

**ELETRICISTA INSTALADOR
PREDIAL**

0016AA0101704

Elaboração Técnica Helder Flávio Masaki
Revisão Técnica Cláudio Alves Batista e Laércio Facina

Equipe de editoração

Coordenação Eduardo Fayet
Diagramação Elaine Przybycien
Ilustração Elaine Przybycien
Capa Ricardo Mueller de Oliveira

Ficha Catalográfica
NIT - Núcleo de Informação Tecnológica
Diretoria de Tecnologia SENAI - DR/PR

S474e	SENAI. PR Eletricista Instalador Predial / SENAI. PR. -- Curitiba, 2004. 190 p. 1. Instalação Elétrica. CDU: 621.3
-------	---

SUMÁRIO

1. MATÉRIA	9
2.1. RELAÇÃO ENTRE AS UNIDADES	11
2. TENSÃO ELÉTRICA (E)	11
2.2. TIPOS DE TENSÃO ELÉTRICA:	12
4.1. RELAÇÃO ENTRE AS UNIDADES:	15
5. POTÊNCIA ELÉTRICA (P):	15
5.2. RELAÇÃO ENTRE AS UNIDADES:	16
5.3. CONSIDERAÇÕES:	16
6. CONDUTORES - ISOLANTES - RESISTORES	19
6.1 CONDUTORES:	19
6.2 ISOLANTES:	20
6.3. RESISTORES:	21
7. RESISTIVIDADE	23
7.1. NATUREZA DO MATERIAL:	24
7.2. COMPRIMENTO:	24
7.3. SEÇÃO TRANSVERSAL:	25
7.4. TEMPERATURA:	25
7.5. RESISTÊNCIA ESPECÍFICA:	27
8. CIRCUITOS ELÉTRICOS:	29
8.1. FONTES GERADORAS:	29
8.2. CONSUMIDOR:	29
8.3 CONDUTOR ELÉTRICO:	29
8.4 DISPOSITIVO DE MANOBRA:	30
8.5 CIRCUITO FECHADO:	30
8.6 CIRCUITO ABERTO:	30
8.7 TIPOS DE CIRCUITOS ELÉTRICOS:	30
9. LEI DE OHM	33
9.1. Determinação experimental da Lei de Ohm:	34
9.2. Aplicação da Lei de Ohm:	34
10.1. ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES EM SÉRIE:	37
10. ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES	37
10.2. ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES EM PARALELO:	39
10.3. ASSOCIAÇÃO MISTA DE RESISTORES:	40
11. LEI DE KIRCHHOFF	43
11.1. PRIMEIRA LEI DE KIRCHHOFF:	43
11.2. SEGUNDA LEI DE KIRCHHOFF:	44

12. LEI DE JOULE	47
12.1 APLICAÇÕES DO EFEITO JOULE:	49
13. QUEDA DE TENSÃO	51
14. DIMENSIONAMENTO DE CONDUTORES	55
14.1. DIMENSIONAMENTO DOS CONDUTORES PELA QUEDA DE TENSÃO ADMISSÍVEL: 55	
14.2. DIMENSIONAMENTO DOS CONDUTORES PELA CAPACIDADE MÁXIMA DE CONDU- ÇÃO DE CORRENTE:	57
14.3. DIMENSIONAMENTO DE ELETRODUTOS:	58
15. DISJUNTORES	61
15.1. FUNCIONAMENTO:.....	61
15.2. PROTEÇÃO CONTRA CURTO-CIRCUITO:.....	62
15.3. CÁLCULO DE DISJUNTORES:	63
15.4. DISJUNTOR DIFERENCIAL RESIDUAL (DR):	63
16. ATERRAMENTO	67
16.1. TIPOS DE ATERRAMENTO:	68
16.2. COMPONENTES DO SISTEMA DE ATERRAMENTO:	68
16.3. DESCRIÇÃO DOS COMP.DE ATERRAMENTO DE ACORDO COM NBR 5410:	70
17. LUMINOTÉCNICA	71
17.1 CONHECENDO A LUZ	71
17.2 LUZ:	71
17.3 FONTES LUMINOSAS:	72
17.4 LÂMPADAS:	72
17.5 QUALIDADE DA LUZ:	72
17.6 CONCEITOS LUMINOTÉCNICOS:	74
17.7 TIPOS DE LÂMPADAS:	76
17.8 PROJETO DE ILUMINAÇÃO PARA INTERIORES:	84
18. SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO	97
20. PROJETO ELÉTRICO	99
20.1 CONDIÇÕES PARA UM PROJETO:	100
20.2. CONDIÇÃO DE UM PROJETO DE INSTALAÇÃO ELÉTRICA:	100
20.3. RECOMENDAÇÕES NBR 5410/90 PARA ESTABELEECER A QUANTIDADE MÍNIMA DE PONTOS DE LUZ:	101
20.4. RECOMENDAÇÕES NBR 5410/90 PARA ESTABELEECER A QUANTIDADE MÍNIMA DE TOMADAS DE USO GERAL (TUG'S):	102
20.5.RECOMENDAÇÕES DA NBR 5410/90 PARA ESTABELEECER A QUANTIDADE DE TO- MADAS DE USO ESPECÍFICO (TUE'S):	102
20.6. CONDIÇÕES PARA SE ESTABELEECER A POTÊNCIA MÍNIMA DE ILUMINAÇÃO: ..	102
20.7. CONDIÇÕES PARA SE ESTABELEECER A POTÊNCIA MÍNIMA DE TOMADAS DE USO GERAL (TUG'S):	103

20.8. CONDIÇÕES PARA SE ESTABELECEM A POTÊNCIA DE TOMADAS DE USO ESPECÍFICO (TUE'S):	103
20.9. CRITÉRIOS ESTABELECIDOS PELA NBR 5410/90:	103
20.10. TENSÃO DOS CIRCUITOS:	104
20.11. CAPACIDADE DE RESERVA DOS CIRCUITOS SEG. NOVA NBR 5410(NB-3)/97:104	
1. INSTALAÇÃO ELÉTRICA DE BAIXA TENSÃO	107
1.1. SETORES DE UMA INSTALAÇÃO:	108
2. INSTALAÇÃO ELÉTRICA	111
2.1. INSTALAÇÃO EM LINHA ABERTA:	111
2.2. INSTALAÇÃO DE CONDUTORES EM ELETRODUTOS:	113
3. ELEMENTOS COMPONENTES DE UMA INSTALAÇÃO ELÉTRICA	115
3.1. DEFINIÇÕES:	115
4.1. DIAGRAMA UNIFILAR:	119
4. DIAGRAMAS ELÉTRICOS	119
4.2. DIAGRAMA MULTIFILAR:	120
22. SIMBOLOGIA:	122
6. INSTALAÇÃO DE INTERRUPTOR SIMPLES COMANDANDO LÂMPADA INCANDESCENTE, MAIS TOMADA MONOFÁSICA.....	123
6.1.SIMBOLOGIA UNIFILAR A SER UTILIZADA NA INSTALAÇÃO:.....	123
6.2. DIAGRAMAS ELÉTRICOS DA INSTALAÇÃO:.....	123
6.3. EXERCÍCIOS COMPLEMENTARES:	124
7. INSTALAÇÃO DE LÂMPADAS INCANDESCENTES COMANDADAS POR INTERRUPTOR DE DUAS SEÇÕES	127
7.1. SIMBOLOGIA UNIFILAR A SER UTILIZADA NA INSTALAÇÃO:.....	127
7.2. DIAGRAMAS ELÉTRICOS DA INSTALAÇÃO:.....	127
8. INSTALAÇÃO DE LÂMPADA INCANDESCENTE COMANDADA POR INTERRUPTORES PARALELOS.....	131
8.2. SIMBOLOGIA UNIFILAR A SER UTILIZADA NA INSTALAÇÃO:.....	132
8.3. DIAGRAMAS ELÉTRICOS DA INSTALAÇÃO:.....	132
8.4.EXERCÍCIOS COMPLEMENTARES:	133
9. INSTALAÇÃO DE LÂMPADA INCANDESCENTE COMANDADA POR INTERRUPTORES PARALELOS E INTERMEDIÁRIOS	136
9.1. SIMBOLOGIA UNIFILAR A SER UTILIZADA NA INSTALAÇÃO:.....	136
9.2. DIAGRAMAS ELÉTRICOS DA INSTALAÇÃO:.....	136
9.3. EXERCÍCIOS COMPLEMENTARES:	137
10. INSTALAÇÃO DE LÂMPADA FLUORESCENTE	140
11. MINUTERIA	144
12. RELÉ FOTOELÉTRICO	146
13. MOTOR MONOFÁSICO.....	147
13.1. FUNCIONAMENTO DO MOTOR MONOFÁSICO:	147

13.2. FUNCIONAMENTO DO DISPOSITIVO AUTOMÁTICO DE PARTIDA:	148
13.3 CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS DOS MOTORES MONOFÁSICOS:	149
13.3.2. FREQUÊNCIA:	149
13.3.3. RPM:	149
14. MOTOR TRIFÁSICO	151
14.1. APLICAÇÕES:	151
14.2. CARACTERÍSTICAS DOS MOTORES TRIFÁSICOS DE ROTOR EM CURTO:	151
14.3. CONSTITUIÇÃO DO MOTOR TRIFÁSICO:	153
1. CÁLCULO DE CONSUMO:	158
2. RELAÇÕES ENTRE AS UNIDADES DE POTÊNCIAS:	158
1. VOLTÍMETRO:	159
2. AMPERÍMETRO:	160
3. OHMÍMETROS:	161
4. WATTÍMETRO:	162
1. QUADRO DE DISTRIBUIÇÃO:	163
2. QUANTIDADE DE CIRCUITOS:	163
2.1. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:	165
3. ESPECIFICAÇÕES DE QUADROS DE DISTRIBUIÇÃO:	164
1. TERMINOLOGIA OU DEFINIÇÕES:	170
2. CONDIÇÕES GERAIS DE FORNECIMENTO :	172
3. CARACTERÍSTICA DAS ENTRADAS DE SERVIÇO:	173
BIBLIOGRAFIA	190

PARTE

ELETROTÉCNICA



1

1. MATÉRIA

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

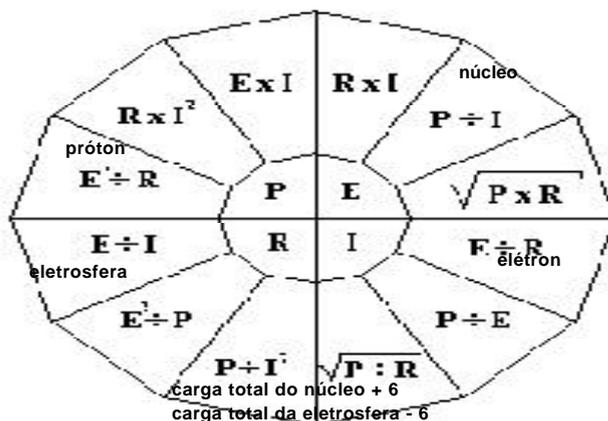
Toda matéria, qualquer que seja seu estado físico, é formada por partículas denominadas moléculas. As moléculas são constituídas por combinações de tipos diferentes de partículas extremamente pequenas, que são os átomos. Quando uma determinada matéria é composta de átomos iguais é denominada elemento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

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

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

Uma teoria bem fundamentada afirma que a estrutura do átomo tem certa semelhança com a do sistema solar. O núcleo, em sua analogia com o sol, é formada por prótons e nêutrons, em redor do mesmo giram, com grande velocidade, elétrons planetários. Tais elétrons são numericamente iguais aos prótons, e este número influi nas características do elemento químico.

Os elétrons, que giram segundo órbitas mais exteriores, são atraídos pelo núcleo com uma força de atração menor que a exercida sobre os elétrons das órbitas mais próximas do núcleo.



Com os elétrons mais exteriores podem ser retiradas de sua orbita com certa facilidade, são denominados elétrons livres.

O acúmulo de elétrons em um corpo caracteriza a carga elétrica do mesmo. Apesar de um número de elétrons livres constituir uma pequena parte do número de elétrons presente na matéria, eles são, todavia numerosos. O movimento desses elétrons se realiza com a velocidade da ordem de 300.000Km/s e se denomina "**corrente elétrica**".

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

Assim como em hidráulica a unidade de volume do líquido é o m³, em eletricidade exprime-se a "quantidade" de eletricidade em **coulombs**.

Resumo :

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

Obs.: 1C (coulomb) = 6,25x10¹⁸ elétrons

2. TENSÃO ELÉTRICA (E)

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

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

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

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

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

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

2.1. RELAÇÃO ENTRE AS UNIDADES

Relações	Denominação	Símbolo	Valor em relação ao volt
múltiplos	megavolt	MV	1000000V
“	quilovolt	KV	1000V
unidade	volt	V	
submúltiplos	milivolt	mV	0.001V
“	microvolt	μV	0.000001V

Tabela para a conversão de unidades de medida:

kV			V			mV			μV		

2.2.TIPOS DE TENSÃO ELÉTRICA:

- ❖ Tensão contínua
- ❖ Tensão alternada

2.2.1.TENSÃO ELÉTRICA CONTÍNUA:

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

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

2.2.2. TENSÃO ELÉTRICA ALTERNADA:

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

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

3. CORRENTE ELÉTRICA (I):

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

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

Através destas informações definimos corrente elétrica da seguinte forma :

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

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

3.1. RELAÇÃO ENTRE AS UNIDADES :

Relação	Denominação	Símbolo	Valor em relação ao ampère
múltiplos	quiloampere	kA	1000A
unidade	ampère	A	-
submúltiplos	miliampere	mA	0.001A
“	microampere	µA	0.000001A

Tabela para a conversão de unidades de medida:

kA			A			mA			µA		

3.2. TIPOS DE CORRENTE ELÉTRICA:

- ❖ Corrente contínua
- ❖ Corrente alternada

3.2.1. CORRENTE CONTÍNUA (CC):

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

Ex. : pilhas comuns e baterias.

3.2.2.CORRENTE ALTERNADA (CA):

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

Ex. : corrente utilizada nas residências.

4. RESISTÊNCIA ELÉTRICA (R):

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

- ❖ **Unidade de medida:** ohm (Ω);
- ❖ **Aparelho de medida de resistência elétrica:** ohmmímetro;

**Obs.: para medir a resistência de um aparelho a rede deve estar desligada, caso contrário poderá danificar o equipamento (ohmmímetro).*

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

- a) **condutores:** oferecem relativa facilidade à passagem da corrente elétrica (baixa resistência);
- b) **isolantes:** oferecem muita dificuldade, sendo quase impossível a passagem da corrente elétrica (alta resistência);
- c) **resistores:** permitem a passagem de corrente elétrica, mas oferecem uma certa resistência. Transformam energia elétrica em calor.

A resistência elétrica de um condutor depende ainda de quatro fatores : **material, comprimento, área da seção (bitola) e temperatura, e** será estudado em um tópico à parte (Resistividade) onde serão analisados cada uma destas características.

4.1. RELAÇÃO ENTRE AS UNIDADES:

Relação	Denominação	Símbolo	Valor em relação ao ampère
múltiplos	quilohm	k Ω	1000 Ω
unidade	ohm	Ω	-
submúltiplos	miliohm	m Ω	0.001 Ω
“	microhm	$\mu\Omega$	0.000001 Ω

Tabela para a conversão de unidades de medida:

k Ω			Ω			m Ω			$\mu\Omega$		

5. POTÊNCIA ELÉTRICA (P):

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

$$P = E * I$$

- ❖ **Unidade de medida:** watt (W)
- ❖ **Aparelho de medida de potência elétrica:** wattímetro

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

Existindo corrente ocorrerá algum tipo de fenômeno.

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

Luz e calor.

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

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

Obs.: a grandeza potência elétrica é quem nos informa a “dimensão” do aparelho, ou seja, a capacidade em transformar uma certa quantidade de energia elétrica em outras formas de energia. Desta forma quanto maior a potência elétrica de um determinado receptor, mais corrente elétrica será consumida e, conseqüentemente mais energia ele produzirá.

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

5.2.RELAÇÃO ENTRE AS UNIDADES:

Relação	Denominação	Símbolo	Valor em relação ao ampère
múltiplos	quilowatt	kW	1000W
unidade	watt	W	-
submúltiplos	miliwatt	mW	0.001W
“	microwatt	μ W	0.000001W

Tabela para a conversão de unidades de medida:

kW			W			mW			mW		

5.3. CONSIDERAÇÕES:

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

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

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

- ❖ **Potência ativa** : é a parcela efetivamente transformada em outras formas de potência: potência mecânica, potência térmica e potência luminosa, ou seja é a energia que realmente produz algum tipo de trabalho. Em termos práticos é a energia que **consumimos e pagamos**. A unidade de medida desta forma de potência é o **Watt (W)**.
- ❖ **Potência reativa** : é a parcela transformada em campo magnético, necessário por exemplo ao funcionamento de motores, transformadores e reatores. Este tipo de energia não gera trabalho nenhum (desperdício). Logo, é uma energia que **não consumimos mas pagamos**. A unidade de medida da potência reativa é o **volt - ampère - reativo (Var)**.

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

Este assunto será abordado com maiores detalhes no capítulo 19.

6. CONDUTORES - ISOLANTES - RESISTORES

6.1 CONDUTORES:

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

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

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

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

Abaixo citaremos os 4 melhores condutores:

- ❖ **Ouro:** é o melhor condutor elétrico, devido ao seu alto custo é pouco empregado na eletricidade;
- ❖ **Prata:** é considerado o 2º melhor condutor elétrico, sendo pouco empregado na eletricidade, devido ao seu alto custo. Na eletricidade a prata é utilizada em contadores, recobrimo ou mesmo confeccionando os contatos internos.
- ❖ **Cobre:** é o 3º melhor condutor elétrico, é o material mais empregado em eletricidade, devido ao seu custo relativamente baixo. O cobre é empregado na confecção de contatos de interruptores, receptáculos, fios, etc..
- ❖ **Alumínio:** é o 4º melhor condutor elétrico. É bastante empregado na confecção de condutores usados nas linhas de transmissão de energia, das usinas geradoras até as cidades.

6.2 ISOLANTES:

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

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

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

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

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

6.3. RESISTORES:

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

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

Devido a essa característica, estes materiais oferecem média condutância e média resistência.

Dentre os materiais considerados resistores elétricos, os mais usados em eletricidade são: o tungstênio e o níquel-cromo.

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

7. RESISTIVIDADE

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

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

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

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

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

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

Por exemplo: no cobre a **condutância** é maior que a **resistência**, (figura 1) já no plástico a resistência é muito maior que a condutância.



FIGURA 1: MATERIAL COBRE

- ❖ Maior resistência → Menor condutância
- ❖ Menor resistência → Maior condutância

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

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

7.1. NATUREZA DO MATERIAL:

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

7.2. COMPRIMENTO:

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

Portanto:

- ❖ aumentando o comprimento → aumentará a resistência
- ❖ diminuindo o comprimento → diminuirá a resistência.

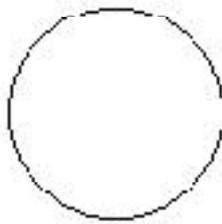
obs.: é importante lembrar que estamos considerando materiais de mesma natureza.

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

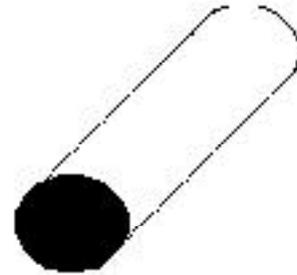
- ❖ aumentando o comprimento → diminuirá a condutância
- ❖ diminuindo o comprimento → aumentará a condutância

7.3. SEÇÃO TRANSVERSAL:

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



seção transversal (área)



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

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

- ❖ aumentando a seção transversal → diminuirá a resistência;
- ❖ diminuindo a seção transversal → aumentará a resistência.

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

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

7.4. TEMPERATURA:

O último fator que pode influenciar nos valores de resistência e condutância elétrica dos materiais é a temperatura, onde levaremos em consideração materiais de mesma natureza, igual comprimento e de mesma seção transversal, variando apenas os valores de temperatura.

Em relação a resistência, temos que:

- ❖ aumentando a temperatura → aumentará a resistência
- ❖ diminuindo a temperatura → diminuirá a resistência

Condutância:

- ❖ aumentando a temperatura → diminuirá a condutância
- ❖ diminuindo a temperatura → aumentará a condutância

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

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

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

$$R = R_0.(1 + \alpha t),$$

onde α é o coeficiente de temperatura do metal que se considera, e representa a variação da resistência pelo aumento de um grau centígrado de temperatura para cada um de resistência inicial do condutor.

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

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

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

Coeficientes de temperatura

MATERIAL	a
alumínio	0.00427
cobre	0.00426
ferro	0.00460
prata	0.00340

7.5. RESISTÊNCIA ESPECÍFICA:

Definição: é a resistência oferecida por um material com 1 metro (m) de comprimento, 1mm² de seção transversal e estando a uma temperatura de 20° C.

Resistividade (r) - é a resistência específica de cada material. (W .mm²/ m).

Tabela de resistividade (r):

MATERIAL	r
prata	0.016
cobre	0.017
alumínio	0.030
tungstênio	0.050
níquel - cromo	1000

Fórmula:

$$R = r \cdot l / S, \text{ onde :}$$

R = resistência total do material, em ohms (Ω)

ρ (rô) = resistência específica do material ($\Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{m}$)

l = comprimento do material, em metros (m)

S = seção transversal do material, em mm²

8. CIRCUITOS ELÉTRICOS:

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

Um circuito elétrico é constituído basicamente por quatro componentes fundamentais :

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

8.1. FONTES GERADORAS:

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

8.2.CONSUMIDOR:

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

8.3 CONDUTOR ELÉTRICO:

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

8.4 DISPOSITIVO DE MANOBRA:

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

8.5 CIRCUITO FECHADO:

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

8.6 CIRCUITO ABERTO:

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

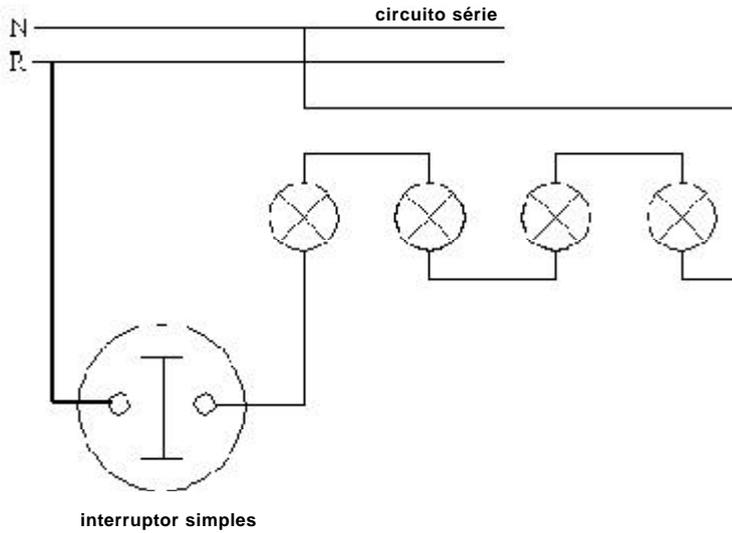
8.7 TIPOS DE CIRCUITOS ELÉTRICOS:

- ❖ circuito elétrico série;
- ❖ circuito elétrico paralelo;
- ❖ circuito elétrico misto.

8.7.1. CIRCUITO SÉRIE:

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

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

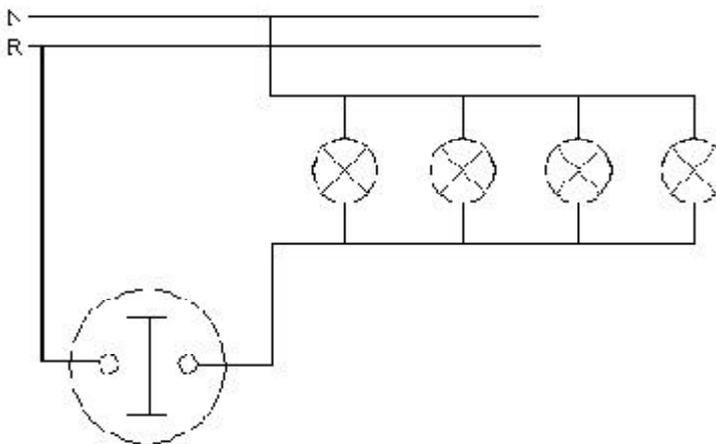


8.7.1.1. CARACTERÍSTICAS DO CIRCUITO SÉRIE:

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

8.7.2. CIRCUITO PARALELO:

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



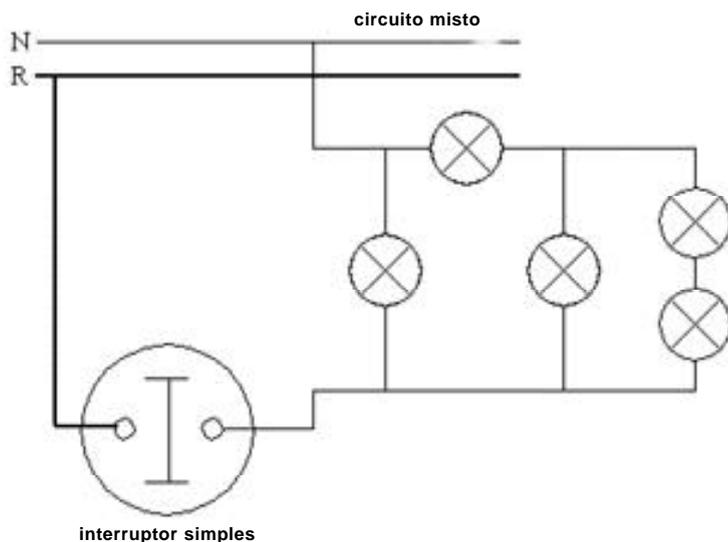
8.7.2.1. CARACTERÍSTICAS DO CIRCUITO PARALELO:

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

8.7.3. CIRCUITO ELÉTRICO MISTO:

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

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



9. LEI DE OHM

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

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

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

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

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

Lei básica da eletricidade.

Observações realizadas por Ohm:

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

Isto se traduz da seguinte forma:

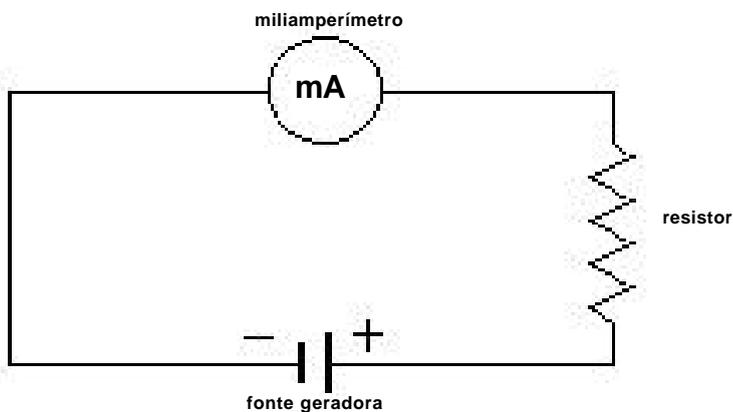
“A corrente que flui através de uma resistência é diretamente proporcional à tensão aplicada e inversamente proporcional à resistência.”

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

9.1. DETERMINAÇÃO EXPERIMENTAL DA LEI DE OHM:

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

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



do-se a resistência ou aumentando a tensão.

9.2. APLICAÇÃO DA LEI DE OHM:

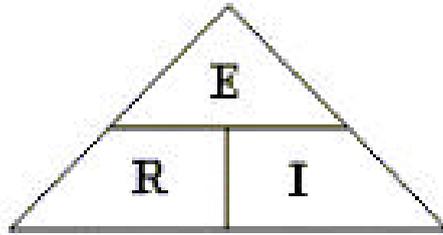
A Lei de Ohm pode ser utilizada através da sua equação para determinar os valores de tensão (E), corrente (I) ou resistência (R) em um circuito.

Sempre que se conhecem dois valores em um circuito (

E e I; I e R ou E e R) o terceiro valor desconhecido pode ser determinado pela Lei de Ohm.

Para tornar mais simples o uso da equação da Lei de Ohm, utiliza-se o seguinte método:

Quando se deseja determinar a intensidade da corrente



elétrica (I) que percorre um circuito, coloca-se o dedo sobre a letra I do triângulo.

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

$$I = E / R$$

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

$$R = E / I$$

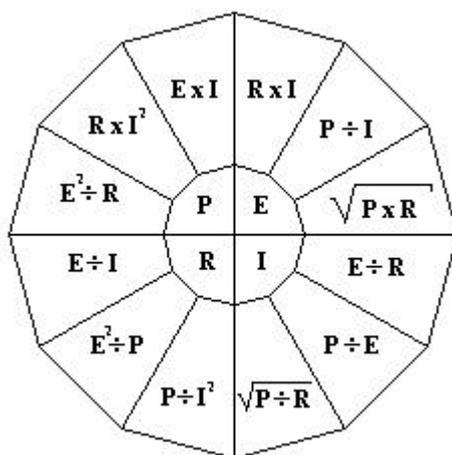
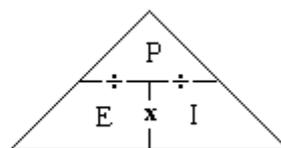
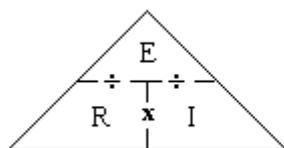
Da mesma forma pode-se determinar a tensão aplicada em um circuito quando se conhece a corrente e a resistência.

$$E = R * I$$

Para que as equações decorrentes da Lei de Ohm sejam utilizados, as grandezas elétricas devem ter seus valores expressos nas unidades fundamentais: volt (V), ampère (A) e ohm (W).

Quando os valores de um circuito estiverem expressos em múltiplos das unidades devem ser convertidos para as unidades fundamentais antes de serem usadas nas equações.

FORMULÁRIO:



$E =$	$R \times I$	$P \div I$	$\sqrt{P \times R}$
$I =$	$E \div R$	$P \div E$	$\sqrt{P \div R}$
$P =$	$E \times I$	$R \times I^2$	$E^2 \div R$
$R =$	$E \div I$	$E^2 \div P$	$P \div I^2$

10. ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES

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

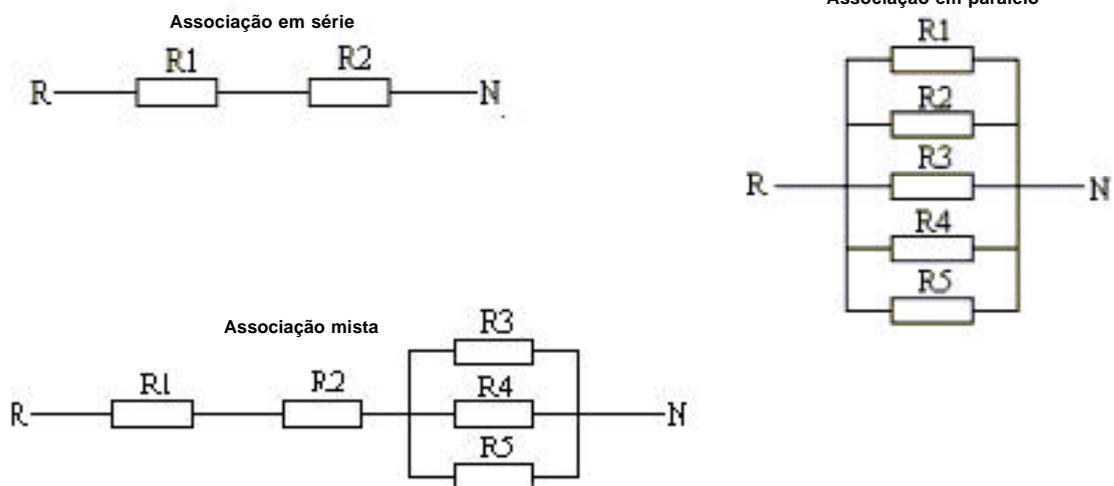
Inúmeras vezes tem-se necessidade de um valor de resistência diferente do fornecido por um único resistor, outras vezes atravessar em resistor com uma corrente maior do que aquela que normalmente suportaria e que o danificaria. Nesses casos deve-se fazer uma **associação de resistores**.

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

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

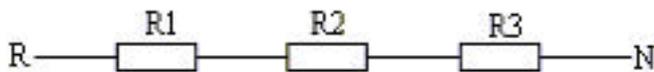
Exemplos das formas de se associar resistores:

10.1. ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES EM SÉRIE:



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

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



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

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

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

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

ou

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

n = número de resistores

R = resistência de cada um dos resistores

10.1.1. CARACTERÍSTICAS DA ASSOCIAÇÃO EM

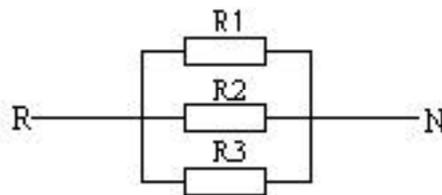
SÉRIE:

- ❖ o resistor equivalente é a soma de todos os resistores do circuito;
- ❖ todo o circuito é percorrido pela mesma corrente;
- ❖ as potências dissipadas pelas resistências são diretamente proporcionais às respectivas resistências (Lei de Joule $P = I^2 \times R$);
- ❖ a tensão elétrica ou d.d.p. em cada resistor de uma associação em série são diretamente proporcionais às respectivas resistências

10.2. ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES EM PARALELO:

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

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



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

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

No caso de termos dois resistores associados em sé-

rie, temos:

$$R_T = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2} \quad \begin{array}{l} \text{(produto)} \\ \text{(soma)} \end{array}$$

Se tivermos vários resistores iguais:

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

R = valor de uma resistência

n = número de resistores iguais

10.2.2. CARACTERÍSTICAS DA ASSOCIAÇÃO EM PARALELO:

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

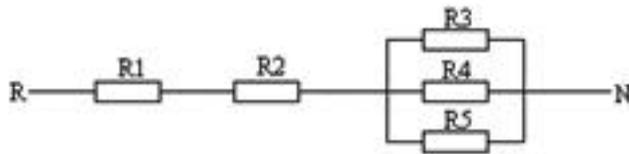
10.3. ASSOCIAÇÃO MISTA DE RESISTORES:

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

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

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

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



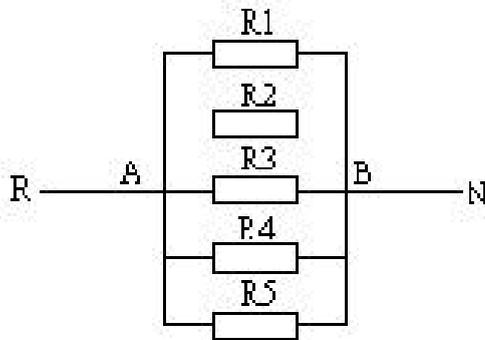
11. LEI DE KIRCHHOFF

11.1. PRIMEIRA LEI DE KIRCHHOFF:

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

Enunciado da Primeira Lei de Kirchhoff :

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



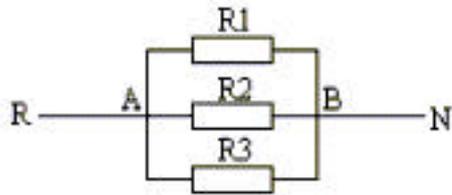
Obs.: chama-se “nó” ao ponto de união de três ou mais braços de um circuito elétrico.

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

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

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

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



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

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

$$I_1 = P_1 / E, \quad I_2 = P_2 / E, \quad I_3 = P_3 / E$$

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

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

No caso de vários resistores em paralelo, teremos:

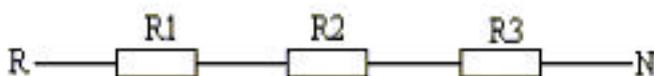
$$I = I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n$$

11.2. SEGUNDA LEI DE KIRCHHOFF:

A segunda Lei de Kirchhoff se refere a forma como a tensão se distribui no circuito série.

Enunciado da Segunda Lei de Kirchhoff:

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



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

- ❖ fornece apenas um caminho para a circulação da corrente elétrica;
- ❖ a corrente tem o mesmo valor em qualquer ponto do circuito.

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



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

$$E1 = I \times R1$$

$$E2 = I \times R2$$

Assim, teremos para o circuito uma tensão total de:

$$E = E1 + E2$$

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

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

12. LEI DE JOULE

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

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

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

Enunciado da Lei de Joule:

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

$$Q = 0,24 \times I^2 \times R \times t \quad \text{onde}$$

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

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

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

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

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

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

A perda Joule é expressa em watts pela seguinte fórmula:

$$P = I^2 \times R, \text{ onde}$$

P - potência dissipada ou perdida (W)

I - corrente elétrica (A)

R - resistência elétrica (Ω)

12.1 APLICAÇÕES DO EFEITO JOULE:

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

- a) As lâmpadas incandescentes criadas no século passado pelo inventor Thomas Edison, constituem também uma aplicação do efeito Joule. Os filamentos destas lâmpadas são geralmente feitos de tungstênio, que é um metal cujo ponto de fusão é muito elevado. Assim, estes filamentos, ao serem percorridos por uma corrente elétrica, se aquecem e podem alcançar altas temperaturas tornando-se incandescentes e emitindo grande quantidade de luz.
- b) Outra aplicação do efeito Joule é encontrada na construção de fusíveis, que são dispositivos usados para limitar a corrente que passa em um circuito elétrico como , por exemplo, em um automóvel, em uma residência, em um aparelho elétrico, etc.. Este dispositivo é constituído por um filamento metálico, geralmente de chumbo, que tem baixo ponto de fusão. Desta maneira, quando a corrente que passa no fusível ultrapassa um certo valor (próprio de cada valor), o calor gerado pelo efeito Joule provoca a fusão do filamento, interrompendo a passagem da corrente.
- c) Atualmente, os fusíveis nas residências são substituídos por disjuntores, o qual também possui o seu funcionamento baseado no efeito Joule. Nestes componentes, o aquecimento de um dispositivo bimetálico provoca a sua dilatação, fazendo com que o disjuntor desligue, protegendo o circuito.

13. QUEDA DE TENSÃO

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

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

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

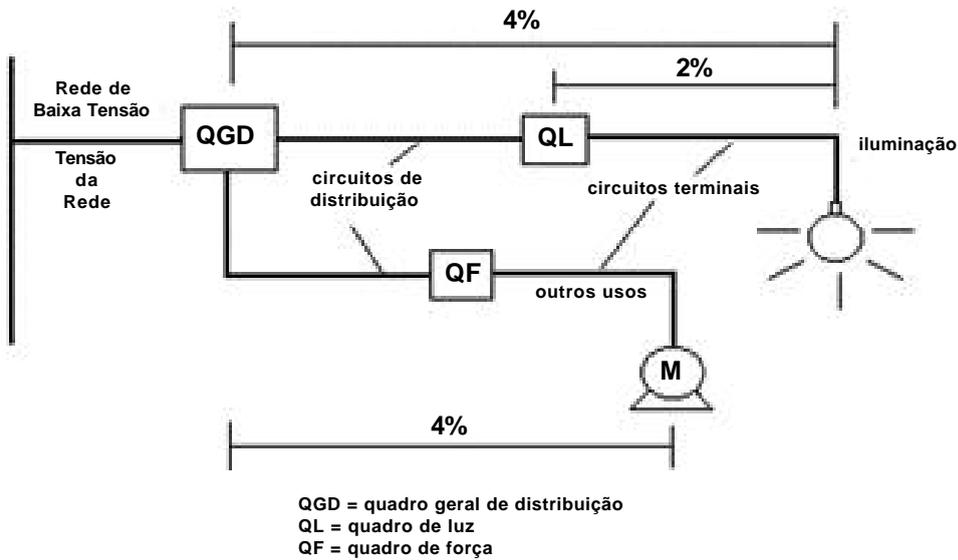
A queda de tensão (total) é considerada entre a origem da instalação e o último ponto de utilização de qualquer terminal.

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

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

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

- a) para instalações alimentadas diretamente por um ramal de baixa tensão, a partir da rede de distribuição pública de baixa tensão:
 - ❖ iluminação: 4%
 - ❖ outras utilizações: 4%



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

- ❖ iluminação: 7%
- ❖ outras utilizações: 7%

.....

.....

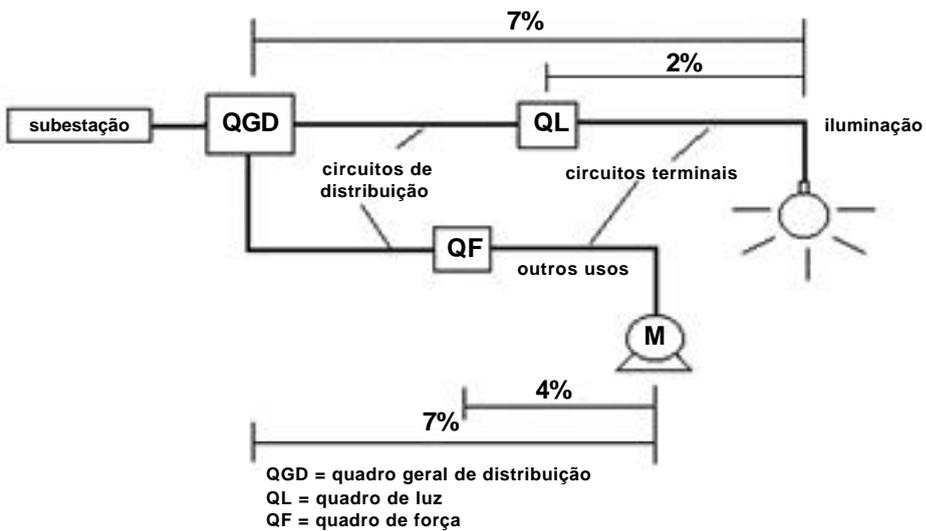
.....

.....

.....

.....

.....



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

14. DIMENSIONAMENTO DE CONDUTORES

14.1. DIMENSIONAMENTO DOS CONDUTORES PELA QUEDA DE TENSÃO ADMISSÍVEL:

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

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

à Potência P (W) x distância l (m)

$E = 110$ V

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

à Potência P (W) x distância l (m)

E= 220 V

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

Observações:

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

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

14.2. DIMENSIONAMENTO DOS CONDUTORES PELA CAPACIDADE MÁXIMA DE CONDUÇÃO DE CORRENTE:

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

Os fabricantes de condutores e a própria NBR 5410 indicam, através de tabelas de capacidade de condução, as correntes admissíveis para cada tipo, bitola e condição, segundo a qual cada condutor está sendo utilizado. O critério da capacidade de condução consiste em escolher o condutor, atendendo às indicações das tabelas.

Fórmulas para a determinação das correntes dos circuitos:

- ❖ Circuitos monofásicos:

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

- ❖ Circuitos trifásicos:

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

I = corrente elétrica (A)

FP = fator de potência

P = potência elétrica (W)

E = tensão elétrica (V)

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

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

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

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

- ❖ iluminação 1,5 mm²
- ❖ tomadas em quartos, salas 1,5mm²
- ❖ tomadas em cozinhas, áreas de serviço 2,5mm²
- ❖ aquecedores de água 4mm²
- ❖ aparelhos de ar condicionado 2,5mm²
- ❖ fogões elétricos 6mm²

14.3. DIMENSIONAMENTO DE ELETRODUTOS:

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

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

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

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

Tabela 2. Eletroduto rígido de PVC:

seção nominal (mm ²)	Número de condutores no eletroduto								
	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Tamanho 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	32	32
10	20	20	25	25	32	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	75
70	40	40	50	60	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			

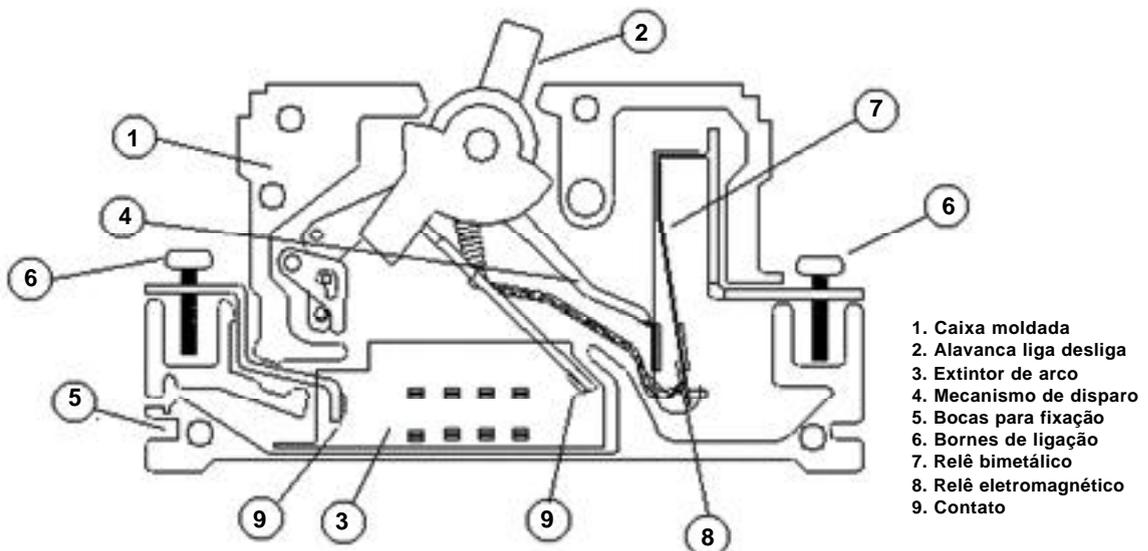
Tabela 3. Tamanho nominal dos eletrodutos - equivalência:

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

15. DISJUNTORES

Disjuntores são dispositivos eletromecânicos que satisfazem simultaneamente às seguintes condições:

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



15.1. FUNCIONAMENTO:

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

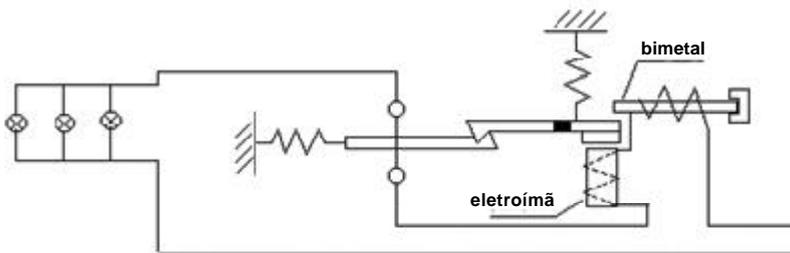
Estes disjuntores termomagnéticos possuem o elemento térmico contra sobrecarga e o elemento magnético contra curto-circuito.

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

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

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

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



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

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

15.2. PROTEÇÃO CONTRA CURTO-CIRCUITO:

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

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

15.3. CÁLCULO DE DISJUNTORES:

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

$$D = I * 1,25, \text{ onde}$$

I = corrente nominal do circuito

D = disjuntor

1,25 = coeficiente de segurança

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

- ❖ Para redes trifásicas:

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

I = corrente nominal (A);

P = potência

1.73 = é a constante por ser trifásico

E = tensão

$\cos\phi$ = fator de potência

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

15.4. DISJUNTOR DIFERENCIAL RESIDUAL (DR):

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

❖ Descrição:

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

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

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

❖ Princípio de funcionamento:

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

❖ Conceito de proteção:

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

❖ Proteção contra incêndio:

A NBR 5410, item 472.2.9, exige que:

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

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

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

❖ Utilização:

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

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

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

Observação:

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

16. ATERRAMENTO

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

16.1. TIPOS DE ATERRAMENTO:

- a) **aterramento funcional:** consiste na ligação à terra de um dos condutores do sistema (geralmente o neutro), e está relacionado com o funcionamento correto, seguro e confiável da instalação.
- b) **aterramento de proteção:** consiste na ligação à terra das massas e dos elementos condutores estranhos à instalação, visando à proteção contra choques elétricos por contato indireto.

16.2. COMPONENTES DO SISTEMA DE ATERRAMENTO:

- a) **eletrodo de aterramento:** constitui a parte colocada em contato íntimo com o solo, com o objetivo de dispersar a corrente;
- b) **condutor de aterramento:** liga o eletrodo de aterramento ao terminal de aterramento principal;

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

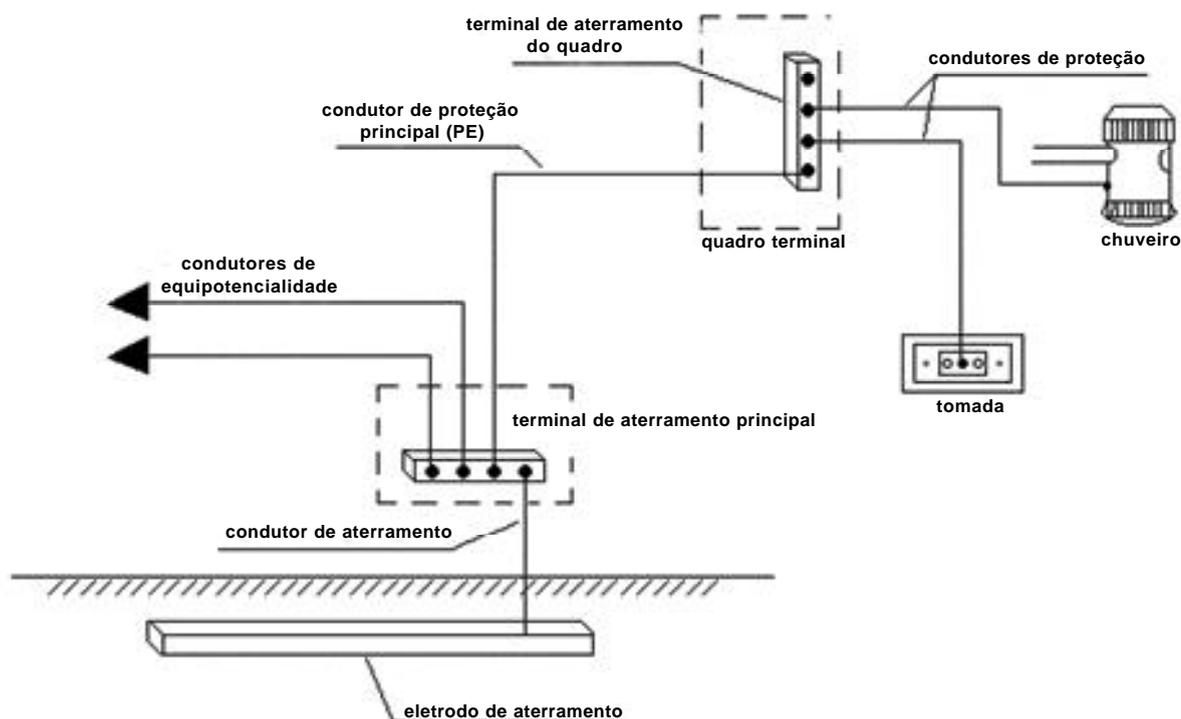
- ❖ os condutores de equipotencialidade principais, que ligam ou interligam as canalizações metálicas não elétricas de abastecimento do prédio e os elementos metálicos acessíveis da construção;
- ❖ os condutores de equipotencialidade das ligações equipotenciais suplementares que interligam massas e/ou elementos condutores estranhos à instalação;

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

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

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

16.3. DESCRIÇÃO DOS COMPONENTES DE ATERRAMENTO DE ACORDO COM A NBR 5410:



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

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

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

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

17. LUMINOTÉCNICA

17.1 CONHECENDO A LUZ

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

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

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

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

17.2 LUZ:

Luz é uma radiação eletromagnética capaz de produzir sensação visual.

17.3 FONTES LUMINOSAS:

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

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

17.4 LÂMPADAS:

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

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

17.5 QUALIDADE DA LUZ:

❖ ESPECTRO VISÍVEL:

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

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

❖ TEMPERATURA DE COR / APARÊNCIA DE COR DA LUZ:

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

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

❖ ÍNDICE DE REPRODUÇÃO DE COR: Ra ou IRC

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

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

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

17.6 CONCEITOS LUMINOTÉCNICOS:

a) FLUXO LUMINOSO (lm):

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

b) POTÊNCIA CONSUMIDA (W):

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

c) EFICIÊNCIA ENERGÉTICA (lm / W):

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

d) VIDA/DURABILIDADE DE UMA LÂMPADA:

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

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

e) VIDA MEDIANA (h):

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

f) VIDA MÉDIA (h):

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

g) VIDA CUSTO/BENEFÍCIO (h):

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

h) INTENSIDADE LUMINOSA (cd):

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

i) ILUMINÂNCIA (E = Lux):

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

j) FATOR OU ÍNDICE DE REFLEXÃO:

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

k) LUMINÂNCIA (L):

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

17.7 TIPOS DE LÂMPADAS:

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

- ❖ Lâmpadas incandescentes
- ❖ Lâmpadas de descarga

17.7.1.LÂMPADAS INCANDESCENTES:

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

17.7.1.1 UTILIZAÇÃO :

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

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

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

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

17.7.1.2 CARACTERÍSTICAS DAS LÂMPADAS INCANDESCENTES:

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

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

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

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

17.7.1.3 TIPOS DE LÂMPADAS INCANDESCENTES:

- a) **Comuns ou de uso geral:** são empregadas em residências, lojas e locais de trabalho que não exijam índices de iluminação elevados. Podem ser de bulbo transparente, translúcido ou opalizado, e são fabricadas nas potências indicadas na tabela 1.

TABELA 1. LÂMPADAS INCANDESCENTES OSRAM PARA ILUMINAÇÃO GERAL:

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

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

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

c) **Bulbo de quartzo ou incandescentes halógenas:** é um tipo aperfeiçoado da lâmpada incandescente, constituída de um bulbo tubular de quartzo, dentro do qual existem um filamento de tungstênio e partículas de iodo. (daí o nome de halógenas), que através de uma reação cíclica, reconduzem o tungstênio volatilizado de volta ao filamento, evitando o escurecimento do bulbo. Em temperaturas próximas a 1400°C, o halogênio adiciona-se ao gás contido no bulbo. Por efeito de convecção, o composto se aproxima novamente do filamento. A alta temperatura aí reinante decompõe o chamado *haleto*, e parte do tungstênio deposita-se de volta no filamento.

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

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

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

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

TABELA 2. LÂMPADAS HALÓGENAS REFLETORAS OSRAM PARA USO INTERNO E EXTERNO:

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

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

A tabela 3 apresentará as características de lâmpadas halógenas em baixa tensão, conhecidas popularmente como “palito”.

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

TABELA 3. LÂMPADAS HALÓGENAS OSRAM:

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

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

A tabela 4 apresentará algumas características das lâmpadas refletoras OSRAM para uso interno.

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

TABELA 4. LÂMPADAS REFLETORAS OSRAM:

REFERÊNCIA	40R63	60R63	60R75	100R75	120PAR38FL
Potência (W)	40	60	60	100	120
Ângulo	30°	30°	100°	100°	30°
Int. Luminosa (cd)	540	960	480	890	3100
Comprimento (mm)	103	103	125	125	136

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

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

17.7.2 LÂMPADAS DE DESCARGA:

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

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

17.7.2.1 OPERAÇÃO DE LÂMPADAS DE DESCARGA:

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

Geralmente as lâmpadas de descarga são operadas em conjunto com reatores, cuja função principal é limitar a corrente na lâmpada ao valor recomendado. O reator é normalmente uma combinação de uma indutância e capacitor.

Um starter ou ignitor é utilizado para iniciar a descarga. Sozinho ou em combinação com o reator fornece pulsações de tensão, que ionizam o caminho da descarga e provocam a partida.

A ignição é seguida pela estabilização do gás ou vapor, que poderá demorar alguns minutos, dependendo do tipo de lâmpada. Durante este tempo, o fluxo luminoso aumenta com o aumento do consumo, até a lâmpada atingir seu valor nominal.

As lâmpadas fluorescentes tubulares apresentam um tempo de estabilização menor, sendo maior para lâmpadas de alta pressão.

17.7.2.2 TIPOS DE LÂMPADAS DE DESCARGA :

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

TABELA 5. LÂMPADAS FLUORESCENTES OSRAM:

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

* vida útil = 7500h

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

TABELA 6. LÂMPADAS FLUORESCENTES GE:

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

* vida mediana 20000h

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

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

TABELA 7. LÂMPADAS DE LUZ MISTA OSRAM:

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

* vida útil 6000h

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

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

TABELA 8. LÂMPADAS DE VAPOR DE MERCÚRIO OSRAM :

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

* vida mediana 24000h

17.8 PROJETO DE ILUMINAÇÃO PARA INTERIORES:

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

Deve - se escolher entre:

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

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

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

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

17.8.1 SELEÇÃO DA ILUMINÂNCIA:

A NBR 5413/82 estabelece um procedimento para a escolha da “iluminância” constante da tabela 9, observa-se que na tabela 9 constam três valores de “iluminância” para cada grupo de tarefas visuais. Para a escolha da “iluminância” em determinado problema, deve-se atender para os três fatores que constam na tabela 10:

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

TABELA 9. ILUMINÂNCIAS (ÍNDICES DE ILUMINAMENTO PARA CADA GRUPO DE TAREFAS VISUAIS, SEGUNDO A NBR5413/82

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

TABELA 10. FATORES DETERMINANTES DA ILUMINÂNCIA ADEQUADA:

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

1^o) determinar o peso (-1, 0, +1) correspondente a cada característica. Tabela 10

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

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

TABELA 11. ILUMINÂNCIA EM LUX, POR TIPO DE ATIVIDADE SEGUNDO A NBR 5413/91

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

17.8.2.ESCOLHA DA LUMINÁRIA:

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

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

17.8.3. DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DO LOCAL:

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

Ver tabela 12. Índice do local

**17.8.4. DETERMINAÇÃO DO FATOR DE DEPRE-
CIAÇÃO (d):**

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

Ver tabela 13.

17.8.5. DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE UTILIZAÇÃO (μ):

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

Ver tabela 13

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

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

17.8.6. CÁLCULO DO FLUXO TOTAL E DO NÚMERO DE LÂMPADAS:

❖ *Cálculo do fluxo total* (ϕ):

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

ϕ = fluxo total, em lumens (lm)

S = área do local (m²)

E = nível de iluminação (lux)

μ = fator de utilização

d = fator de depreciação

TABELA 12

Altura do teto em metros									
Para iluminação indireta e semi - indireta	2,75	3,00	3,70	4,30	5,20	6,40	7,60	9,50	11,30
	2,90	3,50	4,10	5,00	6,00	7,30	9,00	11,00	15,30
Distância do foco luminoso ao chão									
Para iluminação direta e semi - direta	2,15	2,45	2,75	3,00	3,70	4,30	5,20	6,40	7,60
	2,30	2,60	2,90	3,50	4,10	5,00	6,00	7,30	9,00
Largura do local (m)	Comprimento do local (m)	Índice do local							
2,75 (2,60 - 2,75)	2,50 - 3,00	H	I	J	J				
	3,00 - 4,30	H	I	I	J				
	4,30 - 6,00	G	H	I	J	J			
	6,00 - 9,00	G	G	H	I	J	J		
	9,00 - 13,00	F	G	H	I	J	J	J	
	13,00 ou mais	E	F	G	H	I	J	J	
3 (2,90 - 3,20)	3,00 - 4,30	G	H	I	J	J			
	4,30 - 6,00	G	H	I	J	J	J		
	6,00 - 9,00	F	G	H	I	J	J		
	9,00 - 13,00	F	G	G	H	I	J	J	
	13,00 - 18,30	E	F	G	H	I	J	J	
	18,30 ou mais	E	F	F	H	H	I	J	
3,7 (3,40 - 3,80)	3,00 - 4,30	G	H	I	I	J	J		
	4,30 - 6,00	F	G	H	I	J	J		
	6,00 - 9,00	F	G	G	H	I	J	J	
	9,00 - 13,00	E	F	G	H	I	J	J	
	13,00 - 18,30	E	F	F	G	H	I	J	
	18,30 - ou mais	E	E	F	G	H	I	J	
4,3 (4,00 - 4,70)	4,30 - 6,00	F	G	H	H	I	J	J	
	6,00 - 9,00	E	F	G	H	I	J	J	
	9,00 - 13,00	E	F	F	G	H	I	J	J
	13,00 - 18,30	E	E	F	F	H	I	J	J
	18,30 - 27,50	D	E	E	F	G	H	J	J
	27,50 ou mais	D	E	E	F	F	G	I	J
5,2 (4,90 - 5,65)	4,30 - 6,00	E	F	G	H	I	J	J	
	6,00 - 9,00	E	F	F	G	H	I	J	
	9,00 - 13,00	D	E	F	G	H	H	J	J
	13,00 - 18,30	D	E	E	F	G	G	I	J
	18,30 - 35,00	D	E	E	F	G	G	I	J
	35,00 ou mais	C	D	E	E	F	G	H	I
6 (5,80 - 6,60)	6,00 - 9,00	D	E	F	G	H	I	J	J
	9,00 - 13,00	D	E	E	F	G	H	I	J
	13,00 - 18,30	D	D	E	E	F	G	I	J
	18,30 - 27,50	C	D	E	E	F	G	H	J
	27,50 - 43,00	C	D	D	E	F	F	H	I
	43,00 ou mais	C	D	D	E	F	F	H	I

Altura do teto em metros										
Para iluminação indireta e semi - indireta	2,75	3,00	3,70	4,30	5,20	6,40	7,60	9,50	11,30	
	2,90	3,50	4,10	5,00	6,00	7,30	9,00	11,00	15,30	
Distância do foco luminoso ao chão										
Para iluminação direta e semi - direta	2,15	2,45	2,75	3,00	3,70	4,30	5,20	6,40	7,60	
	2,30	2,60	2,90	3,50	4,10	5,00	6,00	7,30	9,00	
Largura do local (m)	Comprimento do local (m)	Índice do local								
7,3 (6,70 - 7,90)	6,00 - 9,00	D	E	E	F	G	H	I	J	J
	9,00 - 13,00	C	D	E	F	G	G	I	J	J
	13,00 - 18,30	C	D	D	E	F	G	H	I	J
	18,30 - 27,50	C	D	D	E	F	F	H	I	J
	27,50 - 43,00	C	C	D	E	E	F	G	H	I
43,00 ou mais	C	C	D	E	E	F	G	H	I	
9 (8,25 - 10,00)	9,00 - 13,00	C	D	D	E	F	G	H	I	J
	13,00 - 18,30	C	C	D	D	F	F	H	H	I
	18,30 - 27,50	B	C	C	D	E	F	G	H	I
	27,50 - 43,00	B	C	C	D	E	E	F	G	H
	43,00 - 55,00	B	C	C	D	E	E	F	G	H
55,00 ou mais	B	C	C	D	E	E	F	G	H	
11 (10,40 - 11,90)	9,00 - 13,00	B	C	D	E	F	F	H	I	I
	13,00 - 18,30	B	C	C	D	E	F	G	H	I
	18,30 - 27,50	A	C	C	C	E	E	F	H	H
	27,50 - 43,00	A	B	C	C	D	E	F	G	H
	43,00 - 60,00	A	B	C	C	D	E	F	G	G
60,00 ou mais	A	B	C	C	D	E	F	F	G	
12,8 (12,20 - 13,70)	13,00 - 18,30	A	B	C	C	E	F	G	H	I
	18,30 - 27,50	A	B	B	C	D	E	F	G	H
	27,50 - 43,00	A	B	B	C	D	D	E	F	G
	43,00 - 60,00	A	A	B	C	D	D	E	F	G
	60,00 ou mais	A	A	B	C	D	D	E	F	F
15,3 (14,00 - 16,80)	13,00 - 18,30	A	A	B	C	D	E	F	G	H
	18,30 - 27,50	A	A	B	C	C	D	F	F	G
	27,50 - 43,00	A	A	A	C	C	D	E	F	F
	43,00 - 60,00	A	A	A	C	C	D	E	E	F
	60,00 ou mais	A	A	A	C	C	D	E	E	F
18,3 (17,30 - 20,45)	18,30 - 27,50	A	A	A	B	C	D	E	F	G
	27,50 - 43,00	A	A	A	B	C	C	D	E	F
	43,00 - 60,00	A	A	A	B	C	C	D	E	E
	60,00 ou mais	A	A	A	B	C	C	D	E	E
23 (20,75 - 27,50)	18,30 - 27,50	A	A	A	A	B	C	D	E	F
	27,50 - 43,00	A	A	A	A	B	C	D	E	F
	43,00 - 60,00	A	A	A	A	B	B	C	D	E
	60,00 ou mais	A	A	A	A	B	B	C	D	E

TABELA 13 A

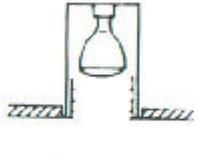
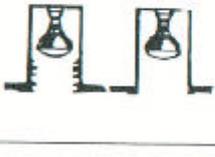
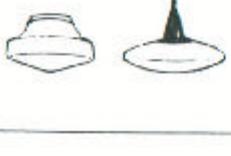
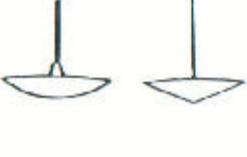
Fator de depreciação	Luminária		Teto	75 %			50 %			Descrição
			Paredes	50 %	30 %	10 %	50 %	30 %	10 %	
	Tipo	Índice do local	Coeficientes de utilização							
① d = 0,77		↑ 0 — 85 ↓	J	0,36	0,29	0,25	0,36	0,29	0,25	Refletor industrial para lâmpadas incandescentes e Lucalox Espaçamento máximo entre aparelhos = altura de montagem × 0,9
			I	0,45	0,36	0,33	0,44	0,37	0,33	
			H	0,52	0,45	0,40	0,51	0,44	0,40	
			G	0,58	0,51	0,47	0,58	0,51	0,46	
			F	0,63	0,56	0,52	0,62	0,56	0,52	
			E	0,69	0,63	0,59	0,68	0,63	0,58	
			D	0,73	0,68	0,64	0,72	0,67	0,63	
			C	0,76	0,71	0,68	0,75	0,71	0,67	
			B	0,80	0,76	0,73	0,79	0,76	0,73	
A	0,83	0,80	0,77	0,82	0,79	0,77				
② d = 0,70		↑ 0 — 70 ↓	J	0,40	0,35	0,32	0,34	0,35	0,32	Refletor industrial para lâmpadas de vapor de mercúrio e luz mista Espaçamento máximo entre aparelhos = altura de montagem × 0,9
			I	0,47	0,43	0,40	0,46	0,42	0,40	
			H	0,52	0,48	0,45	0,51	0,47	0,45	
			G	0,56	0,52	0,50	0,55	0,52	0,50	
			F	0,59	0,56	0,53	0,58	0,55	0,53	
			E	0,63	0,60	0,58	0,62	0,59	0,57	
			D	0,65	0,63	0,61	0,64	0,62	0,60	
			C	0,67	0,65	0,63	0,66	0,64	0,62	
			B	0,69	0,67	0,65	0,67	0,66	0,65	
A	0,70	0,69	0,67	0,69	0,67	0,66				
③ d = 0,85		↑ 0 — 85 ↓	J	0,68	0,64	0,62	0,67	0,64	0,62	Aparelho de embutir para lâmpada refletora elíptica Espaçamento máximo entre aparelhos = altura de montagem × 0,5
			I	0,73	0,69	0,67	0,72	0,69	0,66	
			H	0,79	0,75	0,72	0,77	0,74	0,72	
			G	0,82	0,79	0,76	0,80	0,77	0,75	
			F	0,86	0,83	0,80	0,83	0,81	0,79	
			E	0,88	0,85	0,82	0,85	0,83	0,81	
			D	0,90	0,87	0,85	0,87	0,85	0,83	
			C	0,91	0,89	0,87	0,88	0,86	0,85	
			B	0,92	0,91	0,89	0,89	0,87	0,87	
A	0,94	0,93	0,91	0,91	0,89	0,88				
④ d = 0,85		↑ 0 — 35 ↓	J	0,27	0,25	0,24	0,27	0,25	0,24	Aparelho de embutir para lâmpada refletora Espaçamento máximo entre aparelhos = altura de montagem × 0,5
			I	0,29	0,28	0,27	0,29	0,28	0,27	
			H	0,31	0,30	0,29	0,30	0,29	0,28	
			G	0,32	0,31	0,30	0,32	0,31	0,30	
			F	0,33	0,32	0,31	0,32	0,32	0,31	
			E	0,34	0,33	0,32	0,34	0,33	0,32	
			D	0,35	0,34	0,33	0,34	0,34	0,33	
			C	0,35	0,34	0,34	0,35	0,34	0,34	
			B	0,36	0,35	0,35	0,35	0,35	0,34	
A	0,36	0,35	0,35	0,36	0,35	0,35				
⑤ d = 0,85		↑ 0 — 50 ↓	J	0,27	0,24	0,21	0,27	0,24	0,21	Aparelho de embutir para lâmpadas incandescentes Espaçamento máximo entre aparelhos = altura de montagem × 0,5
			I	0,32	0,29	0,26	0,32	0,29	0,26	
			H	0,36	0,33	0,30	0,36	0,32	0,30	
			G	0,40	0,36	0,34	0,39	0,36	0,34	
			F	0,42	0,39	0,37	0,41	0,39	0,36	
			E	0,44	0,42	0,40	0,44	0,42	0,40	
			D	0,46	0,44	0,43	0,45	0,44	0,42	
			C	0,48	0,46	0,44	0,47	0,45	0,44	
			B	0,49	0,48	0,46	0,48	0,47	0,46	
A	0,50	0,49	0,48	0,48	0,48	0,47				
⑥ d = 0,70		↑ 35 — 45 ↓	J	0,23	0,19	0,16	0,21	0,17	0,15	Globos de vidro, fechados. Para lâmpadas incandescentes Espaçamento máximo entre aparelhos = altura de montagem × 1,0
			I	0,29	0,24	0,22	0,26	0,22	0,19	
			H	0,33	0,28	0,25	0,29	0,26	0,23	
			G	0,37	0,32	0,28	0,32	0,28	0,26	
			F	0,40	0,35	0,32	0,35	0,31	0,28	
			E	0,44	0,40	0,36	0,39	0,35	0,32	
			D	0,48	0,43	0,39	0,42	0,38	0,35	
			C	0,51	0,46	0,42	0,44	0,40	0,37	
			B	0,55	0,50	0,46	0,48	0,44	0,41	
A	0,57	0,53	0,49	0,50	0,46	0,43				
⑦ d = 0,70		↑ 85 — 0 ↓	J	0,17	0,13	0,11	0,11	0,10	0,08	Aparelho incandescente para iluminação indireta Espaçamento máximo entre aparelhos = altura de montagem × 1,1
			I	0,21	0,17	0,15	0,14	0,12	0,10	
			H	0,25	0,21	0,18	0,16	0,14	0,12	
			G	0,28	0,24	0,21	0,20	0,16	0,14	
			F	0,31	0,27	0,23	0,21	0,18	0,16	
			E	0,35	0,31	0,28	0,24	0,20	0,19	
			D	0,39	0,34	0,31	0,26	0,23	0,21	
			C	0,41	0,37	0,34	0,27	0,25	0,23	
			B	0,46	0,42	0,39	0,30	0,28	0,26	
A	0,48	0,44	0,42	0,32	0,30	0,28				

TABELA 13 B

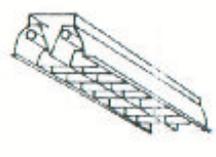
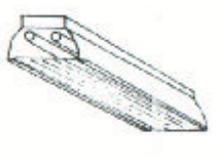
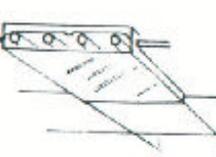
Fator de depreciação	Luminária	Tipo	Índice do local	Teto	75 %			50 %			Descrição
				Paredes	50 %	30 %	10 %	50 %	30 %	10 %	
				Coeficientes de utilização							
⑧ d = 0,60				J	0,09	0,07	0,06	0,07	0,05	0,04	Sanca com lâmpadas fluorescentes A distância da sanca para o teto deve ser de 30 a 50 cm
				I	0,13	0,10	0,08	0,09	0,07	0,06	
				H	0,16	0,13	0,10	0,10	0,09	0,07	
				G	0,20	0,16	0,14	0,13	0,11	0,10	
				F	0,21	0,19	0,17	0,15	0,13	0,11	
				E	0,25	0,22	0,20	0,17	0,15	0,14	
				D	0,28	0,26	0,24	0,20	0,19	0,17	
				C	0,31	0,28	0,26	0,21	0,20	0,19	
				B	0,32	0,30	0,28	0,22	0,21	0,20	
				A	0,35	0,34	0,32	0,24	0,23	0,23	
⑨ d = 0,70		↑ 0 75 ↓		J	0,35	0,28	0,24	0,33	0,28	0,24	Luminária industrial do tipo Müller Espaçamento máximo entre aparelhos = altura de montagem × 1,0
				I	0,43	0,36	0,32	0,41	0,35	0,31	
				H	0,49	0,43	0,38	0,47	0,42	0,38	
				G	0,56	0,49	0,45	0,53	0,48	0,43	
				F	0,60	0,54	0,50	0,57	0,53	0,49	
				E	0,66	0,61	0,56	0,63	0,59	0,55	
				D	0,69	0,65	0,61	0,66	0,63	0,59	
				C	0,72	0,68	0,65	0,69	0,65	0,63	
				B	0,76	0,72	0,70	0,73	0,70	0,68	
				A	0,78	0,76	0,73	0,75	0,73	0,71	
⑩ d = 0,75		↑ 35 45 ↓		J	0,29	0,24	0,20	0,28	0,23	0,19	Luminária comercial Espaçamento máximo entre aparelhos = altura de montagem × 1,0
				I	0,36	0,30	0,26	0,34	0,30	0,26	
				H	0,41	0,36	0,32	0,40	0,35	0,31	
				G	0,46	0,41	0,37	0,45	0,40	0,36	
				F	0,50	0,46	0,44	0,48	0,44	0,40	
				E	0,56	0,51	0,47	0,53	0,49	0,46	
				D	0,59	0,55	0,52	0,56	0,53	0,51	
				C	0,62	0,58	0,55	0,59	0,55	0,52	
				B	0,65	0,62	0,59	0,61	0,59	0,56	
				A	0,66	0,64	0,61	0,63	0,61	0,59	
⑪ d = 0,75		↑ 0 50 ↓		J	0,27	0,23	0,21	0,27	0,23	0,21	Refletor parabólico duplo para 2 lâmpadas fluorescentes l = 0,9 h
				I	0,32	0,29	0,26	0,32	0,28	0,26	
				H	0,36	0,33	0,30	0,35	0,32	0,30	
				G	0,39	0,36	0,34	0,38	0,36	0,34	
				F	0,42	0,39	0,37	0,41	0,38	0,36	
				E	0,44	0,42	0,40	0,44	0,42	0,40	
				D	0,46	0,44	0,42	0,45	0,44	0,42	
				C	0,47	0,46	0,44	0,47	0,45	0,44	
				B	0,49	0,48	0,46	0,48	0,47	0,46	
				A	0,50	0,49	0,48	0,49	0,48	0,47	
⑫ d = 0,70		↑ 0 55 ↓		J	0,29	0,24	0,21	0,28	0,24	0,21	Refletor com difusor de plástico l = 0,9 h
				I	0,35	0,31	0,27	0,34	0,30	0,27	
				H	0,39	0,35	0,32	0,38	0,35	0,32	
				G	0,43	0,39	0,36	0,42	0,39	0,36	
				F	0,46	0,42	0,39	0,45	0,42	0,39	
				E	0,49	0,46	0,43	0,48	0,46	0,43	
				D	0,51	0,48	0,46	0,50	0,48	0,46	
				C	0,52	0,50	0,48	0,52	0,50	0,48	
				B	0,54	0,52	0,51	0,54	0,52	0,50	
				A	0,55	0,54	0,52	0,55	0,53	0,52	
⑬ d = 0,70		↑ 0 55 ↓		J	0,25	0,21	0,18	0,25	0,21	0,18	Aparelho para embutir com colmeia l = h
				I	0,31	0,27	0,24	0,31	0,27	0,24	
				H	0,36	0,31	0,28	0,35	0,31	0,28	
				G	0,40	0,36	0,33	0,39	0,36	0,33	
				F	0,43	0,39	0,36	0,42	0,39	0,36	
				E	0,46	0,43	0,40	0,46	0,43	0,40	
				D	0,49	0,46	0,43	0,48	0,46	0,43	
				C	0,51	0,48	0,46	0,50	0,48	0,46	
				B	0,53	0,51	0,49	0,52	0,50	0,49	
				A	0,54	0,53	0,51	0,54	0,52	0,51	
⑭ d = 0,70		↑ 0 45 ↓		J	0,20	0,16	0,13	0,20	0,16	0,13	Aparelho para embutir com difusor de plástico
				I	0,25	0,21	0,18	0,24	0,20	0,18	
				H	0,28	0,24	0,22	0,27	0,24	0,21	
				G	0,32	0,28	0,25	0,31	0,27	0,25	
				F	0,34	0,30	0,28	0,33	0,30	0,28	
				E	0,37	0,34	0,32	0,36	0,33	0,31	
				D	0,39	0,36	0,34	0,38	0,36	0,34	
				C	0,40	0,38	0,36	0,39	0,37	0,36	
				B	0,42	0,40	0,39	0,41	0,40	0,38	
				A	0,43	0,42	0,41	0,43	0,41	0,40	

TABELA 13 C

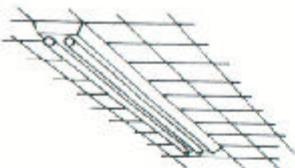
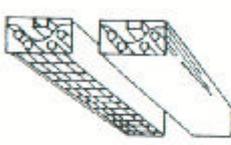
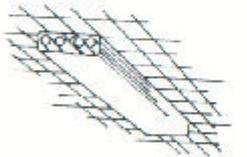
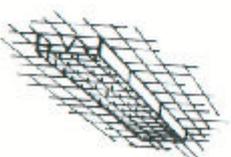
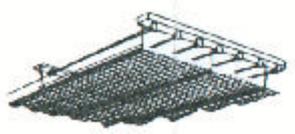
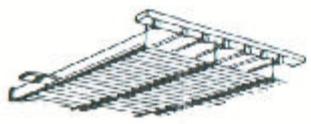
Fator de depreciação	Luminária		Teto	75%			50%			Descrição
			Paredes	50%	30%	10%	50%	30%	10%	
	Índice do local	Coeficientes de utilização								
15 d = 0,80		↑ 90 ↓	J	0,32	0,25	0,20	1,30	0,24	0,20	Calha chanfrada l = h
			I	0,40	0,32	0,27	0,58	0,31	0,26	
			H	0,47	0,39	0,34	0,44	0,38	0,32	
			G	0,53	0,46	0,40	0,50	0,44	0,39	
			F	0,58	0,51	0,45	0,55	0,49	0,44	
			E	0,64	0,58	0,52	0,61	0,56	0,51	
			D	0,68	0,62	0,58	0,65	0,60	0,56	
			C	0,72	0,66	0,62	0,68	0,64	0,60	
			A	0,76	0,71	0,67	0,72	0,69	0,66	
A	0,79	0,75	0,72	0,76	0,72	0,70				
16 d = 0,70		↑ 10 55 ↓	J	0,27	0,23	0,20	1,26	0,22	0,20	Aparelho indicado para recintos baixos, onde o teto deve ser levemente iluminado l = h
			I	0,33	0,29	0,26	1,32	0,28	0,25	
			H	0,38	0,34	0,30	1,37	0,33	0,30	
			G	0,43	0,38	0,35	1,41	0,37	0,35	
			F	0,46	0,41	0,39	1,44	0,41	0,37	
			E	0,50	0,47	0,44	1,48	0,45	0,42	
			D	0,53	0,50	0,47	1,50	0,48	0,46	
			C	0,55	0,52	0,50	1,52	0,50	0,48	
			B	0,57	0,55	0,53	1,54	0,53	0,51	
A	0,59	0,57	0,55	1,56	0,55	0,53				
17 d = 0,70		↑ 10 55 ↓	J	0,25	0,20	0,17	1,34	0,20	0,17	Aparelho para ser usado com colmeia ou plástico l = 1,1 h
			I	0,31	0,26	0,23	1,39	0,25	0,22	
			H	0,36	0,31	0,28	1,44	0,30	0,27	
			G	0,40	0,36	0,32	1,49	0,35	0,32	
			F	0,44	0,40	0,36	1,52	0,38	0,35	
			E	0,48	0,44	0,41	1,56	0,42	0,40	
			D	0,51	0,48	0,45	1,58	0,44	0,43	
			C	0,53	0,50	0,47	1,61	0,46	0,46	
			B	0,56	0,53	0,51	1,63	0,51	0,50	
A	0,58	0,56	0,54	1,65	0,53	0,52				
18 d = 0,70		↑ 10 50 ↓	J	0,22	0,17	0,14	1,31	0,16	0,14	Luminária de plástico l = 1,1 h
			I	0,27	0,22	0,19	1,36	0,22	0,19	
			H	0,32	0,27	0,23	1,40	0,26	0,23	
			G	0,36	0,31	0,28	1,44	0,30	0,27	
			F	0,39	0,34	0,31	1,47	0,33	0,30	
			E	0,43	0,39	0,36	1,51	0,37	0,35	
			D	0,46	0,42	0,39	1,54	0,40	0,38	
			C	0,48	0,45	0,42	1,56	0,43	0,40	
			B	0,50	0,48	0,46	1,58	0,46	0,44	
A	0,52	0,49	0,48	1,60	0,48	0,46				
19 d = 0,75		↑ 10 55 ↓	J	0,26	0,21	0,18	1,35	0,21	0,18	Aparelho com colmeia e plásticos ou vidros laterais para lojas e escolas l = 1,1 h
			I	0,32	0,27	0,24	1,41	0,27	0,24	
			H	0,37	0,31	0,29	1,46	0,31	0,28	
			G	0,42	0,37	0,34	1,50	0,36	0,33	
			F	0,45	0,41	0,37	1,53	0,39	0,37	
			E	0,49	0,46	0,42	1,57	0,44	0,41	
			D	0,52	0,48	0,46	1,60	0,47	0,44	
			C	0,54	0,51	0,48	1,62	0,49	0,47	
			B	0,56	0,54	0,52	1,64	0,52	0,50	
A	0,58	0,56	0,54	1,66	0,54	0,53				
20 d = 0,75		↑ 30 35 ↓	J	0,22	0,18	0,16	1,30	0,17	0,15	Luminária ampla usada na maioria das vezes em linhas contínuas l = 1,1 h
			I	0,28	0,24	0,21	1,35	0,22	0,19	
			H	0,32	0,28	0,25	1,39	0,25	0,23	
			G	0,36	0,32	0,29	1,42	0,29	0,27	
			F	0,39	0,35	0,32	1,45	0,32	0,30	
			E	0,43	0,40	0,37	1,48	0,35	0,33	
			D	0,45	0,42	0,40	1,50	0,38	0,36	
			C	0,47	0,44	0,42	1,52	0,40	0,38	
			B	0,49	0,47	0,44	1,54	0,42	0,40	
A	0,51	0,49	0,47	1,55	0,44	0,42				
21 d = 0,70		↑ 30 60 ↓	J	0,25	0,21	0,23	1,1	0,21	0,19	Luminária comercial para lâmpadas high output, provida de colmeia Espaçamento máximo entre aparelhos - altura de montagem x 0,9
			I	0,31	0,27	0,29	1,1	0,25	0,23	
			H	0,35	0,32	0,33	1,1	0,29	0,27	
			G	0,40	0,36	0,37	1,1	0,30	0,31	
			F	0,43	0,39	0,39	1,1	0,33	0,32	
			E	0,47	0,44	0,43	1,1	0,37	0,35	
			D	0,49	0,47	0,45	1,1	0,39	0,38	
			C	0,51	0,49	0,47	1,1	0,41	0,40	
			B	0,54	0,52	0,49	1,1	0,43	0,42	
A	0,56	0,54	0,50	1,1	0,45	0,44				

TABELA 13 D

Luminária		Teto	75%			50%			Descrição	
			Paredes	50%	30%	10%	50%	30%		10%
Fator de depreciação	Tipo	Índice do local	Coeficientes de utilização							
22		↑ 25 65 ↓	J	0,29	0,24	0,28	0,24	0,23	0,20	Luminária industrial para lâmpadas high output, provida de colmeia Espaçamento máximo entre aparelhos = altura de montagem × 1,0
			I	0,37	0,32	0,36	0,31	0,30	0,29	
			H	0,44	0,39	0,41	0,38	0,36	0,33	
			G	0,50	0,45	0,47	0,43	0,41	0,39	
			F	0,54	0,50	0,51	0,47	0,45	0,42	
			E	0,61	0,56	0,57	0,52	0,50	0,48	
			D	0,64	0,60	0,60	0,56	0,53	0,51	
			C	0,67	0,63	0,63	0,59	0,55	0,54	
			B	0,70	0,67	0,65	0,63	0,59	0,57	
			A	0,73	0,70	0,68	0,65	0,51	0,60	
23		↑ 20 65 ↓	J	0,29	0,25	0,28	0,24	0,23	0,21	Luminária industrial para lâmpadas high output Espaçamento máximo entre aparelhos = altura de montagem × 1,0
			I	0,38	0,33	0,36	0,32	0,31	0,29	
			H	0,45	0,40	0,42	0,38	0,37	0,35	
			G	0,51	0,45	0,48	0,43	0,41	0,40	
			F	0,55	0,50	0,52	0,48	0,46	0,43	
			E	0,63	0,58	0,59	0,55	0,52	0,49	
			D	0,67	0,62	0,62	0,59	0,55	0,53	
			C	0,70	0,66	0,65	0,62	0,58	0,56	
			B	0,73	0,70	0,68	0,65	0,61	0,59	
			A	0,76	0,73	0,70	0,68	0,63	0,62	
24		↑ 45 40 ↓	J	0,25	0,20	0,24	0,20	0,22	0,19	Luminária comercial para lâmpadas high output, provida de colmeia Espaçamento máximo entre aparelhos = altura de montagem × 1,1
			I	0,32	0,27	0,31	0,26	0,29	0,23	
			H	0,37	0,32	0,35	0,31	0,32	0,28	
			G	0,44	0,38	0,42	0,36	0,38	0,33	
			F	0,49	0,42	0,46	0,40	0,40	0,37	
			E	0,55	0,49	0,52	0,47	0,45	0,42	
			D	0,57	0,54	0,54	0,51	0,49	0,45	
			C	0,62	0,57	0,58	0,54	0,51	0,48	
			B	0,66	0,62	0,62	0,58	0,53	0,51	
			A	0,69	0,65	0,64	0,61	0,55	0,53	
25			J	0,25	0,21	0,19	0,20	0,16	0,16	Teto com colmeia plástica
			I	0,30	0,25	0,24	0,23	0,20	0,19	
			H	0,34	0,29	0,27	0,26	0,23	0,22	
			G	0,37	0,33	0,31	0,28	0,26	0,24	
			F	0,40	0,36	0,34	0,30	0,27	0,26	
			E	0,44	0,39	0,38	0,32	0,30	0,29	
			D	0,46	0,42	0,41	0,34	0,32	0,31	
			C	0,48	0,44	0,43	0,35	0,33	0,32	
			B	0,50	0,47	0,46	0,37	0,34	0,34	
			A	0,51	0,48	0,48	0,37	0,36	0,35	
25			J	0,20	0,16	0,16	0,17	0,15	0,14	Teto com colmeia de metal (branco)
			I	0,23	0,20	0,19	0,21	0,18	0,17	
			H	0,26	0,23	0,22	0,23	0,20	0,19	
			G	0,28	0,26	0,24	0,25	0,23	0,22	
			F	0,30	0,27	0,26	0,27	0,24	0,23	
			E	0,32	0,30	0,29	0,29	0,27	0,26	
			D	0,34	0,32	0,31	0,30	0,28	0,27	
			C	0,35	0,33	0,32	0,31	0,29	0,29	
			B	0,37	0,34	0,34	0,32	0,31	0,30	
			A	0,37	0,36	0,35	0,33	0,32	0,31	
26			J	0,24	0,21	0,17	0,20	0,16	0,13	Teto com plástico acrílico
			I	0,32	0,28	0,24	0,27	0,23	0,20	
			H	0,37	0,33	0,29	0,32	0,28	0,25	
			G	0,42	0,38	0,34	0,37	0,33	0,30	
			F	0,46	0,42	0,39	0,40	0,36	0,33	
			E	0,52	0,48	0,45	0,45	0,42	0,39	
			D	0,56	0,53	0,49	0,48	0,46	0,43	
			C	0,58	0,56	0,52	0,51	0,49	0,46	
			B	0,62	0,60	0,56	0,54	0,52	0,50	
			A	0,64	0,62	0,60	0,57	0,55	0,53	

18. SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

20. PROJETO ELÉTRICO

Projeto de instalação elétrica é uma tradução técnica daquilo que se pretende instalar, de modo que um profissional, capacitado tecnicamente, possa executar a instalação realizando com precisão o que foi planejado. Sua finalidade é proporcionar condições para a realização de um trabalho racionalizado (estético, econômico e rápido).

Um projeto bem elaborado deve ser executado com precisão, de forma que permita fácil operação e fácil manutenção. O tempo gasto na elaboração de um projeto será recuperado durante a execução, e possibilitará economia de material e mão de obra, evitando perda desnecessário de energia bem como o mau funcionamento dos aparelhos e equipamentos. Mesmo uma instalação de pequena importância deve ser precedida de um projeto.

Interpretar um projeto residencial e executar as instalações elétricas previstas por quem o elaborou é um dos trabalhos que normalmente provocam algumas dúvidas junto aos eletricitistas. Talvez porque a maioria deles nunca teve uma noção clara e até mais teórica do que as informações passadas nas legendas das plantas significam realmente, e de onde surgem os dados apresentados em um projeto deste tipo, como a quantidade mínima de pontos de iluminação e de tomadas, potências e cargas recomendadas e outros itens.

Atender à norma é o primeiro passo: - calculado para garantir o funcionamento perfeito de cada ponto da instalação, a segurança das pessoas e a conservação dos bens, todo o projeto elétrico é feita a partir de um projeto de engenharia civil (plantas e cortes) e deve seguir as recomendações da NBR 5410, da **ABNT** (Associação Brasileira de Normas Técnicas).

Esse detalhe, a especificação dos componentes de acordo com a planta e demais orientações técnicas são passados pelo projetista responsável, que também deve acompanhar de perto todo o trabalho de instalação, facilitando e fiscalizando a execução da obra.

Um projeto elétrico bem feito funciona como um “raio x” da instalação. Desta forma, qualquer modificação futura, como uma reforma, por exemplo, poderá ser realizada sem problemas, uma vez que qualquer projetista, de posse do projeto inicial, é capaz de identificar o tipo de instalação, sem suposições.

Com o projeto em mãos, ele também poderá se certificar se os fios e a proteção estão adequados à nova distribuição e à carga que será instalada, evitando sobrecargas e curto-circuitos indesejados.

20.1 CONDIÇÕES PARA UM PROJETO:

Para a execução de um projeto de instalações elétricas são necessários os seguintes requisitos:

- ❖ planta baixa;
- ❖ fins a que se destina a instalação;
- ❖ localização da rede de entrada;
- ❖ características da rede elétrica (frequência, tensão entre fases e entre fase e neutro).

20.2. CONDIÇÃO DE UM PROJETO DE INSTALAÇÃO ELÉTRICA:

Um projeto é constituído basicamente por duas partes:

- ❖ memoriais (parte escrita);
- ❖ parte gráfica (desenhos técnicos).

20.2.1 MEMORIAIS:

As memórias são peças escritas que registram a maneira como os cálculos foram empregados no dimensionamento de condutores, disjuntores, barramentos (memorial de cálculo); explicam as soluções adotadas, justificando - as ou descrevendo a instalação com os detalhes necessários a complementação do que está explícito nos desenhos, especificando os materiais, equipamentos, aparelhos, instrumentos, etc. (memorial descritivo).

O orçamento é também uma peça escrita muito importante, a qual, muitas vezes, inclui a especificação detalhada de todos os materiais empregados.

20.2.2 PARTE GRÁFICA:

A parte gráfica constitui-se de um conjunto de desenhos técnicos, tanto maior quanto mais importante e complexa for a instalação.

Em instalações pequenas apenas a planta geral da instalação é suficiente para definir bem o que se pretende instalar.

Em instalações complexas, pode ser necessário uma grande quantidade de desenhos de detalhes e diagramas.

A planta geral da instalação elétrica é desenhada sobre a planta de arquitetura do prédio, com os traços das paredes, janelas, portas, etc., mais finas, e os trajetos dos eletrodutos, linhas abertas, pontos de luz, tomadas e outros componentes da instalação traçados com risco forte.

Na planta geral devem constar todos os detalhes sem que, entretanto, o desenho fique muito carregado e difícil de entender. Os detalhes que não puderem ser desenhados na planta geral constarão de desenhos de detalhe tanto quantos forem necessários.

20.3. RECOMENDAÇÕES DA NBR 5410/90 PARA ESTABELECEM A QUANTIDADE MÍNIMA DE PONTOS DE LUZ:

- ❖ prever pelo menos um ponto de luz no teto, comandado por um interruptor de parede;
- ❖ arandelas no banheiro devem estar distantes, no mínimo 60 cm do limite do boxe.

20.4. RECOMENDAÇÕES DANBR 5410/90 PARA ESTABELECEM A QUANTIDADE MÍNIMA DE TOMADAS DE USO GERAL (TUG'S):

- ❖ Tomadas de uso geral (TUG'S): nelas são ligados aparelhos portáteis como abajures, aspiradores, liquidificadores, batedeiras, etc.
- ❖ RESIDÊNCIAS:
 - a) cômodos ou dependência com área menor ou igual a 6 m^2 - 1 (uma) tomada.
 - b) cômodos ou dependência com área maior que 6 m^2 - 1 (uma) tomada para cada 5 metros ou fração de perímetro, uniformemente distribuídas.
 - c) banheiros - 1 (uma) tomada junto ao lavatório com uma distância mínima de 60 cm do limite do boxe.
 - d) cozinhas ou copas - cozinhas - 1 (uma) tomada para cada 3,5m ou fração de perímetro, sendo que acima de cada banca de pia, com largura igual ou superior a 30 cm, deve ser prevista, pelo menos 1 (uma) tomada.
 - e) subsolos, sótãos, garagens e varandas - 1 (uma) tomada no mínimo.

20.5. RECOMENDAÇÕES DANBR 5410/90 PARA ESTABELECEM A QUANTIDADE DE TOMADAS DE USO ESPECÍFICO (TUE'S):

- ❖ Tomadas de uso específico: alimentam aparelhos fixos ou estacionários, que embora possam ser removidos trabalham sempre num determinado local. É o caso dos chuveiros e torneiras elétricas, máquina de lavar roupas e aparelho de ar condicionado.

20.6. CONDIÇÕES PARA SE ESTABELECEM A POTÊNCIA MÍNIMA DE ILUMINAÇÃO:

- ❖ a carga de iluminação é feita em função da área do cômodo da residência:
- ❖ cômodos ou dependências com área igual ou inferior a 6 m^2 deve ser prevista uma carga mínima de 100VA;

- ❖ cômodos ou dependências com área superior a 6 m² deve ser prevista uma carga mínima de 100VA para os primeiros 6 m², acrescido de 60VA para cada aumento de 4 m² inteiros.

20.7. CONDIÇÕES PARA SE ESTABELEECER A POTÊNCIA MÍNIMA DE TOMADAS DE USO GERAL (TUG'S):

- ❖ em banheiros, cozinhas, copas - cozinhas, áreas de serviço - atribuir 600VA por tomada até 3 tomadas e 100VA para as demais;
- ❖ outros cômodos ou dependências - atribuir 100VA por tomada.

20.8. CONDIÇÕES PARA SE ESTABELEECER A POTÊNCIA DE TOMADAS DE USO ESPECÍFICO (TUE'S):

- ❖ atribuir a potência nominal do equipamento a ser alimentado.

20.9. CRITÉRIOS ESTABELECIDOS PELA NBR 5410/90:

- ❖ prever circuitos de iluminação separados dos circuitos de tomadas;
- ❖ prever circuitos independentes, exclusivos para tomadas de uso específico;
- ❖ cada circuito deve ter seu próprio condutor neutro;
- ❖ as tomadas de copa - cozinha e área de serviço devem fazer parte de circuitos exclusivos;

- ❖ sempre que possível, devem-se projetar circuitos independentes para: quartos, salas (dependências sociais), cozinhas e dependências de serviço;
- ❖ circuitos independentes devem ser previstos para os aparelhos de potência igual ou superior a 1500VA.

20.10. TENSÃO DOS CIRCUITOS:

- ❖ para os circuitos de iluminação e tomadas de uso geral (TUG'S) utilizar a menor tensão, geralmente entre fase e neutro: (110V, 120V ou 127V);
- ❖ para os circuitos de tomadas de uso específico (TUE's) utilizar a maior tensão, geralmente entre fase e fase.

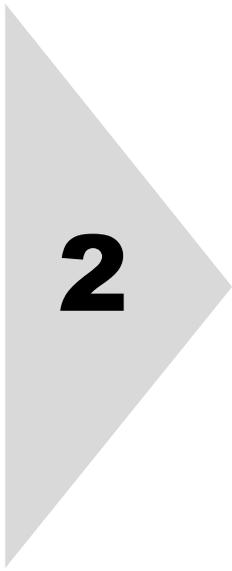
20.11. CAPACIDADE DE RESERVADOS CIRCUITOS SEGUNDO ANOVA NBR 5410(NB-3)/97:

- ❖ até 6 circuitos: prever espaço para um mínimo de 2 (dois) circuitos;
- ❖ de 7 a 12 circuitos: prever no mínimo mais 3 (três) circuitos;
- ❖ de 13 a 30 circuitos: prever no mínimo mais 4 (quatro) circuitos;
- ❖ acima de 30 circuitos: prever no mínimo um espaço de mais 15% sobre o número de circuitos existentes.

Obs.: a capacidade de reserva deverá se refletir em toda a instalação a montante.

PARTE

INSTALAÇÕES



2

1. INSTALAÇÃO ELÉTRICA DE BAIXA TENSÃO

Uma instalação elétrica é o conjunto de componentes elétricos associados e com características coordenadas entre si, reunidos para uma finalidade determinada.

As **instalações de baixa tensão** são as alimentadas com tensões não superiores a 1000V, em CA, ou a 1500V em CC.

As **instalações de extra - baixa tensão** são as alimentadas com tensões não superiores a 50V em CA, ou a 120V em CC.

CLASSIFICAÇÃO DAS TENSÕES	CORRENTE ALTERNADA (CA)	CORRENTE CONTÍNUA (CC)
extra - baixa (não superior a)	50V	120V
baixa (não superior a)	1000V	1500V
alta (superior a)	1000V	1500V

Os componentes de uma instalação, isto é, os elementos que a compõem e são necessários ao seu funcionamento, são:

- ❖ **as linhas elétricas**, que são constituídas pelos condutores elétricos, seus elementos de fixação ou suporte (abraçadeiras, ganchos, bandejas, etc.), ou de proteção mecânica (elementos, calhas, etc.), sendo o conjunto destinado a transportar energia elétrica ou a transmitir sinais elétricos;
- ❖ os equipamentos, que são elementos que executam as funções de:
 - **alimentação da instalação** (geradores, transformadores e baterias);
 - **comando e proteção** (chaves em geral, disjuntores, dispositivo, fusíveis, contatores, etc.);

- **utilização**, transformando a energia elétrica em uma outra forma de energia que seja utilizável (equipamentos a motor, equipamentos a resistor, equipamentos de iluminação, etc.).

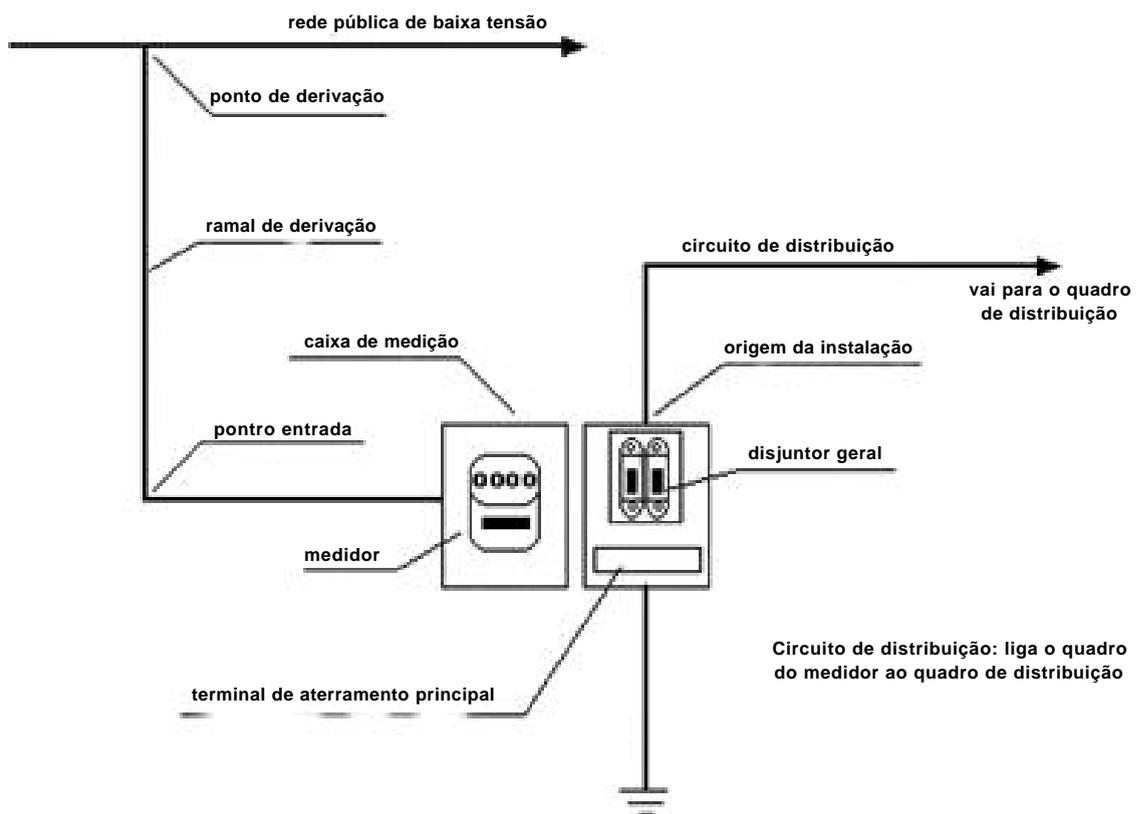
Os equipamentos, qualquer que seja o tipo, podem ser classificados em:

- ❖ **fixos**, que são instalados permanentemente num local determinado, como, por exemplo, um transformador num poste (alimentação), disjuntor num quadro (proteção), aparelho de ar condicionado em parede (utilização);
- ❖ **estacionários**, que são os fixos, ou aqueles que não possuem alça para transporte e cujo peso é tal que não possam ser movimentados facilmente, como, por exemplo, gerador provido de rodas (alimentação), geladeira doméstica (utilização);
- ❖ **portáteis**, que são movimentados quando em funcionamento, ou que podem ser facilmente deslocados de um lugar para outro, mesmo quando ligados à fonte de alimentação, como é o caso de certos eletrodomésticos (utilização), como enceradeira, aspirador de pó, etc.);
- ❖ **manuais**, que são os portáteis projetados para serem suportados pelas mãos durante sua utilização normal, como, por exemplo, as ferramentas elétricas portáteis.

1.1. SETORES DE UMA INSTALAÇÃO:

- ❖ **entrada de serviço**: conjunto de equipamentos/condutores/acessórios entre o ponto de derivação da rede e a proteção/medição (inclusive);
- ❖ **ponto de entrega**: ponto até o qual a concessionária se obriga a fornecer energia;
- ❖ **ramal de ligação**: conjunto de condutores/acessórios entre ponto de derivação e ponto de entrega;

- ❖ **ramal de entrega:** conjunto de condutores/acessórios entre ponto de entrega e a proteção/medição;
- ❖ **origem:** ponto de alimentação da instalação, a partir do qual aplica - se a NBR 5410;
- ❖ **circuito de distribuição:** circuito que alimenta 1 ou mais quadros de distribuição;
- ❖ **circuito terminal:** ligado diretamente a equipamentos de utilização e/ou a tomadas de corrente;
- ❖ **quadro de distribuição:** equipamento que recebe e distribui energia, podendo desempenhar funções de proteção/seccionamento/controle/medição.



2. INSTALAÇÃO ELÉTRICA

Instalação elétrica o conjunto de elementos montados, obedecendo as normas de funcionamento e segurança para um circuito.

2.1. INSTALAÇÃO EM LINHA ABERTA:

É aquela em que os condutores são suportados por isoladores, roldanas e clites, fixados numa superfície (parede, teto, forro, etc.).

2.1.1. CONDIÇÕES GERAIS PARA O USO DAS INSTALAÇÕES EM LINHA ABERTA:

- ❖ Essas instalações somente podem ser feitas a uma altura mínima de 3 metros acima do piso. Há exceção para os casos em que a linha seja fixada diretamente no forro, de pé direito mínimo de 2,5 m.
- ❖ Não podem ser feitos em locais onde possam provocar acidentes ou danificar os condutores, tais como ambientes úmidos e corrosivos.
- ❖ Não podem ser feitas nos trechos de difícil acesso entre a entrada e o medidor. (teatros, cinema, auditório, poço de elevadores, etc.).

2.1.2. CONDUTORES:

Os fios condutores, empregados nas instalações elétricas em linha aberta, podem ter diferentes bitolas para atender às intensidades das correntes que transportam.

A escolha do fio condutor apropriado evitará o seu excessivo aquecimento e conseqüências indesejáveis para a instalação.

Para selecionar o fio condutor você deverá conhecer a intensidade da corrente elétrica do circuito e consultar a tabela para identificar a bitola adequada.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) determina que:

- ❖ a bitola dos condutores, nas instalações em geral, deverá ser de 1,5mm²;
- ❖ todos os condutores deverão ter isolamento adequado para a tensão de serviço de 600 volts;
- ❖ só é permitido o uso de condutor rígido, isto é, condutor composto de um só fio.

2.1.3. ROLDANAS:

A roldana é escolhida de acordo com a bitola do condutor, mas no comércio é identificada em função do diâmetro e da altura.

Tabela de roldanas:

Diâmetro (mm)	Altura (mm)	Furo (mm)	Condutores (mm ²)
18	24	6	1.5
24	24	6	2.5
30	30	7	4.0
36	36	7	6.0
42	42	8	10.0
48	48	10	16.0

2.1.4. ESPAÇAMENTOS:

- ❖ o menor espaçamento entre os condutores e a parede ou outras peças é de 12mm;
- ❖ o menor espaçamento entre os condutores deve ser de 6cm;
- ❖ a distância máxima entre roldanas deve ser de 2m;
- ❖ nas curvas, as roldanas devem estar afastados, no máximo, 10cm;
- ❖ as emendas, tanto em prolongamento quanto em derivação, devem estar contidas entre roldanas afastadas 10cm um do outro.

2.2. INSTALAÇÃO DE CONDUTORES EM ELETRODUTOS:

É um método de instalação em que os condutores são alojados em eletrodutos, afim de proteger os condutores contra umidade, gases, ácidos, ou choques mecânicos.

Eletrodutos são tubos de metal ou plástico, rígido ou flexível.

A instalação elétrica em eletrodutos é a mais usada em prédios residenciais e comerciais, principalmente com os eletrodutos embutidos. Mas em instalações industriais é muito comum hoje em dia, encontrar eletrodutos expostos nas paredes, o que facilita muito a manutenção, propiciando também uma boa ventilação nas tubulações, evitando assim aquecimentos excessivos na fiação.

Tipos de eletrodutos:

- ❖ metálicos rígidos;
- ❖ plásticos rígidos;
- ❖ metálicos flexíveis;
- ❖ plásticos flexíveis.

3. ELEMENTOS COMPONENTES DE UMA INSTALAÇÃO ELÉTRICA

Para que uma pessoa possa elaborar um projeto de instalações elétricas, é necessário que fiquem caracterizados e identificados os elementos ou partes que compõem o mesmo.

3.1. DEFINIÇÕES:

- ❖ **Ponto:** é o termo empregado para designar aparelhos fixos de consumo.

Ex.: centro de luz, tomadas, arandelas, interruptores, botões de campainha.

- ❖ **Ponto útil ou ponto ativo:** é o dispositivo onde a corrente elétrica é realmente utilizada ou produz efeito ativo.

Ex.: receptáculo onde é colocada uma lâmpada ou uma tomada na qual se liga um aparelho eletrodoméstico.

- ❖ **Ponto de comando:** é o dispositivo por meio do qual se governa um ponto ativo. É constituído por um interruptor de alavanca, botões, disjuntor ou chave.

3.1.1. PRINCIPAIS PONTOS ATIVOS:

- a) **Ponto simples:** corresponde a um aparelho fixo (ex.:chuveiro elétrico). Constituído também por uma só lâmpada ou um grupo de lâmpadas funcionando em conjunto, em um lustre, por exemplo.

- b) **Ponto de duas seções:** quando constituídas por duas lâmpadas ou dois grupos de lâmpadas que funcionam por etapas, ligadas independentemente uma da outra.

- c) **Tomada simples:** quando nela pode ligar-se somente um aparelho. Em geral, são de 15 A - 125/250V.

- d) **Tomada com terra:** quando a tomada de corrente tem uma ligação auxiliar para aterramento (o potencial da terra é zero em relação às pessoas), de modo a evitar os efeitos do choque elétrico.

3.1.2. FIAÇÃO:

No traçado do projeto de instalações é necessária a marcação dos fios contidos na tubulação, para determinar-se o diâmetro da mesma e para orientar o trabalho da futura enfição.

Para tanto, é necessário conhecerem os esquemas de ligação e a denominação dos fios, segundo a função que desempenham.

Definição dos condutores que conduzem a energia dos pontos de comando aos de utilização.

Os **condutores de alimentação** podem ser divididos em:

- ❖ **condutores de circuitos terminais**, que saem do quadro terminal de chaves de um apartamento ou andar, por exemplo, e alimentam os pontos de luz, as tomadas e os aparelhos fixos.
- ❖ **condutores de circuitos de distribuição**, que ligam o barramento ou chaves do quadro de distribuição geral ao quadro terminal localizado no apartamento, no andar de escritórios, ou no quadro de serviço.
- ❖ **condutores de circuitos de distribuição principal**, que ligam a chave geral do prédio ao quadro geral de distribuição ou ao medidor.

3.1.3. CONDUTORES DE ALIMENTAÇÃO QUE CONSTITUEM OS CIRCUITOS ELÉTRICOS TERMINAIS:

- ❖ **Fios diretos:** são os dois condutores (fase e neutro) que, desde a chave de circuito no quadro terminal de distribuição, não são interrompidos, embora forneçam derivações ao longo de sua extensão.
- ❖ **Fio neutro** vai, sem exceção, diretamente a todos os pontos ativos. É fio que, não apresenta tensão elétrica. De uma maneira mais simples ainda, podemos dizer que é o fio que não dá choque. O fio neutro deverá ser ligado aos seguintes elementos: tomadas monofásicas, receptáculos de lâmpadas, campainhas, chuveiros (127V), etc.
- ❖ **Fio fase** vai diretamente apenas às tomadas e pontos de luz que não dependem de comando, aos interruptores simples e a somente um dos interruptores paralelos, quando há comando composto (caso dos three - way e four - way). O fio fase é o fio que transmite energia, caso você toque em alguma parte que esteja desencapado, certamente levará um choque.
- ❖ **Fio de retorno,** é o condutor fase que, depois de passar por um interruptor ou jogo de interruptores, “retorna”, ou melhor, “vai” ao ponto de luz.
- ❖ **Fios alternativos,** são os condutores somente existentes nos compostos, e que permitem, alternativamente, a passagem da corrente ou ligam um interruptor paralelo com outro interruptor intermediário.

Obs.: A energia que chega até a sua residência pode ser de três formas:

- a) ligação monofásica = um fio neutro + um fio fase;
- b) ligação bifásica = um fio neutro + dois fios fase;
- c) ligação trifásica = um fio neutro + três fios fase.

4. DIAGRAMAS ELÉTRICOS

Diagrama é a representação de uma instalação elétrica ou parte dela, por meio de símbolos gráficos.

A seguir estudaremos os dois tipos de diagramas utilizados no nosso curso:

- ❖ diagrama unifilar
- ❖ diagrama multifilar

4.1. DIAGRAMA UNIFILAR:

Diagrama unifilar é a representação gráfica dos elementos da instalação (tomadas, interruptores, pontos de luz, etc.), em forma de símbolos, com a indicação dos fios condutores.

Características:

- ❖ o diagrama unifilar apresenta pontos principais de um sistema elétrico e identifica o número de condutores, porém representa seus trajetos por um único traço.
- ❖ geralmente representa a posição física dos componentes da instalação, porém não representa com clareza o funcionamento e seqüência funcional dos circuitos.

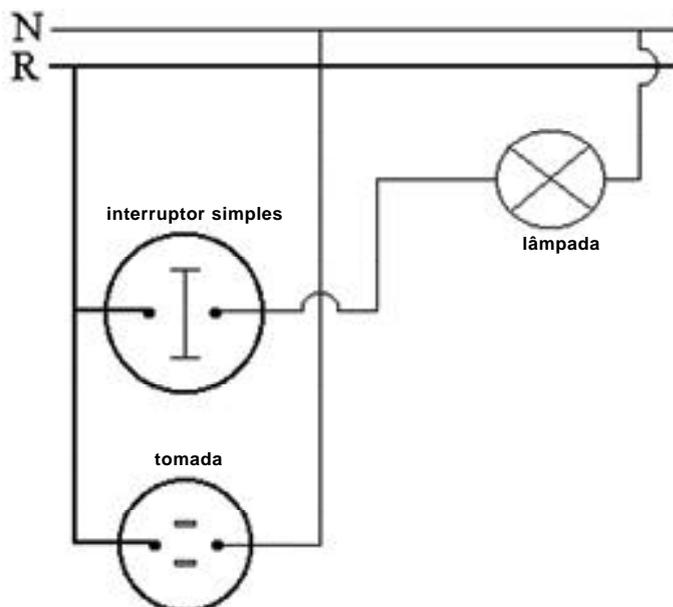
Obs. os projetos elétricos utilizam este tipo de diagrama

* Recomendações:

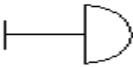
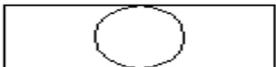
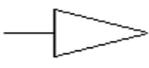
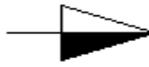
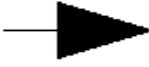
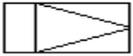
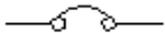
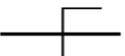
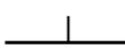
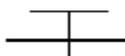
- ❖ basicamente um diagrama é representado com seus componentes de comando na posição “desligada”;
- ❖ para a execução de uma instalação dois aspectos são fundamentais para o electricista:
 - o primeiro é a localização dos elementos na planta e o número de fios que passarão em determinado eletroduto e qual o trajeto da instalação;
 - o segundo é o funcionamento e a distribuição dos circuitos e dos dispositivos.

Como não é possível representar ao mesmo tempo esses dois aspectos num único diagrama sem prejudicar a clareza de interpretação de um deles, (posição física ou funcionamento) a instalação é representada por dois diagramas : Diagrama Unifilar de fiação e de Distribuição, essa é a finalidade da utilização de tipos diferentes de diagramas.

Ex. Representaremos a seguir o diagrama multifilar de uma instalação contendo: interruptor simples, lâmpada incandescente e tomada:



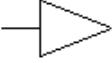
22. SIMBOLOGIA:

DESCRIÇÃO	ANTIGA	ATUAL (NBR 5444)
- luz incandescente no teto		
- luz incandescente na parede		
- luz fluorescente no teto		
- tomada baixa (30 cm do piso)		
- tomada média (130 cm do piso)		
- tomada alta (200 cm do piso)		
- tomada no piso		
- interruptor simples	S	
- interruptor de 2 seções	S_2	
- interruptor de 3 seções	S_3	
- interruptor paralelo three - way ou	S_{3w}	
- interruptor intermediário ou four way	S_{4w}	
- disjuntor		
- condutor fase no eletroduto		
- condutor neutro no eletroduto		
- condutor de retorno no eletroduto		
- condutor terra no eletroduto		
- eletroduto embutido no teto ou parede		
- eletroduto embutido no piso		
- quadro geral (luz e força)		

6. INSTALAÇÃO DE INTERRUPTOR SIMPLES COMANDANDO LÂMPADA INCANDESCENTE, MAIS TOMADA MONOFÁSICA

- ❖ **Interruptor simples:** permite o comando de uma lâmpada ou grupo de lâmpadas a partir de um único ponto. Possui uma tecla que possui duas posições que, quando apertada, modifica a posição das peças internas do interruptor, as quais também ocupam duas posições. Externamente, os interruptores simples possuem dois bornes de ligação isolados entre si, para a conexão dos condutores.

6.1. SIMBOLOGIA UNIFILAR A SER UTILIZADA NA INSTALAÇÃO:

Descrição	lâmpada	interruptor simples	tomada	condutor fase	condutor neutro	condutor de retorno
Símbolo		S				

6.2. DIAGRAMAS ELÉTRICOS DA INSTALAÇÃO:

Diagrama multifilar:

Diagrama unifilar:

Solucionando Problemas

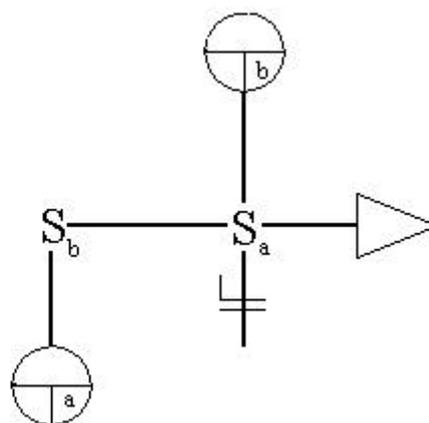
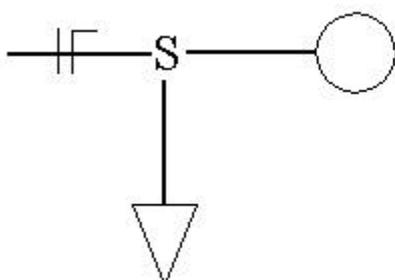
6.3. EXERCÍCIOS COMPLEMENTARES:

- a) Montar os diagramas multifilar e unifilar, para uma instalação onde um interruptor simples comande duas lâmpadas:

Diagrama multifilar:

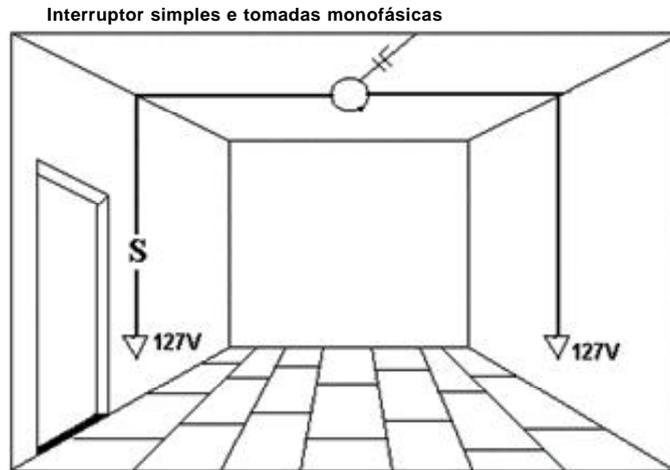
Diagrama unifilar:

- b) Completar os diagramas abaixo:

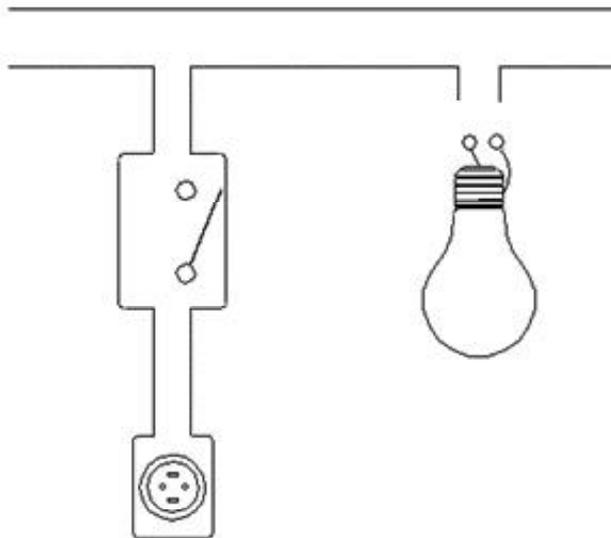


Solucionando Problemas

c) Completar o diagrama unifilar da perspectiva abaixo



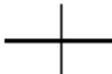
d) Completar o diagrama multifilar da figura abaixo:



7. INSTALAÇÃO DE LÂMPADAS INCANDESCENTES COMANDADAS POR INTERRUPTOR DE DUAS SEÇÕES

- ❖ **Interruptor de 2 seções:** permitem o comando de duas ou mais lâmpadas a partir de um único ponto. Possuem duas teclas ou botões. Externamente, possuem quatro bornes para a conexão dos condutores. Em outras palavras, podemos dizer que os interruptores de 2 seções são dois interruptores simples, conjugados na mesma peça.

7.1. SIMBOLOGIA UNIFILAR A SER UTILIZADA NA INSTALAÇÃO:

Descrição	lâmpada	interruptor de 2 seções	condutor fase	condutor neutro	condutor de retorno
Símbolo		S_2			

7.2. DIAGRAMAS ELÉTRICOS DA INSTALAÇÃO:

Diagrama multifilar:

Diagrama unifilar:

Solucionando Problemas

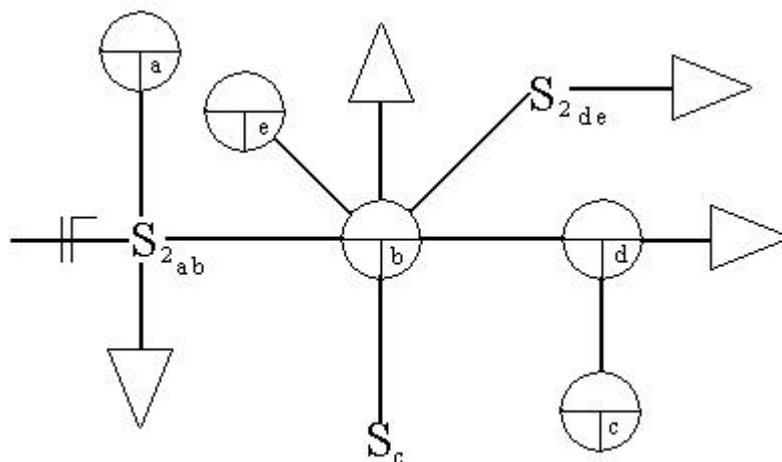
7.3. EXERCÍCIOS COMPLEMENTARES:

- a) Montar os diagramas multifilar e unifilar para uma instalação, onde cada tecla do interruptor de 2 seções comande duas lâmpadas:

Diagrama multifilar:

Diagrama unifilar:

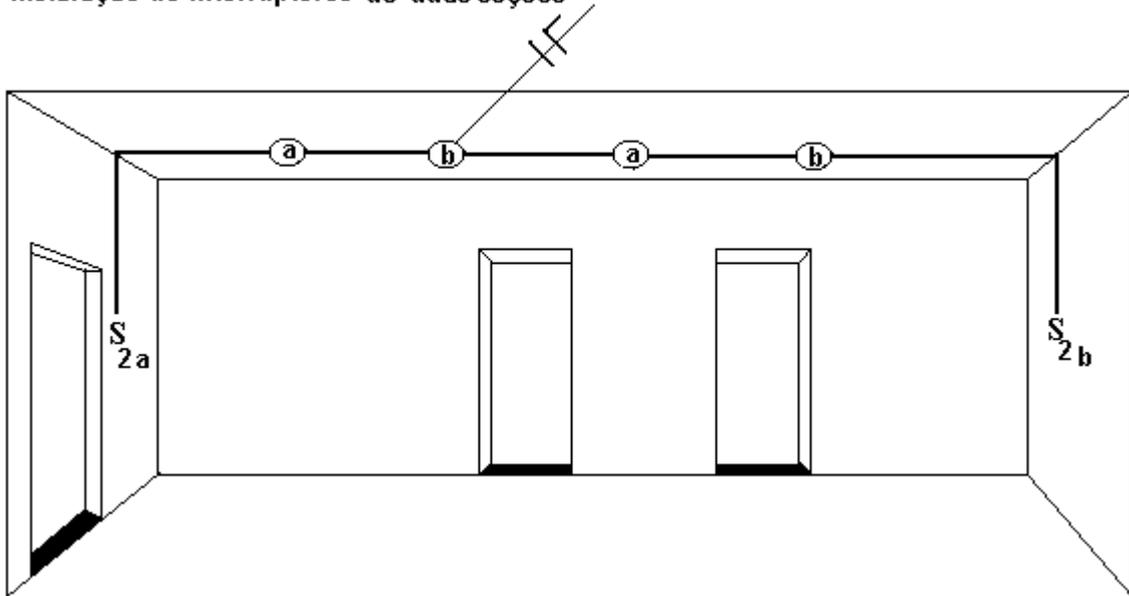
- b) Completar o diagrama unifilar abaixo :



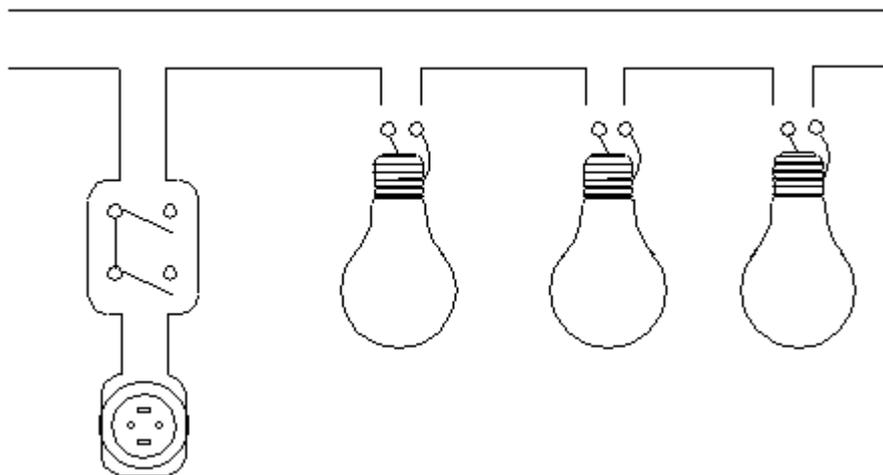
Solucionando Problemas

c) Completar o diagrama unifilar da perspectiva abaixo :

Instalação de interruptores de duas seções



d) Completar o diagrama multifilar da figura abaixo:



8. INSTALAÇÃO DE LÂMPADA INCANDESCENTE COMANDADA POR INTERRUPTORES PARALELOS

❖ **Interruptores paralelos:** são dispositivos que permitem o comando da iluminação de **dois** pontos diferentes. Trabalham sempre aos pares. Possuem externamente três bornes de ligação, os quais são interligados dois a dois (ver figura 1), conforme a posição da tecla.

Aplicação: são geralmente instalados em cômodos com duas entradas, possibilitando o comando da iluminação das duas portas. São utilizados também para comandar a iluminação de: escadarias, corredores, quartos e salas.

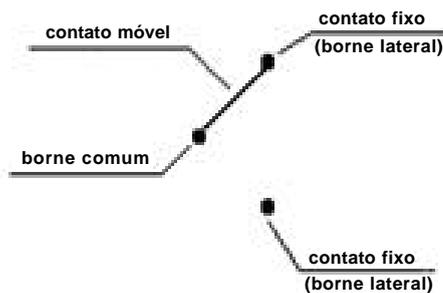


FIGURA 1. CONTATOS DO INTERRUPTOR PARALELO

8.1. INTERLIGAÇÃO DOS CONTATOS:

Conforme a posição da tecla do interruptor, teremos duas posições para os contatos:

❖ **Posição 1:** nesta posição ocorrerá o contato entre os bornes A e B, onde o borne A é um borne lateral e B o borne comum ou borne central do interruptor. Assim, o fluxo de corrente elétrica do circuito onde estivesse inserto este interruptor, passaria por estes dois bornes.

- ❖ *Posição 2:* supondo que apertássemos a tecla do interruptor o contato móvel estabeleceria agora a interligação entre os bornes B e C, permitindo o fluxo de corrente por estes dois bornes.



8.2. SIMBOLOGIA UNIFILAR A SER UTILIZADA NA INSTALAÇÃO:

Descrição	lâmpada	interruptor de 2 seções	condutor fase	condutor neutro	condutor de retorno
Símbolo		S_2			

8.3. DIAGRAMAS ELÉTRICOS DA INSTALAÇÃO:

Sistema Série:

Diagrama multifilar:

Diagrama unifilar:

Sistema Paralelo (*):

Diagrama multifilar:

Diagrama unifilar:

(*) O sistema paralelo (c/ fase e neutro no interruptor) é um tipo de ligação utilizado frequentemente em instalações prediais devido a facilidade na colocação dos fios, já que aproveitam para ligar no mesmo circuito tomada e iluminação.

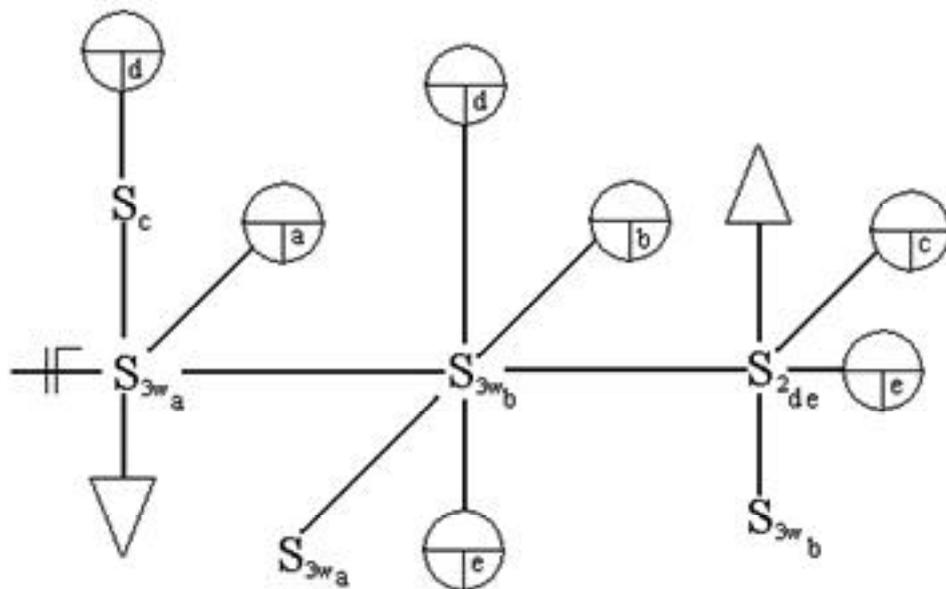
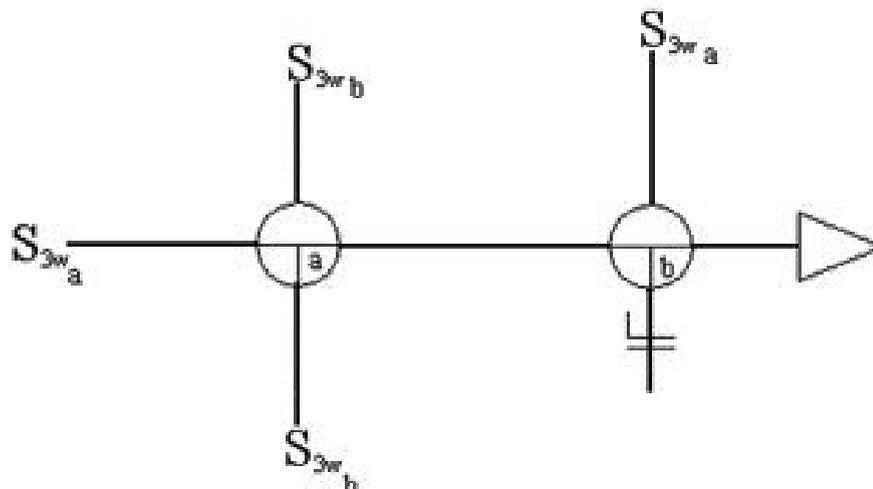
Embora isto represente uma certa economia, contraria totalmente dois aspectos:

- segurança das pessoas em relação a choques, na caso de troca de lâmpadas;
- ligação não permitida pela NBR 5410 de iluminação e tomadas no mesmo circuito;
- risco de um curto-circuito acidental.

Solucionando Problemas

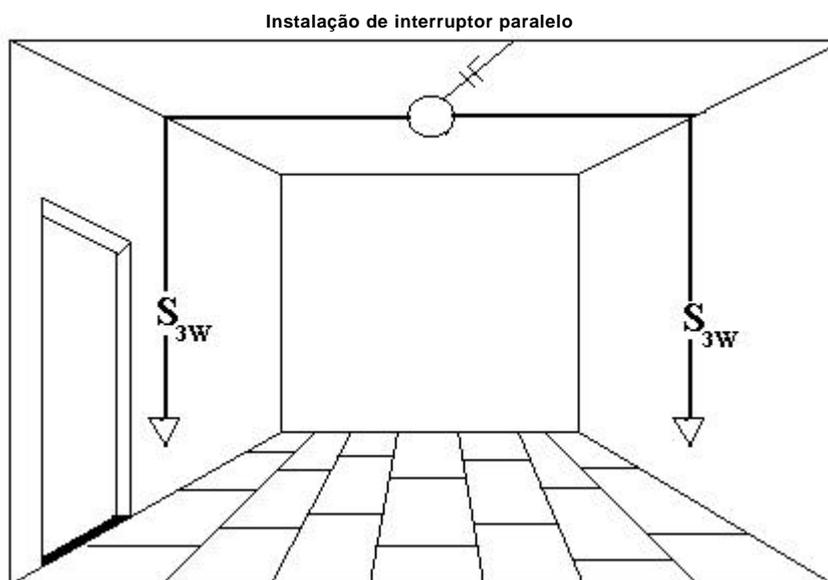
8.4.EXERCÍCIOS COMPLEMENTARES:

a) Completar os diagramas unifilares:

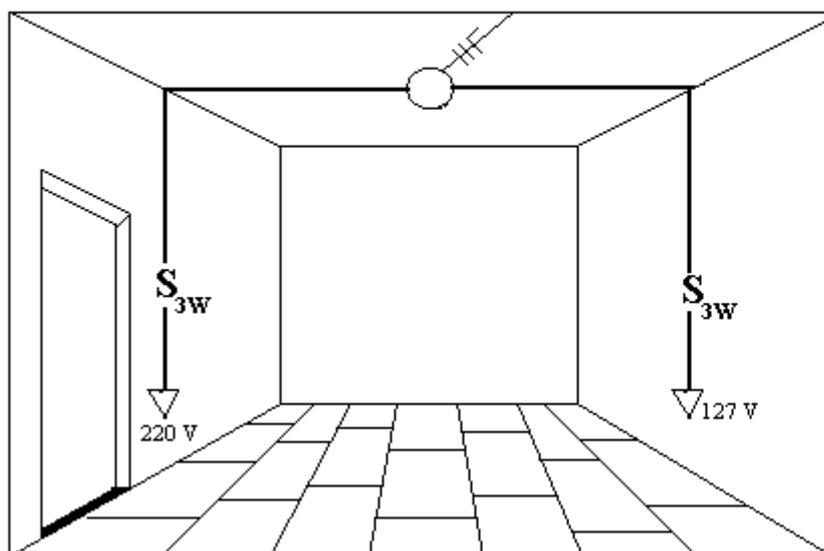


Solucionando Problemas

b) Completar o diagrama abaixo:

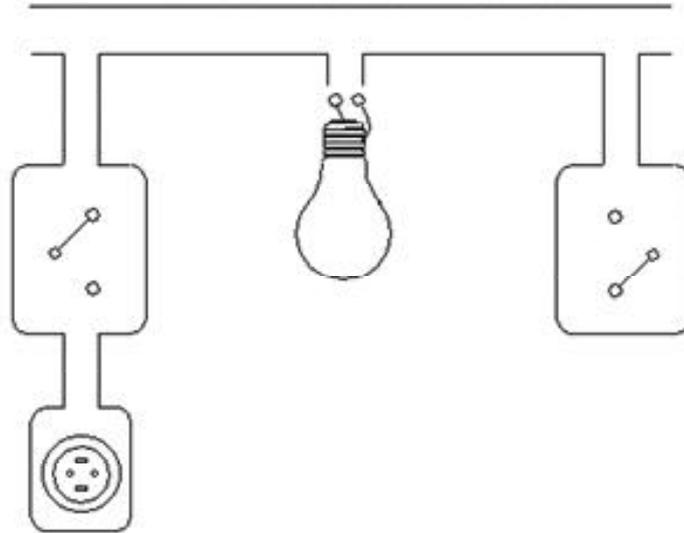


Instalação de interruptor paralelo

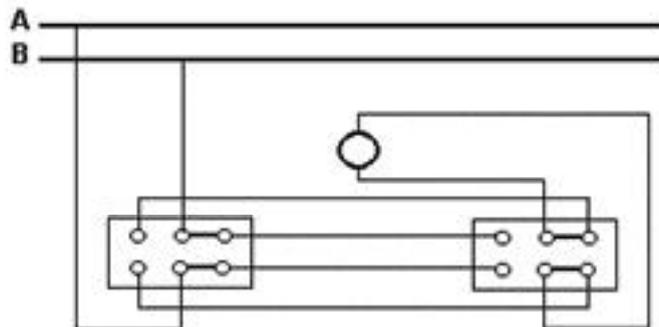


Solucionando Problemas

c) Completar o diagrama multifilar abaixo:



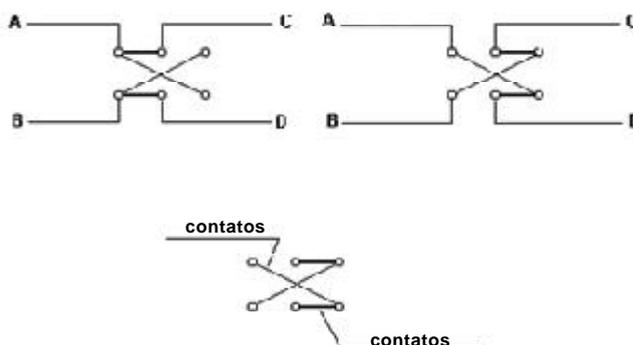
d) Analisar o circuito abaixo dizendo apenas se a instalação funcionará ou não:



9. INSTALAÇÃO DE LÂMPADA INCANDESCENTE COMANDADA POR INTERRUPTORES PARALELOS E INTERMEDIÁRIOS

- ❖ **Interruptores Intermediários:** são dispositivos que permitem o comando de iluminação de **três** ou mais pontos diferentes. Os interruptores intermediários funcionam somente em conjunto com os interruptores paralelos. Comumente são instalados para permitir o comando da iluminação de uma escadaria a partir de cada pavimento, ou em salas de várias entradas. Possuem externamente quatro bornes de ligação.

- ❖ **Representação do interruptor intermediário:**



9.1. SIMBOLOGIA UNIFILAR A SER UTILIZADA NA INSTALAÇÃO:

Descrição	lâmpada	interruptor paralelo	condutor fase	condutor neutro	condutor de retorno
Símbolo		S_{3w}			

9.2. DIAGRAMAS ELÉTRICOS DA INSTALAÇÃO:

Diagrama multifilar

Diagrama unifilar

Solucionando Problemas

9.3. EXERCÍCIOS COMPLEMENTARES:

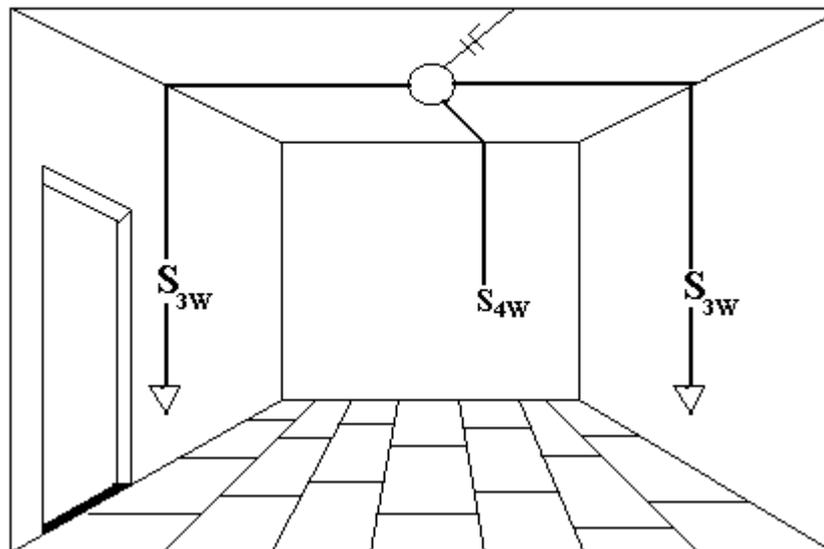
- a) O interruptor intermediário é instalado em conjunto com 2 interruptores paralelos. Qual deve ser o sistema de instalação do interruptor paralelo para, que a instalação funcione corretamente ?
- b) Montar os diagramas: unifilar e multifilar para um circuito que comandará uma lâmpada de 6 pontos diferentes.

Diagrama multifilar

Diagrama unifilar

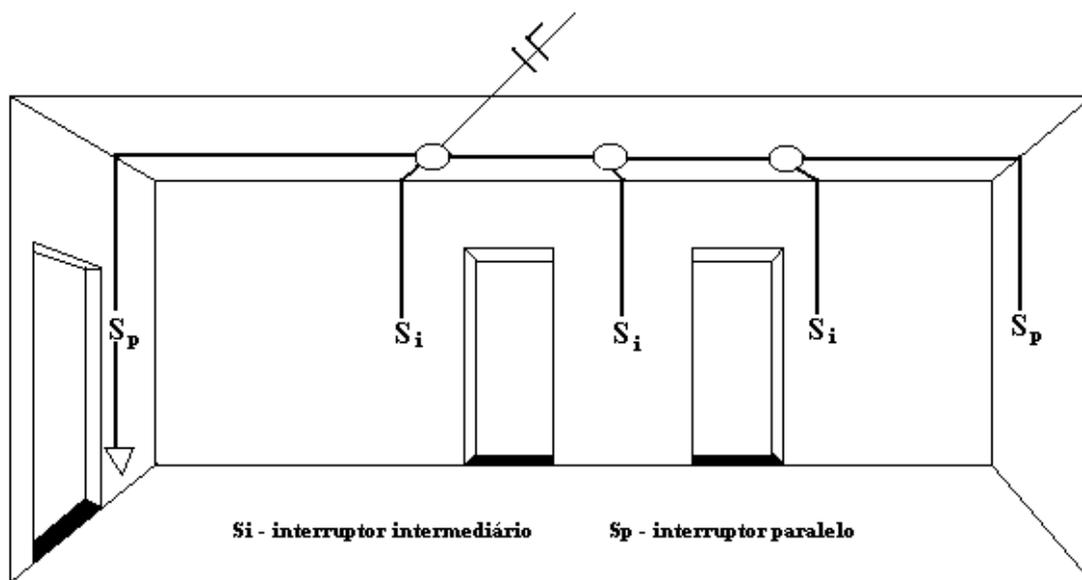
- c) Completar o diagrama unifilar abaixo:

Instalação de Interruptor intermediário

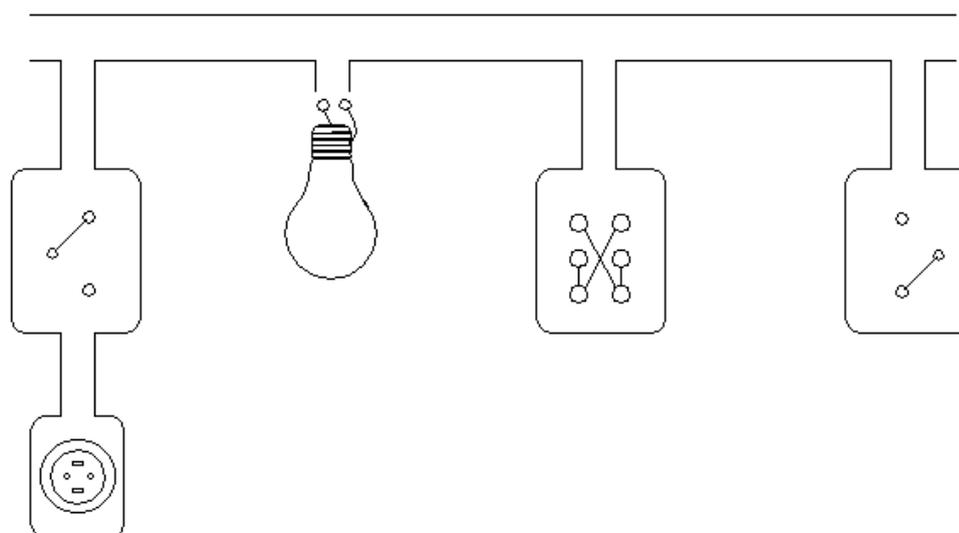


Solucionando Problemas

Instalação de interruptor intermediário



d) Completar o diagrama multifilar abaixo:

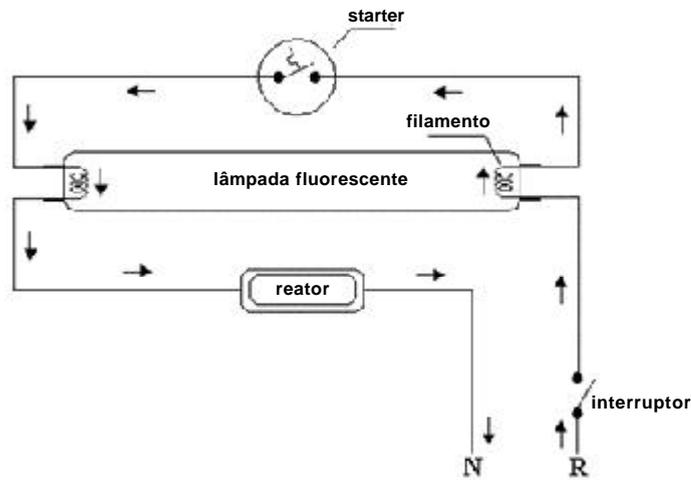


10. INSTALAÇÃO DE LÂMPADA FLUORESCENTE

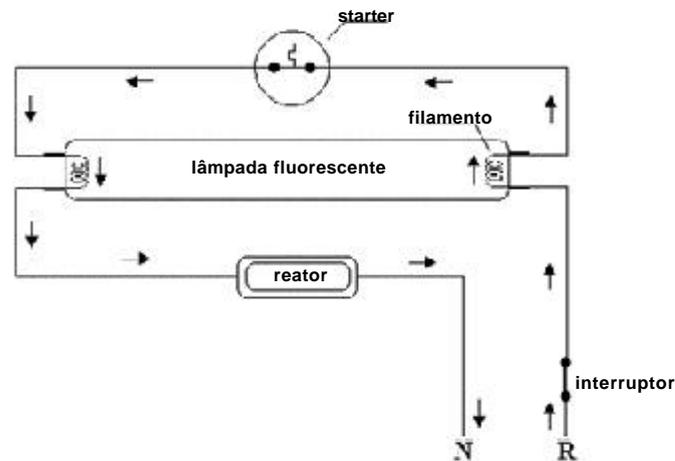
- ❖ **Lâmpada fluorescente:** é uma lâmpada que utiliza a descarga elétrica através de um gás, para produzir energia luminosa. São constituídas por um tubo cilíndrico de vidro, em cujas paredes internas é fixado um material fluorescente (cristais de fósforo) e onde se efetua uma descarga elétrica, a baixa pressão, em presença de vapor mercúrio. Produz-se, então, uma radiação ultravioleta que, em presença do material fluorescente existente nas paredes se transforma em luz visível.
- ❖ **Reator:** tem por finalidade provocar um aumento da tensão durante a ignição e uma redução na intensidade da corrente, durante o funcionamento da lâmpada. Consiste essencialmente em uma bobina, com núcleo de ferro, ligada em série com a alimentação da lâmpada.

Tipos de reatores:

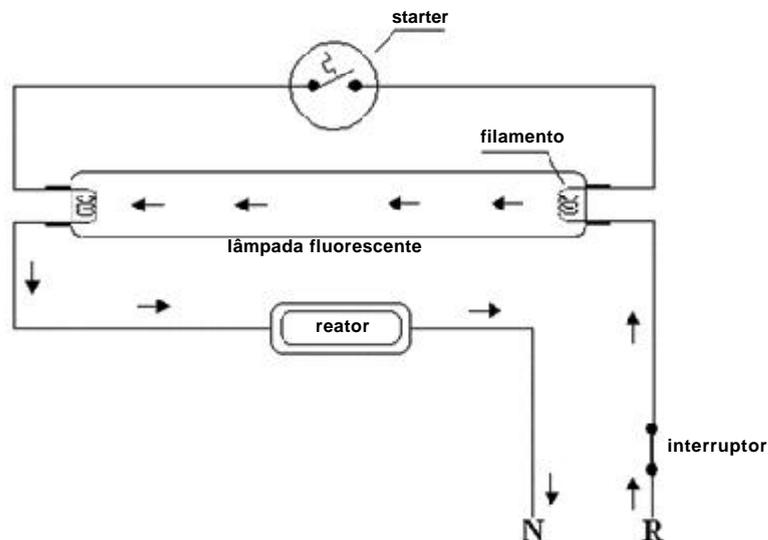
- reatores convencionais;
 - reatores de partida rápida;
 - reatores eletrônicos.
- ❖ **Starter:** é um dispositivo que atua como interruptor automático, abrindo o circuito dos filamentos depois do tempo necessário para o seu aquecimento. O starter funciona segundo o princípio das lâminas bimetálicas. Utiliza-se o starter somente nos circuitos convencionais.
 - ❖ **Circuito de lâmpada fluorescente com reator convencional:**
 - a) Fechando-se o interruptor a corrente segue o circuito assinalado pelas setas, forma-se um arco entre os contatos do starter e o circuito se completa, conforme as setas.



- b) O calor do arco no starter faz a lâmina bimetálica curvar-se e encostar no contato fixo. Uma elevada corrente circula pelos filamentos, aquecendo-os e o mercúrio se vaporiza.



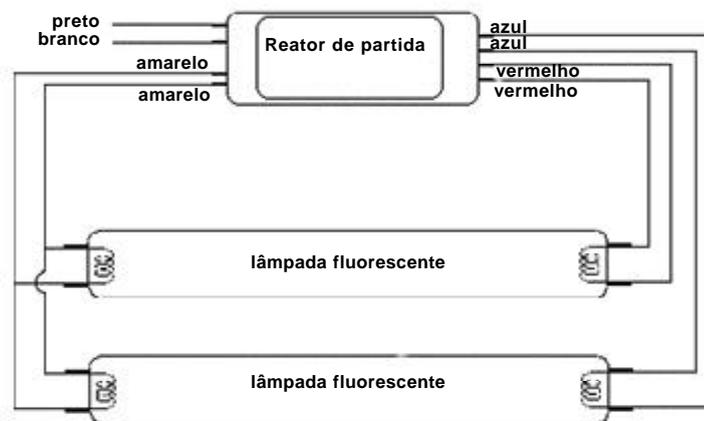
- c) O starter esfria e abre o circuito, provocando uma tensão mais alta, originária do reator. Essa tensão vai determinar a ignição da lâmpada. Uma corrente, então, flue através do gás, auxiliada pelo vapor de mercúrio. Devido ao choque dos elétrons com os átomos do gás ocorre a emissão de raios ultra-violeta, que são invisíveis. Esta radiação transmite-se em todas as direções e, em contato com a pintura fluorescente do tubo, produz radiação luminosa visível.



❖ **Circuito de lâmpada fluorescente com reator de partida rápida :**

Os reatores dos sistemas de partida rápida tem enrolamentos separados para aquecerem os filamentos da lâmpada continuamente. Quando o circuito é energizado, esses enrolamentos aquecem rapidamente os eletrodos, causando suficiente ionização na lâmpada para que o arco se estabeleça com a tensão dos enrolamentos principais do reator. O aquecimento imediato dos filamentos reduz a tensão necessária para o arco saltar. Isto diminui o tamanho e as perdas do reator, aumentando assim a eficiência do sistema.

O circuito de partida rápida elimina o piscar incômodo que se associa em geral à partida dos sistemas convencionais. E também simplifica o sistema de manutenção a partir do momento em que os starters são eliminados.



❖ **Circuito de lâmpada fluorescente com reator eletrônico:**

Estes novos reatores baseiam-se principalmente em circuitos eletrônicos que operam em alta frequência, permitindo assim que as lâmpadas gerem mais luz do que se estivessem conectadas a outros sistemas.

Características gerais dos reatores eletrônicos:

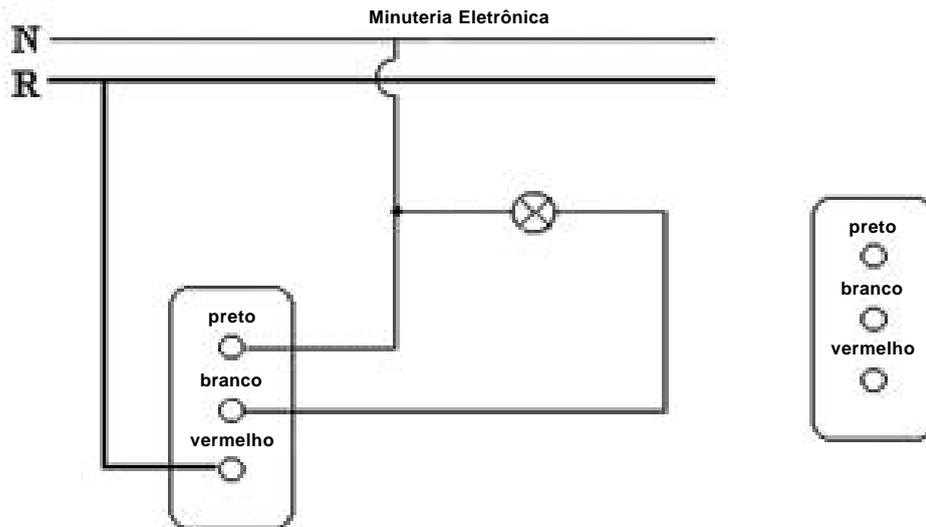
- ❖ possuem pequena dissipação térmica;
- ❖ não cintilam, devido a operação em alta frequência;
- ❖ alto fator de fluxo luminoso;
- ❖ alto fator de potência;
- ❖ proteção à partida mal sucedida;
- ❖ proteção contra erros de conexão de lâmpadas;
- ❖ mais econômicos.

Alguns reatores eletrônicos são projetados para trabalharem em duas tensões (110/220V).

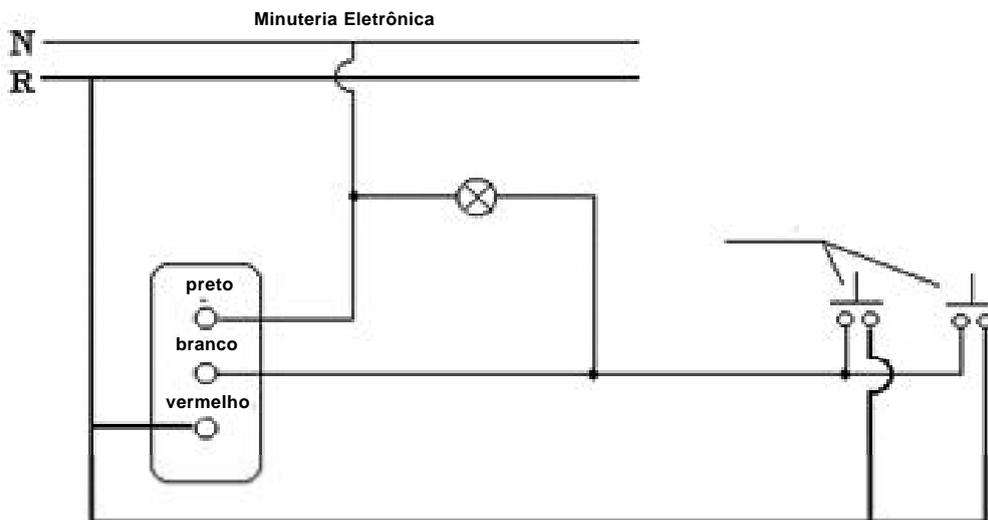
11. MINUTERIA

Minuteria: é um dispositivo que serve para controlar a iluminação de escadarias, corredores de edifícios, desligando automaticamente as lâmpadas do ambiente após algum tempo, evitando assim o desperdício de energia.

Esquema simples de ligação da minuteria:

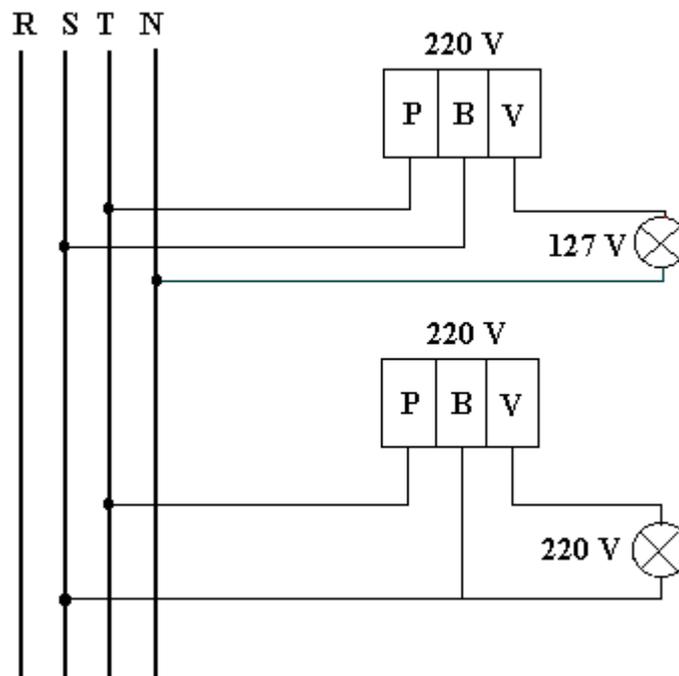
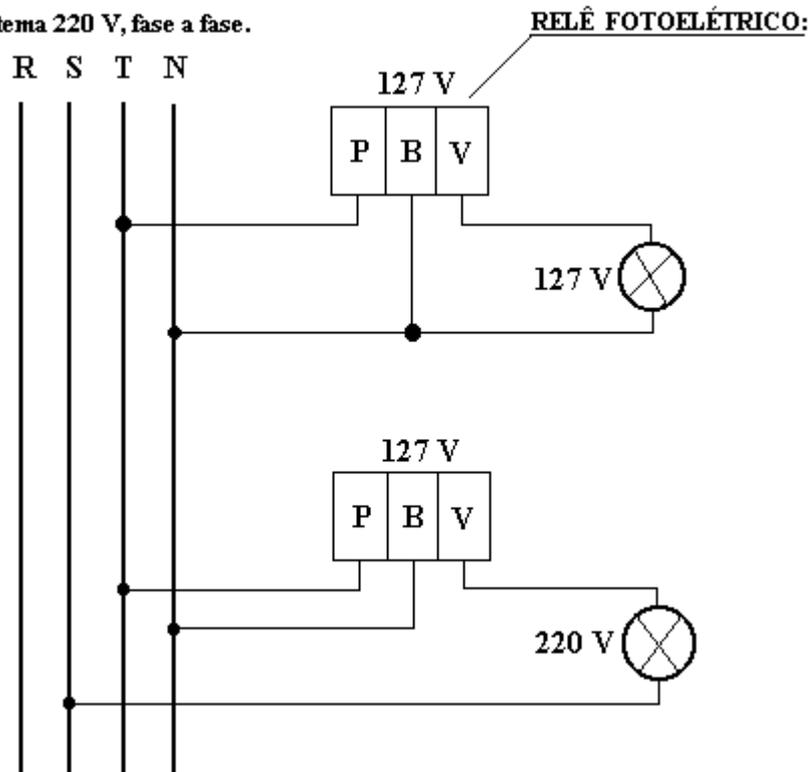


Esquema de ligação da minuteria utilizando pulsadores:



12. RELÉ FOTOELÉTRICO

Sistema 220 V, fase a fase.



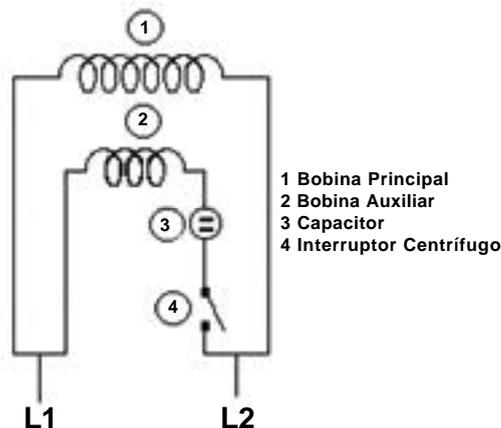
13. MOTOR MONOFÁSICO

Motor monofásico - é um motor de corrente alternada capaz de acionar máquinas em geral, a partir de uma rede elétrica monofásica. É composto, principalmente de um **estator** com um **enrolamento principal ou de trabalho** e um **enrolamento auxiliar ou de partida**; um **rotor** do tipo gaiola de esquilo, com eixo e rolamentos que se encaixam nos mancais das tampas. Um sistema de partida ou de arranque que é composto de mecanismo centrífugo; interruptor e capacitor, que agem sobre o enrolamento auxiliar. Em algumas aplicações dos motores monofásicos, estes partem sem carga, e dependendo de sua fabricação pode ser dispensado o capacitor, cuja função é aumentar o torque de partida. As várias partes são montadas e ajustadas por quatro parafusos longos que prendem as tampas.

13.1. FUNCIONAMENTO DO MOTOR MONOFÁSICO:

Durante a partida o enrolamento auxiliar fica ligado diretamente em paralelo com o enrolamento principal. Quando o motor atinge certa velocidade, cerca de 75% da velocidade normal, um interruptor automático desliga o enrolamento auxiliar, passando o motor a funcionar apenas com o enrolamento principal.

O enrolamento auxiliar possui um capacitor ligado em série para auxiliar na partida.



A velocidade dos motores monofásicos depende do número de pólos e da frequência da rede de alimentação.

Os motores monofásicos de fase auxiliar são normalmente encontrados com 2, 4, 6 ou mais pólos, para as frequências de 50 ou 60 Hertz.

Os motores monofásicos de fase auxiliar dotados de capacitor possuem um torque (arranque) mais vigoroso. Normalmente, o capacitor é usado em motores que partem com carga considerável.

Pode-se encontrar motores de fase auxiliar com 2,4 ou 6 terminais de saída, que podem combinar-se para várias tensões de rede e para a inversão da rotação por meio de chave reversora.

13.2. FUNCIONAMENTO DO DISPOSITIVO AUTOMÁTICO DE PARTIDA:

Quando o motor monofásico está parado, as molas fazem com que as massas centrífugas empurrem o carretel sobre os contatos, fechando o circuito do bobinado de arranque.

O motor está assim em condições de arrancar. Quando o motor alcançar aproximadamente 75% de sua velocidade de funcionamento a força centrífuga desloca as massas, arrastando o carretel e abrindo os contatos que desligam o bobinado de arranque. A partir daí o motor passa a funcionar somente com o bobinado principal. Ao desligar o motor o dispositivo age de forma inversa, deixando o motor em condições de novo arranque.

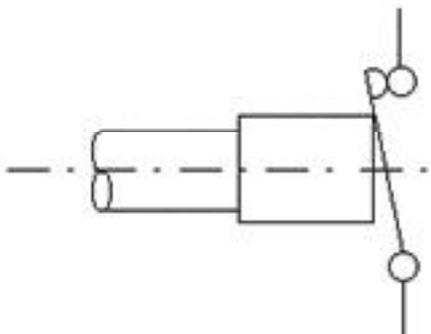


FIG. 1 ROTOR PARADO - CONTATOS FECHADOS

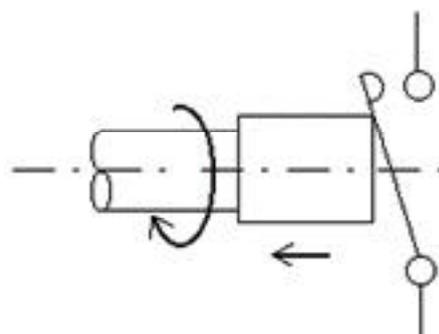


FIG. 2 ROTOR A VELOCIDADE NORMAL - CONTATOS ABERTOS

13.3 CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS DOS MOTORES MONOFÁSICOS:

As características que serão comentadas abaixo, referem-se aos dados que constam na placa de identificação do motor.

13.3.1. TENSÃO:

Os motores monofásicos, normalmente, são fabricados para trabalharem em redes de 110 ou 220 V.

13.3.2. FREQUÊNCIA:

Embora os motores tragam em sua placa de características a velocidade para 50 e 60 Hertz, o que mais interessa são as velocidades para 60 Hertz, isto porque, no Brasil, toda a energia elétrica distribuída é padronizada nessa frequência.

13.3.3. RPM:

A RPM que vem marcada na placa do motor corresponde ao número de rotações por minuto que o eixo do motor dá , a plena carga.

A velocidade do motor monofásico pode sofrer variação, de acordo com os seguintes fatores:

- ❖ **número de pólos:** como estes motores poderão ser compostos por 2, 4, 6 ou mais pólos, de acordo com o número de pólos, a velocidade do motor será diferente, ou seja, quanto maior o número de pólos, menor será a velocidade;
- ❖ **frequência:** um outro fator que pode provocar a variação da velocidade do motor é a frequência.

14. MOTOR TRIFÁSICO

Motor trifásico: é aquele projetado para ser alimentado por circuitos de corrente alternada trifásica. Este tipo de motor é utilizado em inúmeras situações, atendendo a variada gama de potência. Eles podem ser de diversos tipos: *assíncrono com rotor em curto; assíncrono com rotor bobinado; síncrono.*

14.1. APLICAÇÕES:

- ❖ **Motor assíncrono de rotor em curto:** Para serviços que não exijam velocidades variáveis e partida com carga, como: moinhos, ventiladores, prensas, bombas centrífugas, máquinas operatrizes, etc.
- ❖ **Motor assíncrono de rotor bobinado:** Para serviços que requerem velocidade variável e partida com carga, como: compressores, transportadores, guindastes, pontes rolantes, etc.
- ❖ **Motor síncrono:** Para serviços que exigem velocidade constante ou onde se deseja corrigir a fator de potência da rede elétrica.

14.2. CARACTERÍSTICAS DOS MOTORES TRIFÁSICOS DE ROTOR EM CURTO:

14.2.1. TENSÃO:

Os motores trifásicos, normalmente, são fabricados para trabalhar em redes de 220, 380 e 440 V.

14.2.2. R.P.M.:

O motor trifásico pode sofrer variação de velocidade, de acordo com os seguintes fatores:

- ❖ frequência;
- ❖ número de pólos.

Como estes motores poderão ser compostos por 2, 4, 6, 8, 10, 16 e 20 pólos, a sua velocidade será tanto menor, quanto maior for o número de pólos.

14.2.3. POTÊNCIA:

Os motores trifásicos são fabricados para uma vasta gama de potências. Assim, há motores desde de 1/3 até 1000 CV ou mais.

14.2.4. ESQUEMA DE LIGAÇÃO:

Esses motores, para que possam ser ligados para as diversas tensões a que foram fabricados, apresentam, na sua caixa de ligações, 3, 6, 9, 12 pontas, que saem dos enrolamentos e poderão ser fechados de acordo com o esquema de ligação gravado na placa do motor.

14.2.5. INVERSÃO DO SENTIDO DE ROTAÇÃO:

Para que seja obtida a inversão do sentido de rotação do motor trifásico, basta que, de uma forma geral, se invertam duas fases. Uma das fases fica ligada onde estava e as outras duas são trocadas, uma pela outra.

14.3. CONSTITUIÇÃO DO MOTOR TRIFÁSICO:

- ❖ estator;
- ❖ rotor.

14.3.1. ESTATOR:

- ❖ carcaça: é a estrutura suporte do conjunto; de construção robusta em ferro fundido, aço ou alumínio injetado, resistente à corrosão.
- ❖ núcleo de chapas: as chapas são de aço magnético, tratados termicamente para reduzir ao mínimo as perdas no ferro.
- ❖ enrolamento trifásico: três conjuntos iguais de bobinas, uma para cada fase, formando um sistema trifásico ligado à rede trifásico de alimentação.

14.3.2. ROTOR:

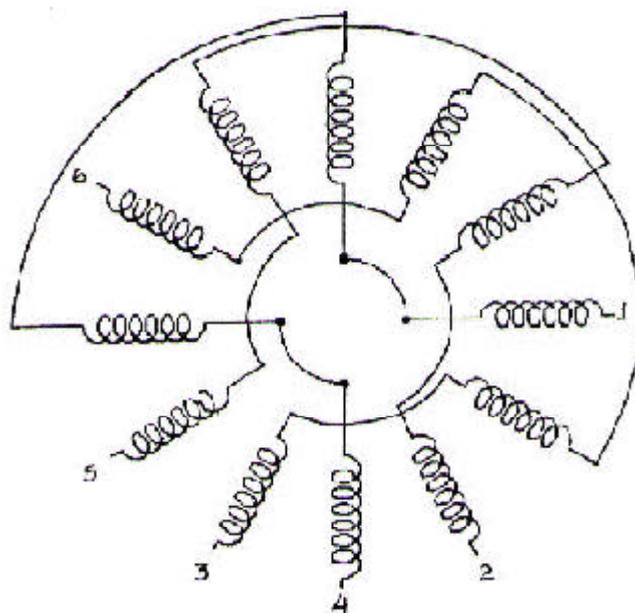
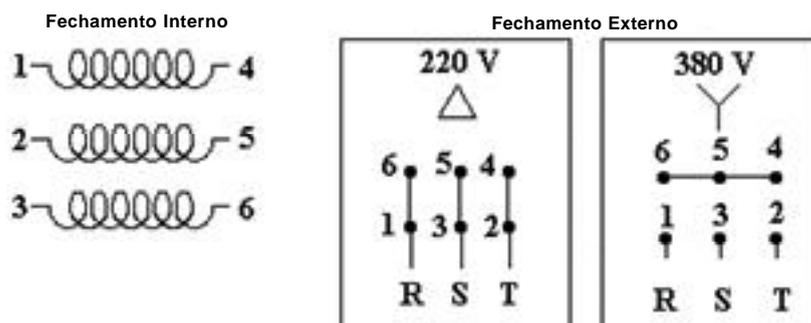
- ❖ eixo: transmite a potência mecânica desenvolvida pelo motor, é tratado termicamente para evitar problema como empenamento e fadiga.
- ❖ núcleo de chapas: as chapas possuem as mesmas características das chapas do estator.
- ❖ barras e anéis de curto-circuito: são de alumínio fundido sob pressão numa única peça.

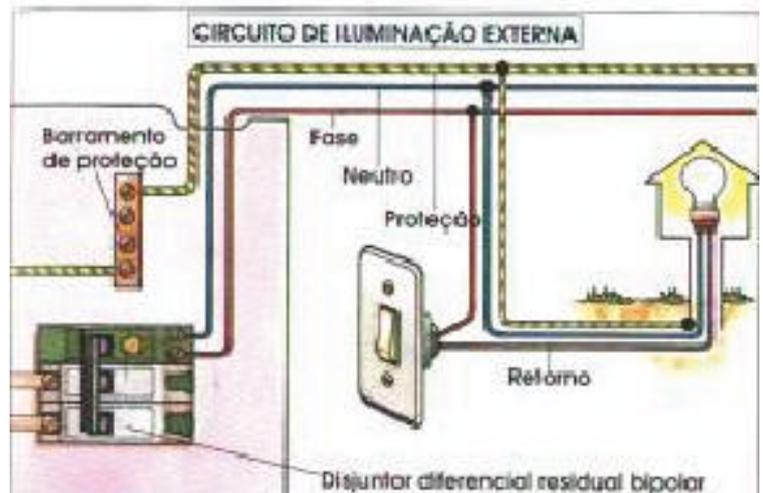
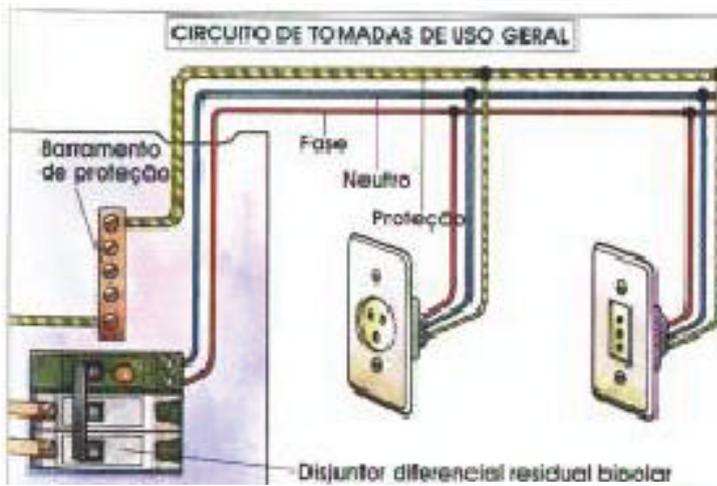
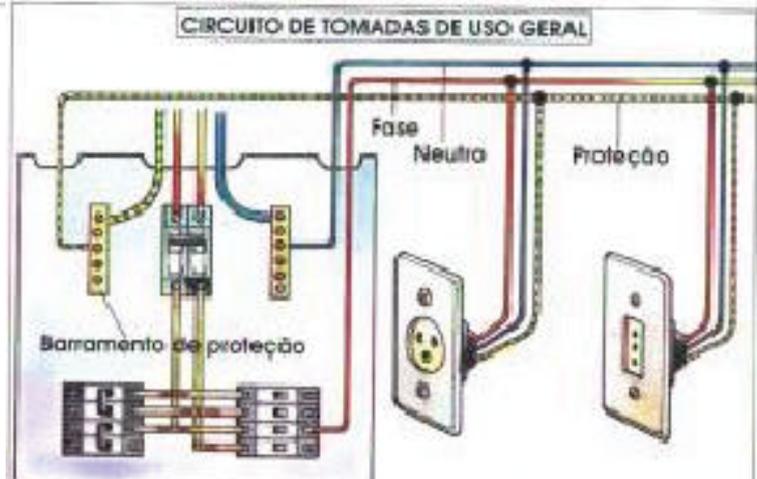
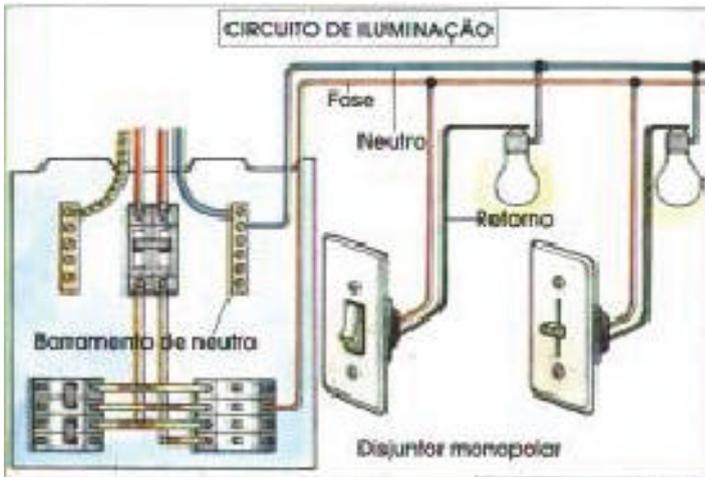
O que caracteriza o motor de indução é que só o estator é ligado à rede de alimentação. O rotor não é alimentado externamente e as correntes que circulam, nele são induzidas eletromagneticamente pelo estator, donde o seu nome de motor de indução.

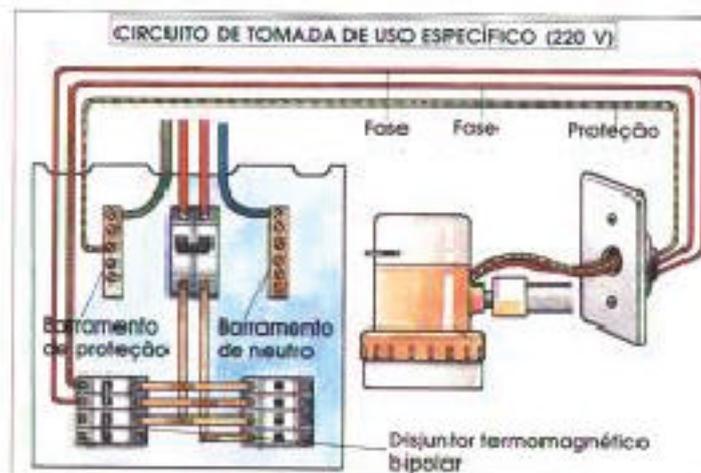
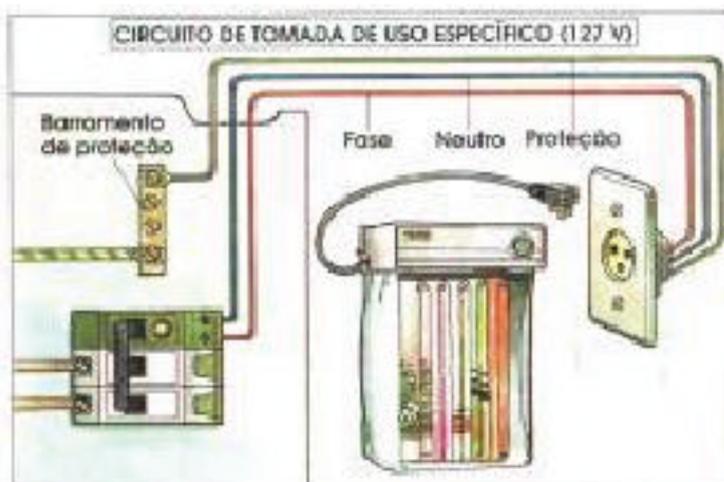
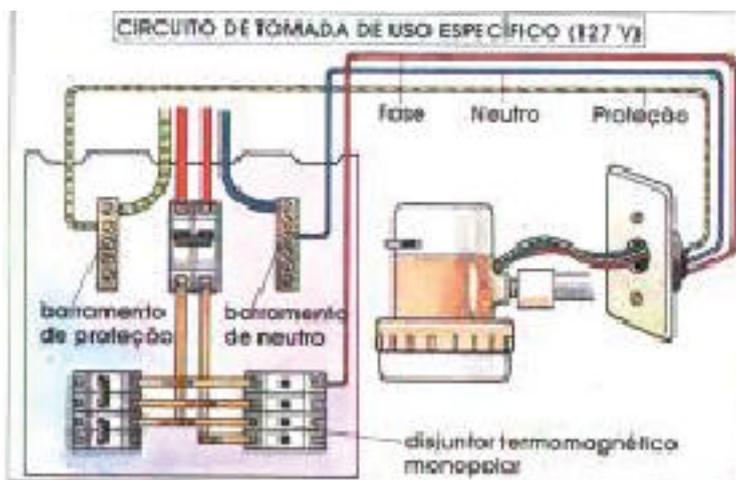
IDENTIFICAÇÃO POR LETRAS:

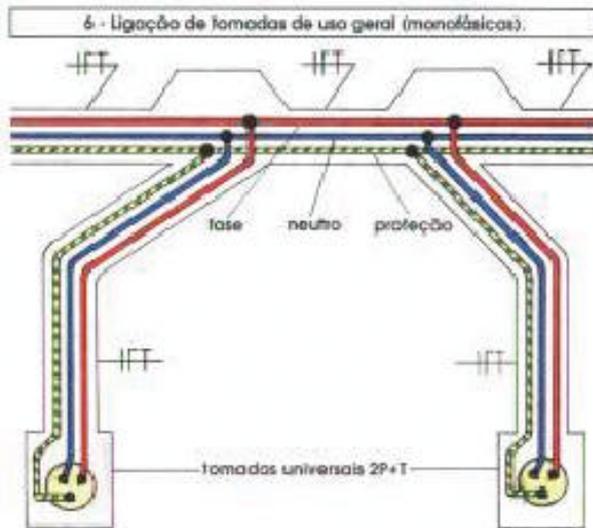
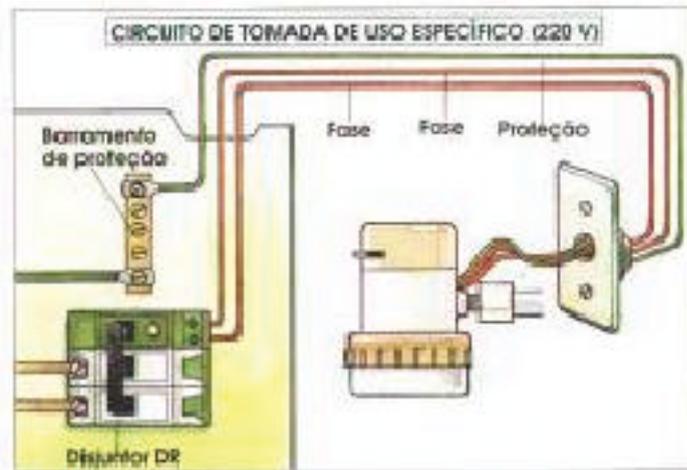
Os motores de origem alemã são identificados através de letras:

u	v	w	x	y	z
1	2	3	4	5	6

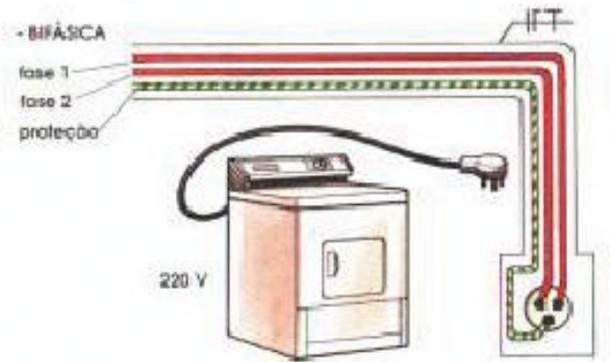
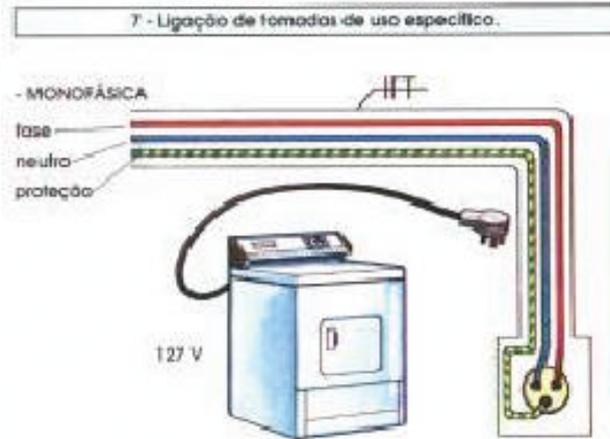
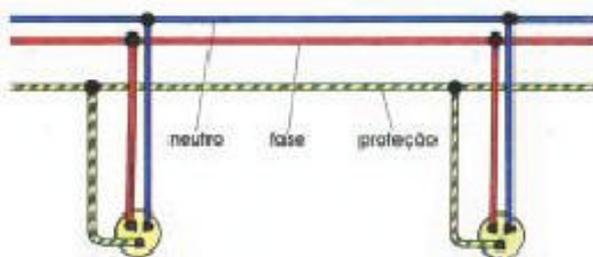








Esquema equivalente



1. CÁLCULO DE CONSUMO:

$$\text{Consumo (kWh)} = \frac{\text{Potência (W) x Horas no dia x Dias do mês}}{1000}$$

ou

$$\text{Consumo (kWh)} = \text{Potência (kW) x Horas no dia x Dias do mês}$$

2. RELAÇÕES ENTRE AS UNIDADES DE POTÊNCIAS:**W** = Watt**CV** = Cavalo - Vapor**HP** = Horse - Power

- 1 KW = 1000 W
- 1 CV = 736 W
- 1 CV = 0,736 KW
- 1 HP = 746 W
- 1 HP = 0,746 KW
- 1 HP = 1,0136 CV
- 1 CV = 0,9867 HP

a) Para transformar um valor de potência expressa em CV para uma potência em Watt, basta multiplicar a potência em CV por 736, ou então 0,736 para obter a potência em KW.

b) Para transformar um valor de potência expressa em HP para uma potência em Watt, basta multiplicar a potência em HP por 746, ou então 0,746 para obter a potência em KW.

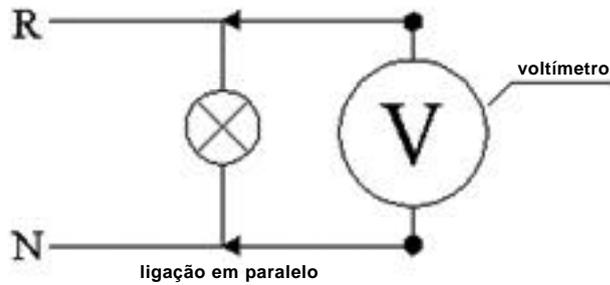
c) Para transformar a potência expressa em CV para HP, basta multiplicar a potência em CV por 0,9867.

d) Para transformar a potência expressa em HP para CV, basta multiplicar a potência em HP por 1,0136.

1. VOLTÍMETRO:

A medida da diferença de potencial (tensão elétrica) entre dois pontos é feita por aparelhos denominados **voltímetros**.

Os voltímetros, sejam de bobina móvel, ferro móvel ou eletrodinâmicos, caracterizam-se pela sua *resistência interna elevada* e pela graduação da escala em volts. São empregados para medir as tensões entre dois pontos diferentes de um circuito elétrico e, por essa razão, deve-se ligá-los aos pontos, entre os quais se deseja conhecer o valor da tensão.



O voltímetro é sempre ligado diretamente aos pontos entre os quais se deseja conhecer a tensão, todavia, antes de se efetuar a ligação de um voltímetro, deve-se verificar se a escala está de acordo com a tensão prevista, o tipo de corrente, se as pontas de prova são suficientemente isoladas e se a posição de trabalho está correta.

A leitura mais precisa é aquela obtida próximo ao meio da escala. Desta forma, se o voltímetro possui várias escalas, deve-se selecionar aquela que forneça essa condição.

2. AMPERÍMETRO:

Destinados a medir a corrente elétrica que atravessa um circuito, o amperímetro é um instrumento indispensável ao eletricista que deseja executar seu trabalho dentro de uma boa técnica.

O amperímetro é sempre ligado em série com a carga, necessitando abrir o circuito para instalá-lo. Como exceção, existe o amperímetro de alicate, que “vê” a corrente que está passando pelo condutor elétrico através do campo magnético produzido pela mesma.

Esse instrumento, o alicate volt-amperímetro, é muito útil e prático, pois podemos medir uma corrente elétrica sem a necessidade de abrir o circuito, porque não se pode cortar a alimentação da máquina ou equipamento.

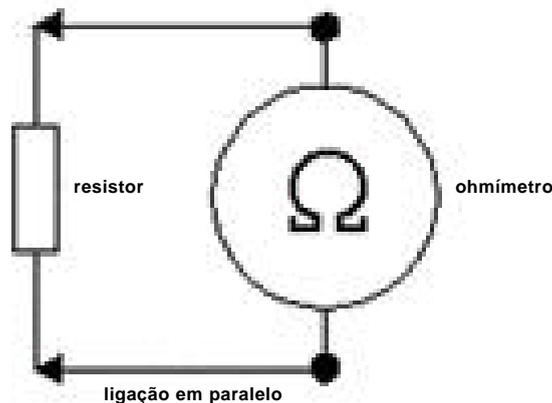
Os amperímetros, que também são encontrados nos três tipos de mecanismos já citados, diferenciam-se dos voltímetros pela sua *baixa resistência interna* e pela sua escala calibrada em ampères.



3. OHMÍMETROS:

A medida direta do valor de uma resistência elétrica R pode ser feita por meio de aparelhos denominados ohmímetros.

Os ohmímetros possuem uma bateria própria, com tensão conhecida e funcionam aplicando a lei de Ohm ou por comparação através de uma ligação em ponte.



*** trabalhar com o circuito desenergizado**

* O ohmímetro nunca deve ser ligado ao circuito energizado. Para medirmos o valor de uma resistência, é necessário que ela não esteja sendo percorrida por nenhuma corrente, caso contrário, corre-se o risco de queimar o instrumento.

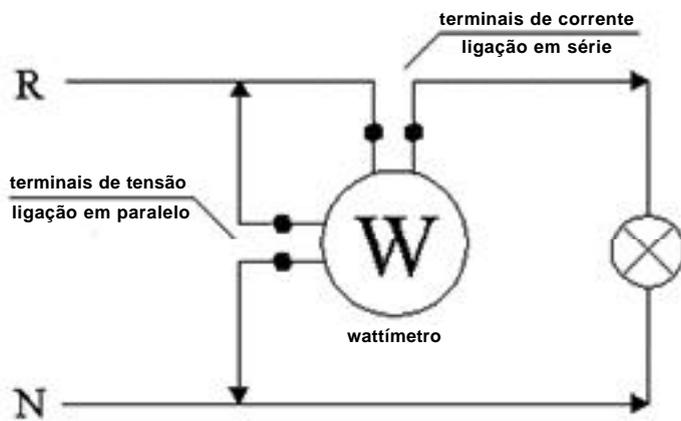
** Para medir resistências elevadas (isolação dos condutores, máquinas e aparelhos elétricos), utilizamos um aparelho denominado **megôhmetro**.

4. WATTÍMETRO:

Para medir a potência que está sendo solicitada da linha pela carga, usa-se um instrumento denominado wattímetro.

Este aparelho indica diretamente em watt, o produto da tensão pela corrente, em CC, e em CA quando a tensão e a corrente estão em fase, ou seja, indica a *potência ativa*.

O wattímetro é ligado de forma mista: em série e paralelo.



1. QUADRO DE DISTRIBUIÇÃO:

Quadro de distribuição: é o centro de distribuição de toda instalação elétrica de uma residência, pois recebe os fios que vêm do medidor. E é dele que partem os fios dos circuitos terminais que vão alimentar diretamente as lâmpadas, tomadas e aparelhos elétricos. No quadro de distribuição é que se encontram os dispositivos de proteção (disjuntores) dos circuitos terminais.

Definição segundo a NBR 5473: quadro de distribuição é o “equipamento elétrico destinado a receber energia elétrica através de uma ou mais alimentações e distribuí-la a um ou mais circuitos, podendo também desempenhar funções de proteção, seccionamento, controle e/ou medição”.

Um quadro de distribuição pode ser entendido como o “coração” de uma instalação elétrica, já que distribui a energia elétrica por toda a edificação e acondiciona os dispositivos de proteção dos diversos circuitos elétricos.

Um quadro de distribuição inadequado pode colocar em risco toda a instalação elétrica, seja por não permitir operações adequadas dos dispositivos de proteção, seja por condições inadequadas de manutenção, ampliação ou colocando em risco vidas e patrimônio em caso de incêndio.

2. QUANTIDADE DE CIRCUITOS:

Antes de se iniciar a especificação técnica propriamente dita, deve-se primeiro saber a quantidade de circuitos que haverá no quadro de distribuição. Com esta informação, tem-se uma idéia preliminar das dimensões e tipo de quadro que deverá ser utilizado.

É evidente que esta determinação depende da distribuição de circuitos projetada na instalação em questão. A determinação da quantidade de circuitos que uma instalação elétri-

ca deverá possuir é função de diversos fatores, que vão desde a potência instalada do circuito, passando pelos critérios de distribuição de pontos até a flexibilidade, conforto e reserva de carga que se deseja dar.

Os parâmetros iniciais para o dimensionamento dos circuitos encontram-se no capítulo 20. Projetos elétricos.

3. ESPECIFICAÇÕES DE QUADROS DE DISTRIBUIÇÃO:

Após a determinação da quantidade de circuitos necessários (ativos e reserva), vem o real trabalho de engenharia, que é a especificação técnica do quadro de distribuição. A especificação técnica representa as diversas características que ele deverá possuir, em função das condições de projeto e do local de instalação.

É neste item que se qualifica o tipo de quadro de distribuição mais adequado para a instalação estudada. A ausência de especificação implicará a não-definição, por parte do projetista, sobre o quadro que ele deseja e, conseqüentemente, a aquisição de um quadro que poderá não atender às exigências necessárias (o que ocorre com freqüência).

Devemos, portanto, atentar para as “especificações” equivocadas e totalmente incompletas que vêm ocorrendo na maioria dos projetos de instalações elétricas, e as danosas conseqüências que poderão causar.

Em diversas ocasiões, temos visto que os quadros de distribuição têm sido designados da seguinte forma: “quadro de distribuição QL - XYZ, contendo: 15 disjuntores de ...”.

Ora, onde está a especificação técnica do quadro ?

O quadro de distribuição não pode ser tratado simplesmente como uma “caixa” para fixar disjuntores.

Nestes casos, temos visto que nem mesmo existe a especificação dos disjuntores. Por estas e outras é que temos dito que, no mercado atual, existem muitos “desenhos”, mas poucos “projetos”.

2.1. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:

A norma NBR 6808 apresenta as características mínimas que um “conjunto de manobras” ou quadro distribuição, termo mais genérico, deve possuir, bem como os ensaios correspondentes, de forma a oferecer um mínimo de segurança e conforto aos usuários.

Para a correta especificação dos quadros de distribuição utilizados na área predial, basicamente para circuitos de iluminação e tomadas, de todas as características técnicas apresentadas na norma, entendemos que, para sua correta caracterização, devem ser mencionadas pelo menos as seguintes:

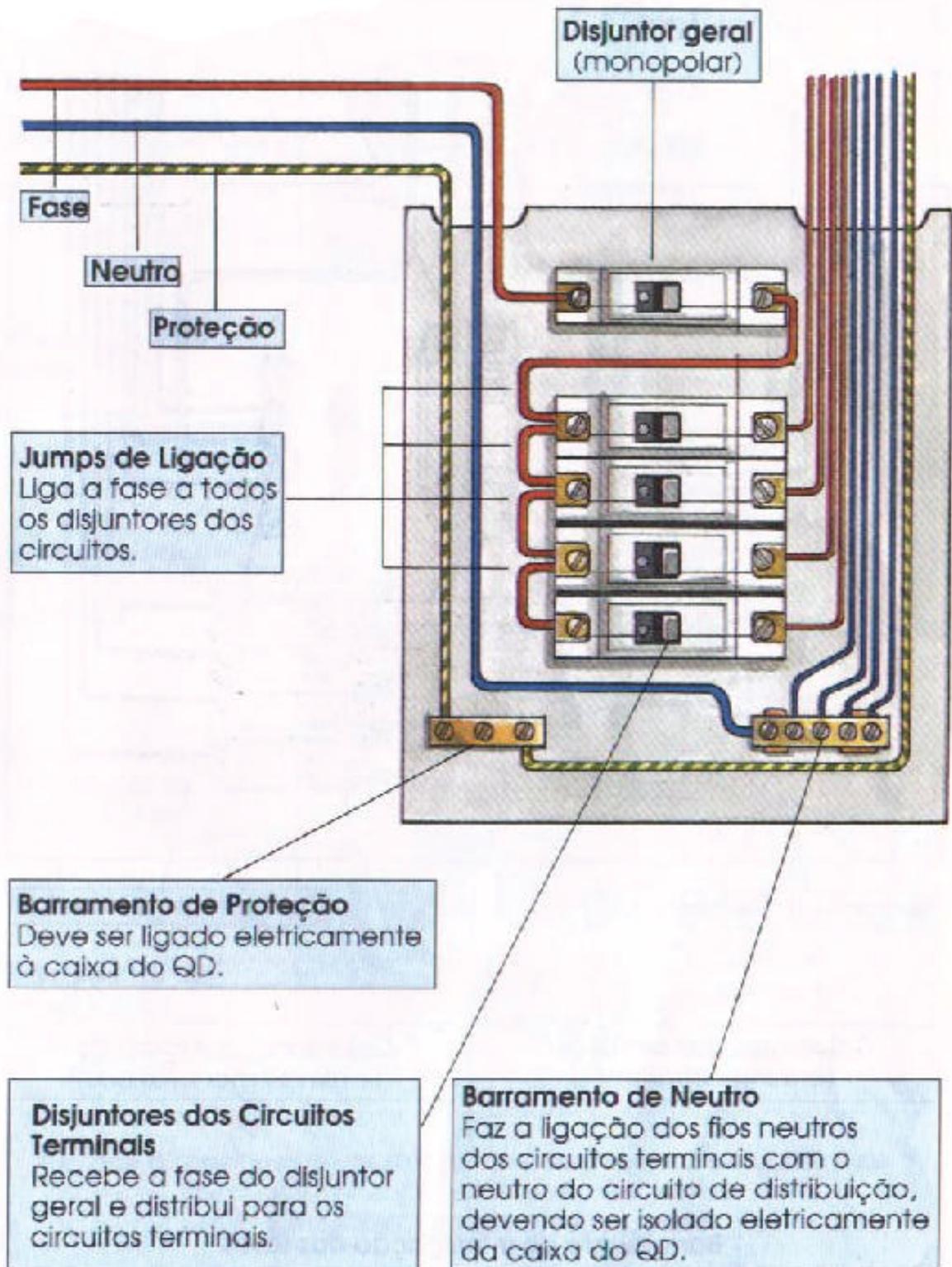
- ❖ **Tensão nominal (U_n)**: é o valor máximo de tensão que pode ser aplicado entre as barras (fases) do barramento, sem ocorrer arco ou fuga de corrente. Pode-se também mencionar, neste item, se a alimentação será feita a duas ou três fases.
- ❖ **Corrente nominal (I_n)**: é o valor máximo de corrente que pode circular pelas barras (principais e secundárias) do barramento, sem provocar aquecimento excessivo nas barras, nos componentes a elas conectados e no ar interno ao quadro.
- ❖ **Capacidade de curto circuito (I_c)**: é o valor máximo de corrente de curto-circuito, suportável pelas barras e suas conexões, até a atuação do dispositivo de proteção correspondente.

❖ **Grau de proteção (IP)**: é um índice que indica a característica do invólucro (quadro de distribuição) em evitar a penetração de corpos sólidos estranhos e a penetração prejudicial de água em seu interior. O IP qualifica também com relação à proteção contra os contatos diretos (choque elétrico).

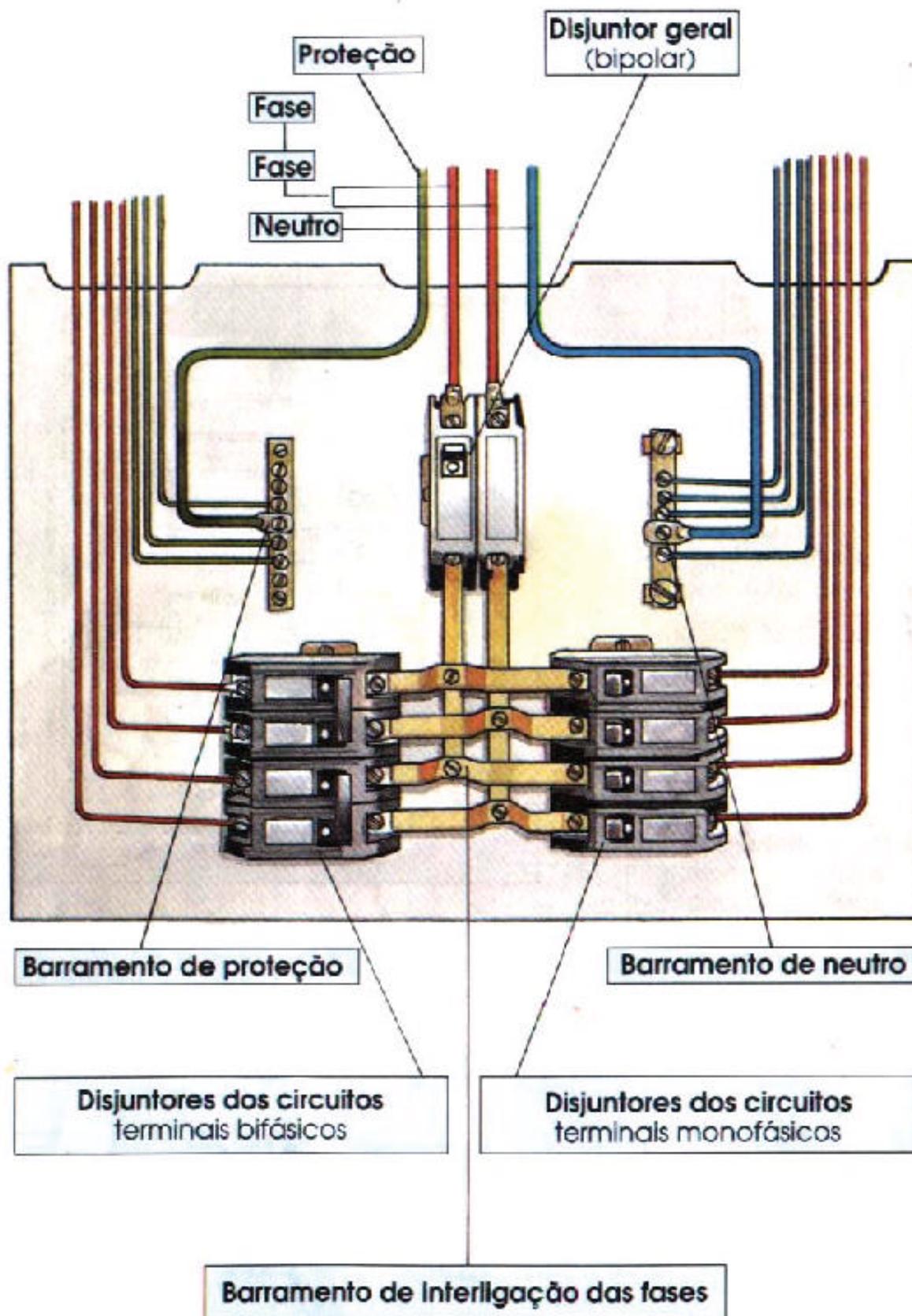
Devem ainda ser fornecidas informações adicionais, como:

- ❖ quantidade de disjuntores, onde devem ser incluídos também espaços reservas para circuitos futuros;
- ❖ tipos de disjuntores;
- ❖ tipo de dispositivo de proteção geral (disjuntor, dispositivo DR, chave seccionadora, etc.);
- ❖ barras de neutro e de aterramento;
- ❖ barras de cobre;
- ❖ outros componentes elétricos (como timers, relés, etc.);
- ❖ outras características necessárias para uma melhor especificação.

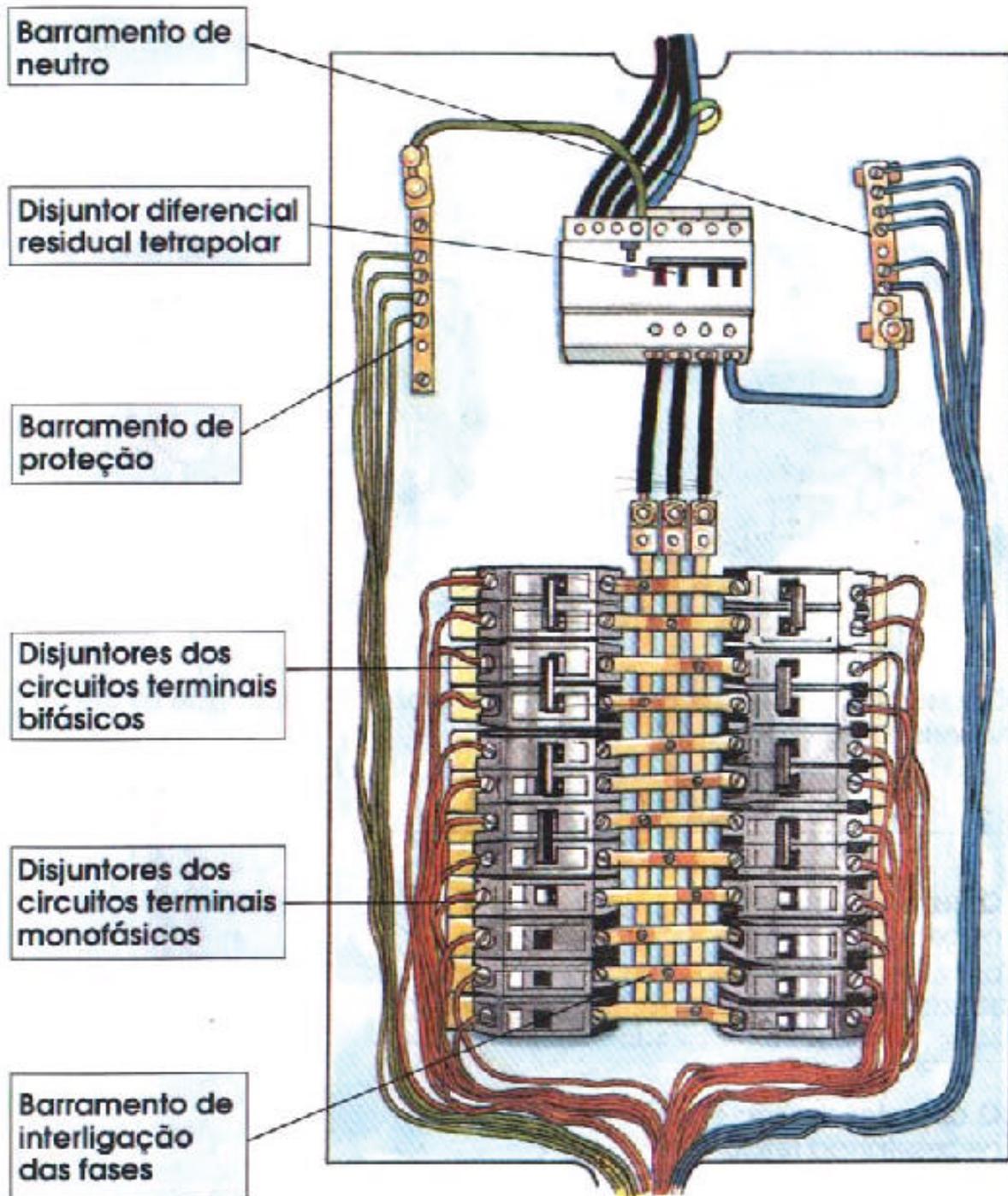
Este é um quadro de distribuição (QD) para fornecimento monofásico.



Este outro quadro de distribuição é para fornecimento bifásico



Este outro quadro de distribuição é para fornecimento trifásico



Um dos dispositivos de proteção que se encontra no quadro de distribuição é o disjuntor termomagnético. Vamos falar um pouco a seu respeito.

1. TERMINOLOGIA OU DEFINIÇÕES:

- ❖ *Consumidor*: Entende-se por consumidor a pessoa física ou jurídica ou comunhão de fato ou de direito, legalmente representada, que solicitar à COPEL o fornecimento de energia elétrica e assumir a responsabilidade pelo pagamento das contas e pelas demais obrigações regulamentares e contratuais.

- ❖ *Unidade Consumidora*: Instalações de um único consumidor caracterizadas pela entrega de energia elétrica em um só ponto, com medição individualizada.

- ❖ *Prédio Isolado*: Todo e qualquer imóvel que se constitui em uma unidade consumidora.

- ❖ *Agrupamento de Unidade Consumidoras*: Conjunto de duas ou mais unidades consumidoras localizadas em um mesmo terreno e que não possui área de uso comum (condomínio) com instalações elétricas exclusiva.

- ❖ *Edifício de Uso Coletivo*: Edificação com mais de uma unidade consumidora e que possui área de uso comum (condomínio) com instalação elétrica exclusiva.

- ❖ *Ponto de Entrega*: Primeiro ponto de fixação dos condutores do ramal de ligação na propriedade consumidora. É o ponto até o qual a COPEL se abriga a fornecer energia elétrica, com participação nos investimentos necessários, responsabilizando-se pela execução dos serviços, pela operação e pela manutenção.

- ❖ *Entrada de Serviço*: Conjunto de condutores, equipamentos e acessórios situados entre o ponto de derivação da rede secundária e a medição, inclusive.

- ❖ *Ramal de Ligação*: Conjunto de condutores, acessórios situados entre o ponto de derivação da rede secundária e o ponto de entrega.

- ❖ *Ramal de Entrada:* Conjunto de condutores, acessórios e equipamentos instalados a partir do ponto de entrega até a medição, inclusive.
- ❖ *Ramal Alimentador:* Conjunto de condutores e acessórios instalados após a medição, para alimentação das instalações internas da unidade consumidora.
- ❖ *Poste Auxiliar:* Poste situado na propriedade do consumidor com a finalidade de desviar, fixar e elevar o ramal de ligação e instalar os ramais de entrada e alimentador.
- ❖ *Pontalete:* Suporte instalado na edificação do consumidor com a finalidade de desviar, fixar e elevar o ramal de ligação e instalar o ramal de entrada.
- ❖ *Aterramento:* Ligação elétrica intencional com a terra.
- ❖ *Condutor de Aterramento:* Condutor que liga o neutro a caixa de medição e ao eletrodo de aterramento.
- ❖ *Condutor de Proteção:* Condutor que liga as massas e os elementos condutores estranhos à instalação a um terminal de aterramento principal.
- ❖ *Disjuntor Termomagnético:* Equipamento de proteção destinado a limitar a demanda da unidade consumidora.
- ❖ *Caixa para Medidor:* Caixa lacrável destinada à instalação dos medidores e seus acessórios, e em alguns casos, o disjuntor termomagnético.
- ❖ *Caixa para Disjuntor:* Caixa lacrável destinada à instalação do disjuntor termomagnético de proteção geral da entrada de serviço.
- ❖ *Caixa para Transformador de Corrente:* Caixa lacrável destinada à instalação de transformadores de corrente.

- ❖ *Caixa de Passagem*: Caixa destinada a facilitar a instalação dos condutores de ramais subterrâneos e embutidos.
- ❖ *Centro de Medição*: Local onde está situada a medição de dois ou mais consumidores.
- ❖ *Caixas Geminadas*: Conjunto formado pelo agrupamento de duas ou três caixas individuais para o medidor.
- ❖ *Centro de Medição Modulado*: Conjunto de caixas lacráveis para a instalação de três ou mais medidores, barramentos e acessórios.

2. CONDIÇÕES GERAIS DE FORNECIMENTO :

- ❖ *Limites de Fornecimento*: O fornecimento por rede aérea será feito até o limite de 75 KW de carga instalada, respeitada as limitações para cada categoria de atendimento.
- ❖ *Tipos de Fornecimento*: O fornecimento poderá ser feito numa das seguintes formas:
 - A dois condutores: 127 V
 - A três condutores: 127/254 V
 - A três condutores: 220/127 V
 - A quatro condutores: 220/127 V
- ❖ *Categoria de Atendimento*: O fornecimento será feito numa das categorias constantes dos exemplos acima mencionados.
- ❖ *Frequência*: Em toda área de concessão da COPEL, o fornecimento será na frequência de 60 hertz.
- ❖ *Geração Própria*: Não é permitido o paralelismo de geradores particulares com o sistema de fornecimento de energia da COPEL.

3. CARACTERÍSTICA DAS ENTRADAS DE SERVIÇO:

Dimensionamento da Entrada de Serviço: O dimensionamento da entrada de serviço deverá ser feita de acordo com as características a seguir apresentadas:

- ❖ Características do Ramal de Ligação:
 - Ramal de ligação deverá ser instalado em vão único não superior a 30 m. Em final de rede, o vão poderá ser de até 35 m.
 - Ramal de ligação deverá entrar pela frente do terreno, ser livre de qualquer obstáculo, ser perfeitamente visível e não deverá cruzar propriedade de terceiros.
 - Não será permitido o cruzamento de condutores do ramal de ligação com condutores de outro ramal.
 - Não serão permitidas emendas no ramal de ligação.
 - No caso de ramal de ligação composto de condutores singelos, a distância mínima entre os condutores deverá ser de 20 cm.
 - Deverá ser observado o afastamento mínimo de 60 cm entre condutores do ramal de ligação e condutores de telefonia, sinalização, etc.
 - O ramal de ligação não poderá ser acessível de janelas, sacadas, escadas, terraços, etc. A distância mínima dos condutores a qualquer desses pontos deverá ser de 1.20 m.
 - Os condutores do ramal de ligação deverão ser instalados de modo a se obedecer às seguintes distâncias mínimas, medidas na vertical, entre o condutor inferior e o solo, observadas as exigências dos Poderes Públicos:
 - Em locais acessíveis a veículos pesados: 5.50 m.
 - Em entradas de garagens residenciais, estacionamentos ou outros locais não acessíveis a veículos pesados: 4,5m
 - Em locais acessíveis apenas por pedestre: 3.50 m.

- Para fixação e elevação do ramal de ligação, deverá ser utilizado pontalete ou poste auxiliar. O poste auxiliar deverá se situar o mais próximo do limite frontal do terreno com a via pública, não excedendo a 1,00 m.
- O ramal de ligação poderá ser fixado diretamente na parede da edificação, ou em pontalete, desde que o ponto de fixação esteja, no máximo, a 15 m do limite frontal do terreno e atenda ao comprimento e altura acima estabelecido.
- A fixação do ramal de ligação deverá ser feita em armação secundária com isolador tipo roldana
- As conexões dos condutores do ramal de ligação deverão ser executadas conforme os três primeiros itens acima mencionados.
- Quando a entrada de serviço for construída utilizando-se poste do tipo duplo T, a ancoragem do ramal de ligação deverá ser executada de maneira que a tração ocorra na face de maior resistência (face lisa).

4. ATERRAMENTO:

- ❖ As prescrições a seguir são aplicáveis às instalações da entrada de serviço. Para as instalações elétricas internas, deverão ser adotados os esquemas de aterramento que melhor se adaptem a essas instalações, observando as orientações da NBR 5410.
- ❖ O neutro do ramal de entrada deverá ser aterrado num ponto único, junto com o aterramento da caixa do medidor, empregando-se, no mínimo, um eletrodo de terra.
- ❖ As partes metálicas da entrada de serviço sujeitas a energização deverão ser permanentemente ligadas à terra.
- ❖ O condutor de aterramento deverá ser tão curto e retilíneo quanto possível, sem emenda e não deverá ter dispositivo que possa causar sua interrupção.

LIMITAÇÕES DAS CATEGORIAS DE ATENDIMENTO

Categoria	NTC	DEMANDA MÁXIMA PREVISTA (KVA)	Carga Instalada (KW)	Disjuntor (A)	Características do atendimento			CV do maior motor e solda a motor		KVA do maior aparelho de solda				kVA do maior aparelho de RX			
					Fases	Ligação	Tensão (V)	Monofásico	Trifásico	Retificador		Transformador		Monofásico	Trifásico	Monofásico	Trifásico
										Monofásico	Trifásico	Monofásico	Trifásico				
12	9-30xxx	6	6	50	1	2	127	127V	220V	220V	127V	220V	127V	220V	127V	220V	
14		9	9	70	1	2	127	2	•	•	0,75	•	0,75	•	3	•	
28	9-35xxx	11	-	50	2	3	220/127	2	3	-	0,75	1,5	-	0,75	1,5	-	
30	9-36xxx	15	-	70	2	3	220/127	2	7,5	-	1,5	3	-	1,5	3	-	
36	9-40xxx	19	-	50	3	4	220/127	2	3	12,5	0,75	1,5	3	0,75	1,5	3	
38	9-41xxx	26	-	70	3	4	220/127	2	7,5	20	3	5	12	3	5	12	
41	9-42xxx	38	-	100	3	4	220/127	3	17	25	6,5	12	12	6,5	12	20	
42	9-43xxx	48	-	125	3	4	220/127	7,5	12,5	30	6,5	12	12	6,5	12	20	
43		57	-	150	3	4	220/127	7,5	12,5	40	6,5	12	21	6,5	12	32	
45	9-44xxx	76	-	200	3	4	220/127	7,5	12,5	50	6,5	12	21	6,5	12	50	

Solucionando Problemas

Lei de Ohm - Exercícios de fixação

1) Calcular a Tensão Elétrica:

a) $R = 18,80 \Omega$

$I = 1,4 \text{ A}$

b) $R = 10 \Omega$

$I = 25,9 \text{ A}$

c) $R = 13,6 \Omega$

$I = 4,5 \text{ A}$

d) $R = 19,7 \Omega$

$I = 2,5 \text{ A}$

2) Calcular a Corrente Elétrica:

a) $P = 3130 \text{ W}$

$E = 220 \text{ V}$

b) $P = 2470 \text{ W}$

$E = 24 \text{ V}$

c) $P = 290 \text{ W}$

$E = 127 \text{ V}$

d) $P = 2200 \text{ W}$

$E = 220 \text{ V}$

3) Calcular a Potência Elétrica:

a) $E = 127 \text{ V}$

$I = 22 \text{ A}$

b) $E = 220 \text{ V}$

$I = 18,5 \text{ A}$

c) $E = 380 \text{ V}$

$I = 25 \text{ A}$

d) $E = 127 \text{ V}$

$I = 5,75 \text{ A}$

Solucionando Problemas

4) Calcular a Resistência Elétrica:

a) $I = 15 \text{ A}$
 $E = 220 \text{ V}$

b) $I = 30 \text{ A}$
 $E = 380 \text{ V}$

c) $I = 3 \text{ A}$
 $E = 220 \text{ V}$

d) $I = 5 \text{ A}$
 $E = 127 \text{ V}$

5) Um chuveiro elétrico de 5400 W está instalado sob uma tensão de 220 V e consome uma corrente de A .

❖ Qual é o valor da Resistência elétrica do mesmo?

6) Em um projeto elétrico Residencial foram distribuídos inicialmente 25 pontos de lâmpadas incandescente 40 Watts, e 15 pontos de tomadas de uso geral de 100 Watts.

❖ Pergunta-se qual o valor da potência total do projeto instalado?

Solucionando Problemas

Exercícios de Fixação – Lei de Ohm

1. Considerando que todos os equipamentos abaixo são 127 Volts , Calcular a Corrente Elétrica e a Resistência Elétrica dos mesmos:

Exemplo: Aquecedor Elétrico = 2000 Watts / Resposta: A corrente elétrica será =15,74 A e a resistência será de 8 Ohm aproximadamente...

- Aquecedor de Água = 1550 Watts
- Secadora de roupas = 3500 Watts
- Cafeteira = 600 Watts
- Televisor = 160 Watts
- Chuveiro = 5400 Watts
- Torneira Elétrica = 3000 Watts
- Ferro de passar roupa = 1200 Watts
- Lâmpada = 100 Watts
- Microondas = 900 Watts
- Lâmpada = 60 Watts
- Computador = 630 Watts
- Lâmpada = 40 Watts

Solucionando Problemas

Exercícios sobre Distribuição de cargas

1. Considerando que todos os equipamentos abaixo são 127 V:

Encontre qual é o fio que deve ser utilizado para os equipamentos abaixo:

Encontre o disjuntor de proteção de acordo com o item 15.3:

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

$$\text{Disjuntor} = I \times 1,25$$

- | | |
|--|-----------------------------------|
| ❖ Aquecedor Elétrico = 2000 Watts | ❖ Secadora de roupas = 3500 Watts |
| ❖ Aquecedor de Água = 1550 Watts | ❖ 3 Televisor = 160 Watts cada |
| ❖ Chuveiro = 5400 Watts | ❖ Torneira Elétrica = 3000 Watts |
| ❖ 2 Ferro de passar roupa = 1200
Watts cada | ❖ 20 Lâmpadas = 100 Watts cada |
| ❖ Microondas = 900 Watts | ❖ 40 Lâmpadas = 60 Watts cada |
| | ❖ Computador completo = 800 Watts |
| | ❖ Lâmpada Fluorescente = 40 Watts |

2. Qual é a potência total se juntássemos todos os equipamentos acima ?

3. De acordo com a NBR 5410 qual a secção mínima que devemos utilizar nas instalações residenciais?

Solucionando Problemas

Exercícios de Cálculo de Consumo Residencial de Energia Elétrica em Reais

1. Considerando que todos os equipamentos abaixo são 127 Volts:

Calcular o consumo mensal de energia elétrica em Reais de cada equipamento de acordo com os dados.

Obs : As fórmulas se encontram na apostila.

Valor residencial do KWh = 0,_____

- ❖ Aquecedor Elétrico = 2000 Watts / 1 hr por dia/ 7 dias no mês :
- ❖ Aquecedor de Água = 1550 Watts / 1 hr por dia/ 20 dias no mês :
- ❖ Aspirador de pó = 550 Watts / 1 hr por dia/ 4 dias no mês
- ❖ Batedeira de Bolo = 130 Watts / 1 hr por dia/ 2 dias no mês
- ❖ Cafeteira = 600 Watts / 1 hr por dia/ 11 dias no mês
- ❖ Chuveiro = 5400 Watts / 1 hr por dia/ 10 dias no mês
- ❖ Condicionador de ar = 2500 Watts / 6 hr por dia/ 3 dias no mês
- ❖ Freezer = 500 Watts / 10 hr por dia/ 4 dias no mês
- ❖ Exaustor doméstico = 350 Watts / 1 hr por dia/ 9 dias no mês
- ❖ Ferro de passar roupa = 1200 Watts / 1 hr por dia/ 8 dias no mês
- ❖ Microondas = 900 Watts / 1 hr por dia/ 22 dias no mês
- ❖ Geladeira = 300 Watts 12 hr por dia/ 30 dias no mês
- ❖ Lavadora de pratos = 1500 Watts / 1 hr por dia/ 5 dias no mês
- ❖ Lavadora de roupas = 700 Watts / 3 hr por dia/ 7 dias no mês
- ❖ Liquidificador = 150 Watts / 1 hr por dia/ 2 dias no mês
- ❖ Computador = 630 Watts / 6 hr por dia/ 18 dias no mês
- ❖ Secadora de roupas = 3500 Watts / 1 hr por dia/ 15 dias no mês
- ❖ Televisor = 160 Watts / 5 hr por dia/ 25 dias no mês
- ❖ Torneira Elétrica = 3000 Watts / 1 hr por dia/ 10 dias no mês
- ❖ Lâmpada = 100 Watts / 3 hr por dia/ 30 dias no mês
- ❖ Lâmpada = 60 Watts / 5 hr por dia/ 31 dias no mês
- ❖ Lâmpada Fluorescente = 40 Watts / 4 hr por dia/ 30 dias no mês

Solucionando

EXEMPLO DE CÁLCULO DE ILUMINAÇÃO ESCRITÓRIO

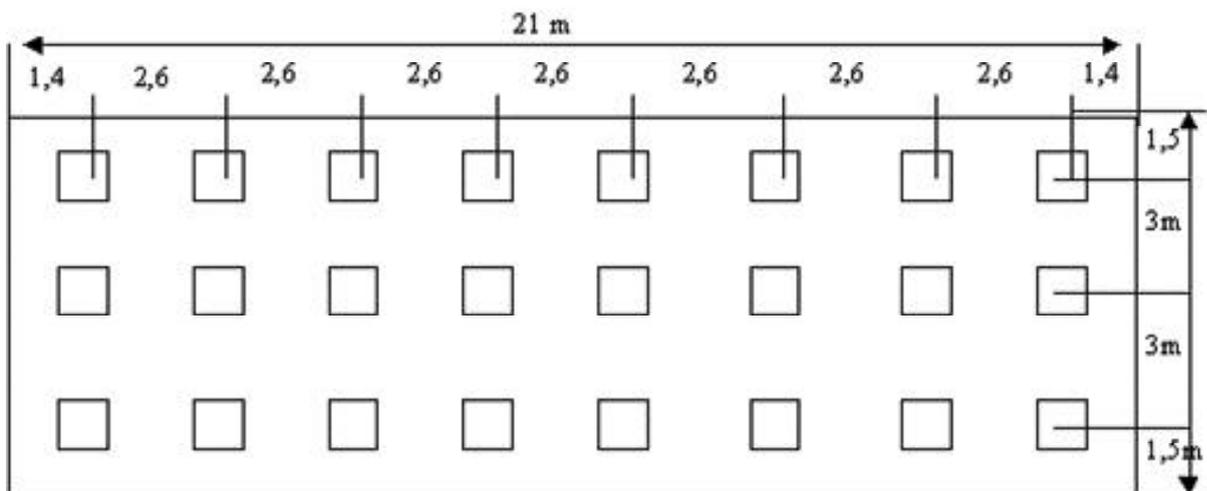
- ❖ Planeja-se iluminar um Escritório com 500 *Lux* (tabela), com 9 m de largura, 21 m de comprimento, e 3,5 m de pé direito, cujo teto é branco 75%, e paredes verde 30% de refletância.
- ❖ A luminária escolhida pelo projetista foi a do tipo 16 com Índice de Fator de Depreciação = 0,70, equipada com 4 lâmpadas fluorescente de 40 Watts (branca fria).
- ❖ Conforme a tabela 5 o fluxo luminoso em Lumens de uma lâmpada fluorescente 40 Watts é de 2700 Lumens, então como cada calha possuirá 4 lâmpadas, o fluxo luminoso por calha será de 10800 Lumens.
- ❖ Com os valores de largura = 9 m, comprimento = 21 m e Altura do pé direito, ou distância do foco luminoso ao chão = 3,5 m, vamos determinar o Índice do local, então encontramos o valor “D”.
- ❖ Com o Índice “D”, vamos à luminária escolhida (tipo 16), e com os dados de teto Branco (75%) e paredes verdes (30%), encontramos o Coeficiente de utilização ou Fator de utilização = 0,50.
- ❖ Aplicando os valores achados na fórmula1 temos: $S = 9 \times 21 = 189 \text{ m}^2$

$$\text{Fluxo total} = f = \frac{S \times E}{m \times d} \longrightarrow \frac{189 \times 500}{0,50 \times 0,70} = 270.000 \text{ Lumens}$$

$$\text{N}^\circ \text{ de luminárias} = \frac{270.000 \text{ lumens total}}{10800 \text{ lumens de 1 calha}} = 25 \text{ luminárias}$$

- ❖ Potência Instalada = 25 lâmpadas x 4 pôr calha x 40 Watts + (2 reator p/ calha x 11 Watts p/ reator) = 22 W = 4550 Watts
- ❖ Corrente do circuito = $4550 \text{ W} / 220 \text{ V} = 20,68\text{A}$
- ❖ Fio para o circuito = 2,5 mm (tabela 1)
- ❖ Disjuntor Bipolar = $20,68 \text{ A} \times 1,25 = 25,85 \text{ A}$ (Comercialmente = 30 A).

Fixação das Calhas no Salão



- ❖ Para achar o espaçamento dividir a metragem pelo numero de luminárias: Ex 21m;
 $8 = 2,6\text{m}$
- ❖ O espaçamento das laterais = Ex 2,6m; $2 = 1,4\text{m}$.
- ❖ Uma Luminária de 40 Watts possui 1,26 m de comprimento pôr 19 cm de largura

EXEMPLO DE CÁLCULO DE ILUMINAÇÃO DE AUDITÓRIO

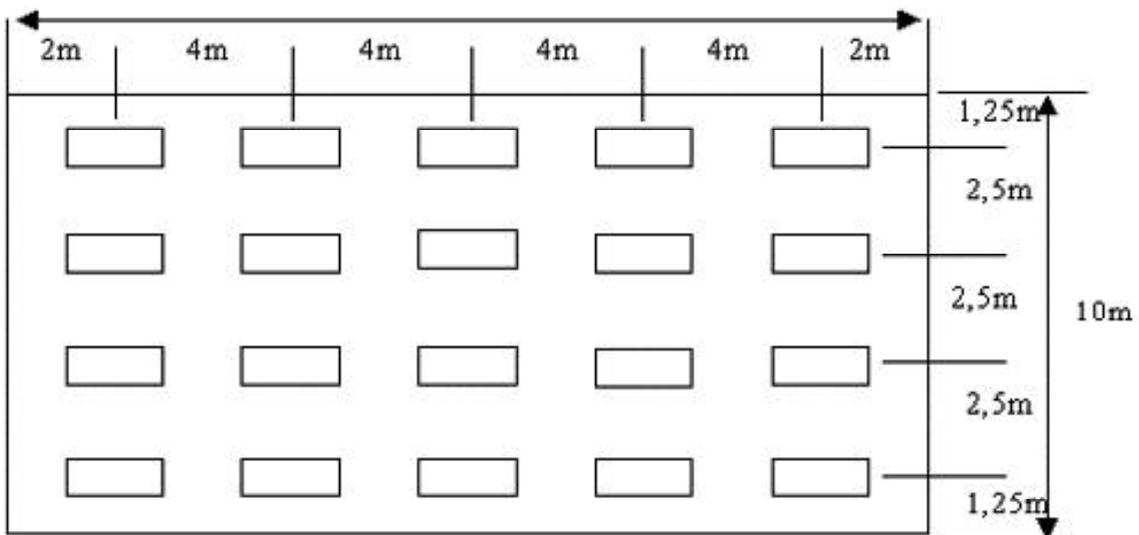
- ❖ Planeja-se iluminar um AUDITÓRIO com 200 Lux (tabela 9 , valor mínimo), com **10 m** de largura, **20 m** de comprimento, e **3,5 m** de pé direito, cujo teto é branco 75%, e paredes brancas 50% de refletância.
- ❖ A luminária escolhida pelo projetista foi a do *tipo 12* com Índice de Fator de Depreciação = 0,70 , equipada com **2** lâmpadas fluorescente de **40** Watts (branca fria).
- ❖ Conforme a tabela 5, o fluxo luminoso em Lumens de uma lâmpada fluorescente **40** Watts é de **2700** Lumens, então como cada calha possuirá **2** lâmpadas, o fluxo luminoso por calha será de 5400 Lumens.
- ❖ Com os valores de largura = **10** m, comprimento = **20** m e Altura do pé direito, ou distância do foco luminoso ao chão = **3,5** m, vamos determinar o Índice do local, então encontramos o valor “ D ”.
- ❖ Com o Índice “ D “, vamos na luminária escolhida (tipo 12), e com os dados de teto Branco (75%) e paredes brancas (50%), encontramos o Coeficiente de utilização ou Fator de utilização = 0,51 .
- ❖ Aplicando os valores achados na fórmula 1 temos: **S = 10 x 20 = 200 m²**

$$\text{Fluxo total} = f = \frac{S \times E}{m \times d} \longrightarrow \frac{200 \times 200}{0,51 \times 0,70} = \underline{112044.82} \text{ Lumens}$$

$$\text{N}^\circ \text{ de luminárias} = \frac{112044.82 \text{ lumens total}}{5400 \text{ lumens de 1 calha}} = \underline{20.74} \text{ luminárias ou seja; 20 luminárias}$$

- ❖ Potência Instalada = 20 calhas x 2 lâmpadas x 40 Watts + (1 reator p/ calha x 11 Watts p/ reator) = 11 w
- ❖ = **1820 Watts**
- ❖ Corrente do circuito = $\frac{1820 \text{ W}}{220 \text{ V}} = 8,18 \text{ Ampéres.}$
- ❖ Fio para o circuito = 1,5 mm (tabela 1)
- ❖ Disjuntor Bipolar = $8,18 \text{ Amp.} \times 1,25 = 10,22 \text{ Amp.}$
- ❖ (Comercialmente = 15 A).

Fixação das Calhas no Salão



- ❖ Para achar o espaçamento dividir a metragem pelo número de luminárias: Ex $\frac{20 \text{ m}}{5 \text{ luminária}} = 4 \text{ m}$
- ❖ O espaçamento das laterais = Ex $\frac{10 \text{ m}}{4 \text{ luminária}} = 2,5 \text{ m.}$
- ❖ Uma luminária de 40 Watts possui 1,26 m de comprimento pôr 19 cm de largura.

Solucionando Problemas

EXERCÍCIO DE CÁLCULO DE ILUMINAÇÃO DE UMA SALA DE MAQUINÁRIA (MÉDIO)

- ❖ Planeja-se iluminar uma sala de maquinaria com 500 Lux (tabela 9, valor mínimo), com **11 m** de largura, **24 m** de comprimento, e **3,5 m** de pé direito, cujo teto é branco **75%**, e paredes azul **30%** de refletância.
- ❖ A luminária escolhida pelo projetista foi a do *tipo 13* com Índice de Fator de Depreciação = _____, equipada com 4 lâmpadas fluorescente de 40 Watts (branca fria).
- ❖ Conforme a tabela 5, o fluxo luminoso em Lumens de uma lâmpada fluorescente 40 Watts é de 2700 Lumens, então como cada calha possuirá **4** lâmpadas, o fluxo luminoso por calha será de _____ Lumens.
- ❖ Com os valores de largura = **11 m**, comprimento = **24 m** e Altura do pé direito, ou distância do foco luminoso ao chão = **3,5 m**, vamos determinar o Índice do local, então encontramos o valor “_____”.
- ❖ Com o Índice “_____”, vamos à página 54 da apostila na luminária escolhida (tipo 13), e com os dados de teto Branco (75%) e paredes verdes (30%), encontramos o Coeficiente de utilização ou Fator de utilização = _____.
- ❖ Aplicando os valores achados na fórmula 1 temos: **S = 11 x 24 =**

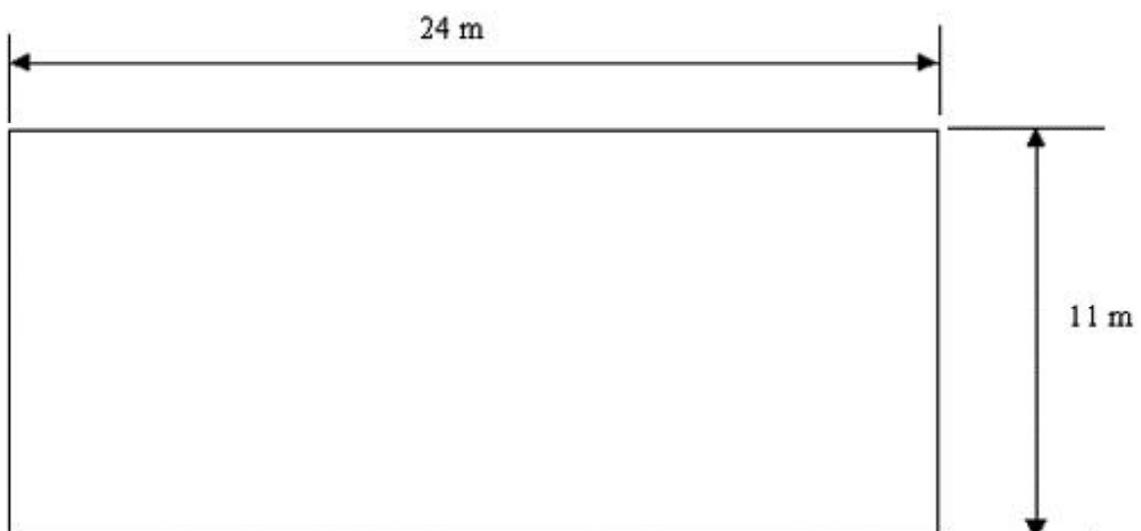
$$\text{Fluxo total} = f = \frac{S \times E}{m \times d} \longrightarrow \frac{x}{x} = \text{_____ Lumens}$$

$$\text{N}^\circ \text{ de luminárias} = \frac{\text{_____ lumens total}}{10800 \text{ lumens de 1 calha}} = \text{_____ luminárias}$$

Solucionando Problemas

- ❖ Potência calha = N° de Lâmpadas ___ x 40 Watts = ___ W + N° de reatores ___ x 11 Watts = ___ = ___ Watts/calha.
- ❖ Potência instalada: N° de calhas ___ x ___ Potência de cada calha = ___ Watts.
- ❖ Corrente do circuito = ___ W / 220 V = ___ A
- ❖ Fio para o circuito = ___ mm (tabela 1)
- ❖ Disjuntor Bipolar = ___ A x 1,25 = ___ A
(Comercialmente = ___ A).

Fixação das Calhas no Salão



- ❖ Para achar o espaçamento dividir a metragem pelo numero de luminárias: Ex $24m / _ = _$
- ❖ O espaçamento das laterais = Ex $11m / _ = _$.
- ❖ Uma Luminária de 40 Watts tem 1,26 m de comprimento pôr 19 cm de largura.

Solucionando Problemas

EXERCÍCIO DE CÁLCULO DE ILUMINAÇÃO DE INDUSTRIA DE ROUPAS

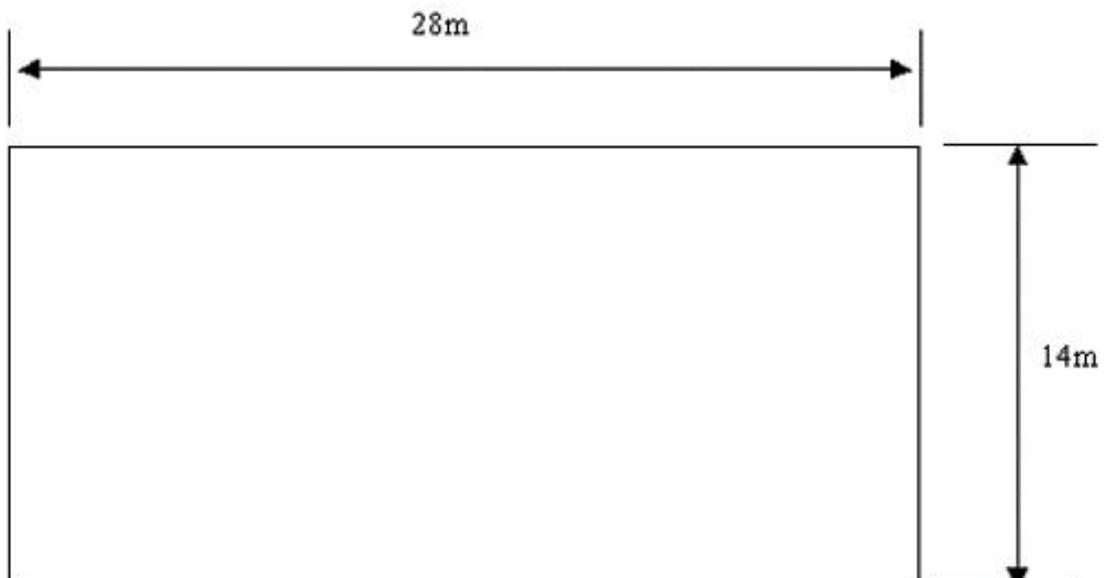
- ❖ Planeja-se iluminar uma Indústria de Roupas com 1000 Lux (tabela 9, valor mínimo), com **14 m** de largura, **28 m** de comprimento, e **3,5 m** de pé direito, cujo teto é branco 75%, e paredes verde 30% de refletância.
- ❖ A luminária escolhida pelo projetista foi a do *tipo 18* com Índice de Fator de Depreciação = _____, equipada com **4** lâmpadas fluorescente de 40 Watts (branca fria).
- ❖ Conforme a tabela 5, o fluxo luminoso em Lumens de uma lâmpada fluorescente 40 Watts é de 2700 Lumens, então como cada calha possuirá 4 lâmpadas, o fluxo luminoso por calha será de _____ Lumens.
- ❖ Com os valores de largura = **14 m**, comprimento = **28 m** e Altura do pé direito, ou distância do foco luminoso ao chão = **3,5 m**, vamos determinar o Índice do local, então encontramos o valor “_____”.
- ❖ Com o Índice “_____”, vamos da apostila na luminária escolhida (tipo 18), e com os dados de teto Branco (75%) e paredes verdes (30%), encontramos o Coeficiente de utilização ou Fator de utilização = _____.
- ❖ Aplicando os valores achados na fórmula 1 temos: **S = 14 x 28 =**

$$\text{Fluxo total} = f = \frac{S \times E}{m \times d} \longrightarrow \frac{x}{x} = \text{_____ Lumens}$$

$$\text{N}^\circ \text{ de luminárias} = \frac{\text{lumens total}}{10800 \text{ lumens de 1 calha}} = \text{_____ luminárias}$$

Solucionando Problemas

- ❖ Potência calha = N° de Lâmpadas ___ x 40 W = _____ W + N° de reatores ___ x 11 Watts = ___ W = _____ Watts/calha.
- ❖ Potência instalada : N° de calhas ___ x _____ Potência de cada calha = _____ **Watts.**
- ❖ Corrente do circuito = _____ Watts / 220 V = _____ **A**
- ❖ Fio para o circuito = _____ **mm** (tabela 1)
- ❖ Disjuntor Bipolar = _____ A x 1,25 = _____ A (Comercialmente = _____ **A**).



- ❖ Para achar o espaçamento dividir a metragem pelo numero de luminárias: Ex $28m / _ = _$
- ❖ O espaçamento das laterais = Ex $14m / _ = _$.
- ❖ Uma luminária de 40 Watts possui 1,26m de comprimento pôr 19 cm de largura

BIBLIOGRAFIA

1. Creder, Hélio. Instalações Elétricas 13ª Edição. Editora LTC. Rio de Janeiro - RJ.
2. Niskier, Júlio / Macintyre, A . J..Instalações Elétricas 2ª Edição. Editora LTC . Rio de Janeiro - RJ.
3. Alvarenga, Beatriz / Máximo, Antonio. Curso de Física 3 . 2ª Edição Editora Harbra. São Paulo - SP.
4. Resnick, Halliday. Fundamentos de Física.
5. Apostila Anglo. 27 . Física - Eletrodinâmica.
6. Apostilas de Eletrotécnica do Senai.
7. Apostilas da Pirelli. Instalações Elétricas Residenciais. VOL 1 à 6.
8. Manual Pirelli de Instalações Elétricas. Editora Pini.
9. NTC 9-01100 – Fornecimento em tensão secundária de distribuição.

Catálogos Técnicos:

- Siemens
- Weg
- GE
- Osram
- Ficap
- Universal Peletri
- Catálogo geral de lâmpadas fluorescentes