

INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

José Fernando Xavier Faraco

Presidente da FIESC

Sérgio Roberto Arruda

Diretor Regional do SENAI/SC

Antônio José Carradore

Diretor de Educação e Tecnologia do SENAI/SC

Marco Antônio Dociatti

Diretor de Desenvolvimento Organizacional do SENAI/SC



**Federação das Indústrias do Estado de Santa Catarina
Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
Departamento Regional de Santa Catarina**

INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

Florianópolis – 2004

Não pode ser reproduzido, por qualquer meio, sem autorização por escrito do SENAI DR/SC.

Equipe Técnica:

Organizadores:

Claudia Romani
Inês Josino da Silva
Iraci Borszcz

Coordenação:

Adriano Fernandes Cardoso
Osvair Almeida Matos
Roberto Rodrigues de Menezes Junior

Produção Gráfica:

César Augusto Lopes Júnior

Capa:

César Augusto Lopes Júnior

Solicitação de Apostilas: Mat-didat@sc.senai.br

S491m

SENAI. SC. Instalações Elétricas.
Florianópolis: SENAI/SC, 2004. 118 p.

1. Instalações Elétricas.
I. Título

CDU: 371.67

Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
Departamento Regional de Santa Catarina
www.sc.senai.br

Rodovia Admar Gonzaga, 2765 – Itacorubi.
CEP 88034-001 - Florianópolis - SC
Fone: (048) 231-4290
Fax: (048) 234-5222

SUMÁRIO

1	A Produção de Energia Elétrica.....	7
1.1	Usina Hidroelétrica	7
1.2	Usina Termoelétrica.....	7
1.3	Usina Nuclear	7
1.4	Usina Alternativa.....	7
2	A Transmissão De Eletricidade	8
3	Distribuição De Energia Elétrica.....	9
4	Conceito De Eletrotécnica	10
4.1	Tensão Elétrica.....	10
4.2	Corrente.....	11
4.3	Resistência	12
4.4	Potência.....	12
4.5	Lei de Ohm	12
4.6	Circuito Em Série.....	13
4.7	Circuito Em Paralelo	13
4.8	Circuito em Y	14
4.9	Circuito em Δ	14
5	Condutores Elétricos – Dimensionamento E Instalação.....	15
5.1	Considerações Básicas	15
5.2	Seções Mínimas Dos Condutores	17
5.3	Tipos De Condutores.....	18
5.4	Dimensionamento Dos Condutores.....	22
5.4.1	<i>Escolha Do Condutor Segundo O Critério Do Aquecimento</i>	22
5.5	Número De Condutores Isolados No Interior De Um Eletroduto	38
5.5.1	<i>Os Condutores São Iguais</i>	38
5.5.2	<i>Os Condutores São Desiguais</i>	39
5.6	Cálculo Dos Condutores Pelo Critério Da Queda De Tensão	41
5.6.1	<i>Instalações Alimentadas A Partir Da Rede De Alta Tensão</i>	42
5.6.2	<i>Instalações Alimentadas Diretamente Em Rede De Baixa Tensão</i>	42
5.7	Aterramento	47
5.7.1	<i>Definições</i>	47
5.7.2	<i>Modalidades De Aterramento</i>	49
5.7.3	<i>Seção Dos Condutores De Proteção</i>	50
5.7.4	<i>Aterramento Do Neutro</i>	50
5.7.5	<i>O Choque Elétrico</i>	50
5.8	Cores Dos Condutores	57
6	Sistemas De Aterramento E Proteção.....	58
6.1	Aterramento	58
6.2	Interruptor De Corrente De Fuga.....	61
7	Proteção De Circuitos Elétricos.....	62
7.1	Fusíveis	62
7.2	Disjuntores.....	70
7.3	Relê De Sobrecorrente	71
8	Circuitos Elétricos Prediais.....	74
8.1	Diagrama Multifilar	75
8.2	Diagrama Unifilar	75
8.3	Quadro De Distribuição E Proteção.....	75
8.4	Fator de Demanda.....	76
9	Tomadas De Corrente	77
10	Iluminação Elétrica	78
10.1	Lâmpada Incandescente	78
11	Dispositivo De Controle De Circuitos Elétricos.....	82

11.1 Interruptores	82
11.2 Controles De Iluminação	85
11.3 Contatores	87
12 Motores Elétricos	92
13 Paráraio	98
13.1 Formação Dos Raios	98
14 Trabalho De Instalação Elétrica.....	102
15 Anexos	103
16 Símbolos Gráficos Para Instalações Elétricas Prediais – NBR 5444 – ABNT.....	110

1 A PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

A geração industrial de energia elétrica pode ser usada por meio do uso da energia potencial da água (geração hidroelétrica) ou utilizando energia potencial dos combustíveis (geração termoelétrica).

No Brasil, cerca de 90% da energia gerada, é através de hidroelétricas.

1.1 Usina Hidroelétrica

As usinas hidroelétricas utilizam a força das quedas de água para colocarem em movimento as suas turbinas, movimentando assim os geradores e conseqüentemente gerando eletricidade. Devem se localizar próximos de rios e em lugares montanhosos, o custo desse tipo de usina é apenas de manutenção em geral e instalação da mesma.

1.2 Usina Termoelétrica

As usinas termoelétricas utilizam a energia térmica para acionar os seus geradores, são compostas basicamente de turbinas acionadas pela queima de algum tipo de combustível, (carvão, petróleo, etc...). Devem se localizar próximo dos locais de produção do combustível em regiões planas de fácil acesso, o custo desse tipo de usina é maior do que a anterior, pois além do custo de manutenção em geral existe o custo da aquisição do combustível.

1.3 Usina Nuclear

As usinas nucleares utilizam a energia nuclear para acionar os seus geradores, possuem reatores nucleares onde é depositado o material radioativo, que libera a energia utilizada para movimentar as turbinas, que por sua vez movimentam os geradores, produzido energia elétrica.

Pode se localizar em qualquer lugar, pois o material radioativo demora a ser substituído, (centenas de anos), seu custo principal é com manutenção geral, a segurança é um ponto que deve ser tratado com cuidado, pois o material radioativo é muito poluente causando vários problemas ao meio ambiente caso haja um vazamento.

1.4 Usina Alternativa

Entre as usinas alternativas podemos destacar as usinas eólicas, utilizam a força dos ventos para movimentar seus geradores e as usinas solares, utilizam a energia solar para movimentar seus geradores.

Sua produção de energia é pouca seu custo é alto e sua localização deve ser especial, ou seja, lugares onde não falte vento (usina eólica), lugares onde não falte sol (usina solar).

2 A TRANSMISSÃO DE ELETRICIDADE

A transmissão de eletricidade significa o transporte da energia elétrica gerada até os centros consumidores.

Para que seja economicamente viável a tensão gerada nos geradores trifásicos de corrente alternada normalmente de 13,8kv deve ser elevada a valores padronizados em função da potência a ser transmitida e da distância dos centros consumidores.

As tensões mais usuais em corrente alternada para linhas de transmissão são de: 69kv, 138kv, 230kv, 400kv, 500kv.

A partir de 500kv, somente um estudo econômico vai decidir se deve ser utilizada corrente alternada ou corrente contínua. Como é o caso da linha de transmissão de Itaipu com 600kv em corrente contínua. Neste caso, a instalação necessita de uma subestação retificadora, ou seja, transformar a tensão alternada em contínua e próximo aos centros consumidores, uma subestação inversora para transformar a tensão contínua em alternada, outra vez, antes de distribuir aos centros consumidores.

O objetivo principal da transmissão em corrente contínua será o da diminuição das perdas por efeito corona, que é resultante da ionização do ar em torno dos condutores, com tensões alternadas muito elevadas.

3 DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

A distribuição de eletricidade é à parte do sistema elétrico já dentro dos sistemas de utilização (cidades, bairros, indústrias).

A distribuição começa subestação abaixadora onde a tensão de linha de transmissão é abaixada para valores padronizados nas redes de distribuição primária (11kv, 13,2kv, 15kv, 34,5kv, etc...).

A parte final de um sistema elétrico é a subestação abaixadora para a baixa tensão, ou seja, na tensão de utilização (380/220, 220/110, etc...).

4 CONCEITO DE ELETROTÉCNICA

Tabela 1 – Grandezas elétricas

Grandeza	Símbolo	Unidade de medida	Símbolo
Corrente	I	Ampère	A
Tensão	U ou E	Volt	V
Resistência	R	Ohm	Ω
Potência	P	Watt	W

4.1 Tensão Elétrica

Força que impulsiona os elétrons em um circuito fechado e também chamado de DDP (diferença de potencial), pois é consequência de um desequilíbrio entre partículas atômicas de cargas negativas ou positivas.

A tensão elétrica é CC (corrente contínua) quando permanece constante sem variar no tempo. Sua unidade é o Volt (V) e a grandeza é representada pela letra U ou E.

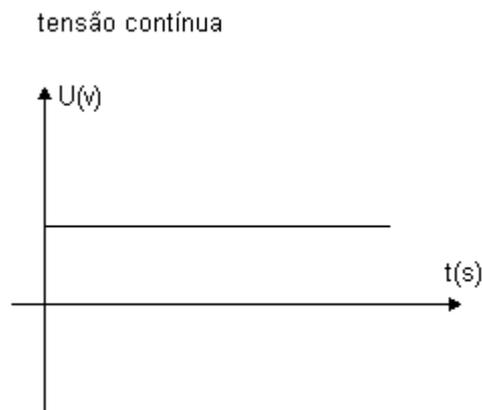


Figura 1 - Representação da corrente contínua

A tensão elétrica é CA (corrente alternada) quando varia em intensidade ou polaridade no tempo.

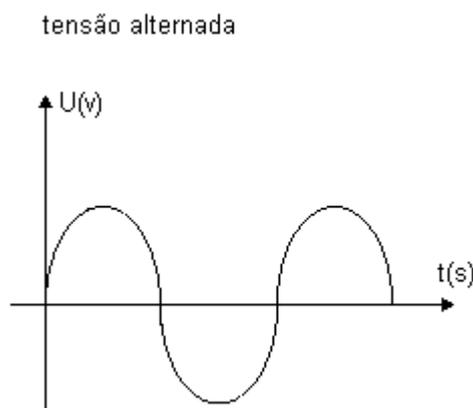


Figura 2 - Representação Da Corrente Alternada

4.2 Corrente

É o fluxo orientado dos elétrons num circuito fechado. A corrente é chamada contínua (CC) quando gerada por uma tensão contínua (pilhas, baterias) e é alternada quando gerada por uma tensão alternada (gerador, rede comercial). Sua unidade é o ampère (A) a grandeza é representada pela letra I .

O valor eficaz de uma corrente ou tensão alternada é equivalente a uma tensão ou corrente contínua positiva que produz a mesma perda de potência média em uma carga resistiva.

Para a forma de onda senoidal (rede) temos:

$$V_{ef} = \frac{V_{m\acute{a}x}}{\sqrt{2}}$$

A frequência (f) de uma corrente ou tensão alternada equivale ao número de vezes que a forma de onda repete em um intervalo de 1s. A unidade de frequência é o Hz (hertz).

Período (T)

Intervalo de tempo (s) que a forma de onda leva para completar um ciclo. O instrumento utilizado para observar formas de onda é o osciloscópio.

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

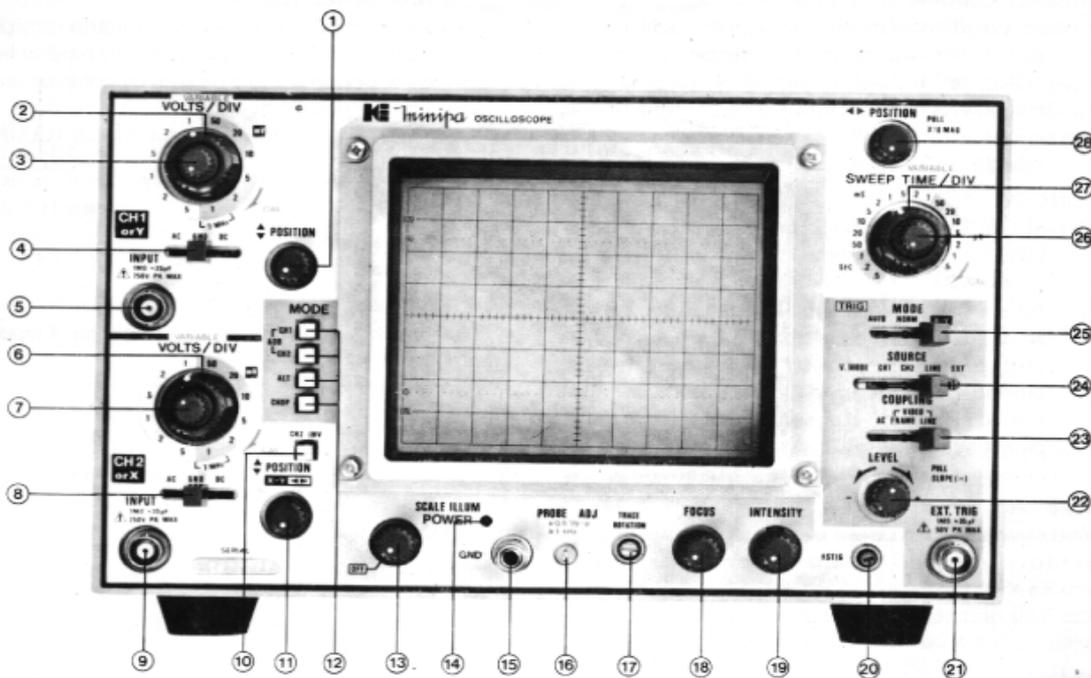


Figura 3 - Osciloscópio

4.3 Resistência

É a propriedade dos materiais de se oporem à circulação de corrente elétrica. Sua unidade é o Ohm (Ω) e a grandeza é representada pela letra R.

4.4 Potência

Unidade de medida de conversão da eletricidade em trabalho.

Exemplo:

- Chuveiro – conversão de corrente elétrica em calor, através da troca de calor entre a resistência e a água.
- Motor – conversão de eletricidade em energia motriz através da ação de campo magnético girante do estador sobre o rotor do motor.
- Lâmpada – conversão de eletricidade em luz através da incandescência do filamento. Sua unidade é Watt (W) e a grandeza representada pela letra P.

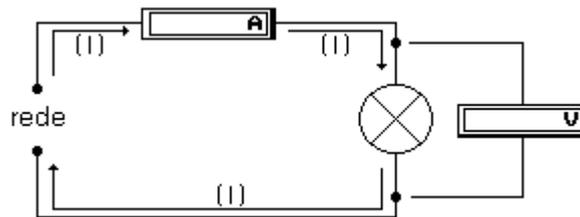


Figura 4 - Medição de tensão e corrente



Figura 5 - Medição de resistência

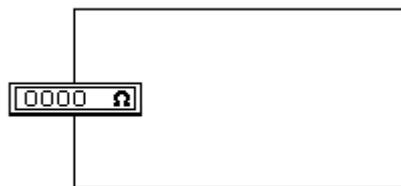
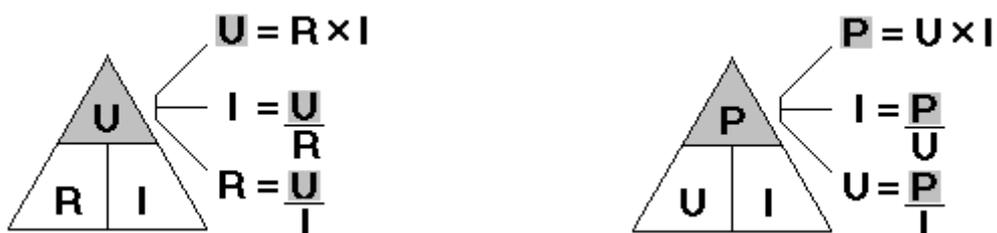


Figura 6 - Medição de continuidade(resistência zero)

4.5 Lei de Ohm



4.6 Circuito Em Série

Em um circuito em série a corrente que percorre as cargas do circuito é a mesma, e a tensão se divide entre as cargas do circuito sendo a soma das quedas de tensão igual à tensão total da fonte.



Figura 7 - Circuito série

Associação de resistores em série: a resistência equivalente medida entre os pontos A e B é dada pela seguinte fórmula:

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 + R_n.$$

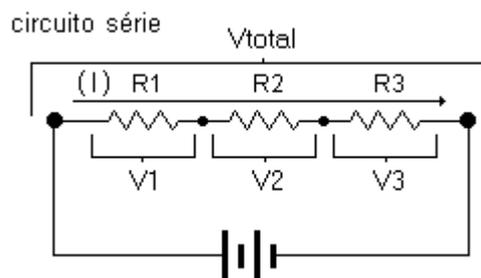


Figura 8 - Associação de resistores em série

4.7 Circuito Em Paralelo

A tensão é a mesma sobre todas as cargas e a corrente se divide entre as cargas sendo a soma das correntes igual a corrente da fonte

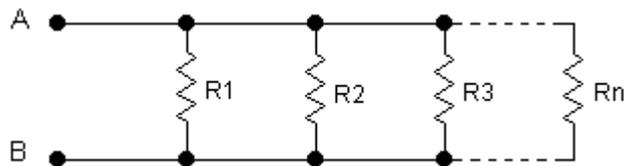


Figura 9 - Circuito paralelo

Associação de resistência em paralelo: a resistência equivalente medida entre os pontos A e B é dada pela seguinte fórmula:

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

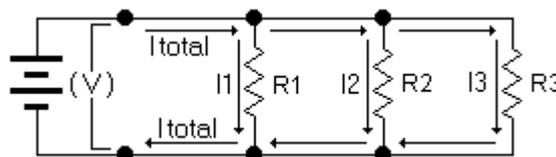


Figura 10 - Associação de resistores em paralelo

4.8 Circuito em Y

A corrente que percorre as cargas é a mesma da fonte (I_L) e a tensão é: U_L

3

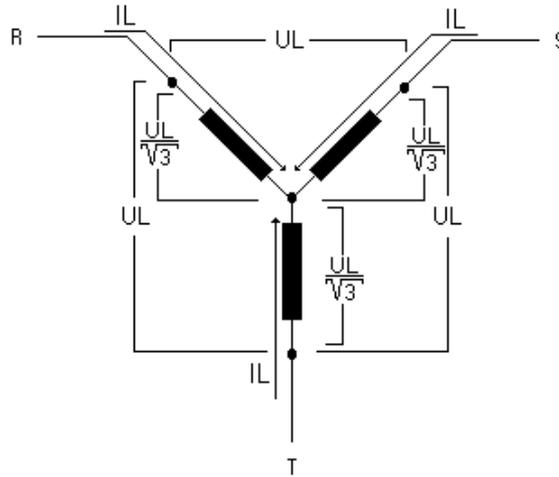


Figura 11 - Circuito Y (estrela)

4.9 Circuito em Δ

A tensão sobre as cargas é a mesma da fonte (U_L) e a corrente é: I_L

3

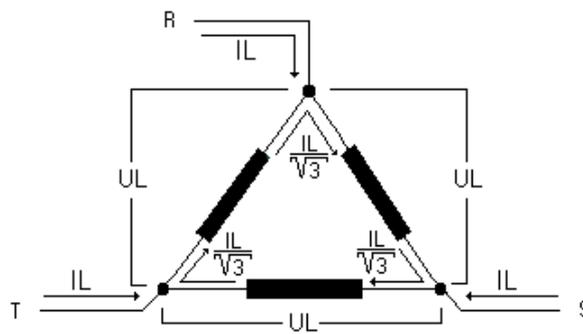


Figura 12 - Circuito Δ (triângulo)

5 CONDUTORES ELÉTRICOS – DIMENSIONAMENTO E INSTALAÇÃO

5.1 Considerações Básicas

Condutor elétrico é um corpo constituído de material bom condutor, destinado à transmissão da eletricidade. Em geral é de cobre eletrolítico e, em certos casos, de alumínio.

Fio é um condutor sólido, maciço, em geral de seção circular, com ou sem isolamento.

Cabo é um conjunto de fios encordoados, não isolados entre si.

Pode ser isolado ou não, conforme o uso a que se destina. São mais flexíveis que um fio de mesma capacidade de carga.

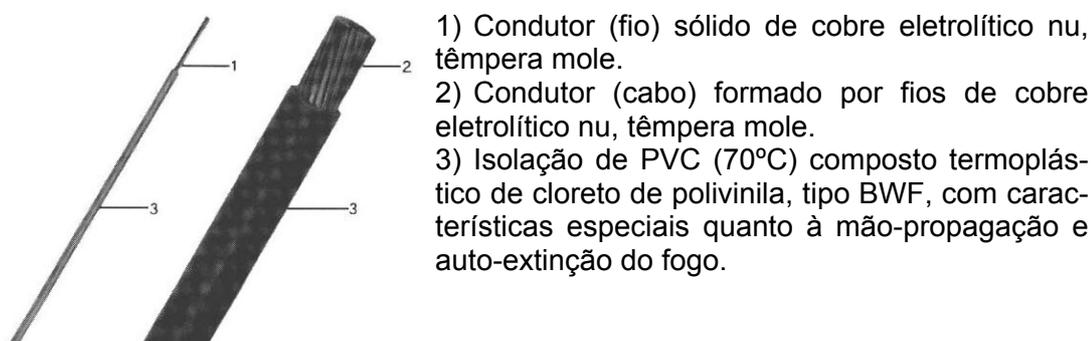


Figura 13 - Construção do fio

Com freqüência, os eletrodutos conduzem os condutores de fase, neutro e terra, simultaneamente. Esses condutores são eletricamente isolados com o revestimento de material mau condutor de eletricidade, e que constitui a isolação do condutor. Um cabo isolado é um cabo que possui isolação. Além da isolação, recobre-se com uma camada denominada cobertura quando os cabos devem ficar em instalação exposta, colocados em bandejas ou diretamente no solo.

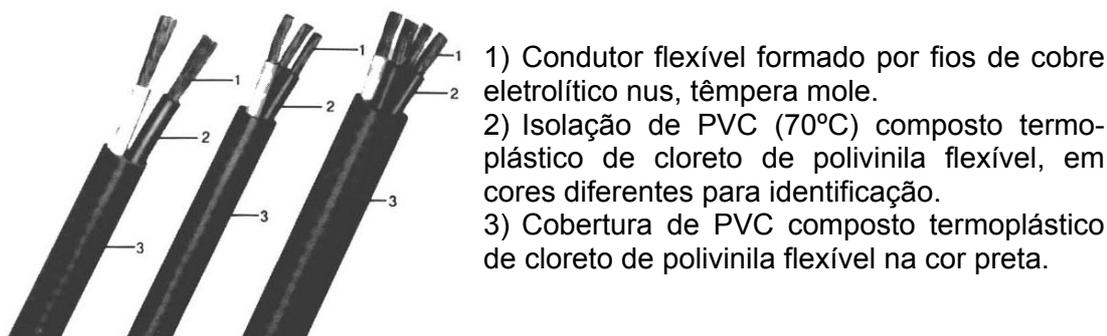


Figura 14 - Construção do cabo



Figura 15 - cabo com isolamento e cobertura Superflex 750V, da Ficap

Os cabos podem ser:

- Unipolares, quando constituídos por um condutor de fios trançados com cobertura isolante protetora;
- Multipolares, quando constituídos por dois ou mais condutores isolados, protegidos por uma camada protetora de cobertura comum.

Exemplo

A Pirelli fabrica cabos uni e multipolares *Sintenax antiflan 0,6/1kV*, e a Ficap, os cabos unipolares *Noflam BWF 750V* e multipolares *Superflex 750V*.

Seção nominal de um fio é a área da seção transversal do fio ou da soma das seções dos fios componentes de um cabo. A seção de um condutor a que nos referimos não inclui a isolação e a cobertura (se for o caso de possuir cobertura).

Até o ano de 1982, para a caracterização das bitolas, usava-se no Brasil a escala AWG/CM (American Wire Gauge – circular mil). A AWG é baseada numa progressão geométrica de diâmetros expressos em polegadas até a bitola 0000 (4/0). Acima desta bitola, as seções são expressas em circular mil – CM ou múltiplo de mil circular mils – MCM. Um mil é a abreviatura de 1 milésimo quadrado de polegada: $1\text{CM} = 5,067 \times 10^{-6}\text{cm}^2$.

A partir de dezembro de 1982, a Norma Brasileira NB-3 da ABNT foi reformulada recebendo do INMETRO (Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial) a designação NBR-5410/80, posteriormente substituída pelo 5410/90. Nesta norma, em vigor, os condutores elétricos são especificados por sua seção em milímetros quadrados (mm^2), segundo a escala padronizada, série métrica da IEC (International Electrotechnical Commission).

A seção nominal de um cabo multipolar é igual ao produto da seção do condutor de cada veia pelo número de veias que constituem o cabo.

Material

Em instalações residenciais só podem ser empregados condutores de cobre, exceto condutores de aterramento e proteção.

Em instalações comerciais é permitido o emprego de condutores de alumínio com seções iguais ou superiores a 50mm^2 .

Em instalações industriais podem ser utilizados condutores de alumínio, desde que sejam obedecidas simultaneamente as seguintes condições:

- Seção nominal dos condutores seja $\geq 10\text{mm}^2$.
- Potência instalada seja igual ou superior a 50kW .
- Instalações e manutenção qualificadas.

5.2 Seções Mínimas Dos Condutores

Seção mínima do condutor neutro: O condutor neutro deve possuir a mesma seção que o(s) condutor(es) fase nos seguintes casos:

- Em circuitos monofásicos e bifásicos, qualquer que seja a seção.
- Em circuitos trifásicos, quando a seção do condutor fase for inferior ou igual a 25mm², em cobre ou em alumínio.

Tabela 2 - Seções mínimas dos condutores

Tipo de instalação		Utilização do circuito	Seção mínima do condutor (mm ²) material
Instalações fixas em geral	Cabos isolados	Circuitos de iluminação	1,5 Cu 10 Al
		Circuitos de força	2,5 Cu 10 Al
		Circuitos de sinalização e circuitos de controle	0,5 Cu
	Condutores nus	Circuitos de força	10 Cu 10 Al
		Circuitos de sinalização e circuitos de controle	4 Cu
Ligações flexíveis feitas com cabos isolados		Para um equipamento específico	Como especificado na norma do equipamento
		Para qualquer outra aplicação	0,75 Cu
		Circuitos a extra baixa tensão	0,75 Cu

Notas

- Em circuitos de sinalização e controle destinados a equipamentos eletrônicos são admitidas seções de até 0,1mm².
- Em cabos multipolares flexíveis contendo sete ou mais veias são admitidas de até 0,1mm².
- Os circuitos de tomadas de corrente são considerados como circuitos de força.

Em circuitos trifásicos, quando for prevista presença de harmônicos qualquer que seja a seção.

Tabela 3 - Seção do condutor neutro, em relação ao condutor fase

Seções de condutores fase (mm ²)	Seção mínima do condutor neutro (mm ²)
De 1,5 a 25mm ²	Mesma seção do condutor fase
35	25
50	25
70	35
95	50
120	70
150	70
185	95
240	120
300	150
400	185

Notas

- Os valores acima são aplicáveis quando os condutores fase e o condutor neutro forem constituídos pelo mesmo metal.
- Em nenhuma circunstância o condutor neutro pode ser comum a vários circuitos.

5.3 Tipos De Condutores

Trataremos neste capítulo dos condutores para baixa tensão (0,6kV – 0,75kV – 1kV).

Em geral, os fios e cabos são designados em termos de seu comportamento quando submetidos à ação do fogo, isto é, em função do material de sua isolação e cobertura. Assim, os cabos elétricos podem ser:

- *Propagadores da chama*

São aqueles que entram em combustão sob a ação direta da chama e a mantêm mesmo após a retirada da chama. Pertencem a esta categoria o etilonopropileno (E-PR) e o polietileno reticulado (XLPE).

- *Não-propagadores de chama*

Removida a chama ativadora, a combustão do material cessa. Considera-se o cloreto de polivinila (PVC) e o neoprene como não-propagadores de chama.

- *Resistentes à chama*

Mesmo em caso de exposição prolongada, a chama não se propaga ao longo do material isolante do cabo. É o caso dos cabos Sintemax antinflam, da Pirelli, e o Noflam BWF 750V, da Ficap.

- *Resistentes ao fogo*

São materiais especiais incombustíveis, que permitem o funcionamento do circuito elétrico mesmo em presença de um incêndio. São usados em circuitos de segurança e sinalizações de emergência.

No Brasil, fabrica-se uma linha de cabos que tem as características anteriormente descritas.

A Pirelli chamou-os de cabos Afumex e a Ficap, Afitox.

No caso dos cabos de potencia, a temperatura de exercício no condutor é de 90°C, a temperatura de sobrecarga é de 130°C e de curto-circuito, de 250°C.

Vejamos as características principais dos fios e cabos mais comumente usados e que são apresentados de forma resumida em tabelas.

Da Pirelli

A tabela 4 apresenta as características principais dos fios para baixa tensão e a tabela 5, as recomendações do fabricante quanto às modalidades de instalação aconselháveis para os vários tipos de cabos.

Tabela 4 - Fios e cabos Pirelli

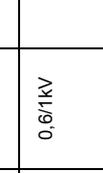
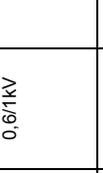
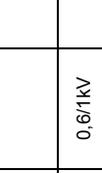
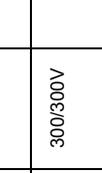
Fios e cabos		Nome	Bitola	Tipo	Isolação	Cobertura	Tensão nominal	Classe térmica (°C)		
								Temp. uso contínuo	Temp. sob-brecarga	Temp. curto-circ.
Cabos		Pirastic super Tipo BWF Antiflam	Fios até 16mm ² Cabos até 500mm ²	Condutor isolado	PVC	-	450/750V	70	100	160
Cabos		Pirastic- superflex Tipo BWF Antiflam	Até 700mm ²	Condutor isolado	PVC	-	450/750V	70	100	160
Cabos		Sintemax Antiflam	Até 1 x 1000mm ² ou 4 x 300mm ²	Cabo unipolar Cabo multipolar	PVC	PVC	0,6/1kV	70	100	160
Cabos		Voltalene	Até 1 x 1000mm ²	Cabo unipolar	XLPE Polietileno Reticulado termofixo	-	0,6/1kV	90	130	250
Cabos		Voltemax	Até 1 x 1000mm ² ou 4 x 300mm ²	Cabo unipolar Cabo multipolar	XLPE ("voltalene")	PVC	0,6/1kV	90	130	250
Cabos		Eprotenax	Até 1 x 1000mm ² ou 4 x 300mm ²	Cabo unipolar Cabo multipolar	EPR Etileno Bromado	PVC	0,6/1kV	90	130	250
Cabos		Epropene	Até 1 x 1000mm ² ou 4 x 300mm ²	Cabo unipolar Cabo multipolar	EPR Etileno Propileno	Pireprene	0,6/1kV	90	130	250
Cabos		Cordplast	Até 4 x 10mm ²	Cabo multipolar	PVC "Pirevi- nil" Flexível	PVC	450/750V	70	100	160
Cabos		PB-Termocord	Até 4 x 10mm ²	Cabo multipolar	PVC Flexível	Composto elas- toplastico extraflexível Base de borra-	450/750V	90	130	250
Cordões		Plastiflex	Até 2 x 4mm ²	Cordão	PVC	-	300/300V	70	100	160
Cabos		Duplast/Triplast	Até 2 x 6mm ² Até 3 x 6mm ²	Cabo multipolar	PVC "Pirevi- nil"	PVC "Pirevinil"	450/750V	70	100	160

Tabela 5 - Instalação de cabos da Pirelli para baixa tensão

Maneira de instalar	Esquema	Tipo de condutores	Cabos Pirelli	Maneira de instalar	Esquema	Tipo de condutores	Cabos Pirelli
Eletroducto em instalação aparente		Condutores isolados Cabos u-ni/multipolares	Pirastic antiflam Pirastic-flex antiflam Voltalene Sintemax antiflam Voltenax Eprotenax Epropene	Estroductos em canaletas abertas ou ventiladas		Condutores isolados Cabos u-ni/multipolares	Pirastic antiflam Pirastic-flex antiflam Voltalene Sintemax antiflam Voltenax Eprotenax Epropene
Eletroducto embutido em teto, parede ou piso		Condutores isolados Cabos u-ni/multipolares	Pirastic antiflam Pirastic-flex antiflam Voltalene Sintemax antiflam Voltenax Eprotenax Epropene	Eletroductos em canaletas fechadas		Condutores isolados Cabos u-ni/multipolares	Pirastic antiflam Pirastic-flex antiflam Voltalene Sintemax antiflam Voltenax Eprotenax Epropene
Fixação direta à parede ou teto		Cabos u-ni/multipolares	Voltalene* Sintemax antiflam Voltenax Eprotenax Epropene Duplast/Triplast antiflam	Canalelas abertas ou ventiladas		Cabos u-ni/multipolares	Voltalene* Sintemax antiflam Voltenax Eprotenax Epropene Duplast/Triplast
Molduras, rodapés ou alizadores		Condutores isolados Cabos u-ni/multipolares	Sintemax Sintemax-flex	Canalelas fechadas		Condutores isolados Cabos u-ni/multipolares	Sintemax Sintemax-flex
Bandejas ou prateleiras		Cabos u-ni/multipolares	Voltalene* Sintemax antiflam Voltenax Eprotenax Epropene Duplast/Triplast antiflam	Espaço de construção		Cabos u-ni/polares	Voltalene* Sintemax antiflam Voltenax Eprotenax Epropene Duplast/Triplast

Tabela 6 – (Cont.) Instalação de cabos da Pirelli para baixa tensão

Maneira de instalar	Esquema	Tipo de condutores	Cabos Pirelli	Maneira de instalar	Esquema	Tipo de condutores	Cabos Pirelli
Suportes		Cabos u-ni/multipolares	Voltalene Sintemax antiflam Voltenax Eprotenax Epropene Duplast/Triplast antiflam	Bloco alvenaria		Cabos u-ni/multipolares	Voltalene Sintemax antiflam Voltenax Eprotenax Epropene Duplast/Triplast
Calha chada		Condutores isolados Cabos u-ni/multipolares	Pirastic antiflam Pirastic-flex antiflam Voltalene Sintemax antiflam Voltenax Eprotenax Epropene	Diretamente enterrado		Cabos u-ni/multipolares	Voltalene* Sintemax antiflam Voltenax Eprotenax Epropene
Calha chada		Cabos u-ni/multipolares	Voltalene* Sintemax antiflam Voltenax Eprotenax Epropene Duplast/Triplast antiflam	Eletroduto diretamente enterrado		Cabos u-ni/multipolares	Voltalene Sintemax antiflam Voltenax Eprotenax Epropene
Poço		Cabos u-ni/multipolares	Voltalene* Sintemax antiflam Voltenax Eprotenax Epropene Duplast/Triplast antiflam	Sobre isoladores		Cabos u-ni/multipolares	Pirastic antiflam Voltalene Voltenax
				Linha área		Condutores isolados Cabos multipolares Cabos u-ni/polares	Pirastic antiflam Voltalene Voltenax

Da Ficap

A tabela 7 mostra, também de modo resumido, as características dos fios e cabos para usos comuns em baixa tensão. Fabrica para baixa tensão os cabos:

- TCW, TCR, 750V, PVC;
- TCB, 750V, flexíveis 2, 3, 4 condutores);
- FIBEP, 0,6/1kV, EPR e PVC;
- Cordões flexíveis TWA, 300V, PVC;
- Cabo flexível TCB, 750V, PVC;
- E outros tipos.

5.4 Dimensionamento Dos Condutores

Após o cálculo da intensidade da corrente de projeto I_p de um circuito, procede-se ao dimensionamento do condutor capaz de permitir, sem excessivo aquecimento e com uma queda de tensão predeterminada, a passagem da corrente elétrica. Além disso, os condutores devem ser compatíveis com a capacidade de proteção contra sobrecarga e curto-circuito. Uma vez determinadas as seções possíveis para o condutor, calculadas de acordo com os critérios referidos, escolhe-se em tabela de capacidade de condutores, padronizados e comercializados, o fio ou cabo cuja seção, por excesso, mais se aproxime da seção calculada.

Em circuitos de distribuição de apartamento, em geral, é suficiente a escolha do condutor com base no critério de não haver aquecimento indesejável. Podem-se simplesmente usar as tabelas 10 e 12.

Em circuitos de iluminação de grandes áreas industriais, comerciais, de escritórios e nos alimentadores nos quadros terminais; calcula-se a seção dos condutores segundo os critérios do aquecimento e da queda de tensão. Nos alimentadores principais e secundários de elevada carga ou de alta tensão, deve-se proceder à verificação da seção mínima para atender à sobrecarga e à corrente de curto-circuito.

5.4.1 Escolha Do Condutor Segundo O Critério Do Aquecimento

O condutor não pode ser submetido a um aquecimento exagerado provocado pela passagem da corrente elétrica, pois a isolamento e cobertura do mesmo poderiam vir a serem danificadas. Entre os fatores que devem ser considerados na escolha da seção de um fio ou cabo, supostamente operando em condições de aquecimento normais, destacam-se:

- O tipo de isolamento e de cobertura do condutor;
- O número de condutores carregados, isto é, de condutores vivos, efetivamente percorridos pela corrente;
 - A maneira de instalar os cabos;
 - A proximidade de outros condutores e cabos;
 - A temperatura ambiente ou a de solo (se o cabo for diretamente no mesmo).

5.4.1.1 Tipo De Isolação

Em primeiro lugar, temos que escolher o tipo de isolação, de acordo com as temperaturas de regime constante de operações e de sobrecarga. Podemos usar a tabela 8. Em instalações prediais convencionais, usam-se em geral os fios e cabos com isolação de PVC.

Tabela 7 – Fios e cabos Ficap

	Nome	Tipo	Isolação	Cobertura	Tensão nominal	Classe térmica
Fios e cabos	Noflam BWF 750 em eletrodutos, isoladores, painéis	Conductor isolado fios até 16mm ² cabos até 500mm ²	PVC BWF	-	750V	70°C
Fios Cabos	WPP Instalações aéreas expostas	Conductor isolado (não impede a propagação da chama)	PVC	-	750V	-
Fios	Cabos chumbo BWF 750(cabos Karchumbo) instalações internas à vista, ao longo de paredes, forros	Conductor isolado até 2 x 10mm ² 3 x 10mm ² Cabo unipolar Cabo multipolar	PVC (70°C)	PVC (70°C)	750V	80°C
Cabos	Cabos superflex (aparelhos eletrodomésticos)	Conductor isolado até 4 x 10mm ²	PVC (70°C)	PVC flexível	750V	80°C
Cabos	Cabo vinil BWF (Cabos Vinil-Kard) circuito de alimentação e distribuição em eletrodutos bandejas, ao ar livre	Conductor isolado Até 1 x 500mm ² 2 x 300mm ² 3 x 300mm ² 4 x 300mm ²	PVC (70°C)	PVC tipo ST1	0,6/1KV	80°C
Cabos	Cabos TPK 105	Conductor isolado até 16mm ²	PVC (105°C)	-	750V	105°C

Tabela 8 - Temperaturas admissíveis no condutor, supondo a temperatura ambiente de 30°C

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

5.4.1.2 Número De Condutores A Considerar

Podemos ter:

- 2 condutores carregados: F – N (fase – neutro) ou F – F (fase – fase);
- 3 condutores carregados. Podemos ter:
 - a) 2F – N;
 - b) 3F
 - c) 3F – N (supondo o sistema de circuito equilibrado).
- 4 condutores carregados. Será:
 - a) 3F – N.

É o caso, por exemplo, de circuito alimentando aparelhos de luz fluorescente com fase e neutro.

5.4.1.3 Maneira Segundo A Qual O Cabo Será Instalado

Pela tabela 9 identificamos a letra e o número correspondente à maneira de instalação do cabo. Por exemplo: se tivermos cabos unipolares ou cabo multipolar colocados dentro de eletroduto embutido em alvenaria ou concreto, o código será B-5.

5.4.1.4 Bitola do condutor supondo uma temperatura ambiente de 30°C

Entramos com o valor da corrente (ampères) na tabela 9, se a proteção for de PVC para 70°C, e na tabela 12, se for de etileno-propileno (EPR) ou polietileno termofixo (XLPE) para 90°C. Obtemos, assim, a bitola do condutor.

Ao entrarmos com o valor da corrente de projeto I_p na tabela, devemos considerar se os condutores são de cobre ou de alumínio; se não dois ou três condutores; e se a maneira de instalar corresponde às letras da tabela 9 com seus respectivos números, quando houver.

Exemplo

Suponhamos que temos:

$I_p = 170A$, três condutores carregados, instalação em eletroduto, temperatura a considerar = $50^{\circ}C$ e temperatura ambiente = $30^{\circ}C$.

Usaremos três condutores de cobre, cobertura de PVC, $70^{\circ}C$.

Modalidade de instalação: eletroduto embutido em alvenaria.

Tabela 9 - Tipos de linhas elétricas

Ref.	Descrição
A	1 Condutores isolados, cabos unipolares ou multipolar em eletroduto embutido em parede termicamente isolante.
	2 Cabos unipolares ou cabos multipolares embutidos diretamente em parede isolante.
	3 Condutores isolados, cabos unipolares ou cabos multipolares em eletroduto contido em canaleta fechada.
B	1 Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto aparente
	2 Condutores isolados ou cabos unipolares em calha
	3 Condutores isolados ou cabos unipolares em moldura
	4 Condutores isolados, cabos unipolares ou cabos multipolares em eletroduto contido em canaleta aberta ou ventilada.
	5 Condutores isolados, cabos unipolares ou cabos multipolares em eletroduto embutido em alvenaria.
	6 Cabos unipolares ou cabos multipolares contidos em blocos alveolados
C	1 Cabos unipolares ou cabo multipolar diretamente fixado em parede ou teto
	2 Cabos unipolares ou cabos multipolares embutidos diretamente em alvenaria
	3 Cabos unipolares ou cabos multipolares em canaleta aberta ou ventilada
	4 Cabo multipolar em eletroduto aparente
	5 Cabo multipolar em calha
D	1 Cabos unipolares ou cabos multipolares em eletroduto enterrado no solo
	2 Cabos unipolares ou cabos multipolares enterrados – diretamente – no solo
	3 Cabos unipolares ou cabos multipolares em canaleta fechada
E	- Cabo multipolar ao ar livre
F	- Condutores isolados e cabos unipolares agrupados ao ar livre
G	- Condutores isolados e cabos unipolares espaçados ao ar livre
H	- Cabos multipolares em bandejas não-perfuradas ou em prateleiras
J	- Cabos multipolares em bandejas perfuradas
K	- Cabos multipolares em bandejas verticais perfuradas
L	- Cabos multipolares em escadas para cabos ou em suportes
M	- Cabos unipolares em bandejas não-perfuradas ou em prateleiras
N	- Cabos unipolares em bandejas perfuradas
P	- Cabos unipolares em bandejas verticais perfuradas
Q	- Cabos unipolares em escadas para cabos ou em suportes

Na tabela 10 vemos que, para as condições acima e $I_p = 171A$ (valor mais próximo de $170A$), deveremos usar cabo de $70mm^2$ de seção.

Tabela 10 - Capacidade de condução de corrente, em ampères, para as maneiras de instalar A, B, C e D (tabela 9)

- Condutores e cabos de cobre alumínio, com isolação de PVC.
- 2 e 3 condutores carregados.
- Temperatura no condutor: 70°C.
- Temperatura ambiente: 30°C para linhas não subterrâneas e 20°C para linhas subterrâneas.

Seções mínimas (mm ²)	Cobre							
	Maneiras de instalar definidas na tabela 8							
	A		B		C		D	
	2 cond. carregados	3 cond. carregados	2 cond. carregados	3 cond. carregados	2 cond. carregados	3 cond. carregados	2 cond. carregados	3 cond. carregados
1,0	11	10,5	13,5	12	15	13,5	17,5	14,5
1,5	14,5	13	17,5	15,5	19,5	17,5	22	18
2,5	19,5	18	24	21	26	24	29	24
4	26	24	32	28	35	32	38	31
6	34	31	41	36	46	41	47	39
10	46	42	57	50	63	57	63	52
16	61	56	76	68	85	76	81	67
25	80	73	101	89	112	96	104	86
35	99	89	125	111	138	119	125	103
50	119	108	151	134	168	144	148	122
70	151	136	192	171	213	184	183	151
95	182	164	232	207	258	223	216	179
120	210	188	269	239	299	259	246	203
150	240	216	307	275	344	294	278	230
185	273	248	353	314	392	341	312	257
240	320	286	415	369	461	403	360	297
300	367	328	472	420	530	464	407	336

Seções mínimas (mm ²)	Alumínio							
	Maneiras de instalar definidas na tabela 8							
	A		B		C		D	
	2 cond. carregados	3 cond. carregados	2 cond. carregados	3 cond. carregados	2 cond. carregados	3 cond. carregados	2 cond. carregados	3 cond. carregados
10	36	32	44	39	49	44	48	40
16	48	43	59	53	66	59	62	52
25	63	57	79	69	83	73	80	66
35	77	70	98	86	103	91	96	80
50	93	84	118	105	125	110	113	94
70	118	107	150	133	160	140	140	117
95	142	129	181	161	195	170	166	138
120	164	149	210	186	226	197	189	157
150	189	170	241	215	261	227	213	178
185	215	194	274	246	298	259	240	200
240	252	227	323	289	352	305	277	230
300	289	261	361	332	406	351	313	260

5.4.1.5 Bitola Do Condutor Com Isolação De Pvc Instalado Ao Ar Livre

Para cabos multipolares em bandeja perfurada, considerar esta instalação como disposta ao ar livre. (Tabela 9 – Ref. E).

5.4.1.6 Correções A Introduzir No Dimensionamento Dos Cabos

São três as correções que eventualmente deveremos fazer e a cada uma corresponderá um fator de correção k :

- *Correção de temperatura*: se a temperatura ambiente (ou do solo) for diferente daquela para a qual as tabelas foram estabelecidas. Obtém-se o fator k_1 na tabela 15;
- *Agrupamento de condutores*: quando forem mais de três condutores carregados. O fator k_2 se acha na tabela 16;
- *Agrupamento de eletrodutos*: o fator k_3 é obtido na tabela 17.

A corrente de projeto I_p deverá ser corrigida caso ocorra uma ou mais das condições acima, de modo que a corrente a considerar será uma corrente hipotética I'_p , dada por:

$$I'_p = \frac{I_p}{K_1} \text{ ou } \frac{I_p}{K_1 \times K_2} \text{ ou } \frac{I_p}{K_1 \times K_2 \times K_3}$$

Com esse valor de I'_p , entramos na tabela 11 ou 12 para escolhermos o cabo. Não há necessidade de aplicar a correção correspondente quando a soma das áreas totais dos condutores contidos num eletroduto for igual ou inferior a 33% ($\frac{1}{3}$) da área do eletroduto. Então, $k_2 = 1$. Esta exigência é atendida quando se coloca o número de condutores indicados na tabela 18 no interior de um dado eletroduto de aço. Em instalações industriais é comum usarem-se bandejas perfuradas ou prateleiras para suporte de cabos em uma camada. Na determinação do fator de correção k_2 , usa-se a tabela 19 para o caso de cabos unifilares e a tabela 20 para o de cabos multipolares dispostos em bandejas horizontais ou verticais. Quando se colocam eletrodutos próximos uns dos outros, deve-se introduzir uma correção utilizando o fator de correção k_3 . Temos a considerar duas hipóteses:

- Os eletrodutos acham-se ao ar livre, podendo estar dispostos horizontal ou verticalmente. Usa-se a tabela 21.
- Os eletrodutos acham-se embutidos ou enterrados. Usa-se a tabela 22.

Exemplo 1.1

Um circuito de 1200W de iluminação e tomadas de uso geral, de fase e neutro, passa no interior de um eletroduto embutido, juntamente com outros 4 condutores de outros circuitos. A temperatura ambiente é de 35°C. A tensão é de 120V. Determinar a seção do condutor.

Solução

$$\text{Corrente } I_p = \frac{1200\text{W}}{120\text{V}} = 10\text{A.}$$

Consideremos fio com cobertura de PVC: Pirastic superantiflam da Pirelli, ou No-flam BWF 75 da Ficap.

Correção de temperatura. Para $t = 35^\circ\text{C}$, obtemos, na tabela 14: $k_1 = 0,94$.

Correção de agrupamento de condutores: temos, ao todo, 6 condutores carregados no eletroduto da tabela 16, vem $k_2 = 0,69$.

A corrente corrigida será $I_p \div (k_1 \times k_2) = 10 \div (0,94 \times 0,69) = 15,4\text{A}$. Na tabela 11 temos a maneira de instalar "B" e dois condutores carregados, para corrente de 17,5A (valor mais próxima de 15,4A), condutor de seção nominal de 1,5mm².

Vê-se, portanto, que para circuitos internos de apartamentos de 1200W, derivando do quadro terminal de luz, considerando apenas os efeitos de aquecimento e agrupamento de condutores, o condutor de 1,5mm² é suficiente, dispensando o cálculo de circuito por circuito.

A tabela 18 fornece o diâmetro adequado de eletroduto para atender ao aquecimento, de modo que os condutores ocupem menos de 1/3 da seção do eletroduto, não havendo necessidade de se fazer a correção do eletroduto de proteção dos condutores, pois k_2 será igual a 1.

Tabela 11 - capacidade de condução de corrente (em ampéres) para cabos com isolamento de PVC instalados ao ar livre

- Cabos de cobre e alumínio, com isolamento de PVC.
- Temperatura no condutor: 70°C
- Temperatura ambiente: 30°C

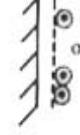
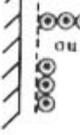
	Seções nominais (mm ²)	Cabos multipolares		Cabos unipolares				
		E	E	F	F	F	G	G
		Cabos bipolares 	Cabos tripolares e tetrapolares 	2 condutores isolados ou 2 cabos unipolares 	Condutores isolados ou cabos unipolares em trifólio 	3 condutores contíguos 	3 cabos unipolares espaçados horizontalmente 	3 cabos unipolares espaçados verticalmente 
1	2	3	4	5	6	7		
Cobre	1,5	22	18,5	23	19	19	26	22
	2,5	30	25	31	26	26	35	30
	4	40	34	42	35	36	47	41
	6	51	43	53	45	46	60	52
	10	70	60	71	60	62	81	70
	16	94	80	95	81	83	108	94
	25	119	101	131	110	114	146	130
	35	148	126	162	137	143	181	162
	50	181	153	196	167	174	219	197
	70	232	196	251	216	225	281	254
	95	282	238	304	264	275	341	311
	120	328	276	352	307	320	396	362
Alumínio	10	54	45	54	46	47	62	54
	16	73	61	73	62	65	84	73
	25	89	78	98	84	87	112	99
	35	111	96	122	105	109	139	124
	50	135	117	149	128	133	169	152
	70	173	150	192	166	173	217	196
	95	210	182	235	203	212	265	241
	120	244	212	273	237	247	308	282
	150	282	245	316	274	287	356	326
	185	322	280	363	315	330	407	376
240	380	330	430	375	392	482	447	
300	439	381	497	434	455	557	519	

Tabela 12 - Capacidades de condução de corrente, em ampères, para as maneiras de instalar A, B, C e D da tabela 9

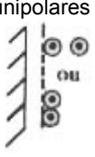
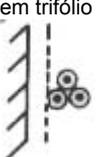
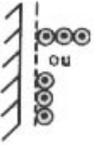
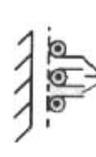
- Condutores e cabos de cobre e alumínio, com isolamento de XLPE ou EPR.
- 2 e 3 condutores carregados.
- Temperatura no condutor: 90°C.
- Temperatura ambiente: 30°C para linhas não-subterrâneas e 20° C para linhas subterrâneas.

Seções nominais (mm ²)		Maneiras de instalar definidas na tabela 8							
		A		B		C		D	
		2 cond. carregados	3 cond. Carregados	2 cond. carregados	3 cond. carregados	2 cond. carregados	3 cond. carregados	2 cond. carregados	3 cond. carregados
Cobre	1,0	15	13,5	18	16	19	17	21	17,5
	1,5	19	17	23	20	24	22	26	22
	2,5	26	23	31	27	33	30	34	29
	4	35	31	42	37	45	40	44	37
	6	45	40	54	48	58	52	56	46
	10	61	54	74	66	80	71	73	61
	16	81	73	100	89	107	96	95	79
	25	106	95	133	117	138	119	121	101
	35	131	117	164	144	171	147	146	122
	50	158	141	198	175	210	179	173	144
	70	200	179	254	222	269	229	213	178
	95	241	216	306	269	328	278	252	211
	120	278	249	354	312	382	322	287	240
	150	318	285	412	367	441	371	324	271
	185	362	324	470	418	506	424	363	304
240	424	380	553	492	599	500	419	351	
300	486	435	636	565	693	576	474	396	

Seções nominais (mm ²)		Maneiras de instalar definidas na tabela 8							
		A		B		C		D	
		2 cond. carregados	3 cond. carregados	2 cond. carregados	3 cond. carregados	2 cond. carregados	3 cond. carregados	2 cond. carregados	3 cond. carregados
Alumínio	10	48	43	58	52	62	57	56	47
	16	64	58	79	71	84	76	73	61
	25	84	76	105	93	101	90	93	78
	35	103	94	131	116	126	112	112	94
	50	125	113	158	140	154	136	132	112
	70	158	142	200	179	198	174	163	138
	95	191	171	242	216	241	211	193	164
	120	220	197	281	250	280	245	220	186
	150	253	226	321	286	324	283	249	210
	185	288	256	366	327	371	323	279	236
	240	338	300	430	384	439	382	321	272
	300	387	345	495	442	507	440	364	308

Tabela 13 - Capacidades de condução de corrente, em ampères, para as maneiras de instalar E, F e G na tabela 9

- Condutores e cabos de cobre e alumínio, com isolamento de EPR ou XLPE.
- Temperatura no condutor: 90°C.
- Temperatura ambiente; 30°C.

	Seções nominais (mm ²)	Cabos multipolares		Cabos unipolares				
		E	E	F	F	F	G	G
		Cabos bipolares	Cabos tripolares e tetrapolares	2 condutores isolados ou 2 cabos unipolares	Condutores isolados ou cabos unipolares em trifólio	3 condutores contíguos	3 condutores isolados ou 3 cabos unipolares espaçados horizontalmente	3 cabos unipolares espaçados verticalmente
								
	1	2	3	4	5	6	7	
Cobre	1,5	26	23	27	21	22	30	25
	2,5	36	32	37	29	31	41	35
	4	49	42	50	40	42	56	48
	6	63	54	65	52	55	73	63
	10	86	75	90	74	77	101	88
	16	115	100	121	101	105	137	120
	25	149	127	161	135	141	182	161
	35	185	157	200	169	176	226	201
	50	225	192	242	207	215	275	246
	70	289	246	310	268	279	353	318
	95	352	398	377	328	341	430	389
	120	410	346	437	382	395	500	454
	150	473	399	504	443	462	577	527
185	542	456	575	509	531	661	605	
240	641	538	679	604	631	781	719	
300	741	620	783	699	731	902	833	

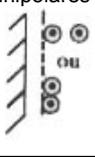
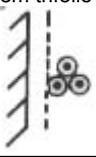
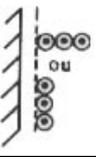
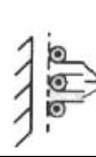
	Seções nominais (mm ²)	Cabos multipolares		Cabos unipolares				
		E	E	F	F	F	G	G
		Cabos bipolares	Cabos tripolares e tetrapolares	2 condutores isolados ou 2 cabos unipolares	Condutores isolados ou cabos unipolares em trifólio	3 condutores contíguos	3 condutores isolados ou 3 cabos unipolares espaçados horizontalmente	3 cabos unipolares espaçados verticalmente
								
	1	2	3	4	5	6	7	
Alumínio	10	67	58	66	56	58	75	65
	16	91	77	90	76	79	103	90
	25	108	97	121	103	107	138	122
	35	135	120	150	129	135	172	153
	50	164	147	184	159	165	210	188
	70	211	187	237	209	215	251	246
	95	257	227	289	253	264	332	300
	120	300	263	337	296	308	387	351
	150	346	302	389	343	358	448	408
	185	397	346	447	395	413	515	470
	240	470	409	530	471	492	611	561

Tabela 14 - Capacidade de condução de corrente de cabos diretamente enterrados. Corrente em ampères.

Tipos de instalação							
Seção nominal (mm ²)	A	B	C	D	E	F	G
	Cabos a 4 condutores isolados PVC/70	Cabos a 4 condutores isolados XLPE ou EPR	3 cabos unipolares isolados PVC, em triângulo	Cabos a 3 condutores isolados XLPE ou EPR	Cabos a 2 condutores isolados PVC/70	3 cabos unipolares isolados, XLPE ou EPR, em triângulo	Cabos a 2 condutores isolados em XLPE
1,5	24	28	-	30	30	-	35
2,5	32	37	-	42	41	154	48
4	41	48	-	53	53	186	61
6	52	60	-	67	67	223	77
10	71	82	-	92	91	275	105
16	90	104	-	115	115	330	133
25	114	132	133	147	146	378	168
35	138	159	161	177	176	421	203
50	166	191	193	212	212	475	244
70	204	236	238	262	261	550	302
95	245	283	286	314	313	624	361
120	280	323	327	359	358	718	413
150	313	362	365	401	400	811	462
185	353	408	412	452	451	915	520
240	409	472	477	524	522	1030	602
300	-	-	540	-	-	1160	-
400	-	-	622	-	-	-	-
500	-	-	703	-	-	-	-
630	-	-	795	-	-	-	-
800	-	-	895	-	-	-	-
1000	-	-	1005	-	-	-	-

Tabela 15 - Fatores de correção para temperaturas ambientes diferentes de 30°C para cabos não enterrados e de 20°C (temperatura do solo) para cabos enterrados - k_1

	Temperatura (°C)	Isolação			Temperatura (°C)	Isolação	
		PVC	EPR ou XL-PE			PVC	EPR ou XL-PE
Ambiente	10	1,22	1,15	Do solo	10	1,10	1,07
	15	1,17	1,12		15	1,05	1,04
	20	1,12	1,08		25	0,95	0,96
	25	1,06	1,04		30	0,89	0,93
	35	0,94	0,96		35	0,84	0,89
	40	0,87	0,91		40	0,77	0,85
	45	0,79	0,87		45	0,71	0,80
	50	0,71	0,82		50	0,63	0,76
	55	0,61	0,76		55	0,55	0,71
	60	0,50	0,71		60	0,45	0,65
	65	-	0,65		65	-	0,60
	70	-	0,58		70	-	0,53
	75	-	0,50		75	-	0,46
80	-	0,41	80	-	0,38		

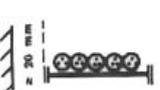
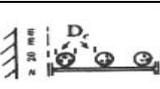
Tabela 18 - Ocupação máxima dos eletrodutos de aço por condutores isolados com PVC. (Tabela de cabos Pirastic superantiflam da Pirelli)

Seção nominal (mm ²)	Número de condutores no eletroduto								
	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Tamanho nominal do eletroduto (mm)								
1,5	16	16	16	16	16	16	20	20	20
2,5	16	16	16	20	20	20	20	25	25
4	16	16	20	20	20	25	25	25	25
6	16	20	20	25	25	25	25	31	31
10	20	20	25	25	31	31	31	31	41
16	20	25	25	31	31	41	41	41	41
25	25	31	31	41	41	41	47	47	47
35	25	31	41	41	41	47	59	59	59
50	31	41	41	47	59	59	59	75	75
70	41	41	47	59	75	75	75	75	75
95	41	47	59	59	75	75	75	88	88
120	41	59	59	75	75	75	88	88	88
150	47	59	75	75	88	88	100	100	100
185	59	75	75	88	88	100	100	113	113
240	59	75	88	100	100	113	113	-	-

Tabela 19 - Fatores de correção k_2 , para o agrupamento de mais de um circuito com cabos unipolares

		Nº de bandejas, prateleiras ou camadas de suportes	Nº de circuitos trifásicos			Usar como multiplicador para
			1	2	3	
Bandejas não perfuradas ou prateleiras		1	0,95	0,95	0,85	3 cabos em formação horizontal
		2	0,92	0,85	0,8	
		3	0,9	0,8	0,75	
Bandejas perfuradas		1	0,95	0,9	0,85	3 cabos em formação horizontal
		2	0,95	0,85	0,8	
		3	0,9	0,85	0,8	
Bandejas perfuradas na vertical		1	0,95	0,85	-	3 cabos em formação horizontal
		2	0,9	0,85	-	
Bandejas tipo escada ou suportes		1	1,0	0,95	0,95	3 cabos em trifólio
		2	0,95	0,9	0,9	
		3	0,95	0,9	0,85	
Bandejas não perfuradas ou prateleiras		1	1,0	0,95	0,95	3 cabos em trifólio
		2	0,95	0,9	0,85	
		3	0,95	0,9	0,85	
Bandejas perfuradas		1	1,0	1,0	0,95	3 cabos em trifólio
		2	0,95	0,95	0,9	
		3	0,95	0,9	0,85	
Bandejas perfuradas na vertical		1	1,0	0,9	0,9	3 cabos em trifólio
		2	1,0	0,9	0,85	
Bandejas tipo escada ou suportes		1	1,0	1,0	1,0	3 cabos em trifólio
		2	0,95	0,95	0,95	
		3	0,95	0,95	0,9	

Tabela 20 - Fatores de correção k_2 , para o agrupamento de mais de um cabo multipolar em bandejas, prateleiras ou suportes

	Nº de bandejas, prateleiras ou camadas de suportes	Número de cabos						
		1	2	3	4	5	6	
Bandejas não perfuradas ou prateleiras	 contíguos	1	0,95	0,85	0,8	0,75	0,7	0,7
		2	0,95	0,85	0,75	0,75	0,7	0,85
		3	0,95	0,85	0,75	0,7	0,65	0,6
	 espaçados	1	1,0	0,95	0,95	0,95	0,9	-
		2	0,95	0,95	0,9	0,9	0,85	-
		3	0,95	0,95	0,9	0,9	0,85	-
Bandejas perfuradas	 contíguos	1	1,0	0,9	0,8	0,8	0,75	0,75
		2	1,0	0,85	0,8	0,75	0,75	0,7
		3	1,0	0,85	0,8	0,75	0,7	0,65
	 espaçados	1	1,0	1,0	1,0	0,95	0,9	-
		2	1,0	1,0	0,95	0,9	0,85	-
		3	1,0	1,0	0,95	0,9	0,85	-
Bandejas verticais perfuradas	 contíguos	1	1,0	0,9	0,8	0,75	0,75	0,7
		2	1,0	0,9	0,8	0,75	0,7	0,7
	 espaçados	1	1,0	0,9	0,9	0,9	0,85	-
		2	1,0	0,9	0,9	0,85	0,85	-
Bandejas tipo escada ou suportes	 contíguos	1	1,0	0,85	0,8	0,8	0,8	0,8
		2	1,0	0,85	0,8	0,8	0,75	0,75
		3	1,0	0,85	0,8	0,75	0,75	7
	 espaçados	1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	-
		2	1,0	1,0	1,0	0,95	0,95	-
		3	1,0	1,0	0,95	0,95	0,95	-

Exemplo 1.2

Em uma instalação industrial, em local onde a temperatura é de 45°C, devem passar, em um eletroduto aparente, dois circuitos de três cabos unipolares, sendo a corrente de projeto, em cada condutor, de 36A. O eletroduto é fixado, junto com outros quatro, horizontalmente, em bandejas. Dimensionar os condutores.

Solução

Consideremos o cabo com cobertura de PVC/70, Noflam BWF 75 da Ficap, Pirastic superantiflam da Pirelli, TW – TRC da Ficap.

Correção de temperatura. Para $t = 50^\circ\text{C}$, obtemos na tabela 15, $k_1 = 0,70$.

Correção de agrupamento de condutores. Temos, ao todo seis condutores carregados no eletroduto. Na tabela 15, obtemos $k_2 = 0,69$.

Tabela 21 - Fatores k_3 de correção em função do número de eletrodutos ao ar livre

Número de eletrodutos dispostos verticalmente \ Número de eletrodutos dispostos horizontalmente	1	2	3	4	5	6
	1	1,00	0,94	0,91	0,88	0,87
2	0,92	0,87	0,84	0,81	0,80	0,79
3	0,85	0,81	0,78	0,76	0,75	0,74
4	0,82	0,78	0,78	0,73	0,72	0,72
5	0,80	0,76	0,72	0,71	0,70	0,70
6	0,79	0,75	0,71	0,70	0,69	0,68

Correção de agrupamento de eletrodutos aparentes. Na tabela 21 vemos que, para quatro eletrodutos dispostos horizontalmente, $k_3 = 0,88$.

Corrente de projeto, corrigida.

$$I_p = I_p \div (k_1 \times k_2 \times k_3) \rightarrow I_p = 36 \div (0,70 \times 0,69 \times 0,88) \rightarrow I_p = 36 \div 0,425 = 84,7A$$

Seção do condutor. Pela tabela 9, referente a PVC/70, vemos que para a maneira de montagem "B" (cabos isolados dentro de eletroduto, em montagem aparente) e dois condutores carregados, o condutor de 25mm² tem capacidade para 101A, valor que, por excesso, mais se aproxima do valor calculado de 84,7A.

Tabela 22 - Fatores k_3 de correção em função do número de eletrodutos enterrados ou embutidos

Número de eletrodutos dispostos verticalmente \ Número de eletrodutos dispostos horizontalmente	1	2	3	4	5	6
	1	1,00	0,87	0,77	0,72	0,68
2	0,87	0,71	0,62	0,57	0,53	0,50
3	0,77	0,62	0,53	0,48	0,45	0,42
4	0,72	0,57	0,48	0,44	0,40	0,38
5	0,68	0,53	0,45	0,40	0,37	0,35
6	0,65	0,50	0,42	0,38	0,35	0,32

Exemplo 1.3

Em um eletroduto passam três circuitos carregados. Um dos circuitos trifásicos transporta uma corrente de projeto de 25A. O eletroduto acha-se embutido horizontalmente e espaçadamente ao lado de três outros. A temperatura ambiente é de 40°C. Dimensionar o condutor do referido circuito.

Solução

Tipo de cabo. Cobertura PVC/70, Pirastic-superflex antiflam da Pirelli, ou Noflam BWF 750 da Ficap.

Correção de temperatura. Para $t = 40^{\circ}\text{C}$, obtemos na tabela 14, $k_1 = 0,87$.

Correção de agrupamento de condutores. Temos, ao todo, 9 condutores carregados, no eletroduto. Na tabela 16, obtemos, para 10 condutores, $k_2 = 0,59$.

Correção de agrupamento de eletrodutos embutidos. Na tabela 22, vemos que, para 4 eletrodutos embutidos, um ao lado do outro, o fator de correção é $k_3 = 0,72$.

Corrente do projeto, corrigida.

$$I_p = I_p \div (k_1 \times k_2 \times k_3) \rightarrow I_p = 25 \div (0,87 \times 0,59 \times 0,72) = 67,6\text{A}$$

Seção do condutor. Para tabela 10 referente a PVC/70, para a maneira de montagem "B" (cabos isolados dentro de eletrodutos embutidos) e 2 condutores carregados, o condutor de 16mm^2 , podemos usar, como alternativa, o cabo Pirastic-superflex antiflam da Pirelli.

Exemplo 1.4

Em uma instalação industrial pretende-se colocar, instalado em uma bandeja ventilada horizontal, um cabo tripolar ao lado de quatro outros. A temperatura ambiente é de 50°C . A corrente de projeto é de 86A.

Solução

Consideremos o cabo PVC/70, tripolar de cobre, Eprotenax da Pirelli, ou Vinil BWF 0,6/1kV da Ficap.

Correção de temperatura. Para $t = 50^{\circ}\text{C}$, pela tabela 15, $k_1 = 0,71$.

Correção de agrupamento de condutores. Temos, ao todo, 5 condutores carregados, na bandeja. Pela tabela 20, vemos que, para 5 cabos multipolares em bandejas perfuradas horizontais e colocadas espaçadamente, $k_2 = 0,90$.

Corrente de projeto corrigida.

$$I_p = I_p \div (k_1 \times k_2) = 86 \div (0,71 \times 0,90) = 134,5\text{A}$$

Seção do condutor. Na tabela 9, "cabos multipolares em bandejas perfuradas" são designadas pela letra "J". Conforme nota anterior, devemos considerar esta como disposição ao ar livre multiplicada pelo fator de correção inerente ao problema. Então, na tabela 11, vemos que, na coluna referente aos cabos tripolares, o cabo com seção nominal de 50mm^2 é o que por excesso mais se aproxima do valor $I_p = 134,5\text{A}$. Como devemos ainda multiplicar este valor pelo fator de correção k_2 , então $153\text{A} \times 0,90 = 137,7\text{A}$, que ainda nos leva a usar o condutor de seção ortogonal de 50mm^2 .

5.5 Número De Condutores Isolados No Interior De Um Eletroduto

O eletroduto é um elemento de linha elétrica fechada, de seção circular ou não, destinado a conter condutores elétricos, permitindo tanto a enfição como a retirada por puxamento e é caracterizado pelo seu diâmetro nominal ou diâmetro externo (em mm). Existem:

- Eletrodutos flexíveis metálicos, que não devem ser embutidos;
- Eletrodutos rígidos (de aço PVC), e semi-rígidos (de polietileno), que podem ser embutidos.

Não é permitida a instalação de condutores sem isolamento no interior de eletrodutos. Só podem ser colocados, num mesmo eletroduto, condutores de circuitos diferentes quando se originarem do mesmo quadro de distribuição, tiverem a mesma tensão de isolamento e as seções dos condutores fases estiverem num intervalo de três valores normalizados (por exemplo: 1,5, 2,5 e 4mm²). Podemos considerar duas hipóteses.

5.5.1 Os Condutores São Iguais

Neste caso, se o eletroduto for de aço, podemos usar a tabela 18 da Pirelli para cabos Pirastic superantiflam. Se o eletroduto for de PVC rígido, podemos aplicar a tabela 23 da Pirelli para cabos Pirastic superantiflam.

Tabela 23 - Número de condutores isolados com PVC, em eletroduto de PVC

Seção nominal (mm ²)	Número de condutores no eletroduto								
	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Tamanho nominal do eletroduto								
1,5	16	16	16	16	16	16	20	20	20
2,5	16	16	16	20	20	20	20	25	25
4	16	16	20	20	20	25	25	25	25
6	16	20	20	25	25	25	32	32	32
10	20	20	25	25	32	32		40	40
16	20	25	25	32	32	40	40	40	40
25	25	32	32	40	40	40	50	50	50
35	25	32	40	40	50	50	50	50	60
50	32	40	40	50	50	60	60	60	70
70	40	40	50	50	60	60	75	75	75
95	40	50	60	60	75	75	75	85	85
120	50	50	60	75	75	75	85	85	-
150	50	60	75	75	85	85	-	-	-
185	50	75	75	85	85	-	-	-	-
240	60	75	85	-	-	-	-	-	-

5.5.2 Os Condutores São Desiguais

Deve-se verificar se a soma das seções transversais dos cabos é inferior a 33% ($\frac{1}{3}$) da área do eletroduto. Caso isso verifique, não há necessidade de se fazer à correção de agrupamento de condutores e, portanto, de se determinar o fator de correção k_2 .

A somas das áreas totais dos condutores contidos num eletroduto não deve ser superior a 40% da área útil do eletroduto.

Para cálculo da seção de ocupação do eletroduto pelos cabos, podemos usar as tabelas 24 e 25.

Tabela 24 - Eletrodutos rígidos de aço

Tamanho nominal diâmetro externo (mm)	Ocupação máxima 40% da área (mm ²)	33% da área (mm ²)
16	53	44
20	90	75
25	152	125
31	246	203
41	430	354
47	567	468
59	932	769
75	1525	1258
88	2147	1771
100	2816	2323
113	3642	3005

Tabela 25 - Dimensões totais dos condutores isolados

Seção nominal (mm ²)	Pirastic superantiflam		Pirasti-superflex antiflam	
	Diâmetro externo*	Área total* (mm ²)	Diâmetro externo	Área total (mm ²)
1,5	2,8/3,0	6,2/7,1	3,0	7,1
2,5	3,4/3,7	9,1/10,7	3,6	10,2
4	3,9/4,2	11,9/13,8	4,2	13,8
6	4,4/4,8	15,2/18,1	4,7	17,3
10	5,6/5,9	24,6/27,3	6,1	29,2
16	6,5/6,9	33,2/37,4	7,8	47,8
25	8,5	56,7	9,6	72,4
35	9,5	71,0	10,9	93,3
50	11,0	95	13,2	136,8
70	13,0	133	15,0	176,7
95	15,0	177	-	-
120	16,5	214	-	-
150	18,0	254	-	-
185	20,0	314	-	-
240	23,0	415	-	-

* Fio/cabo

Exemplo 1.5

Cálculo do eletroduto de aço para conter 10 cabos Pirastic superantiflam de 1,5mm² de diâmetro.

10 cabos pirastic superantiflam de 1,5mm² de diâmetro nominal tem área igual a $10 \times 7,1\text{mm}^2 = 71\text{mm}^2$.

Na tabela 18, vemos que o eletroduto de 20mm de diâmetro comporta 10 condutores de 1,5mm².

Como 33% da área livre de eletroduto de 20mm de diâmetro nominal (externo) é igual a 75mm², na tabela 24, vemos que não há necessidade de calcular o efeito do agrupamento dos condutores, se for obedecida a tabela 18.

Exemplo 1.6

Num eletroduto de aço deverão ser instalados três circuitos terminais, assim discriminados:

- Circuito 1 – F-N; $I_{p1} = 15\text{A}$;
- Circuito 2 – F-N-PE (condutor de proteção); $I_{p2} = 30\text{A}$;
- Circuito 3 – F-F- PE; $I_{p3} = 25\text{A}$.

Determinar o menor eletroduto de modo que não haja necessidade de calcular o efeito de agrupamento dos condutores aplicando o fator k_2 .

Solução

Admitamos cabos Pirastic-superflex antiflam da Pirelli, ou Noflam BWF 750 da Ficap.

Na tabela 10, temos para dois condutores carregados em cada circuito.

- Circuito 1 – 15A – 2,5mm² (2 cabos);
- Circuito 2 – 30A – 6mm² (3 cabos);
- Circuito 3 – 25A – 4mm² (3 cabos).

Mas, pela tabela 25, vemos que:

- 2,5mm² corresponde a cabo com área total de 10,2mm²;
- 4mm² corresponde a cabo com área total de 13,8mm²;
- 6mm² corresponde a cabo com área total de 17,3mm².

A área transversal ocupada pelos condutores é de:

- Circuito 1 – $2 \times 10,2 = 20,4\text{mm}^2$
 - Circuito 2 – $3 \times 17,3 = 51,9\text{mm}^2$
 - Circuito 3 – $3 \times 13,8 = 41,4\text{mm}^2$
- Total... 113,7mm²

Pela tabela 24, vemos que para o valor mais próximo, isto é, 125mm² o diâmetro eletroduto é de 25mm, para que os condutores não ocupem mais de 33% da área transversal.

Exemplo 1.7

Em uma indústria, deverão correr em uma bandeja perfurada horizontal três circuitos de distribuição, trifásicos, sob tensão de 220V entre fases, sendo de 30°C a temperatura ambiente. Dimensionar os condutores, sabendo-se que:

- O circuito 1 alimenta motores. $I_{p1} = 150A$, 3F.
- O circuito 2 serve à iluminação, com ligações entre fases de 220V. $I_{p2} = 120A$, 3F-N.
- O circuito 3 alimenta um forno de indução. $I_{p3} = 200A$, 3F.
- Os cabos são dispostos contiguamente, multipolares, PVC/70°C e são de cobre.

Solução

Fator de correção, devido ao agrupamento de condutores de mais de um circuito com cabos multipolares contíguos, em uma bandeja perfurada horizontal; na tabela 20, vemos que $k_2 = 0,8$, para três circuitos trifásicos.

Corrente corrigidas.

- Circuito 1 – $I_{p1} = 150 \div 0,8 = 187,5A$;
- Circuito 2 – $I_{p2} = 120 \div 0,8 = 150,0A$;
- Circuito 3 – $I_{p3} = 200 \div 0,8 = 250,0A$.

Tratando-se de disposição de cabos em bandejas, vê-se na tabela 8 que a letra correspondente é “J”, porém segundo o item 5.4.1.5 os cabos multipolares em bandeja perfurada devem ser calculados pela tabela 9 – ref. “E”.

Entrando na tabela 11, coluna 2, letra E, vemos o seguinte:

Para $I_{p1} = 187,5A$ temos $S_{p1} = 70mm^2$.
 $I_{p2} = 150,0A$ temos $S_{p2} = 50mm^2$.
 $I_{p3} = 250,0A$ temos $S_{p3} = 1200mm^2$.

Observe que no circuito 2 devemos dimensionar o neutro.

Podemos usar a tabela 2 para obtermos o diâmetro do cabo neutro.

Vemos que para o condutor fase de 50mm² do circuito 2, o neutro será de 25mm².

5.6 Cálculo Dos Condutores Pelo Critério Da Queda De Tensão

Para que os aparelhos, equipamentos e motores possam funcionar satisfatoriamente, é necessário que a tensão, sob a qual a corrente lhes é fornecida, esteja dentro de limites prefixados.

Ao longo do circuito, desde o quadro geral ou a subestação até o ponto de utilização em um circuito terminal, ocorre uma queda na tensão.

Assim, é necessário dimensionar os condutores para que esta redução na tensão não ultrapasse os limites estabelecidos pela norma NB 5410, da ABNT.

Estes limites são os seguintes:

5.6.1 Instalações Alimentadas A Partir Da Rede De Alta Tensão

Isto é, partir da subestação.

- Iluminação e tomadas: 7%;
- Outros usos: 7%.

5.6.2 Instalações Alimentadas Diretamente Em Rede De Baixa Tensão

- Iluminação e tomadas: 4%;
- Outros usos: 4%.

Para qualquer dos dois casos, a queda de tensão, a partir do quadro terminal até o dispositivo ou equipamento consumidor de energia, deverá ser, no máximo, de 4%.

A figura 16 mostra como as quedas de tensão devem ser consideradas.

Para o dimensionamento do condutor, pode-se adotar o procedimento a seguir descrito.

Conhecem-se

- Material do eletroduto. Se é magnético ou não-magnético.
- Corrente de projeto, I_p (em ampères).
- O fator de potência, $\cos \varphi$.
- A queda de tensão admissível para o caso, em porcentagem (%).
- O comprimento de circuito l (em km).
- A tensão entre fases U (em volts).

Calcula-se:

- A queda de tensão admissível, em volts. $\Delta U = (\%) \times (V)$.
- Dividindo ΔU por $(I_p \times l)$, tem-se a queda de tensão em (volts/ampères) x km.
- Entrando na tabela 26 com este valor, Obtém-se a seção nominal do condutor.

Exemplo 1.8

Um circuito trifásico em 230V, com 45 metros de comprimento, alimenta um quadro terminal, e este serve a diversos motores. A corrente nominal total é de 132A. Pretende-se usar eletroduto de aço. Dimensionar os condutores do circuito de distribuição, desde o quadro até o quadro terminal.

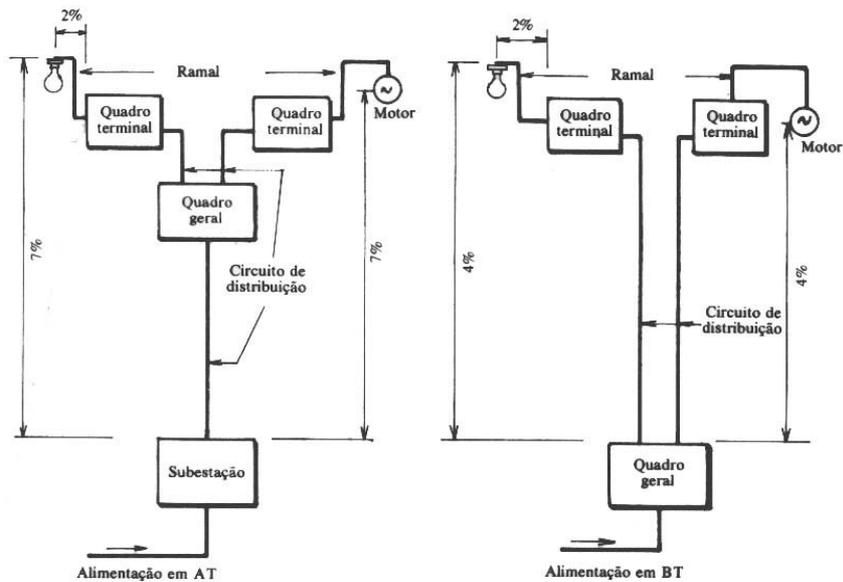


Figura 16 - Queda de tensão a considerar

Tabela 26 - Quedas de tensão unitárias. Condutores isolados com PVC (Pirastic superantiflam e Pirastic-superflex antiflam) em eletroduto ou calha fechada

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

Solução

Conhecemos:

- Material do eletroduto: aço, material magnético.
- $I_p = 132A$.
- $\cos \phi = 0,80$ (trata-se de motores).
- % de queda de tensão admissível.

Podemos considerar essa queda igual a 2%, de modo a sobrarem 2% entre o quadro terminal e os motores, perfazendo o total admissível de 4%.

- Comprimento do circuito: $l = 45m = 0,045km$.
- Tensão entre fases: $U = 230V$.

Calculemos:

- A queda de tensão admissível. $\Delta U = 0,02 \times 230V = 4,6V$.
- Queda de tensão em $V/A \times km$.

$$\frac{\Delta U}{I_p \times l} = \frac{4,6}{132 \times 0,045} = 0,774V/A \times km$$

Entrando com este valor ou o mais próximo na tabela 26, coluna de eletroduto de material magnético e $\cos \phi = 0,80$, achamos para 0,64 um condutor de seção nominal de $70mm^2$, que podemos adotar.

Exemplo 1.9

Em um prédio de apartamentos temos uma distribuição de carga tal como indicada na figura 17. Vejamos os ramais até o quadro terminal:

$$\Delta U = 0,02 \times 120V = 2,4V.$$

Podemos usar um método mais simples e prático do que o anterior quando se trata de circuitos com cargas bem pequenas, consiste no emprego das tabelas 27 e 28 referentes, respectivamente, as tensões de 110V e 220V, e que indicam, para os produtos watts x metros, os condutores a empregar. A seção S foi calculada pela fórmula abaixo:

$$S = \frac{2 \times \rho}{\Delta U \times U^2} = \Sigma P_{(watts)} \times l_{(m)}, \text{ sendo:}$$

ρ = resistividade do cobre = $0,0172ohms \times mm^2/m$;

U = tensão;

ΔU = queda de tensão percentual

Exemplo 1.10

Em um apartamento de um edifício, temos uma distribuição de carga tal como indicado na figura 5. Dimensionar os condutores segundo o critério da queda de tensão.

Solução

A queda de tensão permitida nos ramais é de 2%, como vemos no item 1.6.2. A tensão nos circuitos dos ramais é de 110V. Calculemos, para cada circuito, o produto potências x distâncias ($P \times l$).

Circuito 1

$1500W \times 8m = 12000 \text{ watts} \times \text{metros}$.

Vemos na tabela 26 que, para queda de tensão de 2% e produto $P \times l = 17456$, o condutor deverá ser o de $2,5\text{mm}^2$, pois o de $1,5\text{mm}^2$ só atende ao valor $P \times l = 10526W \times m$.

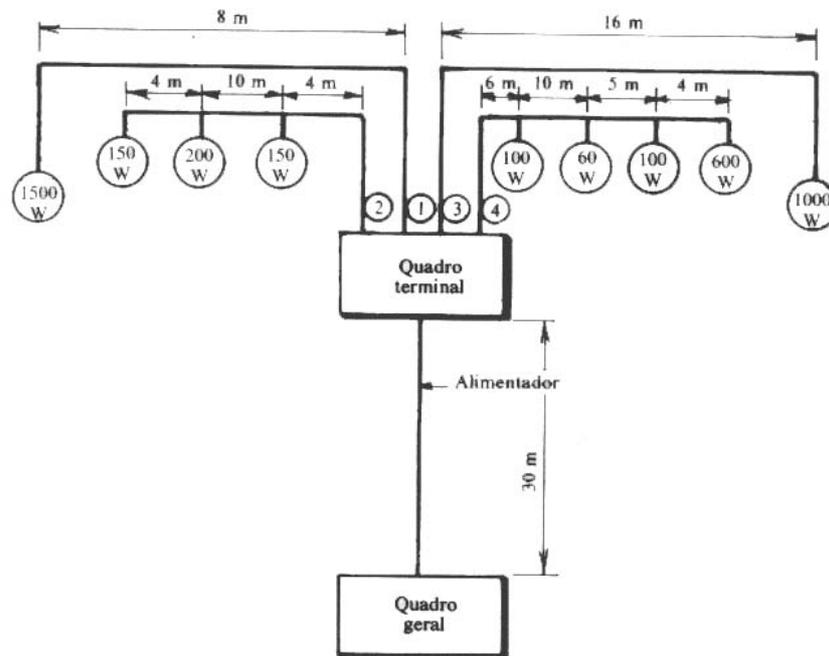


Figura 17 - Dimensões dos condutores a considerar

Tabela 27 - Soma dos produtos potências (watts) x distâncias (m)
U = 110volts

Condutor série métrica (mm ²) S	% da queda de tensão			
	1%	2%	3%	4%
	$\Sigma(P_{\text{(watts)}} \times l_{\text{(m)}})$			
1,5	5263	10526	15789	21052
2,5	8773	17546	26319	35092
4	14036	28072	42108	56144
6	21054	42108	63162	84126
10	35090	70100	105270	140360
16	56144	112288	168432	224576
25	87225	175450	263175	350900
35	122815	245630	368445	491260
50	175450	350900	526350	701800
70	245630	491260	736890	982520
95	333355	666710	1000065	1333420
120	421080	842160	1263240	1604320
150	526350	1052700	1579050	2105400
185	649165	1298330	1947495	2596660
240	842160	1684320	2526480	3368640
300	1052700	2105400	3158100	4210800
400	1403600	2807200	4210800	5614400
500	1745500	3509000	5263500	7018000

Tabela 28 - Soma dos produtos potências (watts) x distâncias (m)
U = 220volts

Condutor série métrica (mm ²) S	% da queda de tensão			
	1%	2%	3%	4%
	$\Sigma(P_{\text{(watts)}} \times l_{\text{(m)}})$			
1,5	21054	42108	63163	84126
2,5	35090	70180	105270	140360
4	56144	112288	168432	224576
6	84216	168432	253648	336864
10	140360	280720	421080	561440
16	224576	449152	673728	898304
25	350900	701800	1052700	1403600
35	491260	982520	1473780	1965040
50	701800	1403600	2105400	2807200
70	982520	1965040	2947560	3930080
95	1333420	2666840	4000260	5333680
120	1684320	3368640	5052960	6737280
150	2105400	4210800	6316200	8421600
185	2596660	5196320	7789980	10360640
240	3368640	6737280	10105920	13474560
300	4210800	8421600	12632400	16843200
400	5614400	11228800	16843200	22457600
500	7018000	14036000	21054000	28072000

Circuito 2

$$150 \times 4 = 600$$

$$200 \times 14 = 2800$$

$$150 \times 18 = \underline{2700}$$

$$6100 \text{ (watts x metros)}$$

Na tabela 27, obtemos condutor de 1,5mm².

Circuito 3

$$1000 \times 16 = 16000 \text{ (watts x metros)}$$

Condutor de 2,5mm²

Circuito 4

$$100 \times 6 = 600$$

$$60 \times 16 = 960$$

$$100 \times 21 = 2100$$

$$600 \times 25 = \underline{15000}$$

$$18660 \text{ (watts x metros)}$$

Condutor de 4mm².

Alimentador geral

A carga total no quadro terminal é de:

$$1500 + 150 + 200 + 150 + 100 + 60 + 100 + 600 + 1000 = 3860W.$$

O alimentador deverá ser trifásico.

Admitindo que haja um balanceamento de carga entre as três fases, podemos dividir a carga por 3 e aplicar a mesma tabela 27, usando a coluna referente a queda de tensão de 1%.

$$\text{Assim, teremos } 3860 \div 3 = 1286,6W.$$

$$P \times l = 1286,6 \times 30 = 38600 \text{ (watts x metros).}$$

O condutor a usar será o de 16mm².

Pela tabela 17, vemos que o neutro deverá ser de mesma seção.

Portanto, teremos como condutores (3 x 16mm² + 1 x 16mm²).

5.7 Aterramento

5.7.1 Definições

O aterramento é a ligação de um equipamento ou de um sistema à terra, por motivo de proteção ou por exigência quanto ao funcionamento do mesmo.

Essa ligação de um equipamento à terra realiza-se por meio de condutores de proteção conectados ao neutro, ou à massa do equipamento, isto é, às carcaças metálicas dos motores, caixas dos transformadores, condutores metálicos, armações de cabos, neutro dos transformadores, neutro da alimentação de energia a um prédio.

Com o aterramento objetiva-se assegurar sem perigo o escoamento das correntes de falta e fuga para terra, satisfazendo as necessidades de segurança das pessoas e funcionais das instalações.

O aterramento é executado com o emprego de um:

- *Condutor de proteção*: condutor que liga as massas e os elementos condutores estranhos à instalação entre si e/ou a um terminal de aterramento principal.

- *Eletrodo de aterramento*: formado por um condutor ou um conjunto de condutores (ou barras) em contato direto com a terra, podendo constituir a malha de terra, ligados ao terminal de aterramento. Quando o eletrodo de aterramento é constituído por uma barra rígida, denomina-se haste de aterramento. Uma canalização de água não pode desempenhar o papel de eletrodo de aterramento, conforme o item 6.4.2.2.5 da NBR 5410/90.

O condutor de proteção (terra) é designado por PE, e o neutro, pela letra N.

Quando o condutor tem funções combinadas de condutor de proteção e neutro, é designado por PEN.

Quando o condutor de proteção assegura ao sistema uma proteção equipotencial, denomina-se condutor de equipotencialidade.

Os sistemas elétricos de baixa tensão, tendo em vista a alimentação e as massas dos equipamentos em relação à terra, são classificados pela NB 5410, de acordo com a seguinte simbologia literal:

A primeira letra indica a situação da alimentação em relação à terra.

T – para um ponto diretamente aterrado;

I – isolamento de todas as partes vivas em relação à terra ou emprego de uma impedância de aterramento, a fim de limitar a corrente de curto-circuito para a terra.

A segunda letra indica a situação das massas em relação à terra.

T – para massas diretamente aterradas, independentemente de aterramento eventual de um ponto de alimentação;

N – massas ligadas diretamente ao ponto de alimentação aterrado (normalmente, é o ponto neutro).

Outras letras (eventualmente), para indicar a disposição do condutor neutro e do condutor de proteção.

S – quando as funções de neutro e de condutor de proteção são realizadas por condutores distintos;

C – quando as funções de neutro e condutor de proteção são combinadas num único condutor (que é, aliás, o condutor PEN).

Quando a alimentação se realizar em baixa tensão, o condutor neutro deve sempre ser aterrado na origem da instalação do consumidor.

5.7.2 Modalidades De Aterramento

Os casos mais comuns dos diversos sistemas acham-se esquematizados na figura 18.

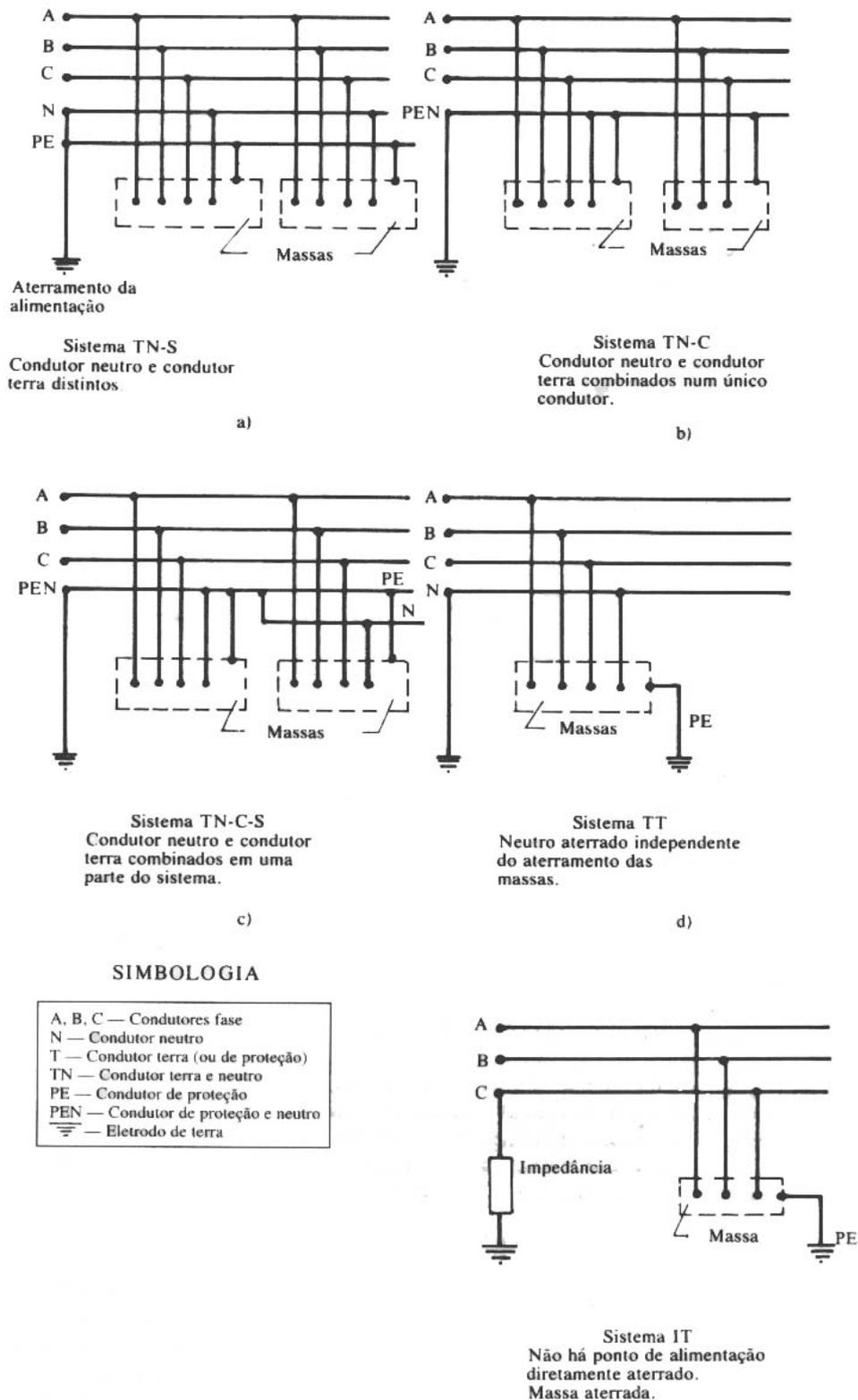


Figura 18 - Sistema de aterramento (NBR 5410/90)

Em princípio, todos os circuitos de distribuição e terminais devem possuir um condutor de proteção que convém fique no mesmo eletroduto dos condutores vivos do circuito. O condutor de proteção poderá ser um condutor isolado (Pirastic superantiflam; BWF 750W – Fiacp) ou uma veia de um cabo multipolar que contenha os condutores vivos (Sintenax antiflam multipolar Pirelli; Fisec 0,6/1 – Ficap). *É dispensado o condutor de proteção em instalações de residências, nos circuitos terminais de iluminação e tomadas, em locais de pisos e paredes não-condutoras (tacos, alvenaria), como em quartos e salas.*

5.7.3 Seção Dos Condutores De Proteção

A seção mínima dos condutores de proteção pode ser determinada pela tabela 29.

Tabela 29 - Seção mínima de condutores de proteção

Seção dos condutores fases (S) (mm ²)	Seção mínima dos condutores de proteção (S') (mm ²)
S ≤ 16mm ²	S
16 < S ≤ 35	16
S > 35	S' – S/2

Na aplicação da tabela 29, poderão surgir resultados na determinação da seção do condutor de proteção (a divisão da seção da fase por 2) que não correspondam a um condutor existente na escala comercial. Nesse caso, devemos aproximar para a seção mais próxima, imediatamente superior. Por exemplo:

Condutor fase: S = 90mm²

Condutor de proteção: PE = S/2 = 45mm² → 50mm², uma vez que não dispomos do condutor de 45mm² (tabela 9 e 10).

5.7.4 Aterramento Do Neutro

No caso do alimentador de um prédio, se a energia for fornecida em alta tensão, o ponto neutro de transformador em estrela é aterrado com um eletrodo de terra. O neutro, chegando ao quadro geral de entrada, deverá ser aterrado, não podendo essa ligação à terra realizar-se por meio de uma ligação ao encanamento abastecedor de água do prédio, conforme determina a NBR 5410/90.

5.7.5 O Choque Elétrico

O contato entre um condutor vivo e a massa de um elemento metálico, a corrente de fuga normal, ou ainda uma deficiência ou falta de isolamento em um condutor ou equipamento (máquina de lavar roupa, chuveiro, geladeira, etc) podem representar risco. Uma pessoa que neles venha tocar recebe uma descarga de corrente, em virtude da diferença de potencial entre a fase energizada e a terra. A corrente atravessa o corpo humano, no sentido da terra. O choque elétrico e seus efeitos serão tanto maiores quanto maiores forem a superfície do corpo humano em contato com o condutor e com a terra, a intensidade da corrente, o percurso da corrente no corpo humano e o tempo de duração do choque.

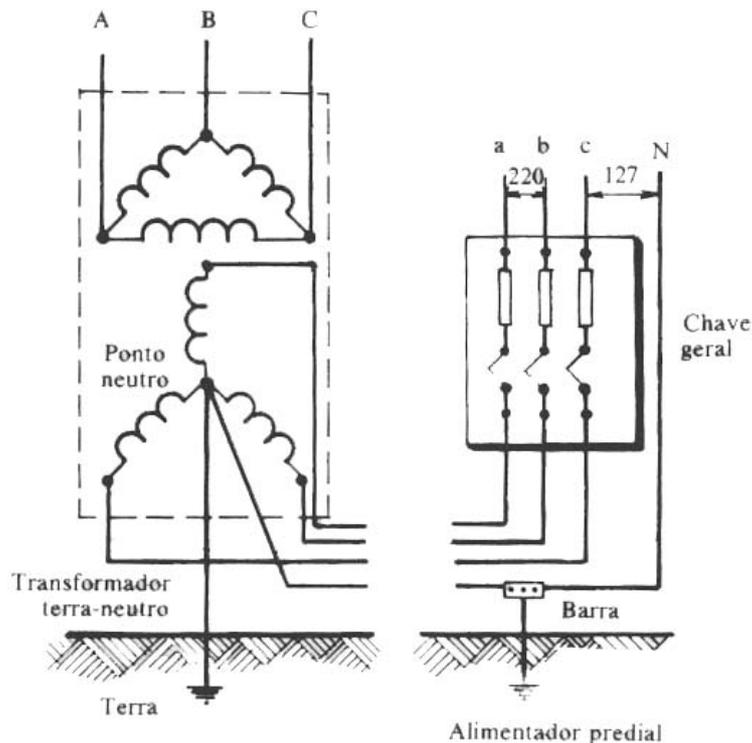


Figura 19 - Ligação à terra do alimentador predial

Para evitar que a pessoa receba essa descarga, funcionando como um condutor terra, as carcaças dos motores e dos equipamentos elétricos são ligadas à terra. Assim, quando houver falha no isolamento ou um contato de elemento energizado com a carcaça do equipamento, a corrente irá diretamente à terra, curto-circuito que provocará a queima do fusível de proteção da fase ou o desligamento do disjuntor.

Apesar do cuidado que existe no isolamento, muitos equipamentos, esmo em condições normais de funcionamento, apresentam correntes de fuga através de suas isolações. Esta corrente, caracterizada pela chamada *corrente diferencial-residual*, seria nula se não houvesse fugas. Quando essa corrente atinge determinado valor, provoca a atuação de um dispositivo de proteção denominado *dispositivo de proteção à corrente diferencial-residual* (dispositivo DR). Em geral, o dispositivo DR vem incorporado ao disjuntor termomagnético que protege o circuito. No entanto, existem dispositivos DR isolados, que são instalados nos quadros terminais, mas só proporcionam proteção contra choques e não contra sobrecarga e curtos-circuitos.

O choque elétrico pode produzir na vítima o que se denomina “morte aparente”, isto é, a perda dos sentidos, a anoxia (paralisação da respiração por falta de oxigênio), a asfixia (ausência de respiração), a anoxemia (ausência de oxigênio no sangue como consequência da anoxia). A violenta contração muscular devida ao choque pode afetar o músculo cardíaco, determinando sua paralisação e a morte. Não havendo fibrilação ventricular, o paciente tem condições de sobreviver, se socorrido a tempo.

As alterações musculares e outros efeitos fisiológicos da corrente (queimaduras, efeitos eletrolíticos, etc) irão depender da intensidade e do percurso da corrente pelo corpo humano. A corrente poderá atingir partes vitais ou não. Um dos mais graves é aquele em que a pessoa segura com uma das mãos o fio fase e com a outra o fio neutro, pois a corrente entra por uma das mãos e, antes de sair pela outra, passa pelo tórax, onde se acham os órgãos vitais para a respiração e a circulação (figura 9.a).

Se a pessoa segurar um fio desencapado ou apertá-lo com um alicate sem isolamento, a corrente segue das mãos para os pés, descarregando na terra. A corrente passa pelo diafragma e pela região abdominal, e os efeitos podem ser graves (figura 9.b).

Quando se pisa num condutor desencapado, a corrente circula através das pernas, coxas e abdômen. O risco é, no caso, menor que o anterior (figura 9.c).

Tocando-se com os dedos a fase e o neutro, ou a fase e a terra, o percurso da corrente é pequeno, e as conseqüências não são graves (figura 9.d).

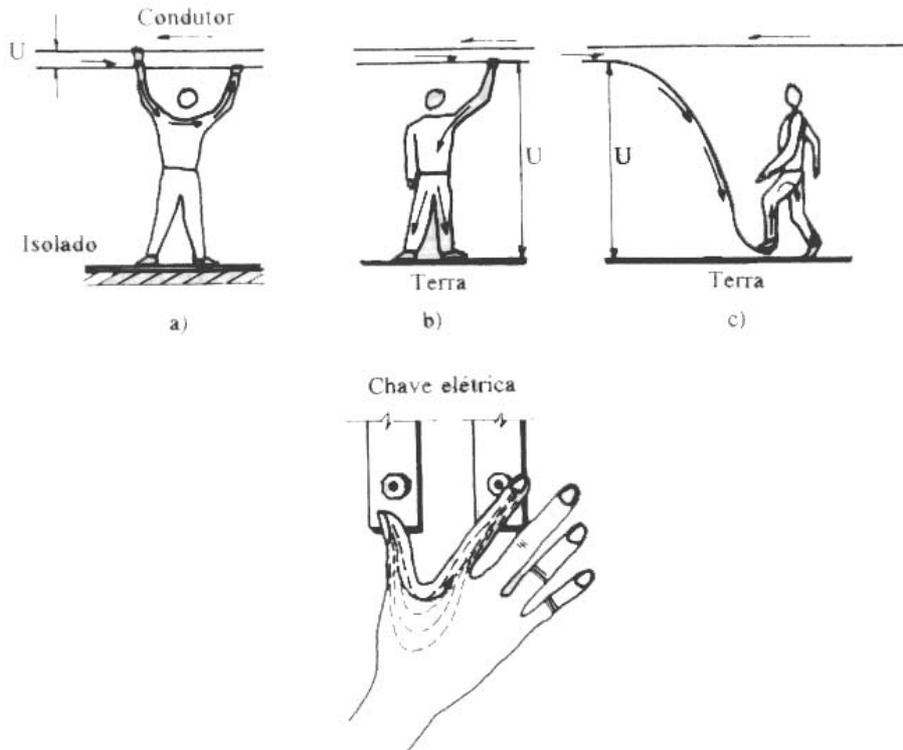


Figura 20 - Percurso da corrente no corpo humano quando ocorre um choque elétrico

O organismo humano é mais sensível à corrente alternada do que à corrente contínua. Na frequência de 60Hz, o limiar de sensação de corrente alternada é de 1mA, ao passo que, no caso da corrente contínua, é de 5mA. As perturbações orgânicas são mais acentuadas em acidentes com correntes de baixa frequência, denominadas industriais, do que para as frequências elevadas. O corpo humano comporta-se como condutor simples e complexo, mas, numa simplificação, podemos assimilá-lo a um condutor simples e homogêneo. Suponhamos, portanto, que interposto a um circuito energizado sob uma tensão U , o corpo seja percorrido por uma corrente elétrica i , denominada por:

$$i = \frac{U}{R_{\text{cont. 1}} + R_{\text{cont. 2}} + R_{\text{corpo}}}$$

$R_{\text{cont. 1}}$ e $R_{\text{cont. 2}}$ são resistências de contato do corpo com os condutores ou entre condutor e terra. São da ordem de 15000Ω por cm^2 de pele. R_{corpo} é a resistência do corpo à passagem da corrente. Depende do percurso, isto é, dos pontos de ligação do corpo com as partes energizadas dos circuitos. $R_{\text{corpo}} \cong 500\Omega$, desde a palma da mão à outra ou à planta do pé.

Quando a pele se acha molhada, a resistência de contato torna-se menor porque a água penetra em seus poros e melhora o contato.

A tabela 30 indica valores de resistência total para o caso de frequência de 60Hz e diversas hipóteses de contato do corpo com elementos energizados.

A partir de uma corrente de 9mA, os choques vão se tornando cada vez mais perigosos, conforme se pode observar pela tabela 31.

Tabela 30 - Resistência total, incluindo as resistências por contatos para corrente alternada - 60Hz

Situação		Resistência total ohms (ordem de grandeza)	Corrente no corpo sob a tensão de 100volts (mA)
1	A corrente entra pela ponta do dedo de uma das mãos e sai pela ponta do dedo da outra mão (dedos secos)	15700	6
2	A corrente entra pela palma de uma das mãos e sai pela palma da outra mão (secas)	900	111
3	A corrente entra pela ponta do dedo e sai pelos pés calçados	18500	5
4	A corrente entra pela mão através de uma ferramenta e sai pelos pés calçados	15500	6
5	A corrente entra pela mão através de uma ferramenta e sai pelos pés calçados	600	116
6	A corrente entra pela mão molhada e sai por todo o corpo mergulhado em uma banheira	500	200

Tabela 31 - Efeitos do choque elétrico em pessoas adultas, jovens e sadias

Intensidade da corrente alternada que percorre o corpo (60Hz)	Perturbações possíveis durante o choque	Estado possível após o choque	Salvamento	Resultado final mais provável
1mA (limiar de sensação)	Nenhuma	Normal	-	Normal
1 a 9mA	Sensação cada vez mais desagradável, à medida que a intensidade aumenta. Contrações musculares	Normal	Desnecessário	Normal
9 a 20mA	Sensações dolorosas. Contrações violentas. Asfixia. Anoxemia. Perturbações circulatórias	Morte aparente	Respiração artificial	Restabelecimento
20 a 100mA	Sensação insuportável. Contrações violentas. Anoxia. Anoxemia. Asfixia. Perturbações circulatórias graves, inclusive, às vezes, fibrilação ventricular.	Morte aparente	Respiração artificial	Restabelecimento ou morte. Muitas vezes há tempo de salvar, e a morte ocorre em poucos minutos.
Acima de 100mA	Asfixia imediata. Fibrilação ventricular. Alterações musculares. Queimaduras.	Morte aparente ou morte imediata	Muito difícil	Morte
Vários ampères	Asfixia imediata. Queimaduras graves.	Morte aparente ou morte imediata	Praticamente impossível	Morte

Exemplo 1.11

Suponhamos que haja uma passagem de corrente para a estrutura externa de uma máquina de lavar roupa, repousando em pés isolados e alimentada de água, por meio de tubo de borracha sintética. Uma pessoa apóia uma das mãos na máquina e com a outra toca a torneira para abastecer a máquina. A pessoa tem calçado de borracha. Qual o efeito da corrente sobre ela, sendo que a tensão de 120 volts?

Solução

A palma da mão mede aproximadamente 60 a 80cm², digamos 60cm². A ponta dos dedos que toca a torneira tem 1cm².

As resistências a considerar são:

$$\begin{aligned} 1^{\text{a}} \text{ mão: } 15000\Omega \div 60\text{cm}^2 &= 250 \\ 2^{\text{a}} \text{ mão (dedo): } 1500 \div 1\text{cm}^2 &= 15000 \\ \text{Corpo} &= \underline{500} \\ \text{Resistência total...} &= 15750\Omega \end{aligned}$$

Intensidade da corrente:

$$I = \frac{120}{15750} = 0,0077\text{A} = 7,7\text{mA}$$

A corrente é inferior a 9mA e, embora produza efeito desagradável, não é ainda perigosa.

Se a pessoa, porém, segurar a torneira, a área de contato pode ser de cerca de 6cm², de modo que a resistência da mão passa a ser de 15000 ÷ 6 = 2500Ω, e a resistência total cai para 3250Ω. A corrente aumenta para 120 ÷ 3250 = 0,037 = 37mA, podendo provocar, portanto, até mesmo a morte aparente. Recomenda-se, assim, que a máquina de lavar roupa fique, se possível, sobre os pés metálicos e que sua caixa seja ligada ao condutor de aterramento.

Se a corrente de fuga tornar-se excessiva, o disjuntor termomagnético de proteção desarmará, o mesmo acontecendo se houver, apenas, dispositivo DR.

Se ocorrer um curto-circuito, então o fusível queimará, caso a proteção seja realizada com auxílio do mesmo.



Figura 21 - Aterramento da máquina de lavar

Exemplo 1.12

Um chuveiro elétrico (220V – 2600W), ligado a uma tubulação de plástico apresenta um defeito de isolamento. Ao tomar banho, a pessoa toca com o dedo (1cm²) a caixa do chuveiro e está com os pés na água (2 pés x 100cm² = 200cm²). O choque terá gravidade?

Solução

As resistências são:

$$\begin{array}{l} \text{Ponta do dedo: } 1500\Omega \div 1 = 1500 \\ \text{Palmas dos pés: } 15000 \div 200 = 75 \\ \text{Corpo} = \underline{500} \\ \text{Resistência total} = 15575\Omega \end{array}$$

Intensidade da corrente:

$$I = \frac{220}{15575} = 0,014A = 14mA$$

Pela tabela 31, vemos que o choque para correntes entre 9 e 20mA já se apresenta como perigoso. A intensidade da corrente poderá acarretar danos graves se a pessoa segurar o chuveiro, aumentando a superfície de contato da mão. É imprescindível fazer-se um aterramento, ligando a caixa do chuveiro ao condutor de aterramento. No caso de haver fuga, além do limite de segurança, o dispositivo DR ou o disjuntor desarmarão, e se houver um curto-circuito o próprio fusível queimará, se não operar o disjuntor.

Nos banheiros não devem ser isolados interruptores e tomadas no interior do box do chuveiro ou próximo da banheira (no chamado “volume-invólucro”).

Existem equipamentos que possuem uma isolação especial e que dispõem o emprego do condutor de proteção. São os equipamentos classe II.

Na instalação de um banheiro e de uma cozinha, devemos protegê-la através de ligação equipotencial. Consiste em interligar todas as canalizações metálicas, os elementos metálicos dos aparelhos sanitários, o corpo da banheira (se for do tipo que tenha pés), os ralos e as estruturas metálicas do box e das esquadrias por um condutor de aterramento.

Este condutor poderá ter seção mínima de 2,5mm², se ficar em um eletroduto, e 4mm², se ficar aparente, fixado à parede.

O condutor será ligado a uma fita metálica de seção mínima de 20mm² e espessura mínima de 1mm.

Essa fita ficará embutida diretamente nas paredes, no solo ou no rebaixo da laje do banheiro.

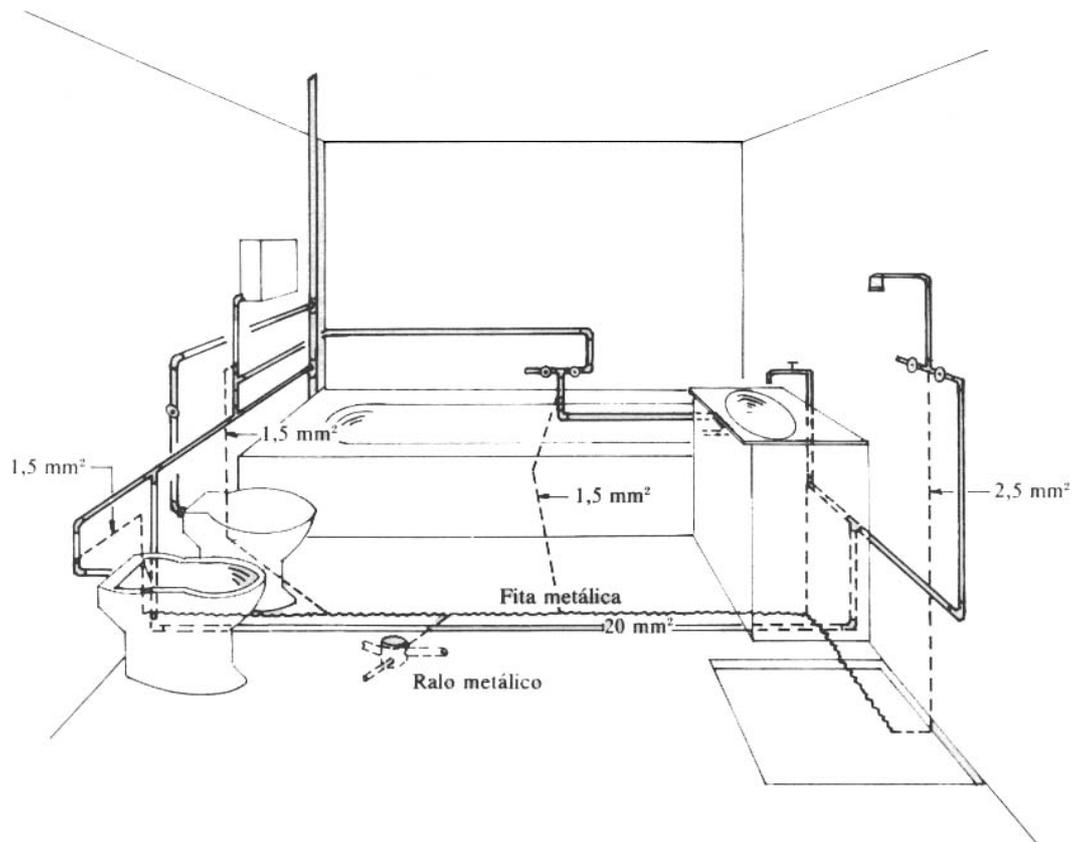


Figura 22 - Ligação equipotencial em um banheiro

5.8 Cores Dos Condutores

A NBR 5410/90 recomenda a adoção das seguintes cores no encapamento isolante dos condutores:

- *Condutores fases*: preto, branco, vermelho ou cinza;
- *Condutor neutro*: azul-claro;
- *Condutor terra*: verde ou verde-amarelo.

No aterramento:

- *Condutor PE*: verde ou verde-amarelo;
- *Condutor PEN*: azul-claro.

6 SISTEMAS DE ATERRAMENTO E PROTEÇÃO

6.1 Aterramento

Podemos considerar uma ligação de dois tipos básicos de aterramento:

- Aterramento funcional;
- Aterramento de proteção.

O primeiro consiste no aterramento de um condutor do sistema, geralmente o neutro, e objetiva a garantir a utilização correta e confiável da instalação.

O segundo é constituído pelas medidas destinadas a proteção contra choque elétrico provocados contra contatos indiretos.

Podendo ter ainda como veremos, um aterramento que seja simultaneamente funcional e de proteção.

Vejamos a seguir algumas definições importantes:

Terra

Massa condutora da terra, cujo potencial elétrico e qualquer ponto, é igual a zero.

Eletrodo de aterramento

Condutor ou conjunto de condutores em contato íntimo com o solo que garante uma ligação elétrica com ele.

Eletrodos de aterramento eletricamente distintos

Eletrodos de aterramento suficientemente distantes uns dos outros para que a corrente máxima suscetível de ser escoada por um deles não modifique sensivelmente o potencial dos outros.

Condutor de proteção (PE)

Condutor prescrito em certas medidas de proteção contra os choques elétricos e destinados a ligar eletricamente:

- Massa;
- Elementos condutores estranhos à instalação;
- Terminal de aterramento principal eletrodos de aterramento, e/ou;
- Pontos de alimentação ligados a terra ou ao ponto neutro.

Condutor PEN

Condutor ligado a terra, garantindo ao mesmo tempo as funções de condutor de proteção e de condutor neutro; a designação PEN resulta da combinação PE (condutor de proteção) + N (neutro); o condutor PEN não é considerado um condutor vivo.

Terminal (ou barra) de aterramento principal

Destinado a ligar ao dispositivo de aterramento, os condutores de proteção, incluindo os condutores de equipotencialidade e, eventualmente, os condutores que garantam um funcionamento.

Resistência de aterramento (total)

Resistência elétrica entre o terminal de aterramento principal de uma instalação elétrica, e a terra.

Condutor de aterramento

Condutor de proteção que liga o terminal (ou barra) de aterramento principal ao eletrodo de aterramento.

Ligação equipotencial

Ligação elétrica destinada a colocar no mesmo potencial ou em potenciais vizinhos as massas e os elementos condutores estranhos à instalação.

Condutor de equipotencialidade

Condutor de proteção que garante uma ligação equipotencial.

Condutor de proteção principal

Condutor de proteção que liga os diversos condutores de proteção da instalação ao terminal de aterramento principal.

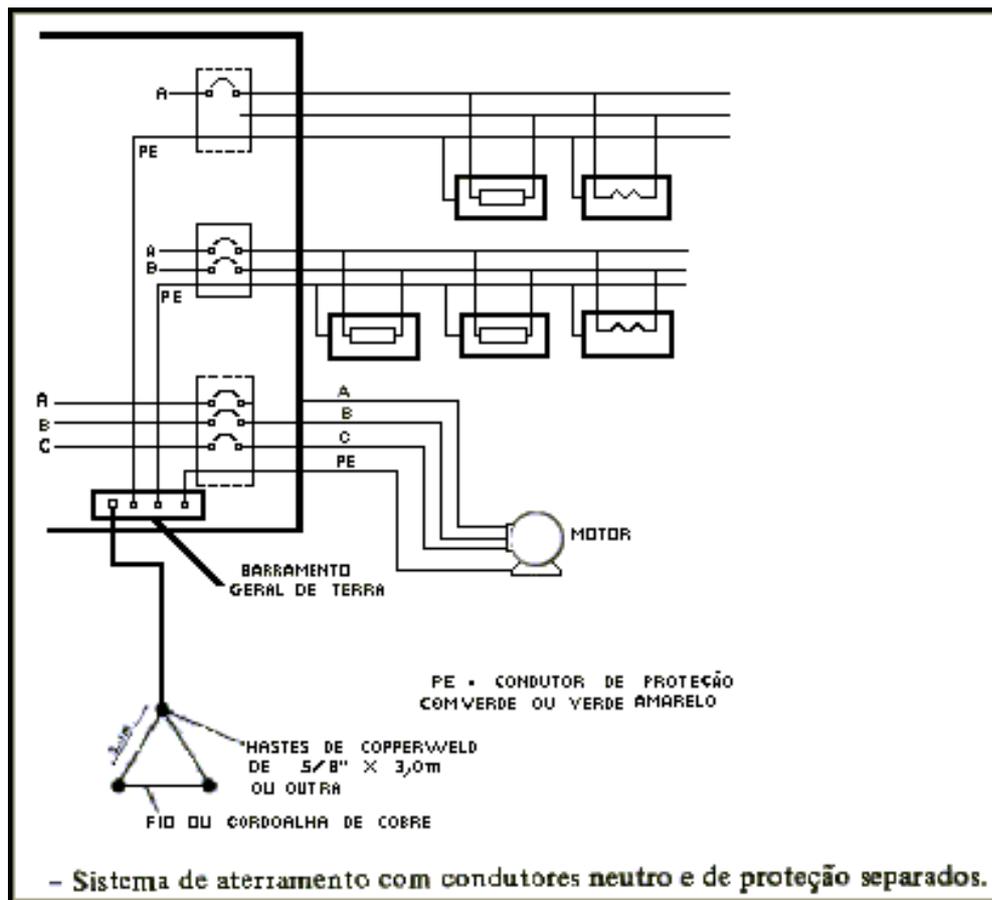


Figura 23 - Sistema de aterramento com condutores neutro e de proteção separados

O aterramento tem como finalidade levar rapidamente correntes elétricas indesejáveis para a terra, salvando a integridade física do seu usuário. Quando isso ocorre esse sistema de aterramento às vezes origina a queima de fusíveis. O eletrodo de terra deverá apresentar a menor resistência de contato possível, devendo ser da ordem de 5Ω e nunca ultrapassar 25Ω . Há aparelhos de medida de resistência de terra dos sistemas.

6.2 Interruptor De Corrente De Fuga

O interruptor de corrente de fuga é um dispositivo que funciona com uma corrente muito pequena na ordem de miliampéres. Ele funciona com uma corrente que retorna pela terra quando existe falha na isolação. Ele apresenta um núcleo de ferro, pelo qual passam os condutores da rede. Esse tem uma bobina primária, que energiza a bobina secundária, destinada a acionar o disjuntor que desliga o circuito. Para entender o funcionamento, convém recordar:

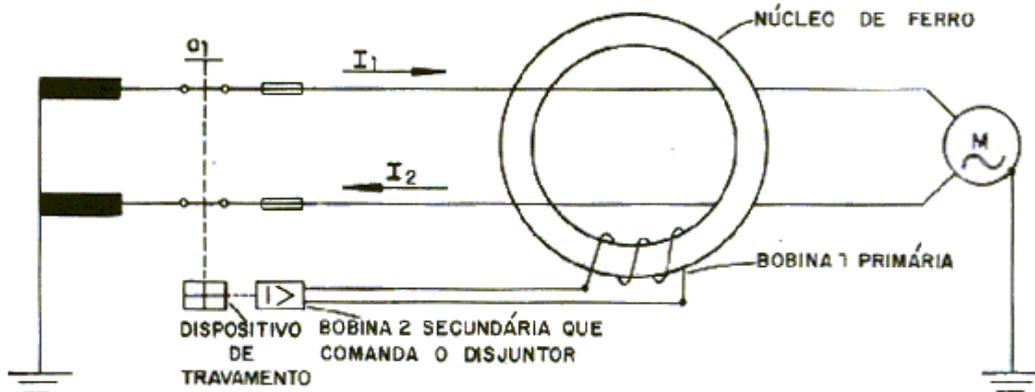


Figura 24 - Interruptor de fuga

Um núcleo, onde exista uma bobina, for percorrido por um fluxo magnético alterado, esse fluxo induzirá uma tensão nessa bobina e se a corrente elétrica que entra em um condutor for igual a que sai ela se anula. É bom salientar que, no interruptor de corrente de fuga, existe um circuito de prova cuja a função é verificar seu funcionamento sem que haja a corrente de fuga. A regulagem é feita através de um relê podendo ser instalado para diversos valores presumíveis mínimos de corrente de fuga.

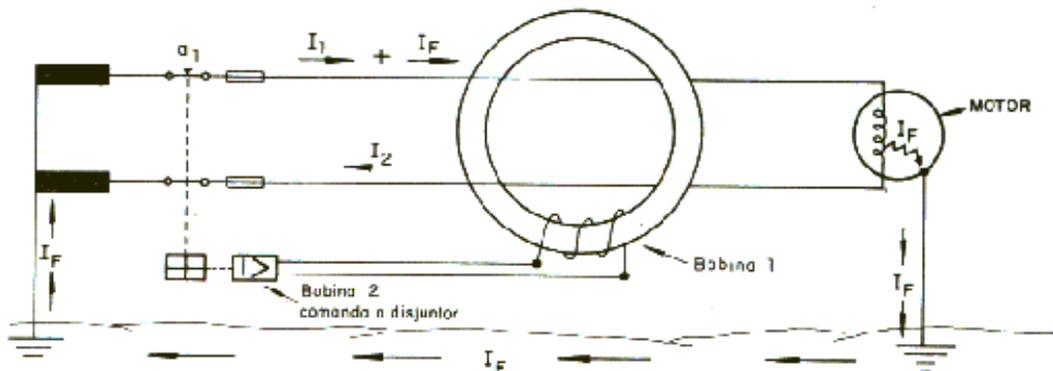


Figura 25 - Interruptor de fuga

7 PROTEÇÃO DE CIRCUITOS ELÉTRICOS

Os circuitos elétricos devem ser protegidos contra sobre carga e curto circuito, há uma diferença entre os dispositivos que protegem contra sobre carga e curto circuito para se estabelecer essa diferença devemos saber o que significa sobrecarga e curto circuito.

- *Curto circuito*: é um aumento repentino da corrente em que a resistência é nula fazendo com que a corrente tende ao infinito quando a tensão cai a zero a temperatura nesses casos é relativamente alta.

- *Sobre carga*: é um aumento gradativo da corrente originado pelo aumento da carga instalada e pelo dimensionamento errado dos componentes que compõe o circuito a resistência nesses casos não é nula com tudo uma corrente elevada pode danificar o circuito e originar um curto-circuito.

7.1 Fusíveis

Fusíveis são dispositivos constituídos de um material condutor envolto de um material isolante, e ligado a dois contatos que facilitam a sua conexão com os componentes das instalações elétricas. A função do fusível é proteger as instalações elétricas contra curto circuito e sobrecarga. O elo de fusão é a parte principal dos fusíveis, pois é através de sua fusão, que os circuitos são protegidos, caso haja uma sobrecarga ou um curto circuito. Os materiais mais utilizados na confecção de fusíveis são o chumbo a prata (alemã), cobre puro ou cobre com zinco. Os elos fusíveis podem ser de diversas formas dependendo de sua utilidade.

- *Elos fusíveis em forma de fio* – são de seção constante, a fusão do elo pode ocorrer em qualquer ponto do fio.

- *Elos fusíveis em forma de lâmina* – podem ser de seção constante, reduzida normal, reduzida por janelas com acréscimo de massa no centro do elo.

- *Elo de fusível com seção constante* – a fusão do elo pode ocorrer em qualquer ponto do elo.

- *Elo fusível com seção reduzida normal* – a fusão sempre ocorre onde a parte é reduzida.

- *Elo fusível com seção reduzida por janelas* – a fusão sempre ocorre na parte entre as janelas de maior seção.

- *Elo fusível com seção reduzida por janelas com acréscimo de massa no centro* – a fusão ocorre sempre entre as janelas.

Existem fusíveis de ação rápida ou normal ultra-rápida e retardada. A necessidade das características desses três fusíveis surgiu em consequência da existência de três tipos de circuitos:

- Circuitos com cargas resistivas;
- Circuitos com cargas indutivas;
- Circuitos com cargas capacitivas.

Além disso, há ainda, os circuitos com cargas eletrônicas. Para cada tipo de fusível existe um elo do fusível próprio.

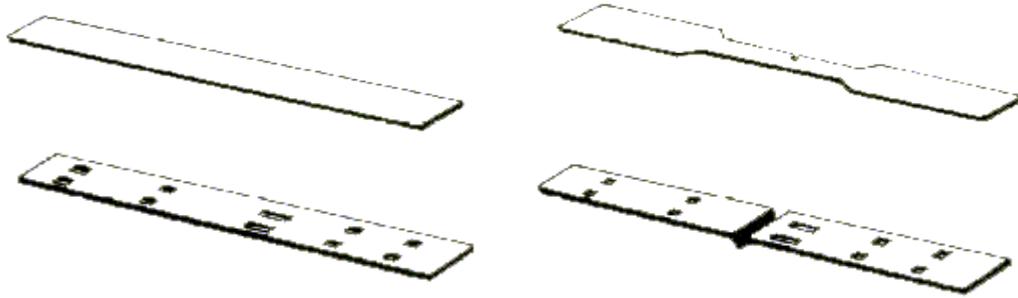


Figura 26 - Elo fusível

Vejamos a seguir, as características de cada tipo de fusíveis.

Fusíveis de ação rápida ou normal

Nos fusíveis de ação rápida ou normal a fusão do elo ocorre após segundos, quando esses recebem uma sobrecarga de curta duração. São próprios para protegerem circuitos com cargas resistivas (lâmpadas incandescentes e resistores em geral). Estes fusíveis podem ser de elos de fio com seção constante ou lâmpadas com seção reduzidas por janelas.

Fusíveis de ação ultra-rápida

A fusão do elo é imediata, quando recebem uma sobrecarga, mesmo sendo de curta duração. São próprios para protegerem circuitos com cargas eletrônicas, quando os dispositivos são a semicondutores. Os dispositivos a semicondutores são mais sensíveis e precisam ser protegidos contra sobre carga de curta duração.

Os fusíveis de ação ultra-rápida, também podem ser de elos de fios com seção constante ou de lâmpadas, com seção constante ou de lâminas, com seção reduzida por janelas.

Fusíveis de ação retardada

A ação retardada ocorre onde a sobrecarga de curta duração não deve provocar a fusão do elo.

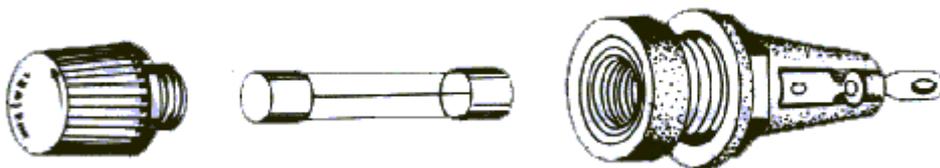


Figura 27 - Fusível de ação retardada

A fusão do elo, na ação retardada só acontece, quando houver sobrecargas de longa duração ou curto circuito. São próprios para protegerem circuitos com cargas indutivas e/ou capacitivas (motores, transformadores, capacitores e indutores em geral).

Os fusíveis de ação retardados têm seus elos de lâminas com seção reduzidas por janelas e com acréscimo de massa no centro.

Além das características dos fusíveis, quanto à ação rápida, ultra-rápida retardada, há também as características quanto a:

- *Corrente nominal* é uma característica relacionada com o elo fusível e, especificamente o maior valor que a corrente suporta, continuamente, sem aquecer em excesso e sem se queimar. A corrente nominal é a mesma para os fusíveis rápidos, ultra-rápidos, retardados. A corrente nominal de um fusível vem geralmente escrita no corpo isolante, como símbolo de corrente nominal usamos I_n . Alguns fabricantes de fusíveis estabeleceram código de cores, padronizadas, para cada valor de corrente nominal.

- *Tensão nominal* é uma característica relacionada com o corpo isolante e especificamente o valor da máxima tensão de isolamento do fusível.

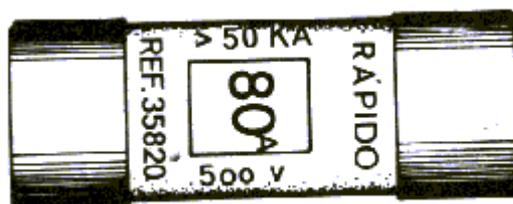


Figura 28 - Especificação de corrente e tensão nominal no fusível

A tensão nominal dos fusíveis também vem escrita, sempre no corpo isolante e o símbolo que representa a tensão nominal é U_n .

Os fusíveis podem ser instalados em circuitos de corrente contínua e corrente alternada. Para os circuitos de corrente alternada, os valores de tensão nominal normalmente variam entre 250 Vca e 500 Vca. Para circuitos de corrente contínua estes valores variam de 300 Vcc até 600 Vcc.

- *Capacidade de ruptura* é uma característica que mostra a segurança para a instalação, quando há um curto – circuito, ou podemos ainda dizer, que é a capacidade que um fusível possui, em se deixar queimar apenas em seu elo fusível, não permitindo que a corrente elétrica continue a circular. A capacidade de ruptura de um fusível é representada por um valor numérico acompanhado das letras KA, que significa quilo ampère. Alguns fabricantes de fusível colocam escrito no corpo isolante dos fusíveis a sua capacidade de ruptura.

Existem vários tipos de fusíveis no mercado, mas os mais empregados são:

- *Fusível cartucho*: têm seu elo de fusão envolto por um corpo isolante forma cilíndrica e os contatos em forma de virola. Este conjunto dá a ideia de um cartucho.

Existem também fusíveis cartuchos em forma de faca.

O fusível cartucho pode ser com corpo isolante de papelão, fibra cerâmica ou vidro.

Todos têm a mesma forma, a diferença está no material isolante do corpo e no elo de fusão.

Os fusíveis cartuchos com corpo de vidro são os usados em eletrônica tem as seguintes características:

- Corrente nominal de 0,2 até 10 A para fusíveis com elo de fio de cobre e de 15 – 20 – 30A para fusíveis com elo de lâmina de chumbo;
- Tensão nominal – 250 V;
- Baixa capacidade de ruptura;
- Fusão rápida, para os fusíveis com elos de chumbo em forma de lâmina;
- Fusão ultra-rápida, para os fusíveis com elo de fio de cobre.

Fusíveis diazed, silized, e neozed tem seu elo de fusão, envolto por um corpo isolante de cerâmica com formas cilíndrica e cônicas, preenchido com areia isolante de fina granulação e os contatos em forma de virola, sendo que uma das virolas tem uma espoleta indicadora de queima, com a cor representando a sua corrente nominal.

Nestes tipos de fusíveis há um fio (finíssimo), chamado de elo indicador de queima, ligado em paralelo com o elo que prende a espoleta.

Quando o elo se funde, este fio também se funde desprendo a espoleta para indicar a queima do elo.

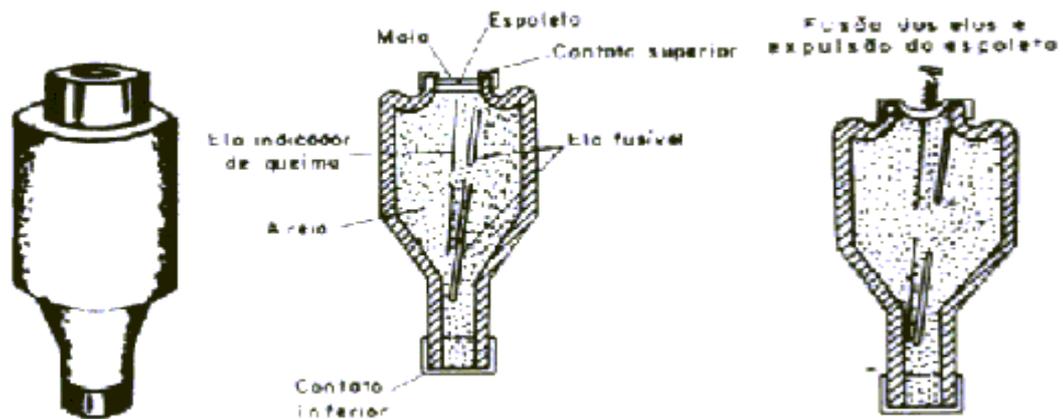


Figura 29 - Fusível Diazed

Características

- Os contatos são feitos em forma de virola de latão prateado.
- O elo fusível é feito de lâmina de cobre com zinco, com seção reduzida por janelas, para ação rápida e com um acréscimo de massa no centro, para os de ação retardada.
- Corrente nominal – 2 A – 4 A – 6 A – 10 A – 16 A – 20 A – 25 A – 35 A – 50 A – 63 A – 80 A – 100 A.
- Tensão nominal – 500 V
- Alta capacidade de ruptura.
- Fusão rápida ou retardada

Tabela 32 - Cores de fusíveis

Cor	Corrente nominal (In)	Cor	Corrente nominal (In)
Rosa	2A	Amarelo	25A
Marrom	4A	Preto	35A
Verde	6A	Branco	50A
Vermelho	10A	Laranja	63A
Cinza	16A	-	80A
Azul	20A	-	100A



Figura 30 - Indicação da cor no fusível Diazed

- *Fusível silized* – suas características são idênticas as dos fusíveis diazed, com diferença apenas na ação, que é rápida. Os fusíveis silized são marcados com uma faixa amarela no seu corpo isolante.

- *Fusível neozed* – suas características também são idênticas as diazed, porém são menores.

- *Fusível NH* – possui o seu elo de fusão envolto por um corpo isolante de cerâmica com forma retangular ou quadrada, preenchido com areia isolante de fina granulação e os contatos em forma de faca. Também o indicador de queima, com a cor que representa a sua corrente nominal, NH são as iniciais de duas palavras alemãs que significam – baixa tensão e alta capacidade de ruptura.

O sistema de prender a espoleta é idêntico ao dos fusíveis diazed, silized, e neozed.

Características

- Os contatos em forma de faca são feitos de cobre com banho de prata.
- O elo fusível é feito de lâmina cobre e zinco, com seção reduzida por janelas e com acréscimo de massa no centro.
- A corrente nominal de 6 A a 1000 A.
- Tensão nominal – 500 V.
- Alta capacidade de ruptura.
- Fusão retardada.

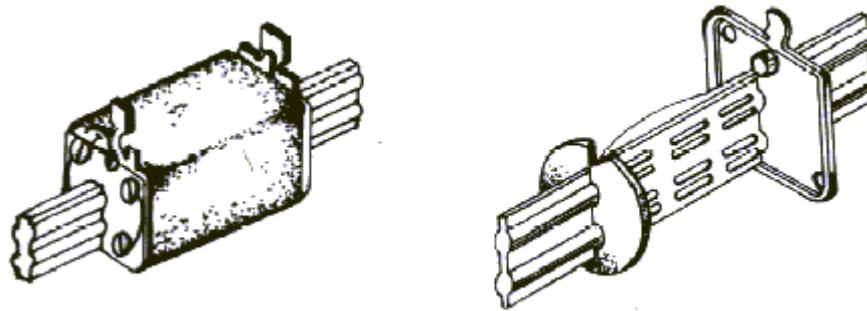


Figura 31 - Fusível NH

Base para fusíveis

Os fusíveis necessitam de uma base, para facilitar a sua instalação nos circuitos. Para cada tipo de fusível há uma base própria.

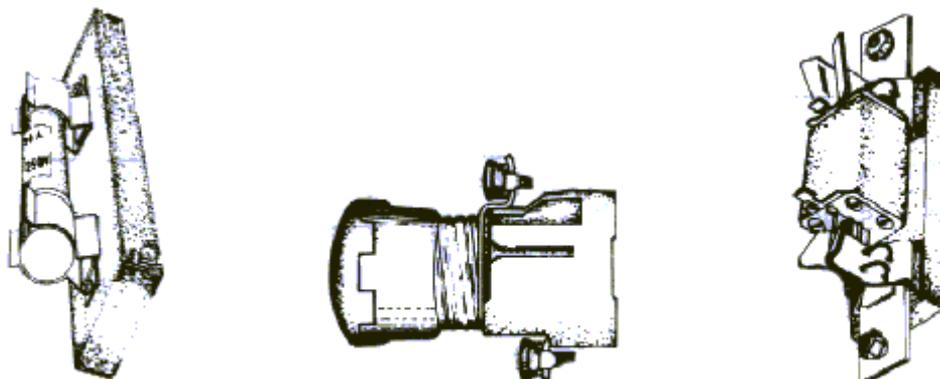


Figura 32 - Bases para fusíveis

Base para fusíveis cartuchos – base para esse tipo de fusível pode ser com garras ou com mandíbulas.

Os contatos do fusível na base com garras são feitos através da superfície lateral das virolas. E, na base da mandíbula são feitos através da superfície lateral das facas.

A base desses tipos de fusíveis é feito de ardósia (material isolante de boa resistência mecânica). Os bornes para a conexão são com parafuso de cabeça achatada, com fusíveis.

Bases para fusíveis cartuchos com corpo isolante de vidro – as bases de fusíveis com corpo de vidro podem ser de três tipos: base aberta multipolar, base fechada e base para painel.

Base para fusíveis diazed, silized, e neozed. Os fusíveis diazed, silised, e o neozed necessitam de acessórios, que constituem um sistema de segurança para a instalações. Estes acessórios são:

Base – é a peça que permite a montagem do fusível a de todos os cessórios. Existe, na base, um borne de entrada (mais baixo) e um borne de saída (mais alto).

O borne de entrada não é ligado à rosca da base. Caso haja inversão na ligação, a rosca ficará sob tensão, mesmo sem o fusível no lugar.

- *Parafuso de ajuste* – é colocado na base e enroscado no borne de entrada por meio de uma chave especial. A função do parafuso de ajuste é a de impedir a colocação de fusível com corrente nominal maior que a prevista.

- *Anel de proteção* – é encaixado na rosca de metal da base, para evitar contatos acidentais.

- *Tampa* – é o acessório que prende o fusível base, estabelecendo o contato do fusível, parafuso de ajuste e os bornes.

Tem um visor que possibilita ao electricista ver a espoleta do fusível. Quando o elo se queima, a espoleta cai no visor da tampa.

O conjunto – fusível, base, parafuso de ajuste, anel de proteção e tampa é denominado de segurança diazed.

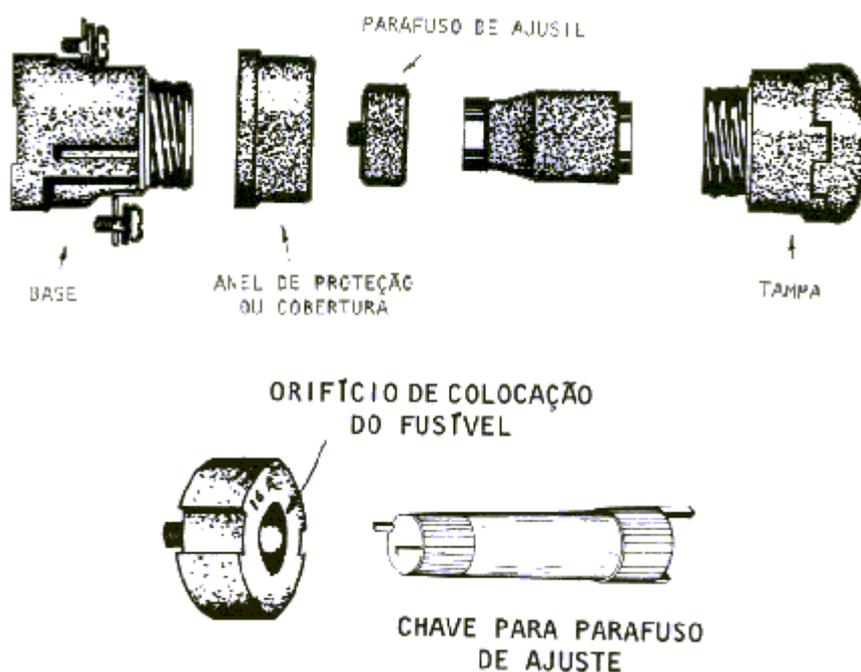


Figura 33 - Conjunto de segurança Diazed

Base para fusível NH – é feita de esteatite. Os contatos são feitos em forma de mandíbulas com molas. Os bornes são parafusos e porcas sextavadas, arruelas lisas e de pressão. Para colocar e retirar o fusível NH da base, utiliza-se um dispositivo, próprio chamado de chave saca fusível.

- *Resistência de contato* – existe uma grandeza elétrica relacionada com o contato entre os fusíveis e a base. Esta grandeza é denominada de resistência de contato (pressão exercida pelas garras contra as virolas). Por isso, os materiais dos contatos são especiais. Com a finalidade de diminuir, ao máximo, a resistência de contato, que provoca aquecimento e queima do próprio fusível, são colocados molas para aumentar a pressão destes contatos.

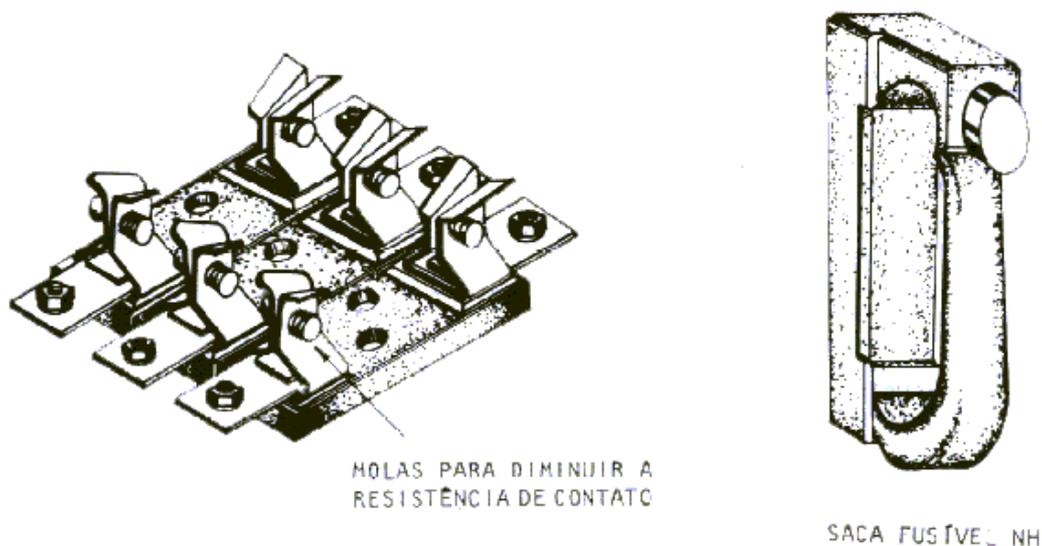


Figura 34 - Base para fusível NH

Funcionamento dos fusíveis

O funcionamento elétrico dos fusíveis é baseado no princípio de que um curto – circuito ou uma sobrecarga aumenta a temperatura dos condutores e conseqüentemente a do fusível também, até provocar a fusão do elo.

- Se o elo for seção constante, a fusão pode ocorrer em qualquer ponto do elo.
- Se o elo for de seção reduzida, a fusão sempre ocorre no ponto onde há redução, geralmente no centro, para evitar aquecimento nos contatos do fusível.

No instante em que ocorre a fusão do elo surge um arco elétrico, que no caso de fusíveis com areia, esta se funde também, formando uma pasta, que extingue o arco elétrico para evitar incêndios.

Quando o elo é de cobre com zinco, a pasta fundida (areia, cobre, zinco) torna-se altamente isolante, cortando definitivamente a passagem da corrente elétrica, garantido a proteção da instalação (como é o caso dos fusíveis de alta capacidade de ruptura).

O funcionamento mecânico é baseado no princípio das forças exercidas pelas molas, mandíbulas e garras contra os contatos dos fusíveis, com a finalidade de evitar mau contato e a resistência do contato.

7.2 Disjuntores

Os disjuntores são dispositivos destinados proteger os circuitos contra correntes perigosas e instalação ou anormais.

Mas quais as correntes anormais podem surgir em uma instalação elétrica?

São as sobrecargas e os curtos – circuitos, são situações que levam a corrente elétrica a valores perigosos altamente danosos para toda a instalação devendo, portanto ser completamente controláveis.

- *Sobrecarga* – as sobrecargas não são defeitos elétricos propriamente ditos e sim solicitações indevidas do sistema. Para esses casos é necessário um dispositivo de proteção contra sobrecargas desligando o circuito antes que o mesmo queime. O relê térmico é o dispositivo aconselhável nesses casos. Todos os disjuntores possuem relês térmicos embutidos em seu corpo.

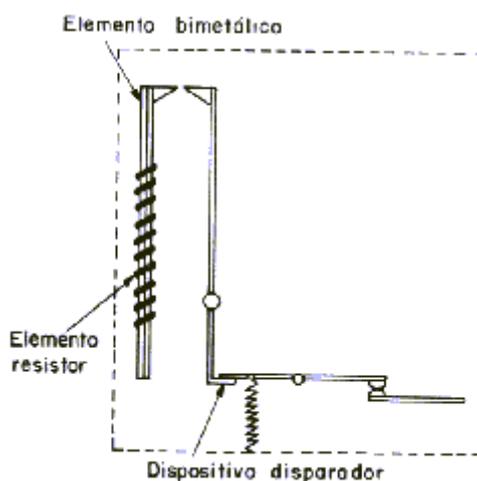


Figura 35 - Esquema de sobrecarga

- *Curto circuitos* – os curto circuitos, ao contrário das sobrecargas, são defeitos na instalação originados por falhas de isolamento, fazendo com que a corrente suba muitas vezes além da nominal. Seus efeitos danosos são bem mais rápidos que os da sobrecarga exigido um desligamento quase instantâneo. O relê eletromagnético e o fusível são os dispositivos aconselháveis a essa proteção.

- *Disjuntor quick – lag* – é um dispositivo de proteção e de manobra das instalações elétricas, próprio para uso em quadros de distribuição. É composto de caixa moldada em baquelita, e um mecanismo de disparo por ação do relê bimetálico e do relê eletromagnético, podendo ser desarmado ou armado por meio de uma alavanca (liga 0 desliga). Na alavanca encontram-se inscritas a capacidade do disjuntor em ampères. As capacidades usuais são de 6 A a 60 A / 110 – 220 V. Os disjuntores são especialmente fabricados para uso embutido, embora possam ser usados nas instalações externas com suporte próprio. Servem para manobra e proteção dos circuitos contra sobrecargas e curto – circuitos.

- *Relê térmico de sobrecarga* – utilizado no disjuntor, sendo constituído por uma lâmina bimetálica, um elemento resistor e um dispositivo de disparador.

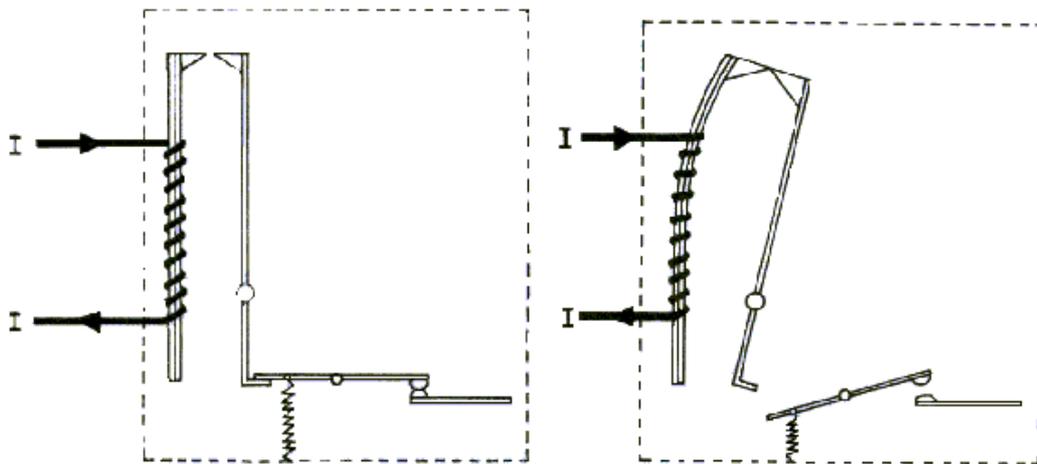


Figura 36 - Esquema relé térmico de sobrecarga

Quando uma corrente elétrica de intensidade superior a prevista, circula através do elemento resistor, há um aquecimento da lâmina bimetálica.

Esta lâmina bimetálica por sua vez, se curva e aciona o dispositivo disparador ocasionando o destravamento da retenção mecânica dos contatos do disjuntor, abrindo assim, o circuito.

Este fenômeno só acontece quando o valor da corrente que circula pelo elemento resistor, ultrapassar o valor da regulagem estabelecida (sobrecarga).

A função do relé térmico de sobrecarga é de interromper o circuito de alimentação da carga quando este solicitar da rede, uma corrente maior do que deve consumir em condições normais de trabalho.

7.3 Relé De Sobrecorrente

Utilizado no disjuntor industrial e residencial, sendo constituído de um eletroímã enrolado com poucas espiras de condutor de cobre de seção avantajada e de um dispositivo disparador.

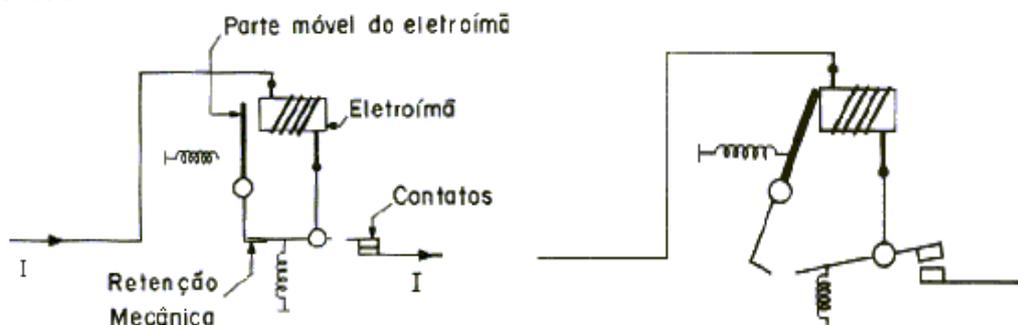


Figura 37 - Esquema relé de sobrecorrente

A retenção mecânica dos contatos principais do disjuntor está ligada mecanicamente ao dispositivo disparador e estes, a parte móvel do núcleo do ímã.

A função do relé de sobrecorrente é de interromper o circuito de alimentação da carga, quando houver um aumento de corrente, ocasionado por um curto – circuito.

Quando houver um curto circuito, uma corrente elétrica de grande intensidade circula através da bobina, aumentando o campo magnético que atrairá, instantaneamente, a parte móvel do núcleo e assim, aciona o dispositivo disparador ocasionando o seu destravamento da retenção mecânica dos contatos do disjuntor, abrindo-se o circuito.

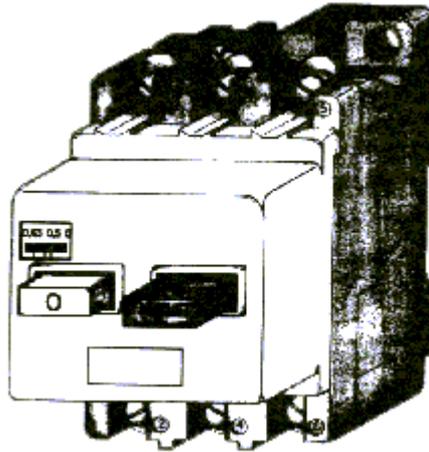


Figura 38 - Disjuntor

Nos disjuntores o relê de sobrecarga e o relê de sobrecorrente possuem função conjunta de proteção à carga; ambos acionam o mesmo dispositivo disparador de destravamento mecânico dos contatos.

O disjuntor industrial possui ainda, um dispositivo único para regular a corrente de disparo dos relês de sobrecarga e sobrecorrente.

A regulagem deve ser feita em função da corrente nominal da carga podendo ficar ajustada para em torno de 10 a 20%, dependendo das condições de trabalho do equipamento.

- *Relê de subtensão* – utilizado no disjuntor industrial, sendo composto, basicamente por um eletroímã com grande número de espiras de condutor de cobre de pequena seção e de um dispositivo disparador acoplado ao núcleo do eletroímã.

A função do relê de subtensão é desligar o circuito de alimentação da carga quando a tensão da rede diminuir (queda de tensão) a limites que prejudiquem o funcionamento nominal do equipamento.

Também tem como finalidade evitar a ligação do dispositivo enquanto a tensão da rede permanecer muito baixo do valor nominal.

Nas situações o relê de subtensão possui uma faixa de operação, de mais ou menos 20% abaixo da tensão nominal da rede.

A interrupção do circuito em condições anormais ocorre porque o eletroímã perde, parcial ou totalmente a sua força magnética, quando houver uma queda de tensão ou a tensão for interrompida. Nesta situação o núcleo do eletroímã se desloca acionando o dispositivo disparador e este, por sua vez, aciona o dispositivo de travamento da retenção mecânica dos contatos do disjuntor, provocando conseqüentemente, a interrupção do circuito ou impedindo o seu restabelecimento.

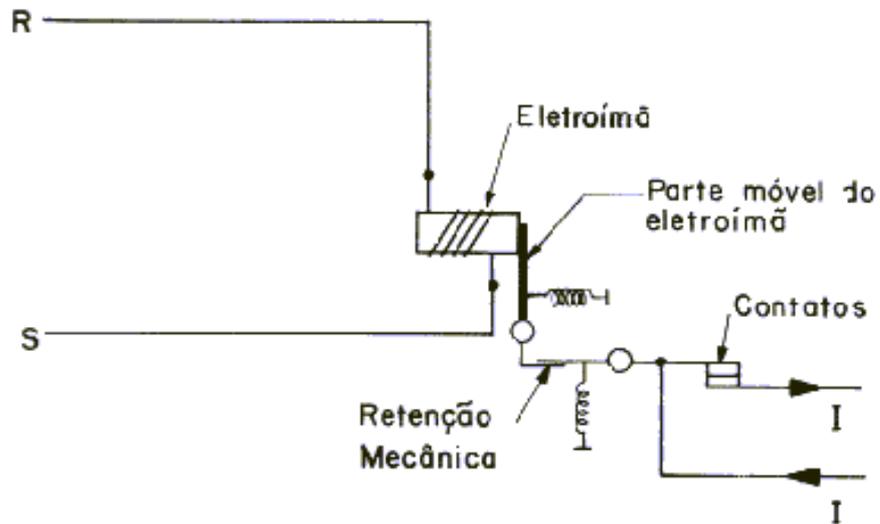


Figura 39 - Esquema de interrupção de um circuito

8 CIRCUITOS ELÉTRICOS PREDIAIS

Uma instalação de baixa tensão tem por ponto inicial a chamada origem da instalação, que pode corresponder a:

Terminais de saída do dispositivo geral de comando (geralmente base com fusíveis ou disjuntor), situado na caixa de entrada após o medidor.

Quando a instalação é alimentada por uma rede pública de baixa tensão (no caso de o medidor situar-se após o dispositivo geral de comando de proteção, a origem corresponderá aos terminais do medidor).

Terminais de saída do transformador

Quando a instalação é alimentada por um transformador exclusivo ou por uma subestação possuir vários transformadores não ligados em paralelo, (a cada transformador corresponderá uma origem e uma instalação).

A partir da origem desenvolvem-se os circuitos da instalação, que podem ser de dois tipos, o circuito de distribuição e os circuitos terminais:

- *Circuitos de distribuição*: circuito que alimenta um ou mais quadros de distribuição;
- *Circuito terminal*: circuito que alimenta diretamente os equipamentos de utilização e/ou as tomadas de corrente.

Quadro de distribuição: conjunto que compreende um ou mais dispositivos de proteção e manobra, destinados à distribuição de energia elétrica aos circuitos terminais e/ou a outros quadros de distribuição.

Quadro (de distribuição) terminal: quadro de distribuição que alimenta exclusivamente circuitos terminais.

Os circuitos terminais por via de regra podem ser:

- De iluminação, que alimenta apenas aparelhos de iluminação;
- De tomadas, que alimenta apenas tomada de uso geral e/ou tomadas de uso específico;
- De iluminação e tomadas que alimentam aparelhos de iluminação e tomadas de uso geral (só permitido em unidades residenciais e em acomodações de hotéis e similares, desde que não contenham tomadas de cozinha, copa cozinha e área de serviço);
- De motores, que alimentam equipamentos de utilização a motor (geralmente são circuitos individuais, isto é, alimentam um único equipamento);
- Especiais, que alimentam aparelhos de utilização (geralmente) industriais como fornos, caldeira, máquinas de solda etc.

8.1 Diagrama Multifilar

Esquema elétrico das ligações da instalação.

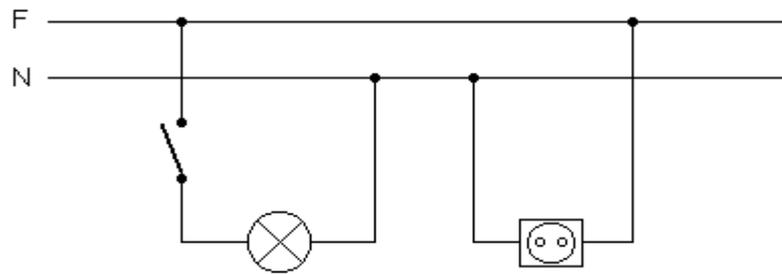


Figura 40 - Diagrama multifilar

8.2 Diagrama Unifilar

Representação dos componentes da instalação sobre planta baixa da edificação.

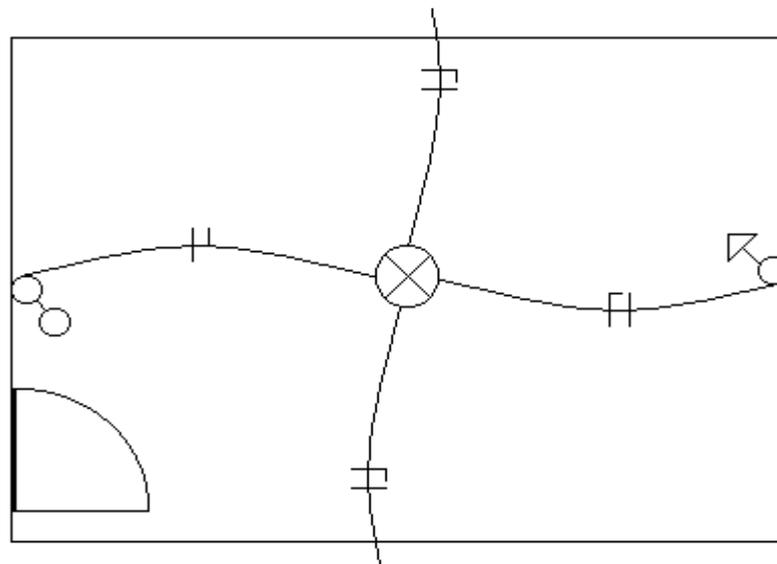


Figura 41 - Diagrama unifilar

8.3 Quadro De Distribuição E Proteção

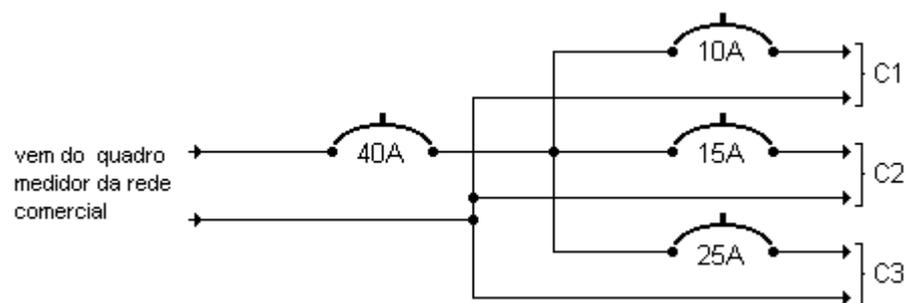


Figura 42 - Quadro de proteção e distribuição

Tabela 33 - Quadro de cargas

circuito	tomadas 100w	tomadas 600w	lâmpadas 100w	lâmpadas 40w	chuveiro 4400w	total	disjuntor
1	8		4	8		1520w	10A
2		4				2400w	15A
3					1	4400w	25A
geral						8320w	40A

8.4 Fator de Demanda

Como é fácil de se compreender, em qualquer instalação elétrica raramente se utilizam todos os pontos de luz ou tomadas ao mesmo tempo. Em pequenas residências é mais provável que isso aconteça, do que nas grandes moradias.

Fator de demanda é o fator que se deve ser multiplicada a potência instalada para se obter a potência que será realmente utilizada.

$$FD = \frac{\text{potência utilizada}}{\text{potência instalada}} \times 100$$

9 TOMADAS DE CORRENTE

De acordo com NBR – 5410, nas resistências e acomodações de hotéis, motéis e similares, devem ser previstas tomadas de corrente com as seguintes exigências mínimas:

- Uma tomada de 100 VA para cada cômodo ou dependência de área igual ou inferior a 6 m;
- Uma tomada para cada 5 m (ou fração) de perímetro de cômodos ou dependência de áreas superior a 6 m espaçada tão uniformemente quanto possível, exceto em banheiros, onde apenas uma tomada perto da pia deve ser obrigatoriamente prevista;
- Uma tomada para cada 3,5 m (ou fração) de perímetro, em cozinhas copas ou copas cozinhas, sendo que, acima de cada bancada com largura igual ou superior a 30 cm, deve ser prevista pelo menos uma tomada.

As tomadas de utilização específicas deve ser instalada a 1,5 m do local previsto para o aparelho.

Deve ser atribuída, no mínimo a seguinte carga de correntes:

- Para utilizações específicas; a carga normal de utilização;
- Para copas, cozinhas, copas – cozinhas e áreas de serviço: 600 VA por tomada, até 3 tomadas e, 100 VA para as excedentes;
- Para a utilização de uso geral: 100 VA.

10 ILUMINAÇÃO ELÉTRICA

10.1 Lâmpada Incandescente

É resultante do aquecimento de um fio, pela passagem da corrente elétrica, até a incandescência.

As lâmpadas incandescentes comuns são compostas de um bulbo de vidro incolor ou leitoso, de uma base de cobre ou outras ligas e um conjunto de peças que contêm o filamento, que é a peça mais importante.

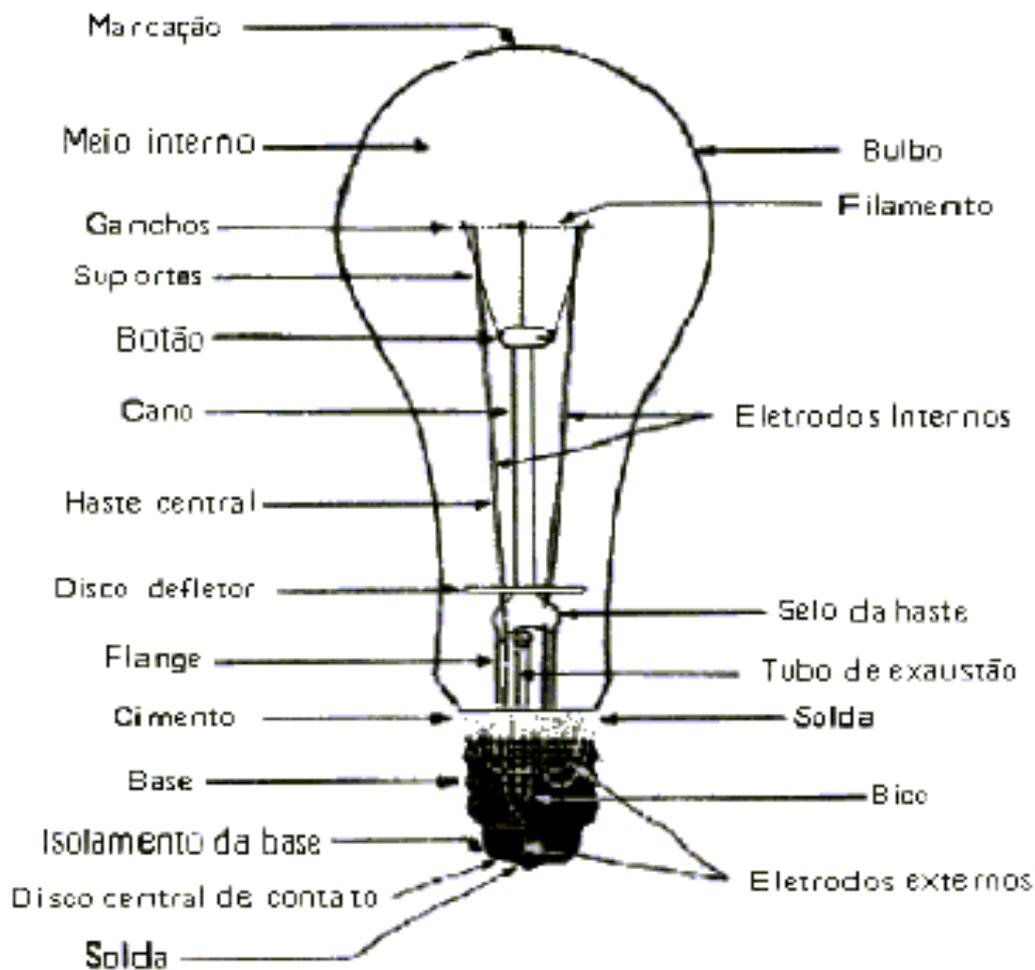
Os filamentos das primeiras lâmpadas eram de carvão, mas atualmente são de tungstênio. Que tem um ponto de fusão de aproximadamente 3400°C. Esta temperatura não é atingida nem pela lâmpada de 150 watts (2700°C).

Os principais componentes da lâmpada incandescente são:

- *Marcação* – onde indica o fabricante tensão, potência, lumens e ampéres (no caso de iluminação pública);
- *Suportes* – geralmente fios de molibdênio que tem por finalidade manter o filamento na devida posição;
- *Haste central* – é a peça interna de vidro, associada as partes metálicas, cuja a finalidade, é suportar o filamento;
- *Disco defletor* – funciona como defletor de calor, geralmente nas lâmpadas acima de 300 watts;
- *Cimento* – massa colocada na borda da base, cuja finalidade é fixa-la ao bulbo depois de aquecida;
- *Solda* – liga especial de chumbo e estanho que recobre as extremidades dos eletrodos externos.

No interior do bulbo de vidro das lâmpadas incandescentes usuais é feito o vácuo, isto é retirado todo o oxigênio, a fim de que o filamento não queime, já que o oxigênio no interior alimenta a combustão.

Também se usa substituir o oxigênio no interior da lâmpada por um gás inerte (nitrogênio argônio).



A lâmpada incandescente GE

Figura 43 - Lâmpada incandescente

10.2 Lâmpada Fluorescente

Lâmpada fluorescente é aquela que utiliza a descarga elétrica através de um gás para produzir energia luminosa. Consiste de um bulbo cilíndrico de vidro, tendo em suas extremidades eletrodos metálicos de tungstênio (catodos), por onde circula a corrente elétrica. Em seu interior existe vapor de mercúrio ou argônio a baixa pressão e as paredes internas do bulbo são pintadas com materiais fluorescentes, conhecidos como cristais de fósforo. (phosphor). Para o funcionamento da lâmpada, são indispensáveis dois equipamentos auxiliares: o starter e o reator.

O starter é dispositivo usado na partida, empregando o princípio do bimetálico, isto é, dois metais em forma de lâmina com coeficiente de dilatação diferente. A lâmina bimetálica constitui o contato móvel, havendo outro contato que é fixo. Como parte integrante do starter temos um condensador ligado em paralelo com o interruptor e sua função é evitar a interferência em aparelhos de rádio ou televisão. O reator é uma bobina com núcleo de ferro ligada em série e tem dupla função: produzir sobre tensão e limitar corrente.

O funcionamento

Os filamentos são aquecidos e inicia-se a descarga “glow” entre os contatos do starter. Esta descarga aquece os elementos bimetálicos e assim se fecham os contatos; pouco depois de fechados os contatos cessam a descarga, o que provoca um rápido esfriamento. Assim, elemento bimetálico faz abrir novamente os contatos e esta abertura faz gerar uma subretensão faz romper o arco e o circuito fecha-se através do interior da lâmpada e não mais pelo starter. Os elétrons deslocado-se de um filamento a outro, esbarram em seu trajeto com os átomos de mercúrio. Estes choques provocam liberação de energia luminosa não visíveis (frequências muito elevadas), tipo radiação ultravioleta. Esta radiação transmite-se em todas as direções e em contato com a pintura do fluorescente do tubo, produz radiação luminosa visível. Este tipo de iluminação é um que dá maior rendimento, pois uma lâmpada branca de 40 watts, por exemplo, emite 2900 lumens o que dá o seguinte rendimento 73 lumens por watts enquanto a incandescente de 200 watts é de 14,9 lumens por watts. Como a resistência oposta ao deslocamento de elétrons é muito pequena, a tendência da corrente (em ampéres) é de se elevar muito, porém o reator age como um limitador da amperagem pois nada mais é que uma impedância. Assim, o reator representa uma pequena perda de energia em watts. Como exemplo, cita-se perda de um reator para lâmpada fluorescente de 40 W.

- Reator de alto fator de potência 11W.
- Reator de baixo fator de potência 8.5W.

Nos cálculos de muitas lâmpadas fluorescentes deve-se levar em conta esta perda.

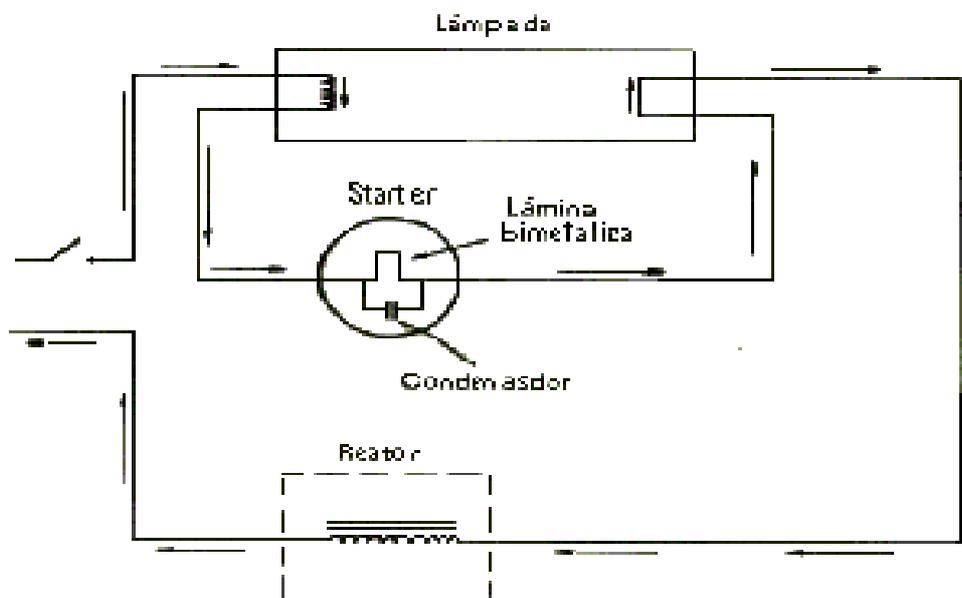


Figura 44 - Esquema de lâmpada fluorescente

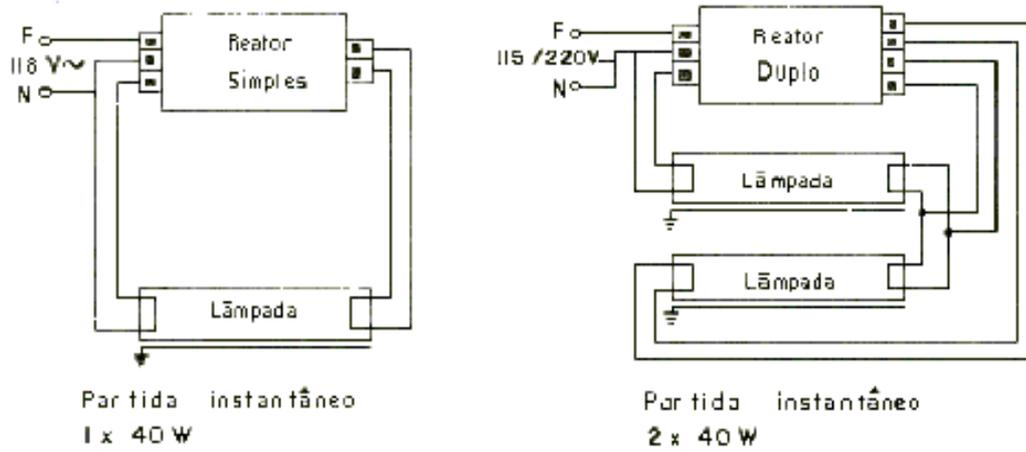


Figura 45 - Esquema de partida instantânea com reator simples e duplo

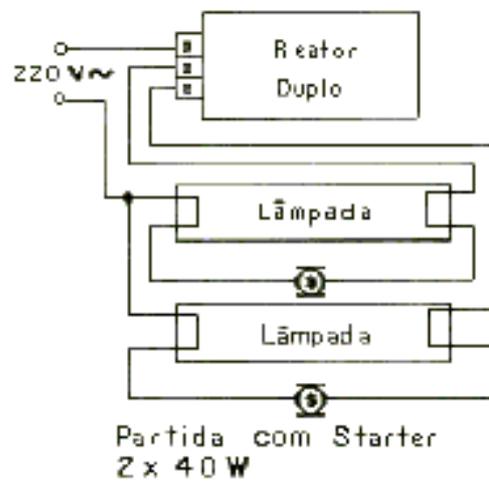


Figura 46 - Esquema de partida com Starter

11 DISPOSITIVO DE CONTROLE DE CIRCUITOS ELÉTRICOS

11.1 Interruptores

Corpo de baquelita, possuindo uma alavanca ou uma tecla que fecha ou abre o circuito elétrico e bornes de ligações dos fios. Serve para fechar ou abrir um circuito elétrico. Os interruptores unipolares, paralelos ou intermediários, devem interromper unicamente o condutor – fase e nunca o condutor neutro. Isto possibilitará reparar e substituir lâmpadas sem risco de choque; bastará desligar o interruptor. Em circuitos de dois condutores – fase, derivados de sistema trifásico, deve-se usar interruptor bipolar. Os interruptores devem Ter capacidade suficiente, em ampéres, para suportar por tempo indeterminado as correntes que transportam. Os interruptores suportam correntes de até 15 A. Quando há carga indutiva, como por exemplo, em lâmpadas fluorescentes, e não de dispendo de interruptor especial, pode-se usar o interruptor comum, porém com capacidade, no mínimo igual ao dobro da corrente a interromper.

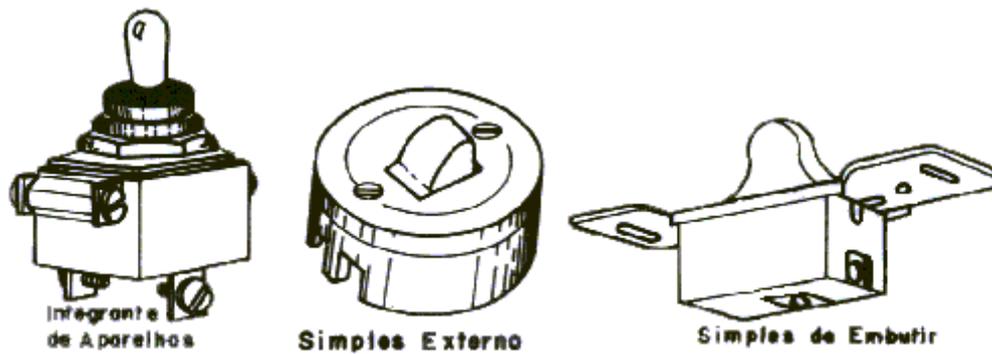


Figura 47 - Modelos de interruptores

Interruptor de impulso

Permanece fechado somente quando pressionado, quando é solto abre o circuito. É utilizado para dispara minuterias, campainhas, cigarras e outros sinalizadores sonoros.



Figura 48 - Interruptor de impulso

Interruptor simples

Serve para comandar uma ou mais lâmpadas ligadas em paralelo, de um único ponto.

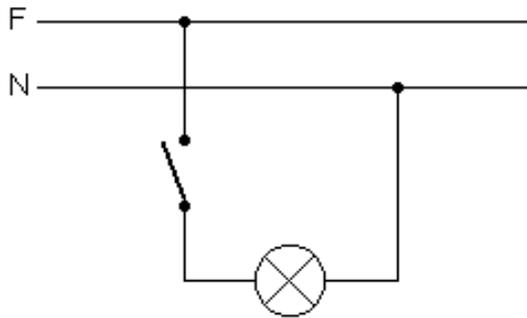


Figura 49 - Esquema de interruptor simples

Interruptor de duas seções

São dois interruptores em um só, serve, para comandar duas lâmpadas ou dois grupos de lâmpadas em um único ponto.

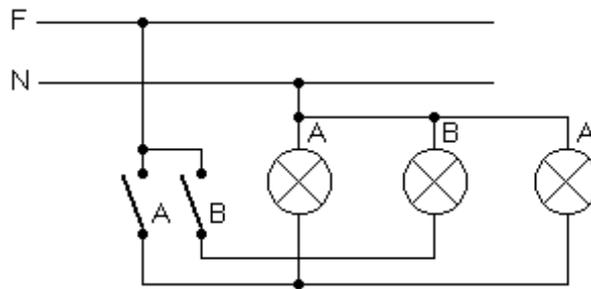


Figura 50 - Esquema de interruptor de duas seções

Interruptor paralelo

É usado em escadas ou dependências, cujas luzes, pela extensão ou por comodidade, se deseja apagar ou acender de pontos diferentes.

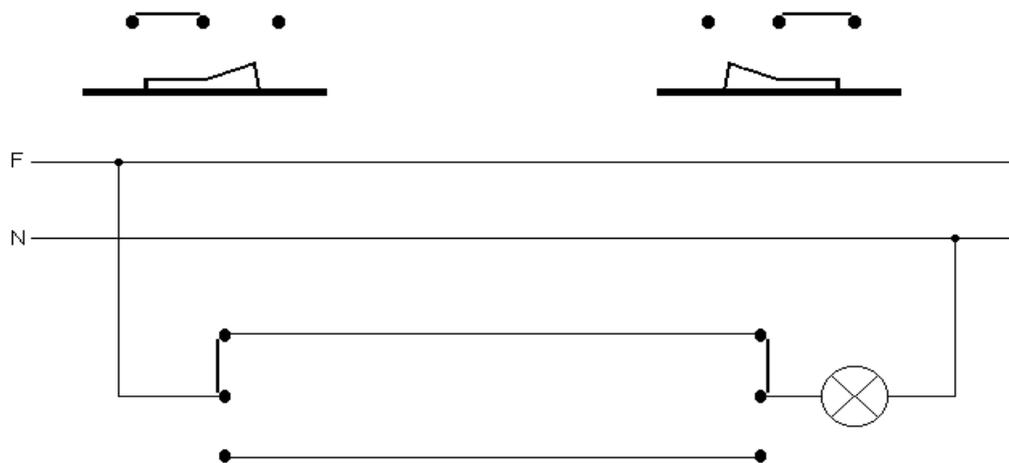


Figura 51 - Esquema interruptor paralelo

Interruptor intermediário

Serve para controlar uma lâmpada ou um grupo de lâmpadas de três ou mais pontos distintos, como por exemplo, a escadaria de um prédio onde deseja apagar ou acender as lâmpadas de qualquer um dos andares.

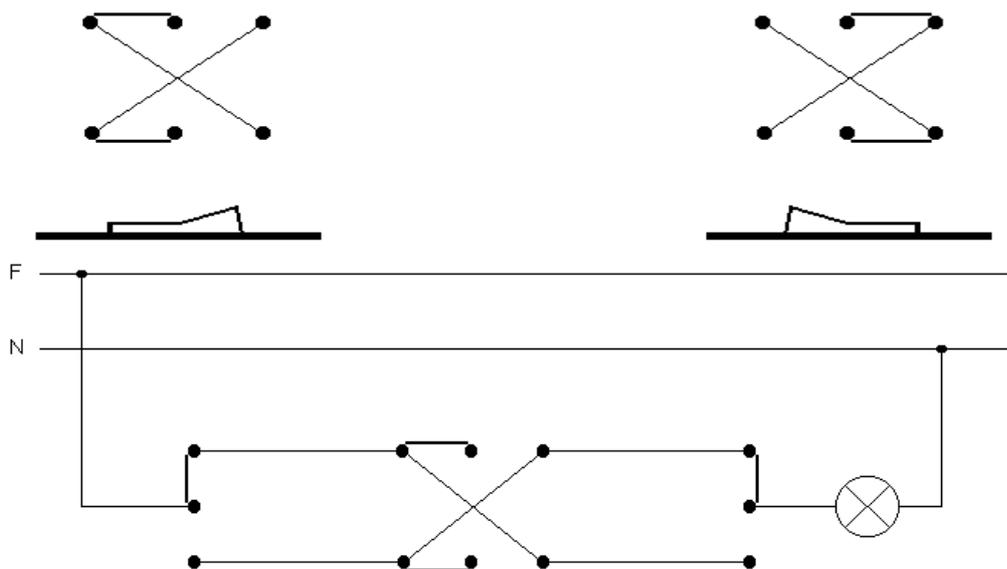


Figura 52 - Esquema interruptor intermediário

11.2 Controles De Iluminação

Foto-célula ou relê foto-elétrico

É um dispositivo utilizado pra ligar ou desligar uma iluminação dependendo das condições da luz natural (dia ou noite). O dispositivo possui como componente básico um LDR (resistor sensível a luz) que atua sobre um relê, interrompendo o circuito e desligando as lâmpadas quando é dia e religando quando escurece. É normalmente usado em iluminação pública ou em iluminação externa.

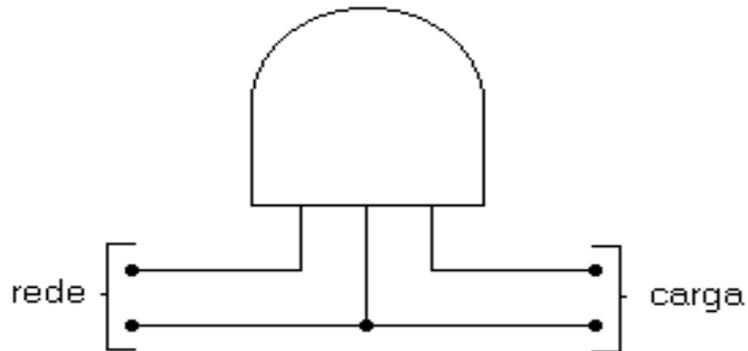


Figura 53 - Foto célula

Dimmer

É um controlador eletrônico de luminosidade, normalmente usado em quartos de bebê para atenuar a claridade sem deixar o ambiente totalmente escuro. Sua ligação é igual a de um interruptor simples, ou seja, interrompendo o fio fase do circuito da lâmpada.

Interruptor automático de tempo, (timeswith)

Dispositivo automático de tempo.

Possuindo caixa metálica e tampa: disco e garfos estrela de sete pontas e setas de referências para regulagem de horas e dias; bornes de conexão; micro-interruptor; furos de fixação estampas removíveis; mola-trava, para remoções do mecanismo da caixa; motor síncrono e caixa redutora de velocidade.

Serve para ligar e desligar, a horas pré-determinadas, o circuito de lâmpadas e qualquer outro equipamento elétrico.

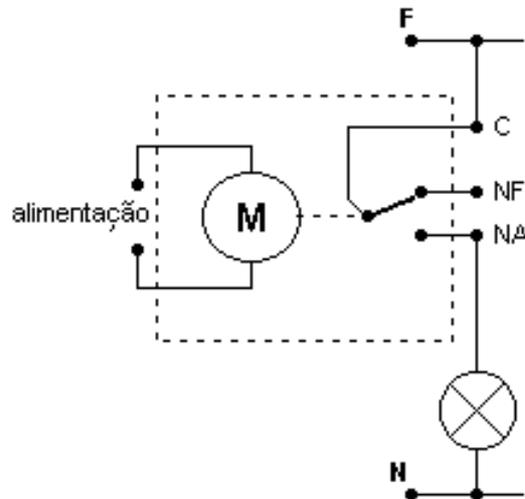


Figura 54 - Timeswith

Sensor de presença

Dispositivo utilizado para ligar uma ou mais lâmpadas em paralelo automaticamente quando o sensor detecta presença e desligando automaticamente após um tempo programado. Possui ajuste de sensibilidade que tem como finalidade ajustar de atuação e tamanho do corpo que deve atuar o mesmo. Ajuste de tempo de permanência ligado após ser atuado. O sensor de presença também pode atuar dispositivos de sinalização com campainhas e cigarras.

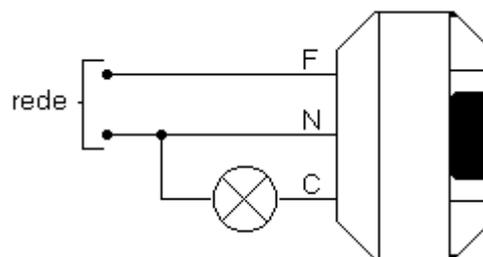


Figura 55 - Sensor de presença

Minuteria

Em edifícios é usual o emprego de um interruptor que apaga automaticamente o circuito de serviço, visando maior economia para o condomínio.

Após as 22 horas, quando o movimento do prédio decresce, não se justifica ficarem toda a noite muitas lâmpadas acesas; basta que se acendam no momento em que chegue uma pessoa, apagando automaticamente pouco depois. Como permanecem ligados aproximadamente um minuto são conhecidos por “minuteria”. Seu funcionamento baseia-se em contatos de mercúrio, mecanismo de relógio e em circuitos eletrônicos.

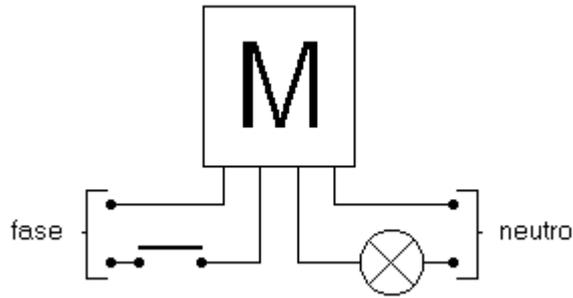


Figura 56 - Minuteria

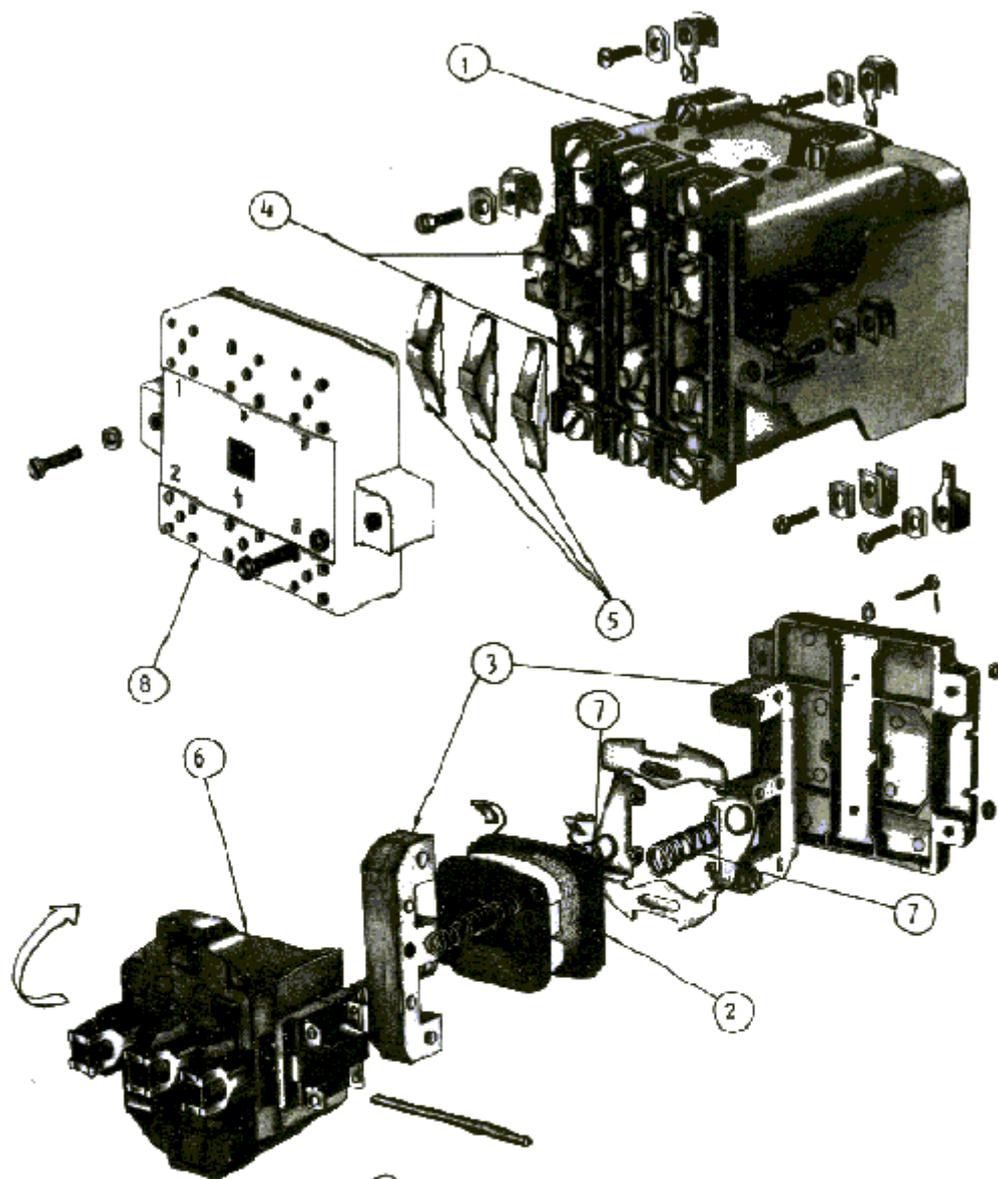
11.3 Contatores

É dispositivo de manobra mecânica, acionada magneticamente, que permite comandar grandes intensidades de corrente, através de um circuito auxiliar de baixa intensidade de corrente.

Os contatores são muito utilizados no comando de motores trifásicos das máquinas industriais, por apresentarem uma série de vantagens as chaves de acionamento manual. Dentre as muitas vantagens podemos destacar as seguintes:

- Possibilita o comando a distância;
- Possibilitam comandar um motor elétrico de vários locais diferentes;
- Possibilitam montar os mais variados tipos de comandos elétricos solicitados pelos equipamentos em geral;
- Possibilitam a montagem de comandos semi-automáticos e automáticos;
- Possibilitam o acoplamento em série de dispositivos de segurança;
- No caso de falta da energia elétrica o motor desliga-se e não volta a ligar-se sem a intervenção do operador;
- Possuem câmara de extinção de arco elétrico;
- Exigem apenas pequenos espaços de montagens;
- Resistem a elevados números de manobras.

Os contatores são formados por um grande número de peças, conforme visto no desenho.



- ① - Carcaça ou corpo isolante.
- ② - Bobina
- ③ - Núcleo magnético.
- ④ - Contatos fixos com bornes.
- ⑤ - Contatos móveis.
- ⑥ - Suporte dos contatos móveis.
- ⑦ - Molas interruptoras.
- ⑧ - Câmara de extinção.

Figura 57 - Contator

- *Carcaça* – serve para alojar todos os componentes elétricos e mecânicos do contator.

- *Bobina* – serve para gerar um campo magnético. Enquanto estiver energizada estará gerando magnetismo. Quando a sua alimentação for interrompida, desaparecem os efeitos magnéticos.

- *Núcleo magnético* – é formado pelo núcleo fixo e o núcleo móvel. No núcleo fixo está montada a bobina e o anel de curto circuito. Este serve para evitar as vibrações (zumbido magnético) causada pelo campo magnético gerado pela corrente alternada. Quando o contator estiver em repouso, o núcleo móvel está afastado do núcleo fixo pela ação de uma mola. No momento em que a bobina for energizada, seu campo magnético atrai o núcleo móvel para junto do núcleo fixo.

- *Jogo de contatos* – é constituído pelos contatos fixos e pelos contatos móveis. Os contatos fixos estão montados na própria carcaça do contator. Os contatos móveis estão montados no núcleo móvel. Quando o núcleo móvel for atraído, leva consigo os contatos móveis. Com este movimento fecham-se os contatos abertos abrem-se os contatos normalmente fechados. Os contatos devem ser trocados quando se apresentarem queimados desgastados ou com superfície irregular.

Existe uma enorme variedade de modelos de contadores fornecidos por diversos fabricantes, podendo, na realidade, serem agrupados em dois grupos dependendo de sua finalidade dentro do circuito.

Contadores de potência

Estes contadores são dimensionados para suportar a intensidade de corrente requerida pela carga com elevada frequência de operação.

Além dos contatos do circuito de força (que serve para comandar a carga) os contadores de potência ainda possuem contatos para o circuito de comando.

Os contatos do circuito de força são chamados contatos principais e os contatos do circuito de comando são chamados contatos auxiliares. Quando estiver em repouso os contatos poderão ser abertos ou fechados.

Os contatos abertos são chamados de fechadores ou de “NA” que é a abreviação de normalmente aberto.

Os contatos fechados são chamados de abridores ou “NF” que é abreviatura de normalmente fechado .

Os contatos principais são fechadores, pois estão normalmente abertos (NA).

Os contatos auxiliares poderão ser fechadores ou abridores. Dependendo do contator de potência (fabricante e modelo) os mesmos poderão ser de um a seis contatos auxiliares dependendo do modo ou permitirem o acoplamento de blocos de contatos auxiliares.

Contatores auxiliares

São utilizados no circuito de comando das chaves magnéticas, sempre que for necessário o emprego de um número de contatos auxiliares, superior aos existentes no contator de potência.

Os contatores auxiliares são bastante parecidos com os contatores de potência, porém diferenciam-se principalmente porque:

- Todos os contatos são para a mesma intensidade de corrente (somente contatos auxiliares);
- O seu tamanho varia em função do número de contatos (4, 8, 10 contatos);
- Não necessitam de reles de proteção;
- Não são providos de câmara de extinção de arco elétrico.
- A corrente de carga do circuito de força, não passa através dos mesmos.

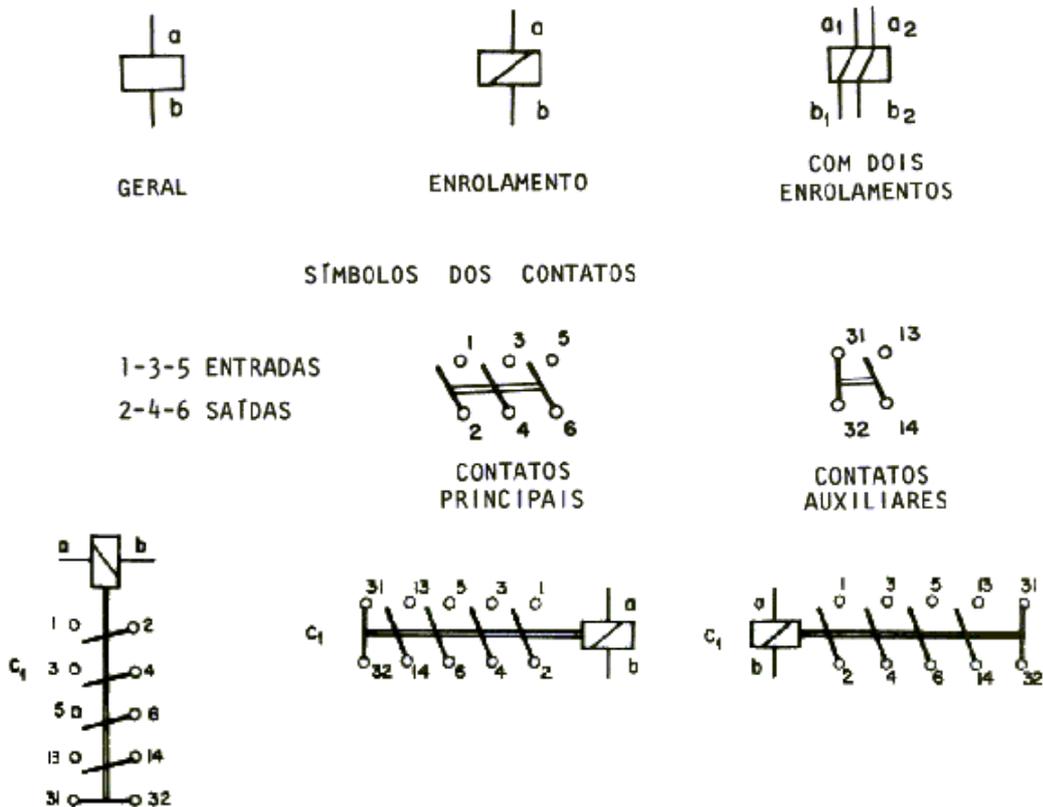


Figura 58 - Simbologia do contator

Exemplo de acionamento por contator:

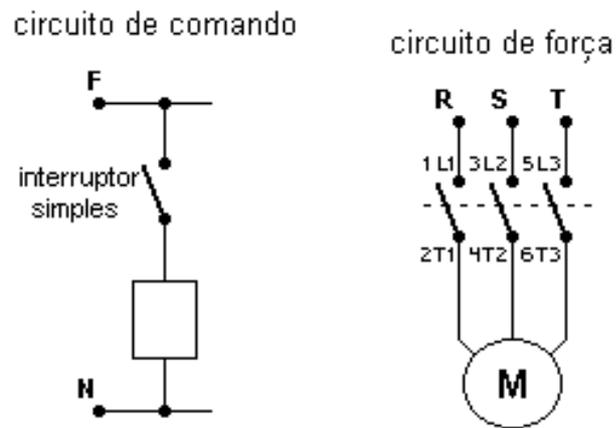


Figura 59 - Acionamento por contator (circuito de comando e de força)

12 MOTORES ELÉTRICOS

Os motores são máquinas que transformam energia elétrica em energia mecânica.

A energia elétrica é convertida em energia mecânica através do campo magnético girante formado no estator que atua sobre o rotor.

Existem vários tipos de motor, que podem ser classificados em função de sua construção, princípio elétrico, ligação elétrica, características elétricas, torque e outras propriedades.

Os motores mais comuns são:

Motor assíncrono de indução trifásica

São mais robustos, mais baratos, fácil manutenção e fornecidos em potências elevadas. Sua rotação é fixa em função da frequência da rede ou variada através de chaveamento eletrônico (inversor de frequência). São chamados de assíncronos, pois sua rotação não acompanha perfeitamente o campo girante formado pela rede, eles têm um escorregamento do rotor. Esse escorregamento é variável dependendo da sua construção e da carga no seu eixo e oscila entre 3% a 7%. Os motores assíncronos podem ser de rotor em curto (gaiola de esquilo) ou bobinado com aceleração rotórica.

Motor indução assíncrono monofásico (MMFA)

É um motor assíncrono que possui dois enrolamentos principal e auxiliar, o enrolamento principal funciona em regime normal e o auxiliar atua somente na partida, sendo dotado de um dispositivo automático centrífugo que desliga o enrolamento auxiliar quando a velocidade atingir aproximadamente 75%. O enrolamento auxiliar tem a função de orientar o sentido de giro inicial, já que a rede monofásica tem uma defasagem de 180° elétricos entre o fase e o neutro sendo necessário um impulso para que o rotor saia do equilíbrio e comece a girar até que tenha velocidade suficiente para acompanhar o campo girante formado com frequência da rede. Esses motores são dotados de um capacitor em série com o enrolamento auxiliar para melhorar o torque de partida, fazendo um arranque mais vigoroso. São largamente utilizados em pequenas máquinas industriais e domésticas como roçadeiras de grama, betoneiras, motobombas, ferramentas de bancadas.

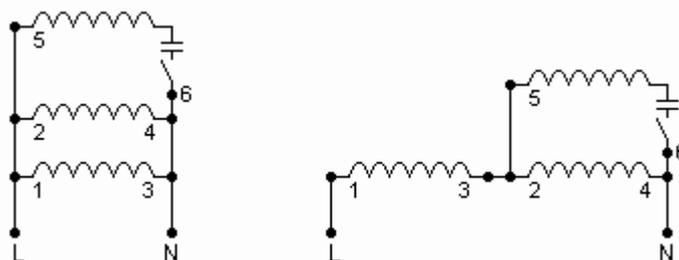


Figura 60 - Motor monofásico fase auxiliar (110/220V)

Motor trifásico síncrono

São utilizados em aplicações mais específicas onde existe a necessidade de uma velocidade constante, pois esses motores acompanham o campo girante sem escorregamento de rotor. Suas desvantagens são baixa capacidade de arranque custo elevado e manutenção cara.

Motor monofásico de repulsão

Esses motores são empregados largamente refrigeradores industriais, compressores, bombas d'água e em aplicações que necessitam alta capacidade de arranque e não seja possível a aplicação de motor trifásico. Possui rotor que é alimentado através de comutador (coletor) e escovas. Geralmente as escovas são levantadas automaticamente quando o rotor atinge 75% e a partir daí ele passa a funcionar como um motor de indução.

Motores de anel em curto

Os motores de anel em curto ou de campo distorcido são pequenos motores utilizados em ventiladores, toca discos, secadores de cabelo. O estator e bobinado possui em sua sapata polar uma ranhura onde fica alojada um anel de cobre ou espira em curto-circuito. Devido esse motivo é denominado de anel em curto. Seu rotor não tem ligação com o estator e possui barras de cobre curto circuitadas que é chamado de gaiola de esquilo ou rotor em curto. O motor de anel em curto não permite reversão.

Motores universais

Os motores universais são motores que permitem ligação tanto em corrente contínua quanto alternada tendo para isto um comutador (coletor) para a ligação elétrica através de escovas ao seu rotor que é bobinado. Seu estator e bobinado sendo composto geralmente de duas bobinas de campo. Esses motores possuem alta capacidade de arranque e rotação elevada. São usados em praticamente todos os eletrodomésticos portáteis e em pequenas máquinas ferramentas como furadeiras, serras elétricas, lixadeiras. Existem ainda alguns motores especiais de corrente contínua que podem ser:

- De induzido (rotor) e campo (estator) bobinado;
- Campos de ímã permanente e induzido (rotor) bobinado;
- Estator bobinado e induzido de ímã permanente (brushless).

Os induzidos bobinados são alimentados através de coletor e escovas. Esses motores são aplicados em máquinas onde há necessidade de controle de velocidade com torque constante em toda a faixa de velocidade para executar movimentos de precisão. A variação da velocidade geralmente é feita variando-se a tensão na armadura (rotor). São motores caros, com alto índice de manutenção e manutenção cara.

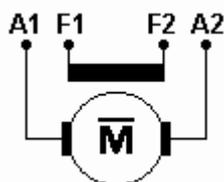


Figura 61 - Motor de corrente contínua
Motores assíncronos de indução (AC)

Por terem melhor relação custo benefício, são os mais utilizados tanto trifásico como monofásico. A rotação destes motores, como vimos anteriormente é em função da frequência da rede e é dada pela seguinte fórmula:

$$\text{RPM} = \frac{60 \cdot f}{p/2}$$

- * rpm (rotação por minuto)
- * f (hz 50 ou 60)
- * p/2 (numero de pares de pólos)

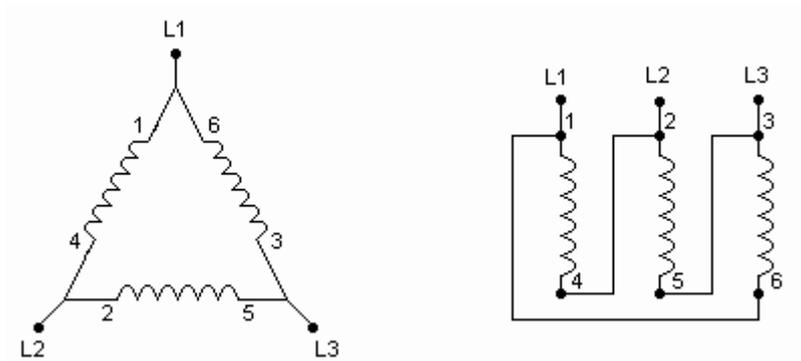


Figura 62 - Motor de 6 terminais - Δ (220/380V)

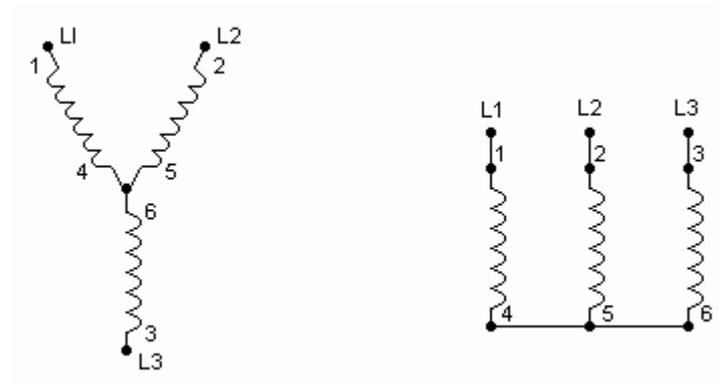


Figura 63 - Motor de 6 terminais – Y (380/660V)

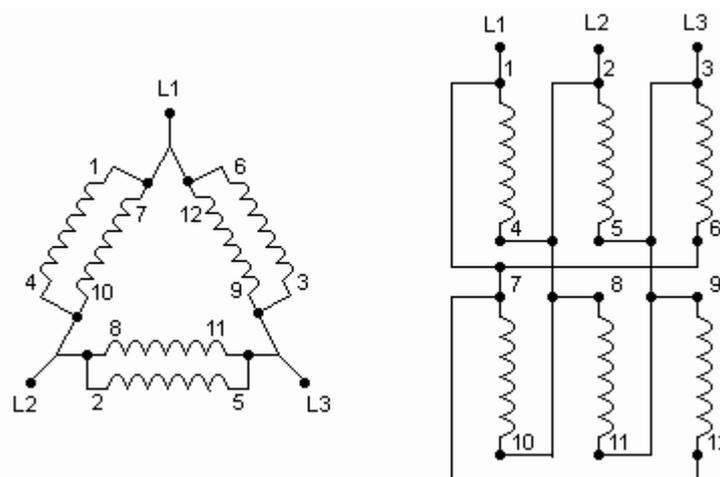


Figura 64 - Motor de 12 terminais – ligação Δ - Δ (220V)

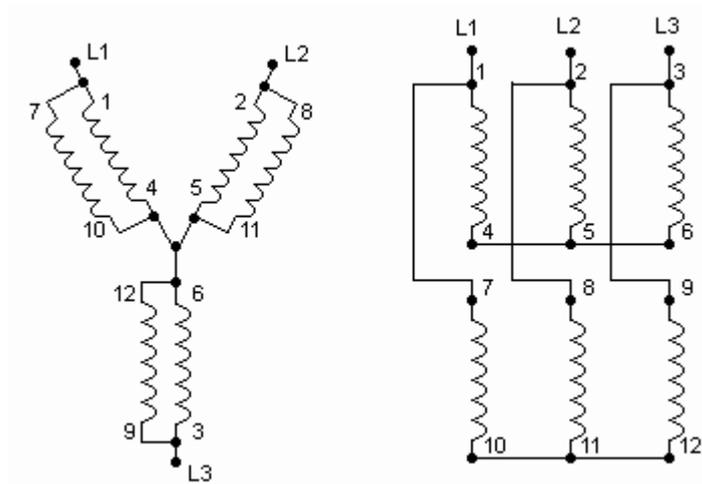


Figura 65 - Motor de 12 terminais – ligação Y - Y (380V)

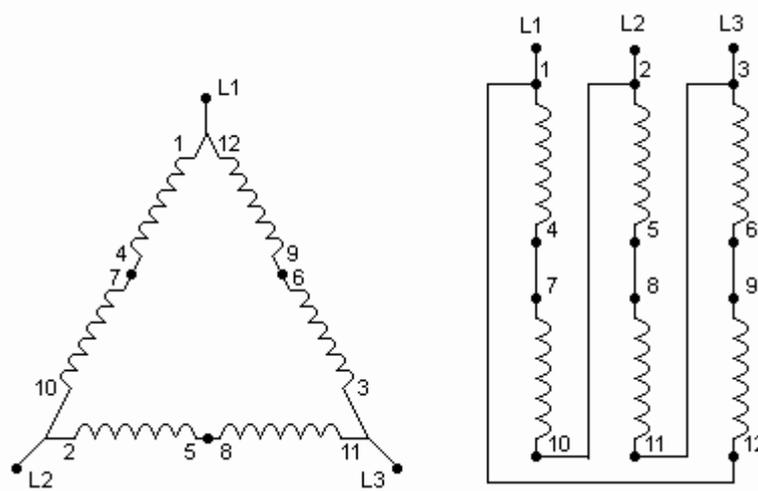


Figura 66 - Motor de 12 terminais – ligação Δ (440V)

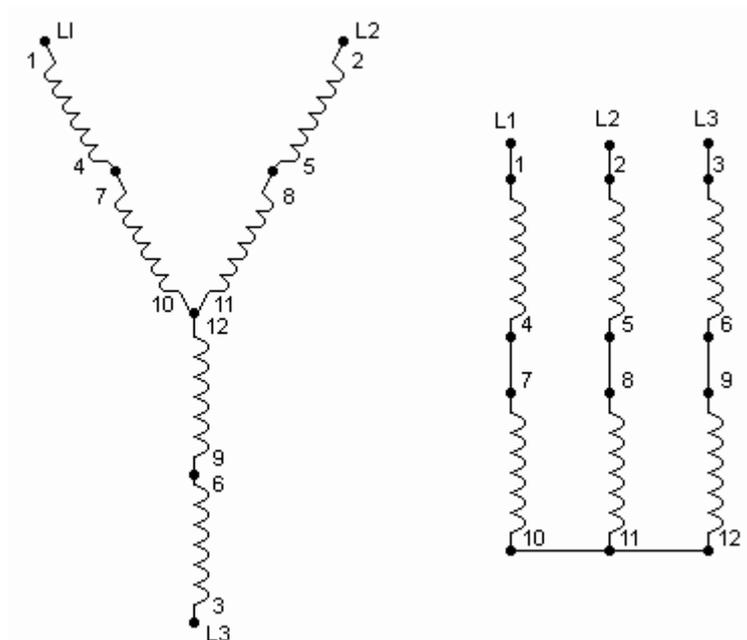


Figura 67 - Motor de 12 terminais – ligação Y (760V)

Existem também motores de múltiplas velocidades em um só motor, por exemplo:

- 2 e 4 pólos (1800/3600rpm);
- 4 e 6 pólos (1800/1200rpm);
- E ainda motor de 2 e 4 pólos com ligação Dalhandler.

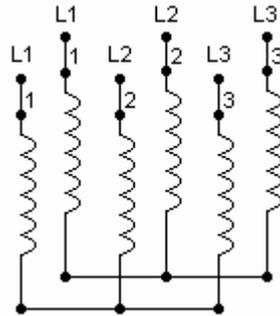


Figura 68 - Motor de dupla rotação com enrolamentos independentes

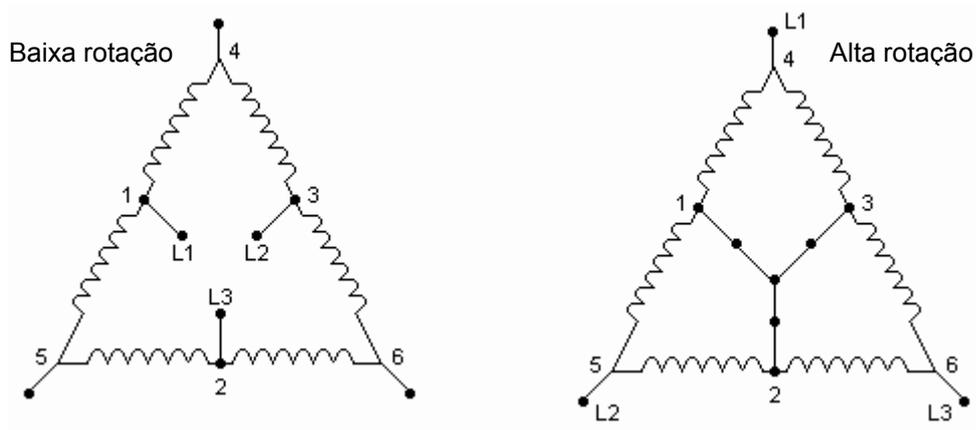


Figura 69 - Motor Dahlander – Baixa e alta rotação

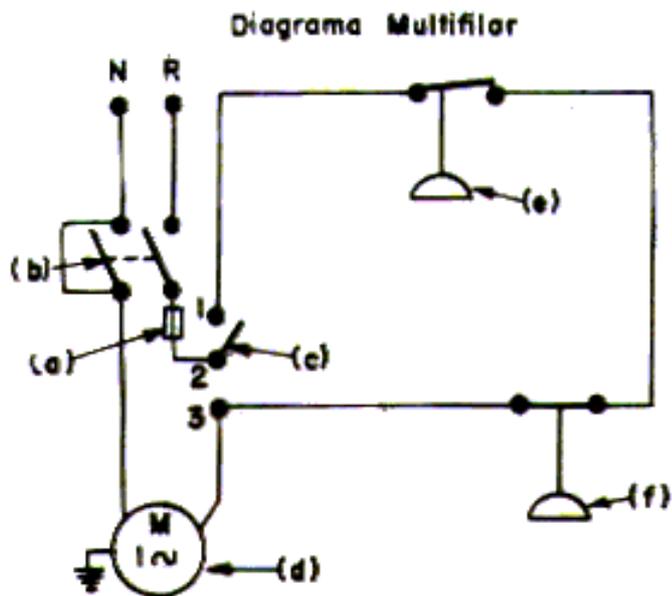


Figura 70 - Motobomba comandada por chave bóia

13 PARÁRAIO

13.1 Formação Dos Raios

Raio é fenômeno atmosférico de conseqüência desastrosas, resultante do acúmulo de cargas elétricas em uma nuvem e a conseqüência descarga no solo terrestre ou sobre qualquer estrutura que ofereça condições favoráveis a descarga, conclui-se através de inúmeras teorias que a parte inferior da nuvem está carregada por cargas predominantemente negativas e a parte superior positiva. Aliás, as observações e medições das descargas que caem sobre linhas de transmissão provam ser que são resultantes de cargas negativas. Entre a nuvem carregada negativamente em sua parte inferior e a terra positivamente carregada na superfície, formam-se gradientes de tensão, que variam de 100000 a 1000000 kv, entre 300 a 500 metros de altura. Para que a descarga tenha início, não é necessário que o gradiente de tensão seja superior a rigidez dielétrica do de toda a camada de ar entre a nuvem e o solo e sim parte dela: talvez uns 10000 volts por cm sejam suficientes.

O fenômeno tem início com a formação de uma descarga piloto da nuvem para a terra, com aspecto de uma árvore invertida. Esta descarga não é continua e sim em etapas de 50 metros com intervalos de aproximadamente 100 microssegundos entre elas e de velocidade da ordem de 1500 km/s. É de pouca luminosidade.

Uma vez atingido o solo, forma-se a descarga principal ou de retorna, da terra para a nuvem, de grande luminosidade, com velocidade da ordem de 30000 km/s. Esta descarga segue o caminho da descarga piloto e está associada a correntes elevadas variando de 9000 a 218000 ampéres. As duas descargas anteriores seguem-se uma terceira, de curta duração e pequena corrente: 100 a 1000 ampéres. Estas três descargas constituem uma descarga completa há raios de várias descargas completas conhecidos como múltiplos.

O objetivo principal da proteção contra raios é o estabelecimento de meios para a descarga se dirigir na menor percurso possível para a terra, sem passar junto às partes não condutoras (concreto, madeira, alvenaria etc.). É preferível não ter um pára-raio do que ter um pára-raio mal instalado. A ação do pára-raio é dupla:

A utilização do poder das pontas, isto é, a propriedade que tem as pontas metálicas de escoarem, através do ar ambiente, as cargas elétricas com as quais estão em comunicação se manifesta freqüentemente por centelhas luminosas. O pára-raio descarga para o solo e neutraliza pouco à pouco, por "influência", a eletricidade da nuvem encontrada acima dele. Possivelmente, não se concretizará a formação do raio; isto constitui o efeito preventivo do pára-raio.

A carga da nuvem pode retornar toda a sua intensidade, se a tempestade é muito violenta e súbita: aí o pára-raio não poderá exercer toda a sua tarefa de neutralização; haverá o raio. É falso crer que a descarga irá necessariamente cair sobre o pára-raios situado sobre a nuvem ou em suas proximidades. Ele não atrai o raio, mas se esta cair a pouca distância dele, provavelmente preferirá o seu caminho, já que está colocado no ponto mais alto de um edifício; assim, os danos serão reduzidos ao mínimo, às vezes neutralizados ao todo.

Zona de proteção

Um pára-raio bem instalado e bem mantido protege praticamente a área do espaço equivalente a um círculo cujo centro a haste do pára-raio e cujo diâmetro é igual a quatro vezes a altura da montagem. Praticamente, nos referimos ao “cone de proteção”, cuja base é o círculo referido e a altura é a de montagem do pára-raios. A proteção total só será conseguida pela gaiola de faraday, ou seja, o envolvimento de toda a estrutura a proteger por uma rede de pára-raios dentro da qual o campo é nulo, pois as zonas de proteção se superpõem. Esta instalação, todavia seria muito onerosa”.

Partes constituintes de uma instalação de um pára-raio tipo Franklin

- a – ponta ou captor;
- b – haste metálica;
- c – isolador;
- d – braçadeira;
- e – cabo de descida ou de escoamento;
- f – protetor (isolante) contra ações mecânicas;
- g – eletrodo de terra.

Ponta ou captor

É a parte mais elevada do pára-raio, destinada a receber a descarga pelo efeito das pontas. Pode ser de uma única ponta, ou de várias pontas, constituindo o que se chama de “buquê”, em geral feito de latão ou bronze cromado. Qualquer parte do pára-raio deve ser boa condutora de eletricidade, pois do contrário a corrente da faísca elétrica, normalmente da ordem de milhares de ampéres, causaria uma elevada queda de tensão, com temperaturas extremamente altas, o suficiente para fundir toda a instalação. Se o edifício é metálico pode ser dispensada a instalação da haste e da ponta, porém a estrutura metálica deve ser ligada a terra através de um cabo de descida, que, com as demais partes escoará a descarga para terra.

Haste metálica

É a parte que se liga ao captor. Deve se compreender que quando mais alta a haste maior será a proteção, porém elevar muito significa dificultar a instalação. Na prática, não se devem ultrapassar os 5 metros. Como é intuitivo, podemos instalar a haste aproveitando uma estrutura já existente, ou construindo uma estrutura somente para sustentar a haste e as demais partes.

Isolador

Serve para isolar a haste da estrutura com uma rigidez dielétrica de 10000 volts.

Braçadeira

Deve ser de um material bom condutor, destinando-se a fixar o cabo de descida à haste.

Cabo de descida ou escoamento

Deverá ser de cobre do tipo, cordoalha, com seção mínima 30 milímetros quadrados exterior e de 50 milímetro quadrados no solo, podendo ser redondo ou achatado e também em barra de espessura mais que 1,29 mm.

Protetor contra ações mecânicas

A fim de evitar danificar por ações mecânicas, deve-se proteger o cabo de descida desde o solo até uma altura de aproximadamente 2m, por eletrodutos ou outro material isolante apropriado.

Eletrodo de terra

É a parte mais importante do sistema de pára – raios. A resistência aconselhável do resistor de terra é de no máximo 5 ohms, com o cabo de descida desligado, deve ser verificada periodicamente nunca devendo ultrapassar 25 ohms a resistência máxima permitida.

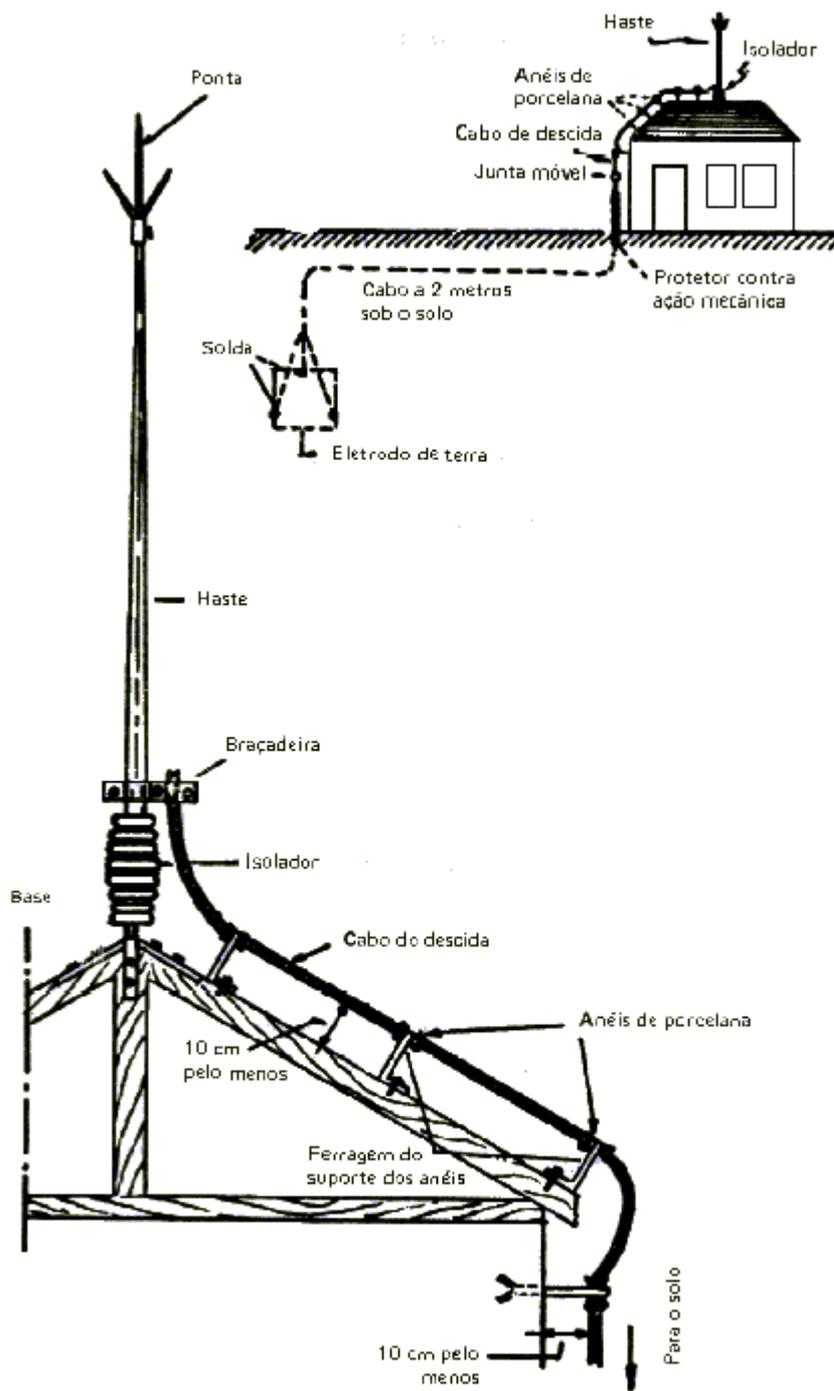


Figura 72 - Pára-raio

14 TRABALHO DE INSTALAÇÃO ELÉTRICA

1. Defina usina hidroelétrica.
2. Defina usina termoelétrica.
3. Defina usina nuclear.
4. O que é transmissão de eletricidade?
5. O que é distribuição de eletricidade?
6. Quais as cores mais utilizadas para denominar os condutores elétricos?
7. Defina os dois tipos de aterramentos existentes.
8. Qual o princípio de funcionamento do interruptor de corrente de fuga?
9. Quais os tipos de emendas mais utilizadas?
10. O que é quadro de distribuição?
11. O que é fator de demanda?
12. Defina curto – circuito.
13. Defina sobrecarga.
14. Defina fusível.
15. Qual a diferença existente entre um fusível de ação rápida e de um fusível de ação retardada?
16. Que significa com relação aos fusíveis?
 - Corrente nominal;
 - Tensão nominal;
 - Capacidade de ruptura.
17. Como funciona o elo indicador de queima nos fusíveis diazed?
18. Quais as características dos fusíveis NH?
19. Quais os acessórios que constituem o conjunto segurança diazed?
20. Explique o funcionamento de um fusível.
21. Explique o funcionamento do relê térmico de sobre carga.
22. Explique o funcionamento do relê de sobre corrente.
23. Explique o funcionamento do relê de subtensão.
24. Faça o esquema unifilar do circuito com uma lâmpada e dois interruptores paralelos.
25. Quais as vantagens da utilização de contatores como dispositivos de manobra?
26. Quais as peças principais dos contatores?
27. Explique o funcionamento das lâmpadas incandescentes.
28. Quais as principais partes das lâmpadas incandescentes?
29. Qual é princípio de funcionamento das lâmpadas fluorescentes?
30. Qual a função da ponta ou captor no pára-raio?

15 ANEXOS

Tabela 34 - Cargas aproximadas de diversos aparelhos eletrodomésticos

Aparelhos	Carga (watts)
Aquecedor elétrico (boiler) tipo residencial	1000 a 1500
Aquecedor elétrico (boiler) tipo coletivo	2000 a 6000
Ar condicionado portátil (1HP)	1200
Ar condicionado portátil (2HP)	2400
Aspirador de pó	250 a 800
Barbeador	8 a 12
Cafeteira	500 a 2000
Chuveiro elétrico	4000
Cobertores elétricos	150 a 200
Exaustor	300 a 500
Ferro elétrico seco	400 a 600
Ferro elétrico a vapor	660 a 1200
Fogão elétrico	4000 a 6000
Freezer (congelador)	300 a 500
Fritadeiras	1000 a 1200
Geladeiras comerciais (½ a 1HP)	450 a 1000
Irradiador de calor	700 a 1000
Geladeiras domésticas	150 a 300
Lâmpada fluorescente	15 a 60
Lâmpada infravermelha	250
Lâmpada ultravioleta	275 a 400
Lavadora de pratos	600 a 1000
Lavadora de roupas	350 a 550
Liquidificador	120 a 250
Máquina de costura	60 a 90
Máquina de lavar roupa (automática)	600 a 800
Máquina de waffles	600 a 1000
Motores ¼ HP	300 a 400
Motores ½ HP	450 a 600
Acima de ½ HP	950 a 1000 por HP
Rádio	40 a 150
Relógio elétrico	2 a 3
Secadora de roupas	4000 a 5000
Televisão	200 a 400
Torradeiras	500 a 1200
Ventilador portátil	50 a 200
Lâmpada incandescentes	10 a 1500

Corrente com carga nominal dos motores assíncronos trifásicos de gaiola em 60Hz.

Valores orientativos. Devem ser verificados com o fabricante do motor.

Tabela 35 - Corrente de motores

CV	kW	2 p	4 p	6 p	8 p	2 p	4 p	6 p	8 p	2 p	4 p	6 p	8 p
		220V				380V				440V			
		A				A				A			
0,16	0,12	0,76	0,90	1,15	1,14	0,44	0,52	0,66	0,66	0,38	0,45	0,58	0,57
0,25	0,18	1,04	1,26	1,38	1,96	0,60	0,73	0,80	1,13	0,52	0,63	0,69	0,98
0,33	0,25	1,30	1,56	1,80	2,30	0,75	0,90	1,04	1,33	0,65	0,78	0,90	1,15
0,5	0,37	1,70	2,25	2,50	2,50	0,98	1,30	1,44	1,44	0,85	1,13	1,25	1,25
0,75	0,55	2,40	3,00	3,50	3,30	1,38	1,73	2,02	1,90	1,20	1,50	1,75	1,65
1	0,75	3,20	3,60	3,70	4,30	1,85	2,08	2,13	2,48	1,60	1,80	1,85	2,15
1,5	1,1	4,40	4,80	5,50	6,90	2,54	2,77	3,17	3,98	2,20	2,40	2,75	3,45
2	1,5	5,70	6,90	7,30	7,60	3,29	3,98	4,21	4,39	2,85	3,45	3,65	3,80
3	2,2	8,90	8,59	10,5	10,0	5,14	4,96	6,06	5,77	4,45	4,30	5,25	5,00
4	3	10,8	12,1	12,8	13,2	6,23	6,98	7,39	7,62	5,40	6,05	6,40	6,60
5	3,7	13,8	13,6	15,6	16,0	7,96	7,85	9,00	9,23	6,90	6,80	7,80	8,00
6	4,4	15,8	16,0	18,4	21,0	9,12	9,23	10,6	12,1	7,90	8,00	9,20	10,5
7,5	5,5	20,0	20,	22,0	25,6	11,5	11,5	12,7	14,8	10,0	10,0	11,0	12,8
10	7,5	25,0	27,0	30,0	36,0	14,4	15,6	17,3	20,8	12,5	13,5	15,0	18,0
12,5	9,2	30,0	32,0	35,0	34,0	17,3	18,5	20,2	19,6	15,0	16,0	17,5	17,0
15	11	36,0	38,0	40,0	40,0	20,8	21,9	23,1	23,1	18,0	19,0	20,0	20,0
20	15	47,0	50,0	54,0	52,0	27,1	28,9	31,2	30,0	23,5	25,0	27,0	26,0
25	18,5	58,0	63,0	60,0	68,0	33,5	36,4	34,6	39,2	29,0	31,5	30,0	34,0
30	22	70,0	74,0	73,0	78,0	40,4	42,7	42,1	45,0	35,0	37,0	36,5	39,0
40	30	97,0	100	98,0	100	56,0	57,7	56,5	57,7	48,5	50,0	49,0	50,0
50	37	118	123	126	125	68,1	71,0	72,7	72,1	59,0	61,5	63,0	62,5
60	45	140	145	145	156	80,8	83,7	83,7	90,0	70,0	72,5	72,5	78,0
75	55	174	175	185	193	100	101	107	111	87,0	87,5	92,5	96,5
100	75	228	240	248	264	132	138	143	152	114	120	124	132
125	90	300	302	308	330	173	174	178	190	150	151	154	165
150	110	355	354	382	395	205	204	220	228	178	177	191	198
175	130	418	424	440	456	241	245	254	263	209	212	220	228
200	150	460	470	500	526	265	271	289	304	230	235	250	263
250	185	580	580	644	646	335	335	372	373	290	290	322	323
270	200	610	630	670	-	352	364	387	-	305	315	335	-
300	220	662	698	756	768	382	403	436	443	331	349	378	384
350	260	780	808	910	826	450	466	525	477	390	404	455	413
400	300	-	948	1000	-	-	547	577	-	-	474	500	-
450	331	-	1040	1110	-	-	600	640	-	-	520	555	-
500	368	-	1166	-	-	-	673	-	-	-	583	-	-

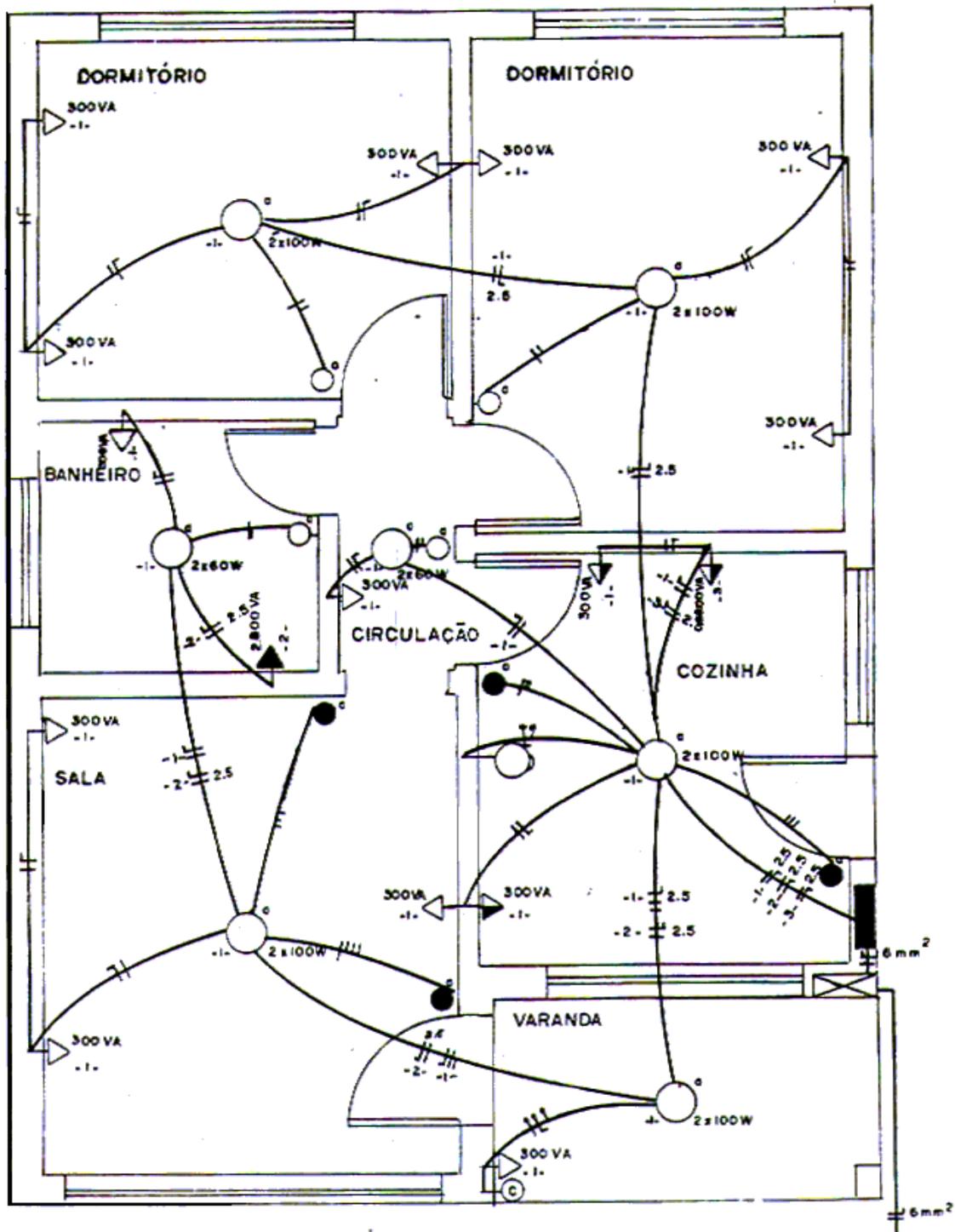


Figura 73 - Planta elétrica residencial

Número de tomadas (recomendação NB 3)

- *Cômodos ou dependências com área igual ou inferior a 6m*: no mínimo 1 tomada;
- *Cômodos ou dependências com mais de 6m*: no mínimo 1 tomada para cada 5m ou fração de perímetro espaçadas tão uniformes quanto possível;
- *Cozinhas, copas e copas-cozinhas*: 1 tomada para cada 3,5m ou fração de perímetro, independente da área;
- *Subsolos, varandas, garagens ou sótãos*: pelo menos 1 tomada;
- *Banheiro*: no mínimo 1 tomada junto ao lavatório com uma distância mínima de 60cm da limite do Box.

Tabela 36 - Equivalência prática AWG/MCM x Série métrica

Fios/cabos – tabela comparativa		Fios/cabos Extinflan bwf 750V PVC/70°	
AWG/MCM	(mm ² aprox.)	Série métrica (mm ²)	Ampères
14	(2,1)	1,5	15,5
12	(3,3)	2,5	21
10	(5,3)	4	28
8	(8,4)	6	36
6	(13)	10	50
4	(21)	16	68
2	(34)	25	89
1	(42)	35	110
1/0	(53)		
		50	134
2/0	(67)		
3/0	(85)	70	171
4/0	(107)		
		95	207
250	(127)		
300	(152)	120	239
350	(177)		
		150	275
400	(203)		
		185	314
500	(253)		
600	(304)		
		240	370
700	(355)		
750	(380)		
800	(405)	300	426
900	(456)		
1000	(507)		
		400	510
		500	587

Tabela 37 - Diferentes maneiras de instalar diferentes tipos de cabos

Maneiras de instalar	Extinflan		Braschumbo		Brasnax	
	2 *	3 *	2	3	2	3
Eletróduto em instalação aparente Eletróduto embutido em teto, parede ou piso Eletróduto em canaleta aberta ou ventilada Molduras, rodapés ou alizares Calha	A	B	-	-	A	B
Fixação direta à parede ou teto	-	-	C	D	C	D
Poço Espaço de construção Bloco alveolado	-	-	A	B	A	B
Eletróduto em canaleta fechada	E	F	-	-	E	F
Canaleta fechada	-	-	A	B	A	B
Canaleta aberta ou ventilada	-	-	C	D	C	D
Diretamente enterrado	-	-	G	H	G	H
Eletróduto diretamente enterrado	-	-	-	-	G	H
Sobre isoladores Linha aérea	Ver tabela 38		-	-	-	-
Bandeja ou prateleiras Suportes	-	-	Ver tabela 38			

* Condutores carregados

Tabela 38 - Capacidade de condução de corrente (em ampères)

Seção nominal (mm ²)	A	B	C	D	E	F	G	H
1,5	17,5	15,5	19,5	17,5	14,5	13,5	22	18
2,5	24	21	27	24	19,5	18	29	24
4	32	28	36	32	26	24	38	31
6	41	36	46	41	34	31	47	39
10	57	50	63	57	46	42	63	52
16	76	68	85	76	61	56	81	67
25	101	89	112	96	80	73	104	86
35	125	110	138	119	99	89	125	103
50	151	134	168	144	119	108	148	122
70	192	171	213	184	151	136	183	151
95	232	207	258	223	182	164	216	179
120	269	239	299	259	210	188	246	203
150	309	275	344	299	240	216	278	230
185	353	314	392	341	273	245	312	258
240	415	370	461	403	321	286	361	297
300	477	426	530	464	367	328	408	336
400	571	510	634	557	438	390	478	394
500	656	587	729	642	502	447	540	445

As colunas a utilizar de acordo com a maneira de instalar, o tipo de cabo e o número de condutores carregados, são indicados na tabela 38.

- Temperatura do condutor: 70°C;
- Temperatura ambiente: 30°C.

Para cabos diretamente enterrados ou em eletródutos diretamente enterrados:

- Resistividade térmica do solo: 2,5Km/W;
- Profundidade de instalação: 0,70m.

Tabela 39 - Capacidade de condução de corrente (em ampères) para cabos EXTINFLAN e BRASNAX

Tipos de cabos e instalações	Cabos 2 cond	Cabos 3 cond	Fi-os/cabos 2 cond. unipolares contíguos	Fi-os/cabos 3 cond. unipolares contíguos	Fios e cabos unipolares		
					Contíguos	Espaçados Horizontal	Espaçados Vertical
Seção nominal (mm ²)							
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
1,5	22	18,5	22	17	18	24	21
2,5	30	25	31	24	25	34	29
4	40	34	41	33	34	45	39
6	51	43	53	43	45	59	51
10	70	60	73	60	63	81	71
16	94	80	99	82	85	110	97
25	119	101	131	110	114	146	130
35	148	126	162	137	143	181	162
50	180	153	196	167	174	219	197
70	232	196	251	216	225	281	254
95	282	238	304	264	275	341	311
120	328	276	352	308	321	396	362
150	379	319	406	358	372	456	419
185	434	364	463	409	427	521	480
240	514	430	546	485	507	615	569
300	593	497	629	561	587	709	659
400	-	-	754	656	689	852	795
500	-	-	868	749	789	982	920

Instalados ao ar livre

- Temperatura do condutor: 70°C;
- Temperatura ambiente: 30°C.

3ª etapa: corrigir o valor da capacidade de condução de corrente do condutor encontrado pelo fator de agrupamento.

Tabela 40 - Fatores de correção

Disposição dos cabos	Fatores de correção													
	Número de circuitos ou de cabos multipolares													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	
Agrupados sobre uma superfície ou contidos em eletroduto ou calha ou bloco alveolado	1	0,8	0,7	0,65	0,6	0,55	0,55	0,5	0,5	0,5	0,45	0,45	0,4	

Tabela 41 - Seção nominal de eletrodutos por circuitos

Seção nominal (mm ²)	Eletroduto, calha fechada (material magnético).	Eletroduto, calha fechada, bloco alveolado (material magnético).	
	Fios e cabos	Fios e cabos	
	Circuito monofásico e trifásico	Circuito monofásico	Circuito trifásico
1,5	27,4	27,6	23,9
2,5	16,8	16,9	14,7
4	10,5	10,6	9,15
6	7,0	7,07	6,14
10	4,2	4,23	3,67
16	2,7	2,68	2,33
25	1,72	1,71	1,49
35	1,25	1,25	1,09
50	0,95	0,94	0,82
70	0,67	0,67	0,59
95	0,51	0,50	0,44
120	0,42	0,41	0,36
150	0,35	0,34	0,30
185	0,30	0,29	0,25
240	0,25	0,24	0,21
300	0,22	0,20	0,18
300	0,20	0,17	0,15
500	0,19	0,16	0,14

16 SÍMBOLOS GRÁFICOS PARA INSTALAÇÕES ELÉTRICAS PREDIAIS – NBR 5444 – ABNT

Objetivo

Esta norma estabelece os símbolos gráficos referentes às instalações elétricas prediais.

Documentos complementares

Na aplicação desta norma é necessário consultar:

- NBR 5626 – Instalações prediais de água – Procedimento;
- NBR 5984 – Norma geral de desenho técnico – Procedimento.

Condições gerais

A planta de instalações deve ser executada sobre um desenho em vegetal transparente, levando em consideração as recomendações da NBR 5984.

Esse desenho deve conter os detalhes de arquitetura e estrutura para compatibilização com o projeto elétrico.

Basicamente deve ser usada uma matriz para a instalação de cada um dos seguintes sistemas:

- *Luz e força*: que dependendo da complexidade, podem ser divididos em dois sistemas distintos: teto e piso;
- *Telefone*: interno e externo;
- *Sinalização*: som, detecção, segurança, supervisão e controle e outros sistemas.

Em cada matriz deve ser localizados os aparelhos e seus dutos de distribuição, com todos os dados e dimensões para perfeito esclarecimento do projeto. Sendo necessário devem ser feitos detalhes, de maneira que não fique dúvida quanto à instalação a ser executada.

Eletrodutos de circuitos com importância, tensão e polaridade diferentes podem ser destacados por meio de diferentes espessuras dos traços.

Os diâmetros dos eletrodutos bem como todas as dimensões devem ser dados em milímetros.

Aparelhos com potência ou importância diferentes podem ser destacados por símbolos de tamanhos diferentes.

Símbolos

A construção da simbologia desta norma é baseada em figuras geométricas simples como enunciado abaixo, para permitir uma representação adequada e coerente dos dispositivos elétricos.

Esta norma se baseia na conceituação simbólica de quatro elementos geométricos básicos: o traço, o círculo, o triângulo equilátero e o quadrado.

Traço

O seguimento de reta representa o eletroduto.

Os diâmetros normalizados são segundo a NBR 5626, convertidos em milímetros, usando-se a tabela a seguir:

Tabela 42 - Conversão de diâmetros nominais

Polegadas	Milímetros
$\frac{1}{2}$	15
$\frac{3}{4}$	20
1	25
$1 \frac{1}{4}$	32
$1 \frac{1}{2}$	40
2	50
$2 \frac{1}{2}$	60
3	75
4	100

Círculo

Representa três funções básicas: o ponto de luz do interruptor e a indicação de qualquer dispositivo embutido no teto.

O ponto de luz deve ter um diâmetro maior que o do interruptor para diferenciá-los. Um elemento qualquer circundando indica que este localiza-se no teto.

O ponto de luz na parede (arandela) também é representado pelo círculo.

Triângulo eqüilátero

Representa tomadas em geral. Variações acrescentadas a ela indica mudança de significado e função (tomadas de luz e telefone, por exemplo), bem como modificações em seus níveis na instalação (baixa, média e alta).

Quadrado

Representa qualquer tipo de elemento no piso ou conversor de energia (motor elétrico). De forma semelhante ao círculo, envolvendo a figura, significa que o dispositivo localiza-se no piso.

Para ilustrar a simbologia desta norma, consta do anexo uma planta elétrica representativa de um trecho das instalações de uma edificação residencial.

Os símbolos gráficos referentes às instalações elétricas prediais encontram-se nas tabelas abaixo.

Tabela 43 - Dutos e distribuição

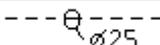
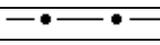
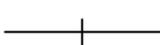
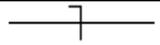
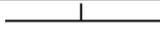
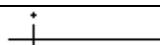
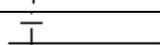
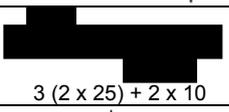
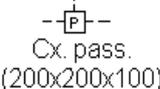
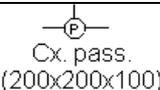
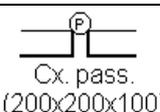
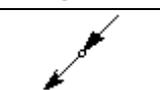
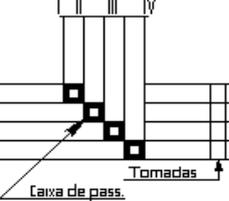
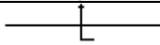
Nº	Símbolo	Significado	Observações
5.1		Eletroduto embutido no teto ou parede	Para todas as dimensões em mm indicar a seção, se esta não for de 15mm.
5.2		Eletroduto embutido no piso	
5.3		Telefone no teto	
5.4		Telefone no piso	
5.5		Tubulação para campainha, som, anunciador ou outro sistema.	Indicar na legenda o sistema passante
5.6		Condutor de fase no interior do eletroduto	Cada tração representa um condutor. Indicar a seção, nº de condutores, nº do circuito e a seção dos condutores, exceto se forem de 1,5mm².
5.7		Condutor neutro no interior do eletroduto	
5.8		Condutor de retorno no interior do eletroduto	
5.9		Condutor terra no interior do eletroduto	
5.10		Condutor positivo no interior do eletroduto	
5.11		Condutor negativo no interior do eletroduto	
5.12		Cordoalha de terra	Indicar a seção utilizada; em 50 ₁ significa 50mm²
5.13		Leito de cabos com um circuito passante composto de três fases, cada um por dois cabos de 25mm² mais dois cabos de neutro de seção 10mm².	25 ₁ significa 25mm² 10 ₁ significa 10mm²
5.14		Caixa de passagem no piso	Dimensões em mm
5.15		Caixa de passagem no teto	Dimensões em mm
5.16		Caixa de passagem na parede	Indicar a altura e se necessário fazer detalhe (dimensões em mm)
5.17		Eletroduto que sobe	
5.18		Eletroduto que desce	
5.19		Eletroduto que passa descendo	
5.20		Eletroduto que passa subindo	
5.21		Sistema de calha de piso	No desenho aparecem quatro sistemas que são habitualmente: I – luz e força; II – telefone (TELEBRÁS) III – telefone (P(A)BX, KS, ramais) IV – especiais (Comunicações)
5.21.1		Condutor seção 1,0mm², fase para campainha.	Se for de seção maior, indica-la.
5.21.2		Condutor seção 1,0mm², neutro para campainha.	
5.22		Condutor seção 1,0mm², retorno para campainha.	

Tabela 44 - Quadros de distribuição

Nº	Símbolo	Significado	Observações
6.1		Quadro parcial de luz e força aparente	Indicar as cargas de luz em watts e de força em W ou kW
6.2		Quadro parcial de luz e força embutido	
6.3		Quadro geral de luz e força aparente	
6.4		Quadro geral de luz e força embutido	
6.5		Caixa de telefones	
6.6		Caixa para medidor	

Tabela 45 – Interruptores

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

Tabela 46 - Luminárias, refletores, lâmpadas.

Nº	Símbolo	Significado	Observações
8.1		Ponto de luz incandescente no teto. Indicar o nº de lâmpadas e a potência em watts	A letra minúscula indica o ponto de comando e o nº entre dois traços o circuito correspondente
8.2		Ponto de luz incandescente na parede (arandela)	
8.3		Ponto de luz incandescente no teto (embutido)	
8.4		Ponto de luz fluorescente no teto (indicar o nº de lâmpadas e na legenda o tipo de partida e reator)	Deve-se indicar a altura da arandela
8.5		Ponto de luz fluorescente na parede	
8.6		Ponto de luz fluorescente no teto (embutido)	
8.7		Ponto de luz incandescente no teto em circuito vigia (emergência)	
8.8		Ponto de luz fluorescente no teto em circuito vigia (emergência)	
8.9		Sinalização de tráfego (rampas, entradas, etc).	
8.10		Lâmpada de sinalização	Indicar potência, tensão e tipo de lâmpadas.
8.11		Refletor	
8.12		Pote com duas luminárias para iluminação externa	
8.13		Lâmpada obstáculo	Indicar as potências, tipo de lâmpadas.
8.14		Minuteria	
8.15		Ponto de luz de emergência na parede com alimentação independente	
8.16		Exaustor	
8.17		Motobomba para bombeamento da reserva técnica de água para combate a incêndio.	

Tabela 47 – Tomadas

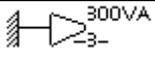
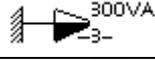
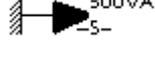
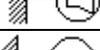
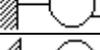
Nº	Símbolo	Significado	Observações	
9.1		Tomada de luz na parede, baixo (300mm do piso acabado)	A potência deverá ser indicada ao lado em VA (exceto se for de 100VA), como também o nº do circuito correspondente e a altura da tomada,s e for diferente da normalizada; se a tomada for de força, indicar o nº de W ou kW.	
9.2		Tomada de luz a meio a altura (1300mm do piso acabado)		
9.3		Tomada de luz alta (2000mm do piso acabado)		
9.4		Tomada de luz no piso	Especificar "h"	
9.5		Saída para telefone externo na parede (rede TELEBRÁS)		
9.6		Saída para telefone externo na parede a uma altura "h"		
9.7		Saída para telefone interno na parede		
9.8		Saída para telefone externo no piso		
9.9		Saída para telefone interno no piso		
9.10		Tomada para rádio e televisão		
9.11		Relógio elétrico no teto		
9.12		Relógio elétrico na parede		
9.13		Saída de som, no teto.		
9.14		Saída de som na parede.		Indicar a altura "h"
9.15		Cigarro		
9.16		Campainha		
9.17		Quadro anunciador		Dentro do círculo, indicar o nº de chamadas em algarismos romanos.

Tabela 48 - Motores e transformadores

Nº	Símbolo	Significado	Observações
10.1		Gerador	Indicar as características nominais
10.2		Motor	Indicar as características nominais
10.3		Transformador de potência	Indicar a relação de tensões e valores nominais
10.4		Transformador de corrente (um núcleo)	
10.5		Transformador de potencial	
10.6		Transformador de corrente (dois núcleos)	
10.7		Retificador	

Tabela 49 – Acumuladores

Nº	Símbolo	Significado	Observações
11.1		Acumulador ou elementos de pilha	O traço representa o pólo positivo e o traço curto, o pólo negativo. Este símbolo poderá ser usado para representar uma bateria se não houver risco de dúvida. Neste caso, a tensão ou o nº e o tipo dos elementos devem ser indicados.
11.1.1		Bateria de acumuladores ou pilhas. Forma 1	Sem indicação do nº de elementos
11.1.2		Bateria de acumuladores ou pilhas. Forma 2	Sem indicação do nº de elementos

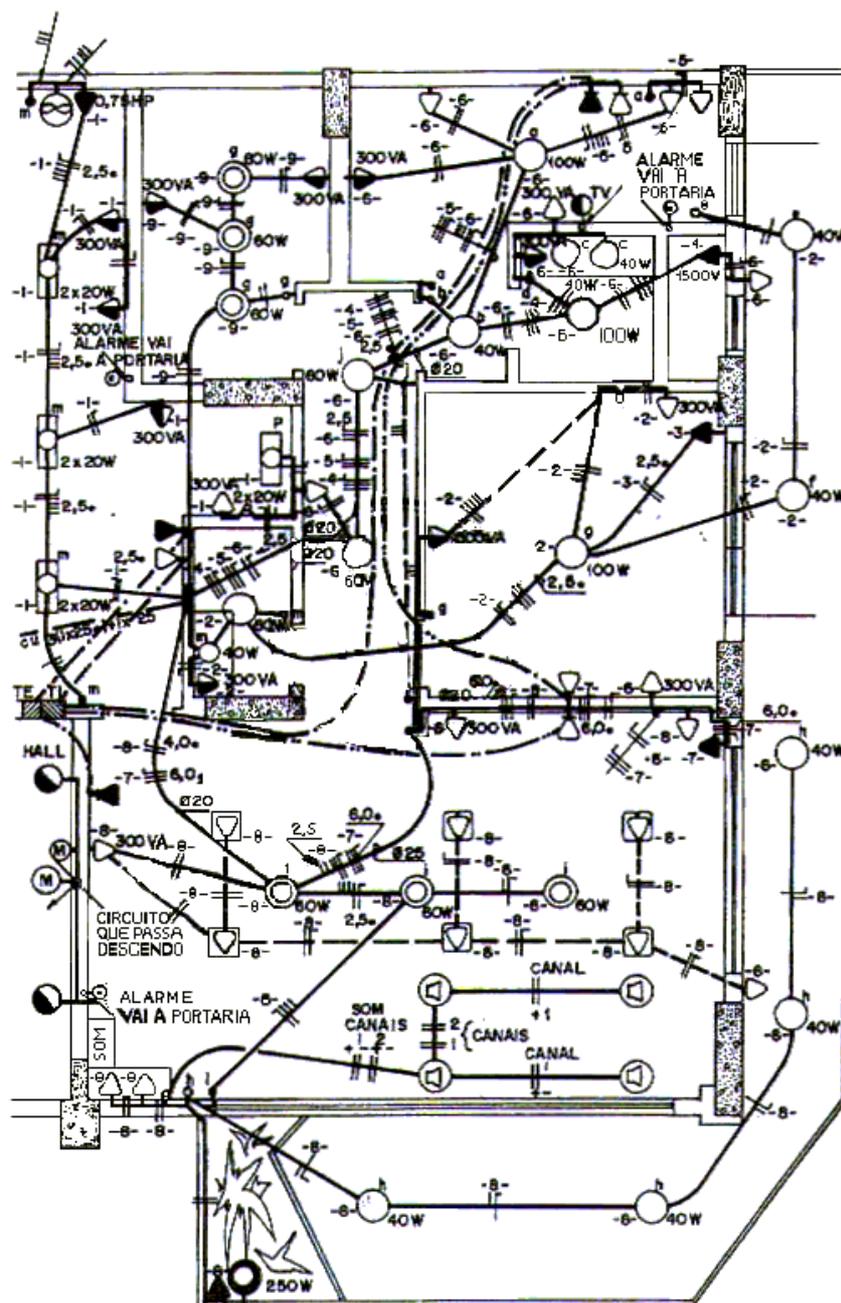


Figura 74 - Planta elétrica residencial - ABNT