68	0,90	0,76	26
12,5	11,79	0,89	0,78	35
15	13,63	0,91	0,81	39
20	18,40	0,89	0,80	54
25	22,44	0,91	0,82	65
30	26,93	0,91	0,82	78
50	44,34	0,90	0,83	125
60	51,35	0,89	0,86	145
75	62,73	0,89	0,88	180

ANEXO 08: CARACTERISTICAS GERAIS DOS CONDUTORES

Seção Nominal (mm²)	Condutor (metal) mais a Isolação			Carga de Ruptura (kgf)	Resistência (Ω/km)	Reatância (Ω/km)
	Diâmetro (mm)	Seção (mm²)	Peso (kg/km)			
0,5	2,1	3,5	9	14	27,78	0,234
1	2,5	4,9	15	27	14,87	0,221
1,5	3,0	7,1	22	41	10,32	0,214
2,5	3,7	10,8	34	67	6,51	0,206
4	4,2	13,9	50	107	4,26	0,199
6	4,7	17,3	69	159	2,96	0,192
10	6,1	29,2	120	262	1,87	0,185
16	7,2	40,7	180	416	1,22	0,178
25	8,9	62,2	280	644	0,868	0,172
35	10,5	86,6	380	897	0,604	0,168
50	12,0	113,1	505	1273	0,438	0,163
70	13,5	143,1	705	1772	0,324	0,159
95	16,0	201,1	958	2391	0,246	0,155

SITE DE PESQUISA:

www.energibras.com.br/ajudatecnica/inicial.htm (Simbologias, Aplicação das simbologias nos Diagramas e exemplos unifilar)

MATERIAL DE APOIO: APOSTILA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA. DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA (LABORATÓRIO DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS) Autores: Ronimack Trajano de Souza (Mestrado CAPES/DEE/UFCG) Edson Guedes da Costa (Coordenador do Laboratório de Instalações Elétricas) Revisão maio de 2004.

SITE DE PESQUISA:

www.curotto.com/edu/tc407/arquivos.html

Desenho de uma residência para elaboração de projeto.

DESENHO PLANTA (Trabalho de avaliação):

Projeto de reforma de uma residência na Vila Alvorada Retiro.

SITE DE PESQUISA:

INSTALAÇÕES ELÉTRICAS INDÚSTRIAS

Autores: *Ronimack Trajano de Souza (Mestrado/DEE/UFCG)*

Edson Guedes da Costa (Coordenador do Laboratório de Instalações Elétricas)

SITE DE PESQUISA:

CEMIG – Companhia Energética de Minas Gerais

Avenida Barbacena 1200 Bairro Santo Agostinho

30123-970 – Belo Horizonte – MG - BRASIL

Telefone: 0800 310 196 - e-mail: atendimento@cemig.com.br