



ELETRICISTA DE INSTALAÇÕES PREDIAIS

**SENAI-RS – SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL
DEPARTAMENTO REGIONAL DO RIO GRANDE DO SUL**

CONSELHO REGIONAL

Presidente Nato

Francisco Renan O. Proença – Presidente do Sistema FIERGS

Conselheiros Representantes das Atividades Industriais - FIERGS

Titulares

Manfredo Frederico Koehler

Astor Milton Schmitt

Valayr Hélio Wosiack

Suplentes

Deomedes Roque Talini

Arlindo Paludo

Pedro Antonio G. Leivas Leite

REPRESENTANTES DO MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

Titular

Edelbert Krüger

Suplente

Aldo Antonello Rosito

Representantes do Ministério do Trabalho e Emprego

Titular

Neusa Maria de Azevedo

Suplente

Elisete Ramos

Diretor do Departamento Regional do SENAI-RS

José Zortéa

DIRETORIA REGIONAL DO SENAI-RS

José Zortéa – Diretor Regional

Paulo Fernando Presser – Diretor de Educação e Tecnologia

Jorge Solidônio Serpa – Diretor Administrativo-Financeiro



ELETRICISTA DE INSTALAÇÕES PREDIAIS

3ª edição
revisada e atualizada

Porto Alegre
Julho de 2002

ELETRICISTA DE INSTALAÇÕES PREDIAIS

© 1996. SENAI-RS

1997. 2ª edição revisada e ampliada

2002 3ª edição revisada e atualizada

Trabalho elaborado sob a supervisão da Unidade de Negócios em Educação Profissional de Nível Básico, e coordenação da Diretoria de Educação e Tecnologia do Departamento Regional do SENAI.

Coordenação Geral	Paulo Fernando Presser	DET
Coordenação Técnica	Jaures de Oliveira	DET-UNEP
Revisão Técnica	Tiago Bonini	CEP SENAI Lindolfo Collor
Atualização dos Desenhos/CAD	Ivan de Carvalho	Consultor
Digitação e Revisão Lingüística	Michele Nunes	Consultor
Normalização Bibliográfica	Enilda Hack	DET/UNET/NUI
Reprodução	CEP SENAI de Artes Gráficas Henrique d'Ávila Bertaso	

S491 SENAI.RS. **Eletricista de Instalações Prediais**. 3. ed.rev. e atual. Porto Alegre, Unidade de Negócios em Educação Profissional de Nível Básico, 2002. 105p. il.

1. Engenharia Elétrica

I. Título

CDU – 621.3

SENAI – Departamento Regional do Rio Grande do Sul

Av. Assis Brasil, nº 8787

91140-000 – Porto Alegre, RS

Tel.: (51) 3347-8697 Fax.: (51) 3347-8813

E-mail: joliveira@dr.rs.senai.br

SENAI - Instituição mantida e administrada pela Indústria

A reprodução total ou parcial desta publicação por quaisquer meios, seja eletrônico, mecânico, fotocópia, de gravação ou outros, somente será permitida com prévia autorização, por escrito, deste Departamento Regional.

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	09
1 ELETRICIDADE BÁSICA	11
1.1 O QUE É ELETRICIDADE	11
1.1.1 Atração e repulsão entre cargas	12
1.2 TENSÃO ELÉTRICA OU DIFERENCIAL DE POTENCIAL	12
1.3 CORRENTE ELÉTRICA	13
1.4 RESISTÊNCIA ELÉTRICA	13
1.4.1 Material condutor	14
1.4.2 Material isolante	14
1.4.3 Materiais resistivos	14
1.5 CIRCUITO ELÉTRICO	14
1.6 LEI DE OHM	15
1.7 TIPOS DE CIRCUITOS ELÉTRICOS	17
1.7.1 Circuito série	17
1.7.2 Circuito paralelo	17
1.7.3 Circuito misto	17
1.8 POTÊNCIA ELÉTRICA	18
1.9 DISJUNTORES	19
1.9.1 Dimensionamento de condutores	20
1.9.2 Cálculo de condutores e disjuntores	21
1.9.2.1 Cálculo de condutores pela capacidade de corrente	21
1.9.2.2 Dimensionamento de condutores pela queda de tensão	22
1.9.2.3 Cálculo dos condutores e disjuntores para ar condicionado	25
2 INSTRUMENTOS DE MEDIÇÃO	27
2.1 MEDIDOR DE ENERGIA ELÉTRICA	27
2.2 VOLTÍMETRO	28
2.2.1 Ligação do voltímetro	28
2.3 AMPERÍMETRO	28
2.3.1 Ligação do amperímetro	28
2.3.2 Ligação do alicate amperímetro	29
2.4 OHMÍMETRO	29

2.4.1 Maneira de medir resistências em circuitos	29
2.4.2 Maneira de medir resistências fora do circuito.	30
3 TENSÃO CONTÍNUA E ALTERNADA	31
3.1 TENSÃO CONTÍNUA	31
3.2 TENSÃO ALTERNADA	31
3.2.1 Frequência	32
4 REDES ELÉTRICAS	33
4.1 TRIFÁSICA DE CORRENTE ELÉTRICA.	33
4.2 TENSÃO TRIFÁSICA COM NEUTRO	34
4.3 TIPOS DE REDES TRIFÁSICAS DE BAIXA TENSÃO	35
4.4 CIRCUITOS TRIFÁSICOS.	35
5 SIMBOLOGIA	37
6 ILUMINAÇÃO	43
6.1 ILUMINAÇÃO INCANDESCENTE	43
6.2 ILUMINAÇÃO FLUORESCENTE	44
6.2.1 Ligação de lâmpadas fluorescentes	44
6.3 ILUMINAÇÃO VAPOR – MERCÚRIO	46
6.3.1 Funcionamento	46
6.3.2 Constituição	46
6.3.3 Características comerciais	47
6.4 APLICAÇÃO DE ILUMINAÇÃO	47
6.4.1Incandescente para iluminação geral	47
6.4.2 Fluorescente	48
6.4.3 Luz mista	48
6.4.4 Vapor de mercúrio	48
6.4.5 Vapor de sódio de alta pressão	48
7 ESQUEMAS DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS.	51
7.1INTERRUPTOR SIMPLES E LÂMPADA INCANDESCENTE.	51
7.2 INTERRUPTOR DUPLO OU DE DUAS SEÇÕES E LÂMPADA INCANDESCENTES	52
7.3 DISJUNTORES TERMOMAGNÉTICOS	52
7.4 INTERRUPTOR DE PRESSÃO E CIGARRA	53
7.5 INTERRUPTOR PARALELO (HOTEL) E LÂMPADA INCANDESCENTE	54
7.6 INTERRUPTOR INTERMEDIÁRIO E paralelo (HOTEL) COM LÂMPADA INCANDESCENTE	54
7.7 MINUTEIRA E INTERRUPTORES DE PRESSÃO COM LÂMPADAS INCANDESCENTES.	55
7.8 FOTOINTERRUPTOR E LÂMPADA INCANDESCENTE.	55
8 DADOS PARA PROJETOS DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS	69
8.1CIRCUITO	69

8.1.1 Divisões em circuitos	69
8.1.2 Tomadas de corrente	70
8.2 NBR – 541 – INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DE BAIXA-TENSÃO	72
8.2.1 Iluminação	72
8.2.2 Tomadas	72
8.2.3 Potências a serem atribuídas.	73
8.2.3.1 As tomadas de uso geral (TGU) – em residências deve ser previsto	73
8.2.3.2 As tomadas de uso específico (Especial – TUE).	73
8.2.4 Seção mínima de condutores	73
8.2.5 Limites de queda de tensão.	73
8.2.6 Documentação da instalação.	73
8.2.7 Capacidade de reserva	74
8.2.8 Proteção complementar por dispositivo de proteção a corrente diferencial – residual (Dispositivos DR)	74
8.2.9 Quadros de distribuição	75
8.3 DIMENSIONAMENTO DOS ELETRODUTOS	75
8.4 LEITURA E INTERPRETAÇÃO DE PLANTA ELÉTRICA	78
8.5 PROJETO ELÉTRICO	81
9 INSTALAÇÃO DE UNIDADE CONSUMIDORA	83
9.1 MONTAGEM DAS CAIXAS PARA MEDIDORES MONOFÁSICOS.	83
9.2 MONTAGEM DAS CAIXAS PARA MEDIDORES POLIFÁSICOS	83
9.3 PADRÃO DE ENTRADA COM MEDIÇÃO INSTALADA EM POSTE PARTICULAR	84
9.4 PADRÃO DE ENTRADA COM MEDIÇÃO INSTALADA EM MURO OU MURETA	85
10 MOTORES	87
10.1 MOTOR DE FASE AUXILIAR	87
10.1.1 Ligação de motor monofásico de fase auxiliar para duas tensões	90
10.2 MOTORES TRIFÁSICOS DE CORRENTE ALTERNADA (CA)	91
10.2.1 Motor assíncrono trifásico de rotor em curto (de gaiola).	91
11 COMANDOS DE MOTORES MONOFÁSICOS E TRIFÁSICOS	97
11.1 COMANDOS DE MOTORES MONOFÁSICOS.	97
11.2 COMANDO MANUAL DE MOTORES TRIFÁSICOS	100
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.	105

APRESENTAÇÃO

Visando subsidiar o trabalho do Eletricista de Instalações Prediais, o SENAI-RS elaborou o presente material didático que consta de conceitos básicos de eletrotécnica, esquemas, dados para projetos e ligação de motores elétricos, necessários à execução de instalações elétricas prediais.

Este material não pretende esgotar o assunto, mas estimular estudantes e profissionais da área, para a busca da educação continuada, tornando-os mais aptos a um mercado de trabalho cada vez mais exigente.

1. ELETRICIDADE BÁSICA

No presente capítulo são apresentados os conceitos básicos da eletricidade, os quais são indispensáveis para o entendimento do assunto.

1.1 O QUE É ELETRICIDADE?

Todos os corpos são compostos de moléculas, e estas por sua vez, de átomos. Átomo é a menor porção da matéria. Cada átomo tem um núcleo, onde estão localizados os prótons e nêutrons. Em volta do núcleo giram os elétrons.

Átomo em equilíbrio

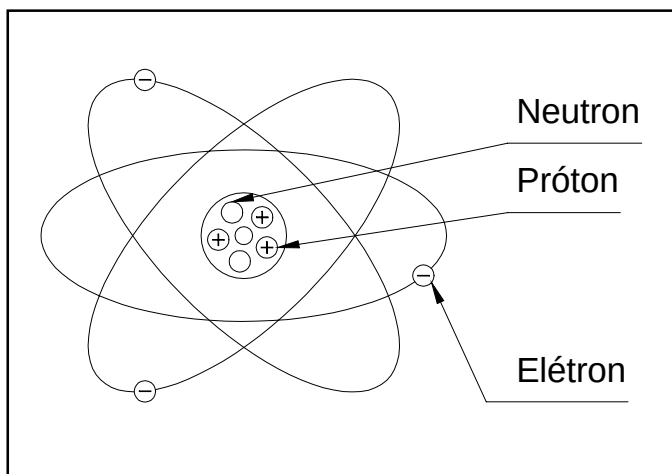


Figura 1

Nêutrons: carga elétrica neutra	○
Prótons: carga elétrica positiva	⊕
Elétrons: carga elétrica negativa	⊖

1.1.1 Atração e repulsão entre cargas

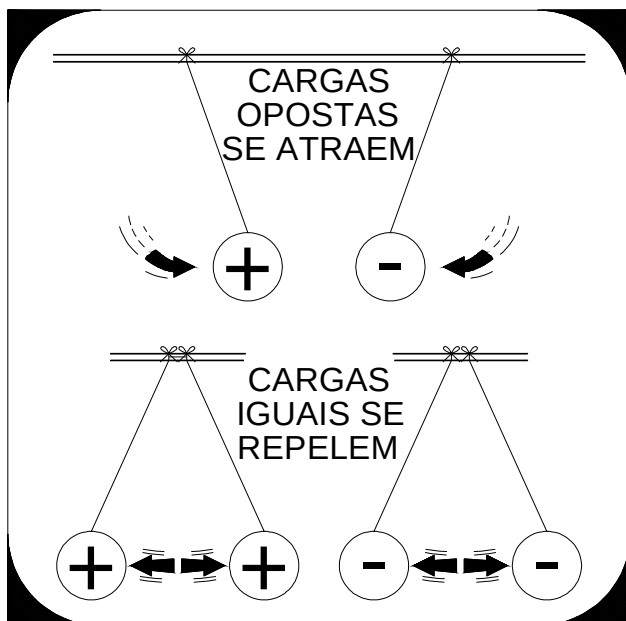


Figura 2

Portanto, eletricidade é o efeito do movimento de elétrons de um átomo para outro em um condutor elétrico.

1.2 TENSÃO ELÉTRICA OU DIFERENÇA DE POTENCIAL

Tensão elétrica, ou diferença de potencial, é a força que impulsiona os elétrons.

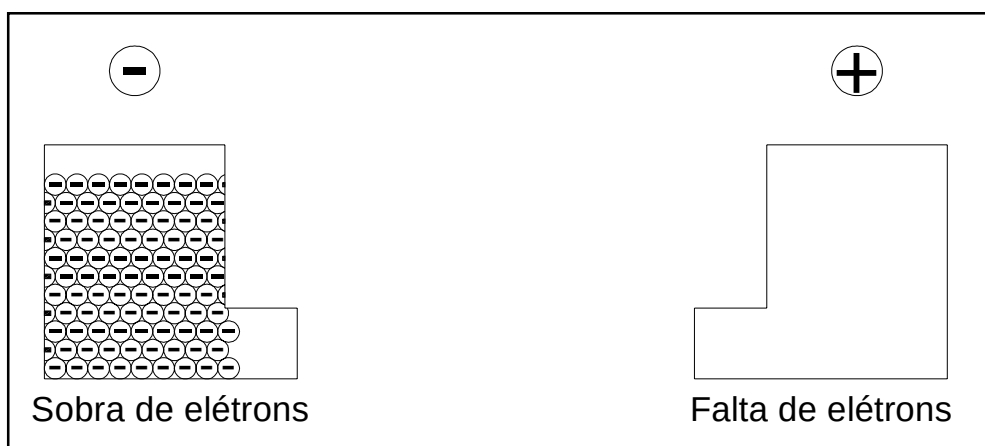


Figura 3

Observação : Símbolo – U e E
Unidade de medida – Volts – V
Instrumento de medida – voltímetro
Múltiplo de volts – 1 Quilovolt – 1kV = 1000 Volts

1.3 CORRENTE ELÉTRICA

Corrente elétrica é o movimento ordenado dos elétrons em um condutor elétrico.

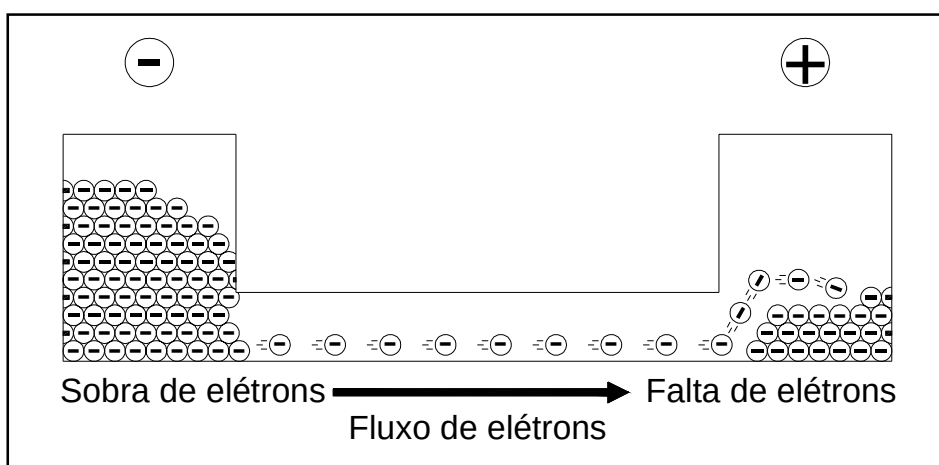


Figura 4

Observação: Símbolo – I
Unidade de medida – ampère – A
Instrumento de medida – amperímetro
Múltiplo do ampère – 1 Quiloampère – 1ka = 1000 ampères

1.4 RESISTÊNCIA ELÉTRICA

Resistência elétrica é a dificuldade que os materiais oferecem ao deslocamento dos elétrons.

A seguir apresentamos um exemplo de resistência elétrica.

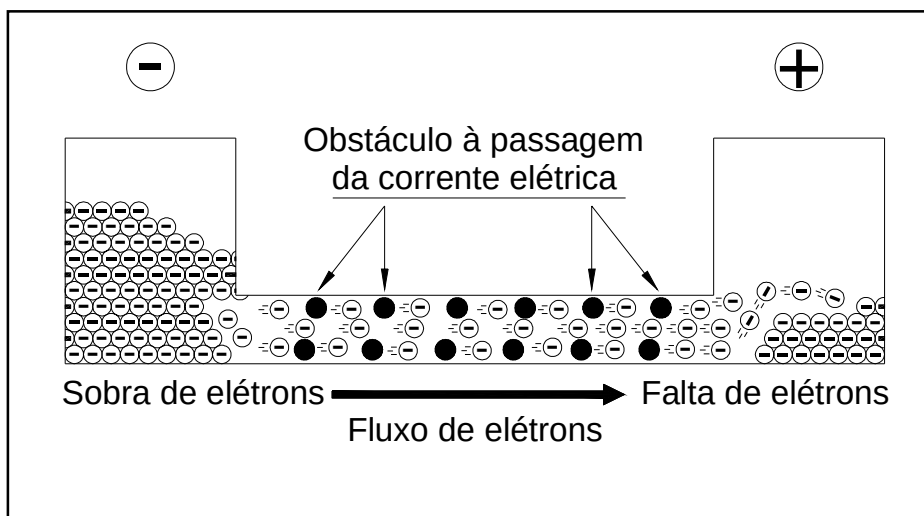


Figura 5

Observação: Símbolo – R
 Unidade de medida – Ohm - Ω
 Instrumentos de medida – Ohmímetro – Megôhmetro
 Múltiplo do OHM – 1 Quilohm – 1 $k\Omega$ = 1000 Ohms

A resistência elétrica depende da natureza do material. Portanto, é classificada em três grupos:

1.4.1 Material condutor

Material condutor é o que possui baixíssima resistência, isto é, deixa a corrente passar facilmente. Ex: prata, cobre, alumínio, etc.

1.4.2 Material isolante

O material isolante possui altíssima resistência, isto é, oferece muita dificuldade à passagem da corrente. Ex: porcelana, vidro, plástico, borracha, papel.

1.4.3 Materiais resistivos

Resistivos são os materiais que oferecem resistência intermediária. São empregados em resistores, tais como:

- resistor de aquecimento: níquel – cromo
- resistor de lâmpadas: tungstênio
- resistor para quedas de tensão: carvão

1.5 CIRCUITO ELÉTRICO

Circuito elétrico é o caminho fechado por onde percorre a corrente elétrica.

A seguir apresentamos um exemplo de circuito elétrico

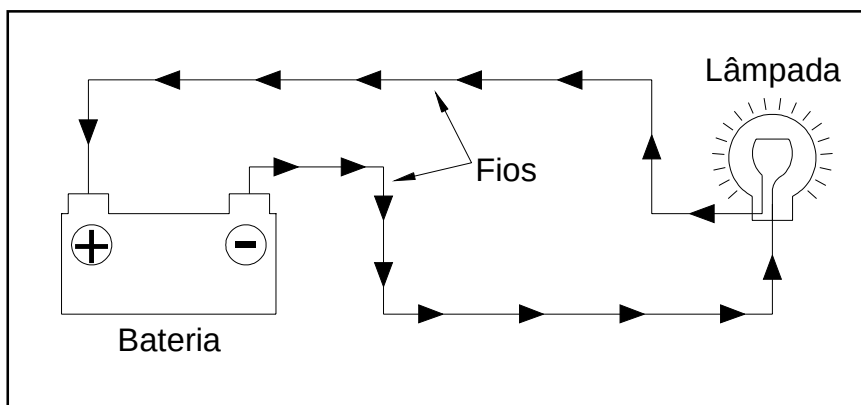


Figura 6

Um circuito elétrico é constituído de :

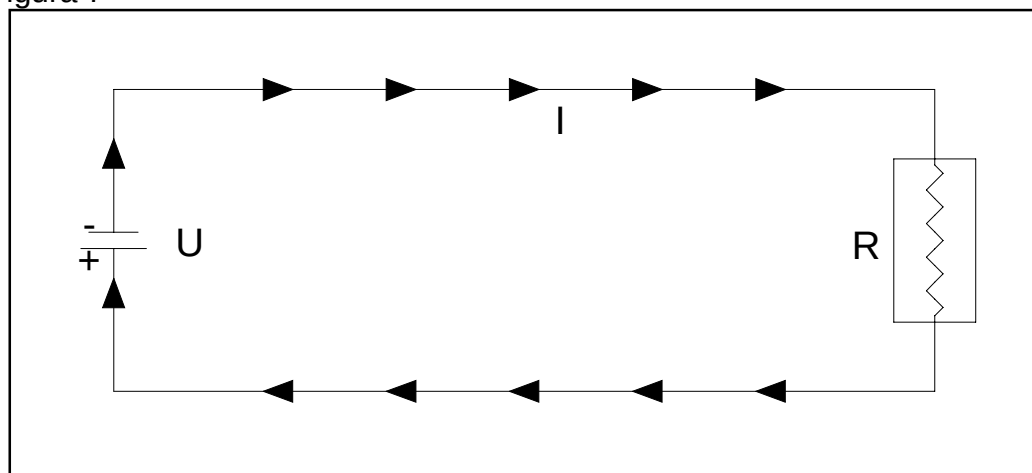
Fonte → bateria

Consumidor → lâmpada

Condutores → fios

Representação simbólica de um circuito elétrico

Figura 7



Legenda:

U = tensão elétrica

I = corrente elétrica

R = resistência elétrica

1.6 LEI DE OHM

A corrente elétrica I de um circuito é diretamente proporcional à tensão elétrica U , aplicada e inversamente proporcional à resistência elétrica R deste circuito.

Observe-se a representação gráfica deste conceito:

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

Da fórmula acima pode –se obter:

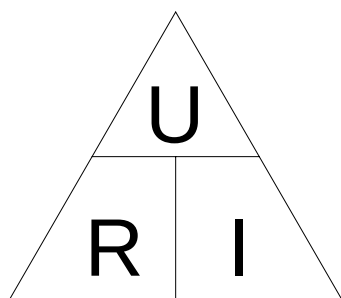
$$U = R \times I$$

- quando se deseja encontrar o valor da tensão elétrica

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

- quando se deseja encontrar o valor da resistência elétrica

Uma fórmula prática de chegar às três fórmulas da lei de Ohm, seria utilizando o triângulo abaixo:



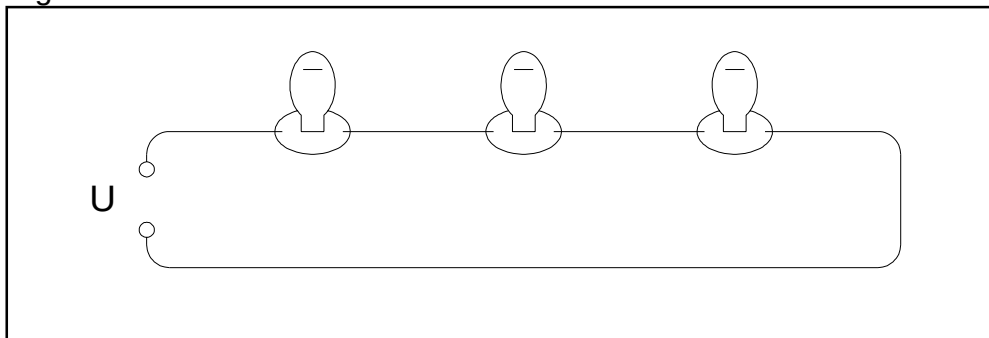
Grandezas	Símbolos	Unidades de Medida
Tensão elétrica	U	Volts (V)
Corrente elétrica	I	Ampères (A)
Resistência elétrica	R	Ohms (Ω)

1.7 TIPOS DE CIRCUITOS ELÉTRICOS

1.7.1 Circuito série

Circuito série é aquele que tem dois ou mais pontos de consumo ligados um após o outro. É dependente, isto é, qualquer um dos elementos que falhar, interrompe todo o circuito.

Figura 8



No circuito série, a soma das tensões parciais é igual à tensão total aplicada. A corrente elétrica é igual em todo o circuito.

1.7.2 Circuito paralelo

Circuito paralelo é aquele que tem dois ou mais pontos de consumo ligados à rede. É independente, isto é, se um dos elementos falhar, não interrompe todo o circuito.

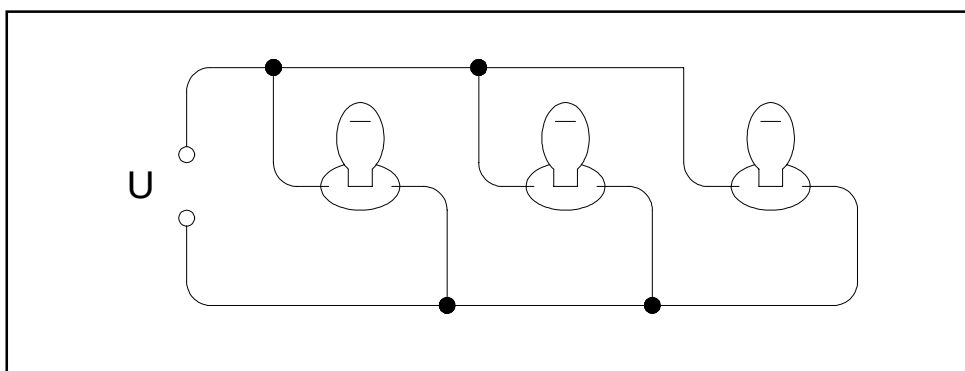


Figura 9

No circuito paralelo, a tensão em cada ponto é a mesma e igual à da fonte. A corrente elétrica é igual à soma das correntes parciais.

1.7.3 Circuito misto

O circuito misto possui alguns pontos de consumo ligados em série e outros em paralelo.

A seguir apresentamos o circuito misto

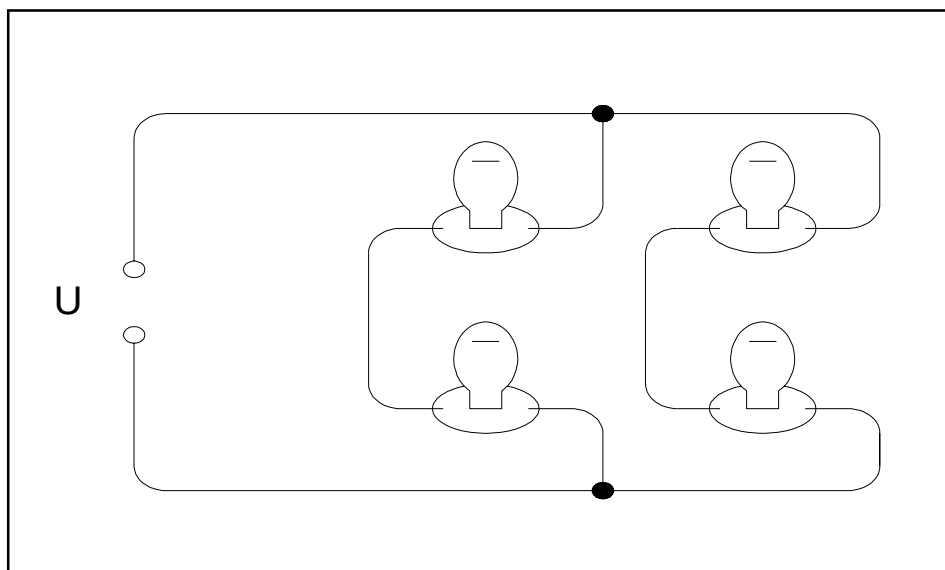


Figura 10

1.8 POTÊNCIA ELÉTRICA

Potência elétrica é a energia necessária para produzir trabalho (calor, luz, radiação, movimento, etc.).

- Símbolo: W
- Unidade de medida: Watt
- Múltiplo da unidade: 1 Quilowatt – 1 kW = 1000 W

A potência elétrica de um consumidor é o produto da tensão aplicada, multiplicado pela corrente que circula.

$$P = U \times I$$

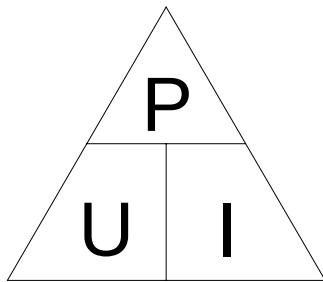
$$I = \frac{P}{U}$$

- quando se deseja encontrar o valor da corrente elétrica.

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

- quando se deseja encontrar o valor da tensão elétrica.

Uma forma prática de chegar às três fórmulas da potência elétrica, seria utilizando o triângulo a seguir:



Grandezas	Símbolos	Unidades de Medida
Potência elétrica	P	Watts (W)
Tensão elétrica	U	Volts (V)
Corrente elétrica	I	Ampères (A)

1.9 DISJUNTORES

São assim denominados os equipamentos e dispositivos que ao serem instalados, evitarão a ocorrência de danos aos demais equipamentos e dispositivos a eles conectados.

Os disjuntores a serem estudados serão termomagnéticos, assim chamados por atuarem de duas maneiras: térmica e magnética.

- Atuação por efeito térmico: ocorre quando a corrente elétrica que passa pelo disjuntor excede o valor máximo para o qual ele foi construído, ou seja, quando ocorre sobrecarga.
- Atuação por efeito magnético: ocorre somente quando existir um curto – circuito.

Capacidade dos disjuntores de Fabricação Eletromar:

Monofásicos e Bifásicos: 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 50, 60, 70 A

Trifásicos: 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 50, 60, 70, 90, 100, 125, 150, 175, 200, 225 e 300 A .

Obs.: A capacidade de corrente do disjuntor deve ser sempre **igual ou inferior** à capacidade de corrente do condutor.

1.9.1 Dimensionamento de condutores

Para dimensionarmos o condutor temos que:

- calcular a corrente
- procurar na tabela o valor que seja **igual ou maior** que a corrente calculada.
- ver na primeira coluna da tabela, a seção do condutor.

Os disjuntores têm a função de proteger o condutor (fio) ou carga.

Quando protegem o condutor, o disjuntor tem que ser **igual ou menor** que a corrente que passa pelo condutor.

Quando protege a carga, o disjuntor tem que ser **igual ou o mais próximo possível da carga**, (sem ultrapassar a corrente que o condutor suporta).

Para efeito de cálculo em aula, vamos definir como padrão, proteger o **CONDUTOR**.

Exemplo:

- Dimensionar o condutor e o disjuntor de proteção para um chuveiro de 6000W, ligado em 120 V.

$$I = P / U = 6000 / 120 = 50 \text{ A}$$

$$I = 50 \text{ A}$$

Na **tabela 1** encontraremos o valor 57 A, que é maior que a corrente calculada, mas é o valor que nos interessa.

Neste caso, teremos condutor (fio) = 10mm².

O disjuntor que protegerá este condutor será de 50 A.

Tabela 1 - Principais características dos condutores com isolamento PVC, 70°

Condutores	Corrente máxima		Índice para queda de tensão	Área ext.	Diâmetro externo
mm ²	Trifásica	Monofásica	< (V/. Km)	mm ²	mm
1,5	15,5	17,5	23	6,16	2,8
2,5	21	24	14	9,08	3,4
4	28	32	9	11,95	3,9
6	36	41	5,87	15,21	4,4
10	50	57	3,54	24,63	5,6
16	68	76	2,27	33,18	6,5
25	89	101	1,5	56,75	8,5
35	111	125	1,12	70,88	9,5
50	134	151	0,86	103,87	11
70	171	192	0,64	132,73	13

Fonte: Pirelli

Obs.: Padronização de cores dos condutores para instalações residenciais e comerciais:

Fase: vermelho (podendo ser preto nos circuitos principais de alimentação dos CD's.)

Neutro: branco ou azul claro

Terra: verde ou verde e amarelo

Retorno: preto ou demais cores.

1.9.2 Cálculo de condutores e disjuntores

1.9.2.1 Cálculo de condutores pela capacidade de corrente – a partir da fórmula da lei de Ohm, foi obtida a fórmula geral para cálculos de corrente, envolvendo equipamentos elétricos, ou seja: **$P = V \times I$** .

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

Para calcularmos a corrente, devemos considerar sempre a situação mais crítica, ou seja, a de maior potência que um aparelho pode consumir.

Exemplo:

Calcule os condutores e o disjuntor para um chuveiro de 3600 W (inverno), ligado em 120 V.

$$P = 3600 \text{ W}$$

$$V = 120 \text{ V}$$

$$I = ?$$

$$I = P / V$$

$$I = 3600 / 120 = 30 \text{ A}$$

Pela tabela 1 , podemos utilizar o condutor de 4mm², que suporta uma corrente de 32 A, e o disjuntor de 30 A. .

Exercícios:

- Calcular o condutor e o disjuntor para um chuveiro de 4400 W de potência, a ser ligado em sistema monofásico em Porto Alegre “(127V)”?
- Calcule o disjuntor e o condutor para uma pequena residência, ligada em sistema monofásico em Viamão “(220V)”, sabendo que possui os seguintes equipamentos:
 - Chuveiro = 2400 W
 - Lâmpadas = 720 W
 - Tomadas = 500 W
 - Refrigerador = 300 W
 - Ferro elétrico = 800 W
- Calcular o condutor e o disjuntor para uma estufa de 6600 W, ligada em 220 V, e também em 120 V?
- Calcule o disjuntor e o condutor para uma carga de 5,3 kW , ligada em 220 V?
- Calcule o disjuntor e o condutor para um circuito com uma estufa de 1,9 kW e um ferro de passar roupas de 1kW, ligado em 120 V?
- Calcule o disjuntor e o condutor para uma geladeira de 300 W, um freezer de 500 W e uma batedeira de 1500 W, ligados em 220V?

1.9.2.2 Dimensionamento de condutores pela queda de tensão – neste caso, aplicaremos a seguinte fórmula:

$$\text{Índice} = \frac{\Delta V}{I \times D}$$

onde: índice = nº a ser procurado na tabela

ΔV = queda de tensão em volts

I = corrente de Ampères

D = distância em km

Exemplo :

Utilizando o exemplo anterior, e considerando uma queda de tensão de 2%, e o chuveiro instalado à uma distância de 20m do CD, teremos:

$$P = 3600 \text{ W}$$

$$\text{Tensão} = 120 \text{ V}$$

$$D = 20\text{m} = 0,02 \text{ km}$$

$$I = 30 \text{ A}$$

$$\text{Queda de tensão de } 2\% = \Delta V = 2 \times 120 / 100$$

$$\Delta V = 2,4 \text{ V}$$

$$\text{Índice} = \frac{2,4}{30 \text{ A} \times 0,02 \text{ km}} = \frac{2,4}{0,6} = 4 \text{ V / A km}$$

Da tabela, temos que: Condutor deverá ser 10mm²

$$\text{Disjuntor} = 50 \text{ A}$$

Exercícios:

1. Determine o condutor e o disjuntor para alimentar uma residência de 2200 W, com tensão 110V, localizada a 100m de rede da CEEE. Considerar uma queda de tensão de 5%.
2. Determine o condutor e o disjuntor para alimentar uma secadora Enxuta de 1650 W, ligada em 110 V, sabendo que a queda de tensão admitida é de 2%, e ela está a 10m de distância do CD?
3. Determine o condutor e o disjuntor para alimentar uma estufa de 6600 W, ligada em 220V, com queda de tensão de 4% e distante 50m de um CD?

Exercícios:

1. Um ferro de passar, alimentado com tensão de $U = 120\text{ V}$, absorve uma corrente de 5 A , qual o valor da sua resistência?

$$R = 24\ \Omega$$

2. Uma lâmpada alimentada com tensão de 6 V , absorve a corrente de 3 A , qual o valor da sua resistência/

$$R = 2\Omega$$

3. Um ferro de soldar, cuja resistência é 60Ω , é alimentado com a tensão de 120 V , qual é o valor da corrente que ele absorve ?

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

4. Desejamos que uma resistência de 4Ω seja atravessada pela corrente de 12 A , qual a tensão que deverá ser aplicada à resistência?

$$U = 48\text{ V}$$

5. Um circuito, cuja resistência é 15Ω é alimentado com a tensão de 120 V , qual será a corrente do circuito?

$$I = 8\text{ A}$$

6. Com os dados dos cinco exercícios acima, calcular a Potência para cada um deles.

7. Calcule a corrente necessária para alimentar um chuveiro de 6000 W , ligado em 120 V ?

8. Qual a potência de um ferro de passar, alimentado com tensão de 120 V , e que absorve a corrente de 10 A ?

9. Um abajur com duas lâmpadas de 60 W cada, ligado em 120 V , consome que corrente?

10. Dimensionar os condutores para cada um dos exercícios acima.

Informações Complementares

Caloria = unidade de energia térmica

Caloria é a quantidade de energia térmica capaz de elevar a temperatura de um grama de água de um grau, numa temperatura determinada, (usualmente de 14,5 a 15,5 °C).

No sistema inglês de unidades, a unidade de caloria é o BTU (British thermal unit), definida inicialmente como a quantidade de energia necessária para elevar a temperatura de um libra de água em um grau Fahrenheit (entre 63 e 64 °F).

1 cal = 4,184 joule

A “BTU” está relacionada à caloria e ao Joule por:

1 BTU = 252 cal = 1,054 kj

No Brasil, costuma-se relacionar a BTU com a TR = tonelada de refrigeração.

1 BTU = 12.000 TR – Capacidade de refrigeração.

1 cv = 736 W

1 HP = 746 W = que se originou da unidade inglesa onde 1 HP = 550lbtft/s.

1 kW = 1000 W

Revisão das unidades estudadas até agora

Resistência = Ohm = Ω

Tensão = Volt = V

Corrente = Ampère = A

Potência = Watt = W

1.9.2.3 Cálculo dos condutores e disjuntores para ar condicionado

Tabela 2 – Cálculo dos condutores e disjuntores

Marca	Capacidade BTU	Potência W	Corrente A	Compressor cv
Springer	7.500	1.040	4,6	0,75
Springer	10.000	1.330	6	1
Springer	12.000	14.570	7	1
Springer	14.000	1.700	8	1,5
Springer	18.000	2.100	9,2	2
Springer	21.000	2.160	9,6	2,5
Springer	30.000	3.600	18,5	3

Exemplo:

Deseja-se instalar um aparelho de ar condicionado de 10.000 BTU, marca Springer, numa determinada sala em Porto Alegre. Determinar os condutores e o disjuntor.

Da tabela acima temos que, o aparelho consome 6 A em funcionamento normal. Note que condicionadores de ar, possuem tensão 220 V, portanto: **duas fases + terra.**

No momento em que o aparelho for ligado, segundo o fabricante, sua corrente é multiplicada por **3,15**. Logo, a corrente que está em funcionamento normal era de 6 A, passa a ser $(6 \times 3,15) = 18,9$ A, ou seja, aproximadamente 19 A . O dimensionamento dos condutores e do disjuntor deve ser feito para este valor: 19 A .

Exercícios:

1. Calcular os condutores e o disjuntor para um condicionador de ar 30.000 BTU, tensão 220 V.
2. Calcular os condutores e o disjuntor para um condicionador de ar 14.00 BTU.
3. Calcular os condutores e o disjuntor para um condicionador de ar de 21.000 BTU.
4. Calcular os condutores e o disjuntor para um condicionador de ar de 7.500 BTU.
5. Calcular os condutores e o disjuntor para um condicionador de ar de 12.000 BTU.
6. Calcular os condutores e o disjuntor para um condicionador de ar de 10.000 BTU.

2. INSTRUMENTOS DE MEDIÇÃO

Os instrumentos de medida nos dão, sobre uma escala graduada, o valor da grandeza elétrica. Os usados comumente são descritos neste capítulo.

2.1 MEDIDOR DE ENERGIA ELÉTRICA

O medidor de energia elétrica vai nos fornecer a quantidade de quilowatts (kW) consumida por hora (h).

Quilowatts – hora = kW / h

1000 Watts – 1 kW

Símbolo de medida – T

Unidade de medida – kW / h

Fórmula – $T = P \times t$

Onde: T = energia elétrica em kW/h

P = potência em kW

T = tempo em horas

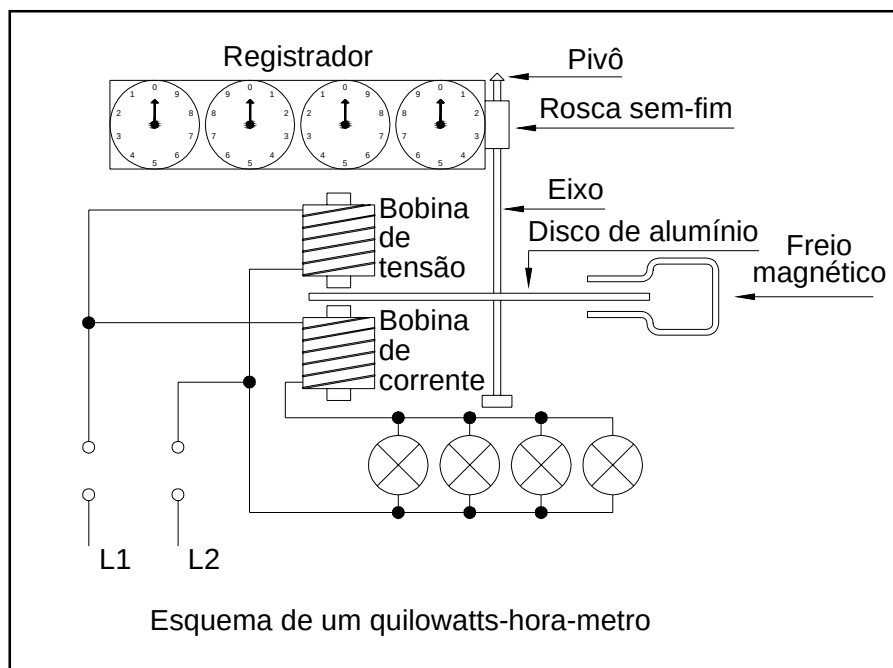


Figura 11

2.2 VOLTÍMETRO

Quando se quer medir a tensão de um circuito elétrico, deve-se ligar o voltímetro em paralelo com este circuito.

2.2.1 Ligação do voltímetro

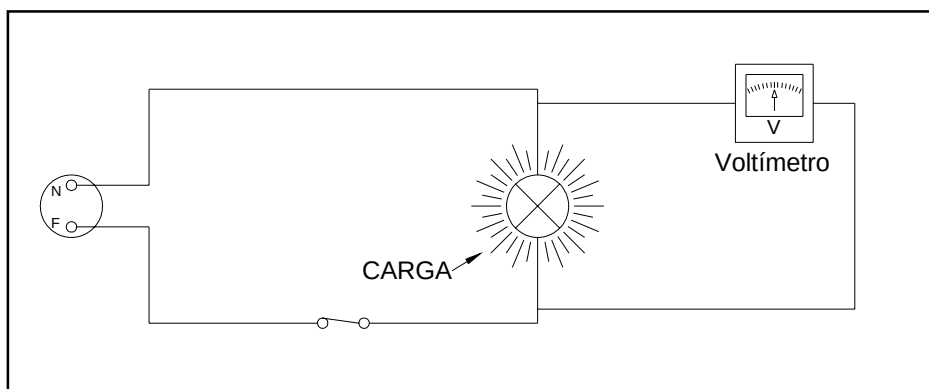


Figura 12

Desta maneira, sabe-se quantos volts tem este circuito.

2.3 AMPERÍMETRO

Para medir a corrente de um circuito elétrico, deve-se ligar o amperímetro em série neste circuito.

2.3.1 Ligação do amperímetro

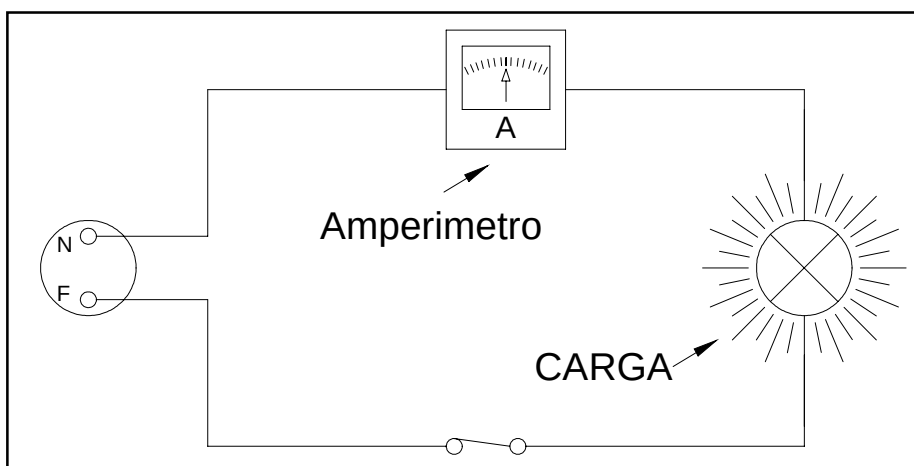


Figura 13

A corrente elétrica deve passar pelo amperímetro. Desta maneira, sabe-se quantos ampères circulam no circuito.

2.3.2 Ligação do alicate amperímetro

Outra maneira de medir a corrente elétrica é com alicate amperímetro, onde não é necessário abrir o circuito.

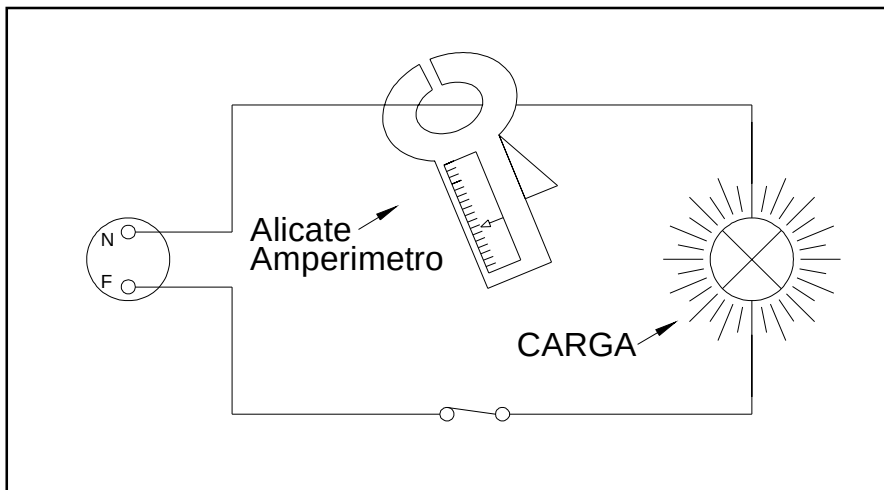


Figura 14

2.4 OHMÍMETRO

Quando se quer medir a resistência de componentes em algum circuito, a condição básica é que esteja desenergizado e com uma das extremidades desligadas.

2.4.1 Maneira de medir resistências em circuitos

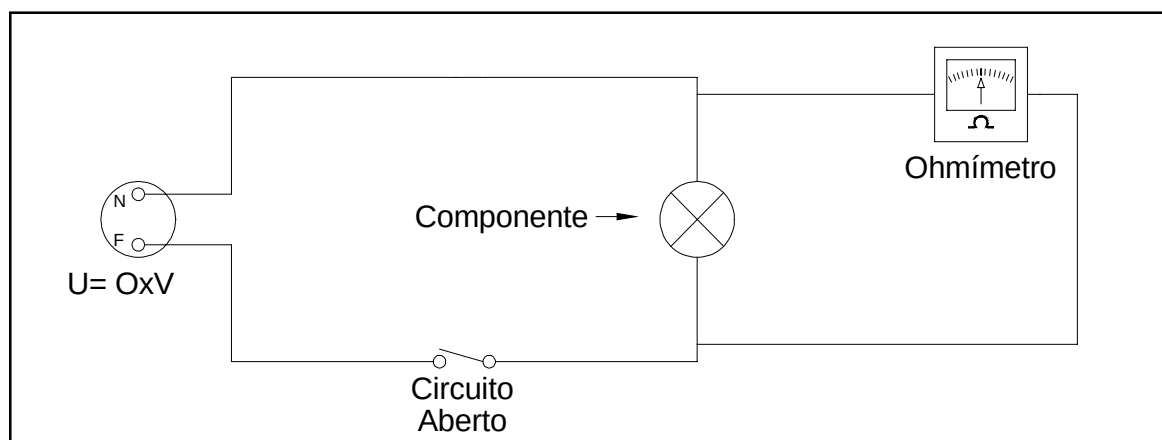


Figura 15

2.4.2 Maneira de medir resistências fora do circuito

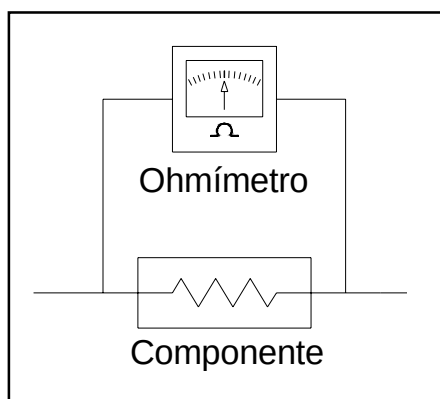


Figura 16

3. TENSÃO CONTÍNUA E ALTERNADA

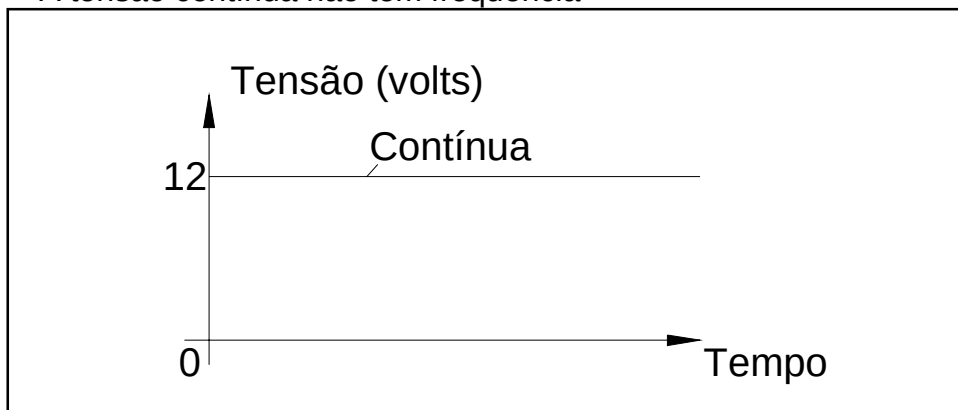
Há dois tipos básicos de corrente ou tensão elétrica de aplicação generalizada, corrente ou tensão contínua e corrente ou tensão alternada.

3.1 TENSÃO CONTÍNUA

Tensão contínua é a que não varia ao longo do tempo.

Gráfico da tensão de uma bateria de automóvel de 12 volts.

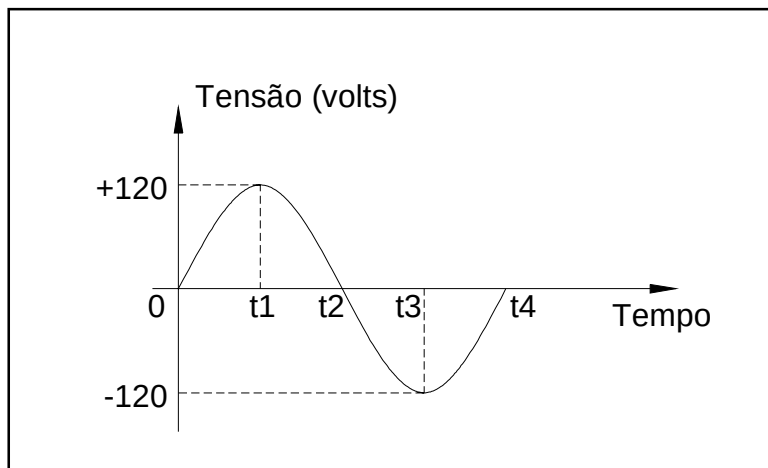
* A tensão contínua não tem frequência



3.2 TENSÃO ALTERNADA

Tensão alternada é a que varia ao longo do tempo.

Gráfico de uma tensão alternada.



* A tensão alternada tem frequência.

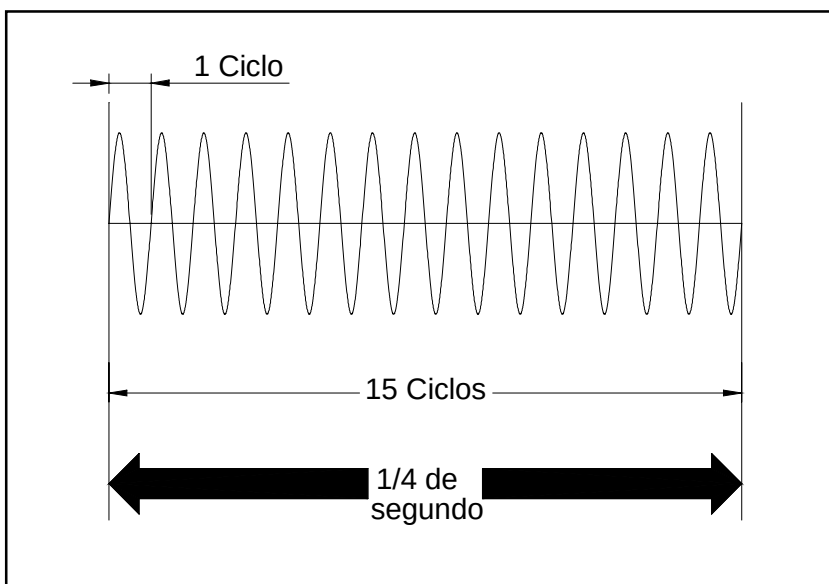
3.2.1 Frequência

A frequência que é dada em Hertz, é o número de ciclos por segundo.

Símbolo da frequência – f

Unidade de medida – Hertz (Hz)

Nossa rede elétrica possui 60 Hertz (Hz) ou 60 ciclos / segundo.



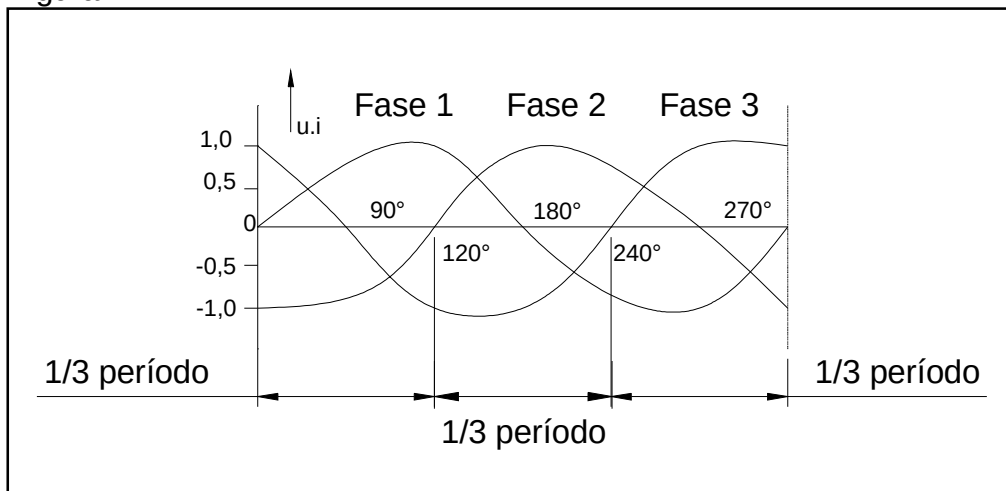
4. REDES ELÉTRICAS

A distribuição de energia elétrica para os consumidores industriais e residenciais é feita através de redes elétricas em corrente alternada.

4.1 TRIFÁSICA DE CORRENTE ALTERNADA

Uma rede trifásica de C.A. é constituída de três fases defasadas de 120° .

Figura 17



Tensão e corrente alternada defasada de $1/3$ de período.

A tensão de uma rede trifásica é a diferença de potencial existente entre duas fases diferentes. Esta tensão chama-se de tensão de linha (U_L).

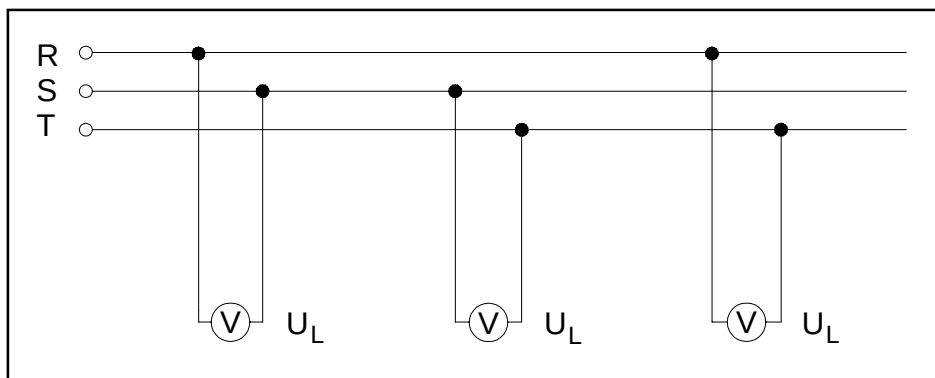


Figura 18

4.2 TENSÃO TRIFÁSICA COM NEUTRO

Quando as bobinas do gerador ou transformador trifásico são ligadas em estrela, tem-se uma rede trifásica com neutro.

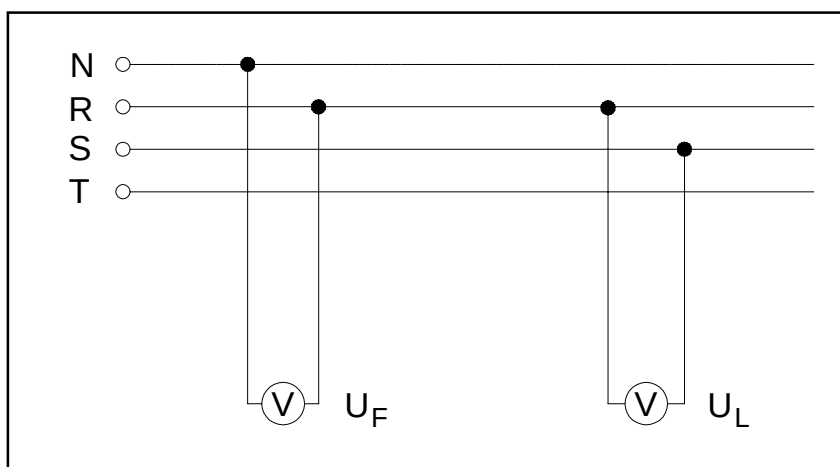


Figura 19

Na rede trifásica com neutro, existem 2 tensões:

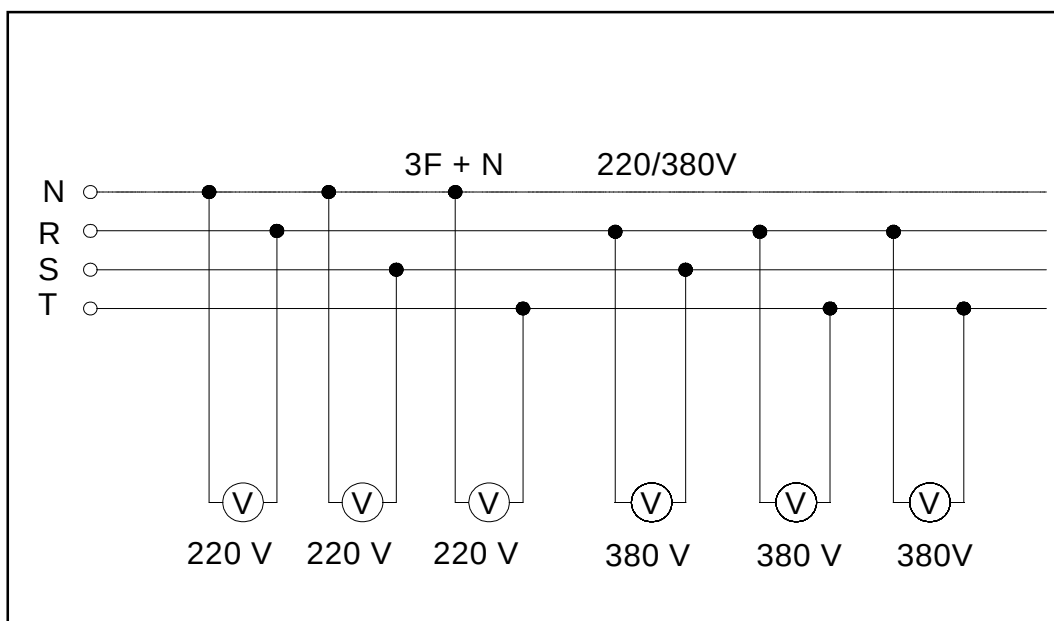
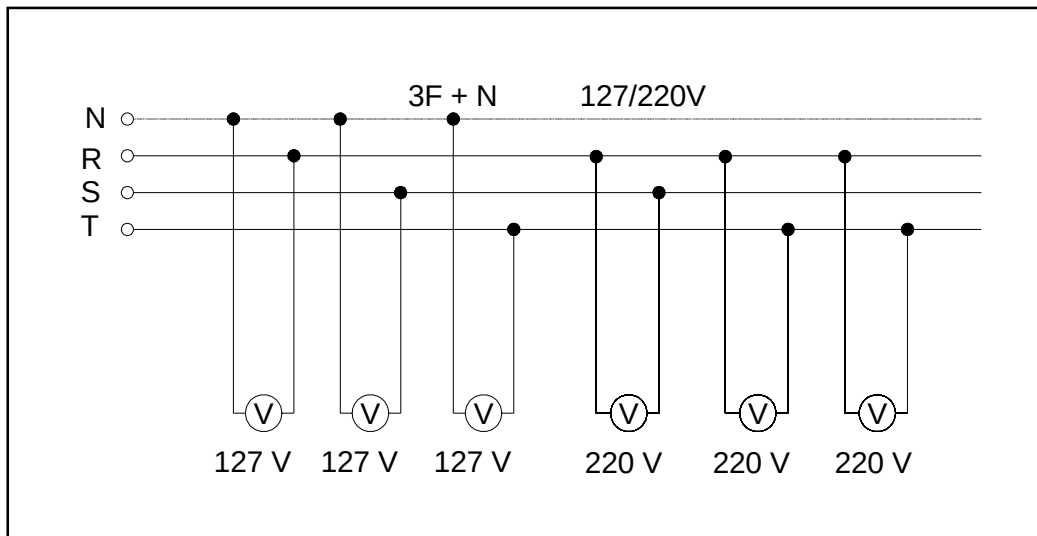
- U_L (tensão de linha): é a diferença de potencial existente entre duas fases diferentes.
- U_F (tensão de fase): é a diferença de potencial existente entre qualquer fase e o neutro.

Relação entre tensão de fase e tensão de linha::

$$U_F = U_L : \sqrt{3}$$

$$U_L = U_F \times \sqrt{3} \quad \sqrt{3} = 1,73$$

4.3 TIPOS DE REDES TRIFÁSICAS DE BAIXA TENSÃO



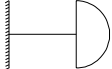
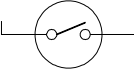
4.4 CIRCUITOS TRIFÁSICOS

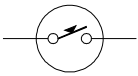
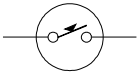
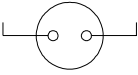
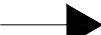
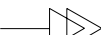
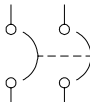
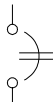
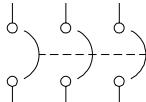
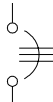
$$P = \sqrt{3} \times U_F \times I$$

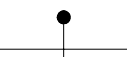
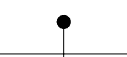
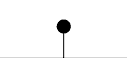
$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \times U_F}$$

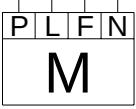
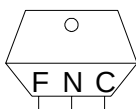
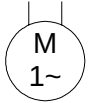
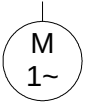
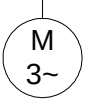
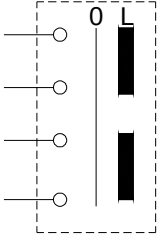
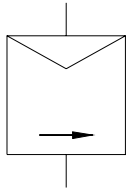
5. SIMBOLOGIA

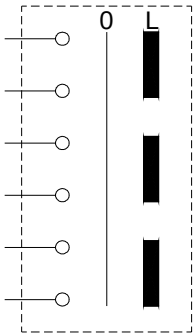
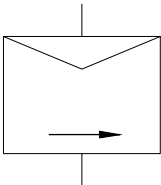
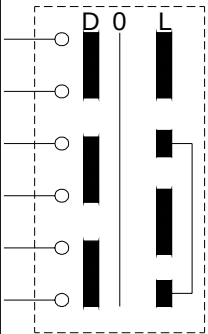
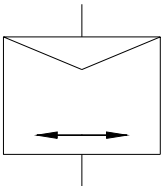
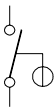
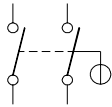
A fim de facilitar a elaboração de desenhos e projetos elétricos, são utilizados símbolos gráficos para a identificação dos diversos pontos de utilização abaixo relacionados.

Nº	Símbolos		Significado	Altura em relação ao piso
	multifilar	unifilar		
1			Ponto de luz incandescente no teto.	
2			Ponto de luz incandescente na parede	1,80
3			Ponto de luz fluorescente no teto	
4		a-ponto de comando 	Interruptor de uma seção ou simples	1,20
5		a ⊕ b	Interruptor de duas seções ou duplo	1,20
6		a ⊕ b c	Interruptor de três seções ou triplo	1,20
7		a 	Interruptor hotel ou paralelo	1,20
8		a 	Interuptor Intermediário ou cruz	1,20

Nº	Símbolos		Significado	Altura em relação ao piso
	multifilar	unifilar		
9			Interruptor de pressão ou botão campainha	1,20
10			Interruptor de pressão ou botão minuteria	1,20
11			Tomada bipolar comum na parede	0,30
12			Tomada bipolar comum à meia altura	1,20
13			Tomada bipolar comum alta	2,10
14			Tomada bipolar dupla na parede	0,30
15			Tomada bipolar no piso	
16			Disjuntor termo-magnético unipolar	1,20 a 1,50
17			Disjuntor termo-magnético bipolar	1,20 a 1,50
18			Disjuntor termo-magnético tripolar	1,20 a 1,50
19			Centro de distribuição (CD)	1,20 a 1,50
20			Centro de medição	

Nº	Símbolos multifilar	unifilar	Significado	Altura em relação ao piso
21			Eletroduto embutido no piso ou na parede	
22			Eletroduto embutido no piso	
23			Condutor fase no eletroduto	
24			Condutor neutro no eletroduto	
25			Condutor retorno de fase no eletroduto	
26			Condutor retorno de neutro no eletroduto	
27			Condutor de ater- ramento no eletroduto	
28			Condutor de 1.0mm ² para campainha	
29			Condutor de 1.0mm ² neutro para campainha	
30			Condutor de 1.0mm ² retorno de fase para campainha	
31			Eletroduto que desce	
32			Eletroduto que sobe	

N°	Símbolos multifilar	Símbolos unifilar	Significado	Altura em relação ao piso
33			Eletroduto que passa descendo	
34			Eletroduto que passa subindo	
35			Cigarra	
36			Campainha	
37		M	Minuteria P=inter. pres. F=fase L=lâmpada N=neutro	
38		FI	Fotointerruptor F=fase N=neutro C=carga	
39			Motor monofásico	
40			Motor trifásico	
41			Aterramento	
42			Chave direta bipolar	

Nº	Símbolos multifilar	unifilar	Significado	Altura em relação ao piso
43			Chave direta tripolar	
44			Chave reversora tripolar	
45			Chave bóia unipolar	
46			Chave bóia bipolar	

6. ILUMINAÇÃO

A melhor maneira de iluminar um local é aproveitar a luz natural emanada do sol. Isto , entretanto , nem sempre é possível, uma vez que existem a noite e os lugares em que a luz solar chega em quantidade insuficiente. Por este motivo, utiliza-se a iluminação artificial, que deve aproximar-se o mais possível da iluminação natural, sendo as lâmpadas elétricas as de melhor qualidade.

6.1 ILUMINAÇÃO INCANDESCENTE

Esta iluminação é resultante do aquecimento de um fio, pela passagem de corrente elétrica, até a incandescência. As lâmpadas incandescentes comuns, são compostas de um bulbo de vidro incolor ou leitoso, de uma base de cobre ou outras ligas, e de um conjunto de peças que contém o filamento, que é o mais importante. Os filamentos das primeiras lâmpadas eram de carvão, mas atualmente são de tungstênio, que tem um ponto de fusão de aproximadamente 3400°C . Esta temperatura não é atingida nem pela lâmpada a 1500 W (2700°C).

No interior do bulbo de vidro das lâmpadas incandescentes usuais é feito o vácuo, isto é, a retirada de todo o oxigênio, a fim de que o filamento não se queime, já que o oxigênio alimenta a combustão. Também se usa substituir o oxigênio no interior da lâmpada por um gás inerte. (nitrogênio e argônio)

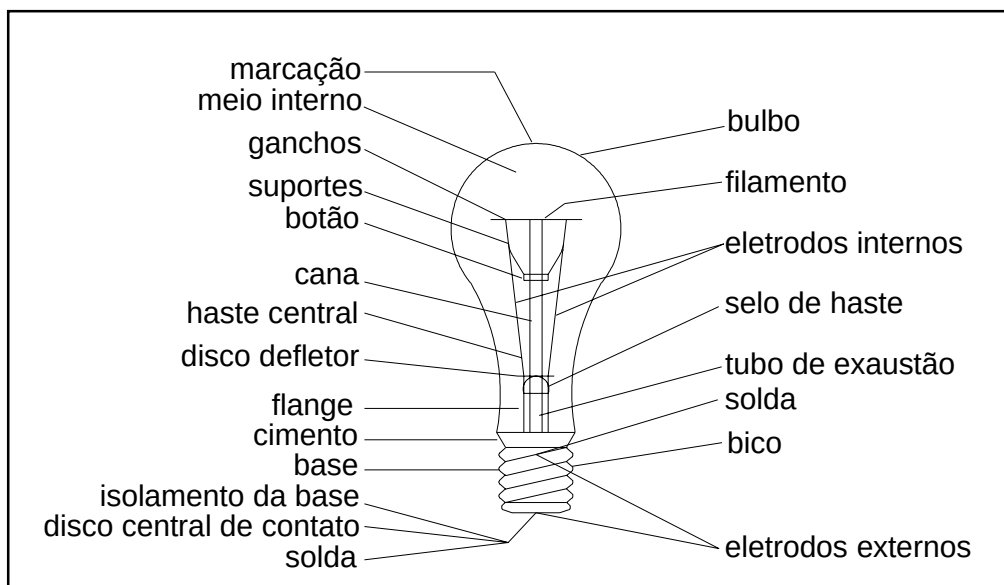


Figura 20 – Lâmpada incandescente

6.2 ILUMINAÇÃO FLUORESCENTE

Esta iluminação é realizada por uma lâmpada fluorescente que utiliza a descarga elétrica através de um gás para produzir energia luminosa. Consiste em um bulbo cilíndrico de vidro, que tem em suas extremidades, eletrodos metálicos de tungstênio (cátodos), por onde circula corrente elétrica. Em seu interior existe vapor de mercúrio ou argônio à baixa pressão. As paredes internas do tubo são pintadas com materiais fluorescentes, conhecidos por cristais de fósforo (Phosphor).

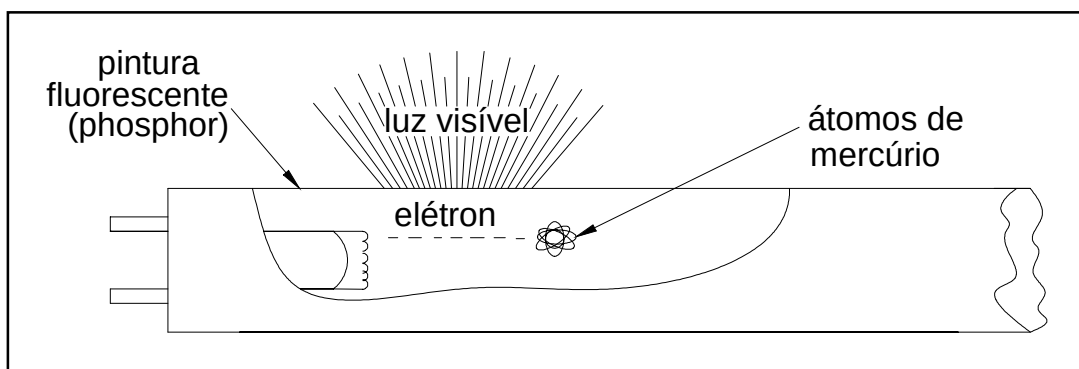


Figura 21 – Lâmpada fluorescente

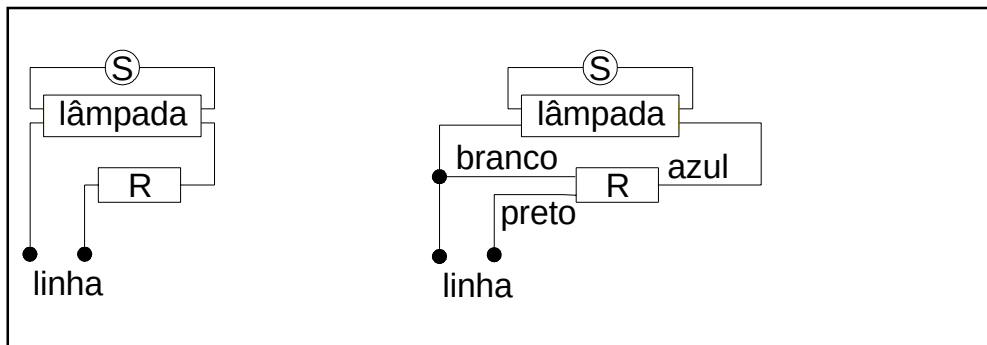
6.2.1 Ligação de lâmpadas fluorescentes

Na prática, denomina-se lâmpada fluorescente, um conjunto composto de lâmpada propriamente dita, reator, suporte e calha, se for de partida rápida. O tipo convencional ainda é composto por um starter.

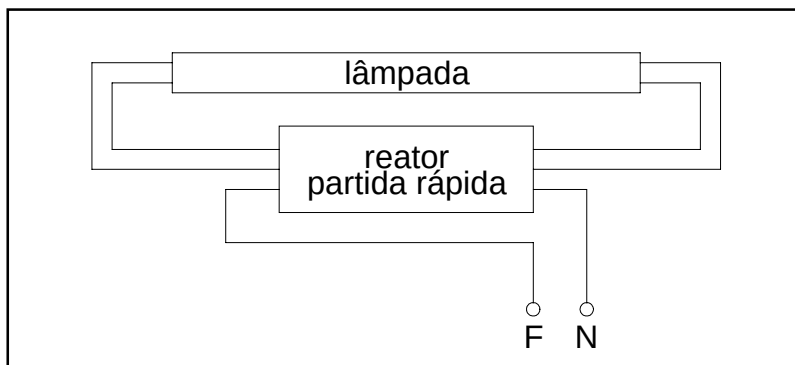
Para ligar este conjunto à rede, é necessária a interligação de seus componentes. Esta operação só será possível mediante a leitura do esquema de ligação afixado no reator, que varia conforme o tipo de reator e seu respectivo fabricante.

Alguns exemplos de esquemas de ligação de reatores.

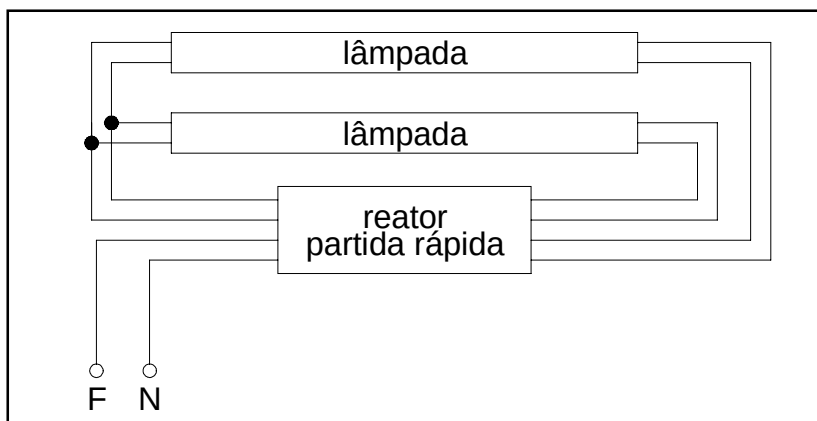
- Ligação de reator simples, tipo convencional



- Ligação de reator simples tipo partida rápida



- c. Ligação de reator duplo, tipo partida rápida



6.3 ILUMINAÇÃO VAPOR – MERCÚRIO

6.3.1 Funcionamento

Nas extremidades do tubo de carga estão colocados dois eletrodos, sobre os quais se aplica uma tensão, ocasionando entre eles a passagem de partículas eletricamente carregadas (elétrons).

Estas partículas procedentes dos eletrodos colidem com os átomos do vapor ou gás em suspensão dentro do tubo de descarga, produzindo, temporariamente, um desequilíbrio na composição destes átomos: seus elétrons deslocam-se para níveis energéticos superiores.

Como a tendência dos elétrons é voltar para suas órbitas originais, ao fazê-lo, desprendem energia em forma de radiações ultravioleta. Para aumentar a eficiência da luz emitida, reveste-se o bulbo com uma camada de pó, que irá converter a radiação ultravioleta invisível em luz visível.

6.3.2 Constituição

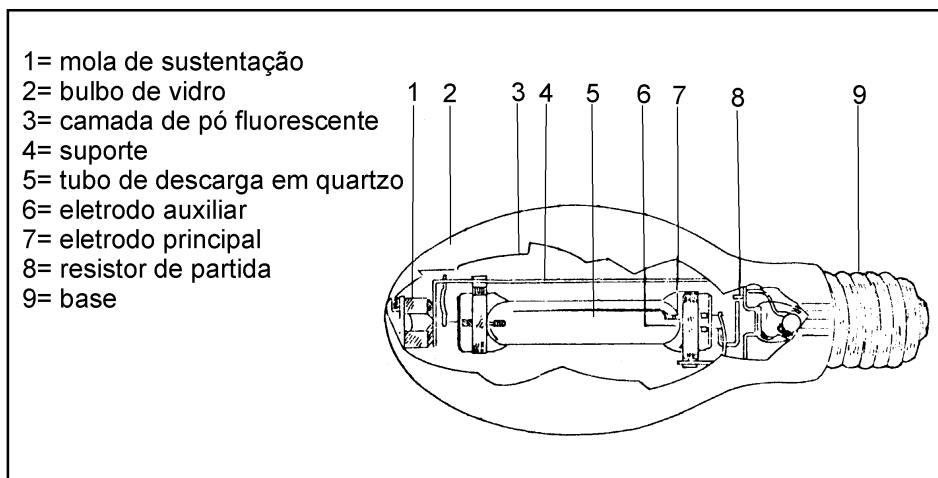


Figura 22

6.3.3 Características comerciais

Código comercial	(W) Base		Tensão mínima de partida	Tensão de lâmpada	Corrente de lâmpada	Tensão de extinção de arco	Fluxo luminoso	Luminância	Período de partida	Peso	Dimensões	
			A + 5°C (V)	(V)	(A)	(V)	1 (lm)	cd / cm ²	2 (mm)	(g)	diam (mm)	comp. (mm)
HPL - N 80	80	E- 27	180	115	0,80	180	3500	11	3,5	55	70	151
HPL - N 125	1250	E- 27	180	125	1,2	180	6250	16	1,5	90	75	171
HPL - N 250	250	E- 40	180	135	2,1	180	13500	17	40	170	90	227
HPL - N 400	400	E- 40	180	140	3,2	180	23000	16	40	280	120	290
HPL - N 700	700	E- 40	180	140	5,4	180	42500	27	40	380	140	329
HPL - N 1000	1000	E- 40	180	140	7,5	180	57000	22	40	550	165	410
HPL - N 2000	2000	E- 40	320	270	800	320	120000	40	40	650	185	445

O Quadro é válido nas seguintes condições:

- fluxo: após 100 horas de funcionamento
- tempo: para conseguir 80% do fluxo luminoso máximo.

6.4 APLICAÇÃO DE ILUMINAÇÃO

6.4.1 Incandescente para iluminação geral

Usada em locais em que se deseja a luz dirigida, portátil e com flexibilidade de escolha de diversos ângulos de abertura de fecho intenso.

As lâmpadas incandescentes comuns podem ser usadas em luminárias com lâmpadas do tipo refletoras. Em residências são utilizadas na iluminação geral de ambientes ou quando se deseje efeitos especiais.

Seu uso não é indicado em lojas, onde se visa destacar mercadorias ou iluminação geral. Nas indústrias são usadas na iluminação geral suplementar de máquinas de produção, em locais com problemas de vibração (lâmpadas para serviço pesado) ou, ainda, em estufas de secagem (lâmpadas infravermelhas).

6.4.2 Fluorescente

Por seu ótimo desempenho, as lâmpadas fluorescentes são mais indicadas para a iluminação de interiores, como escritórios, lojas e indústrias, tendo espectros luminosos indicados para cada aplicação.

São lâmpadas que não permitem o destaque perfeito das cores, porém, se for utilizada a lâmpada branca fria ou morna, é possível a razoável visualização do espectro cores. Nas residências costuma-se utiliza-las em cozinhas, banheiros, garagens e outras dependências.

Dentre as lâmpadas fluorescentes, a do tipo HO (high output) tem grande aplicação em escritórios, mercados e lojas por sua alta eficácia. É indicada por razões de economia, pois sua eficiência luminosa é muita elevada.

6.4.3 Luz mista

Embora sua eficácia seja inferior à da lâmpada fluorescente, é superior à da incandescente. Em geral é usada quando se deseja melhorar o rendimento da iluminação incandescente, pois não necessita de equipamentos auxiliares; basta colocá-la no lugar da incandescente, porém exige que a tensão da rede seja de 220 volts. A luz mista é utilizada na iluminação de interiores, como indústria, galpões, postos de gasolina e iluminação externa.

6.4.4 Vapor de mercúrio

As lâmpadas de vapor de mercúrio são empregadas em interiores de grandes proporções, em vias públicas e áreas externas. Pela sua vida longa, e alta eficiência, têm bom emprego em galpões de grande pé direito, onde é elevado o custo de substituição de lâmpadas e reatores.

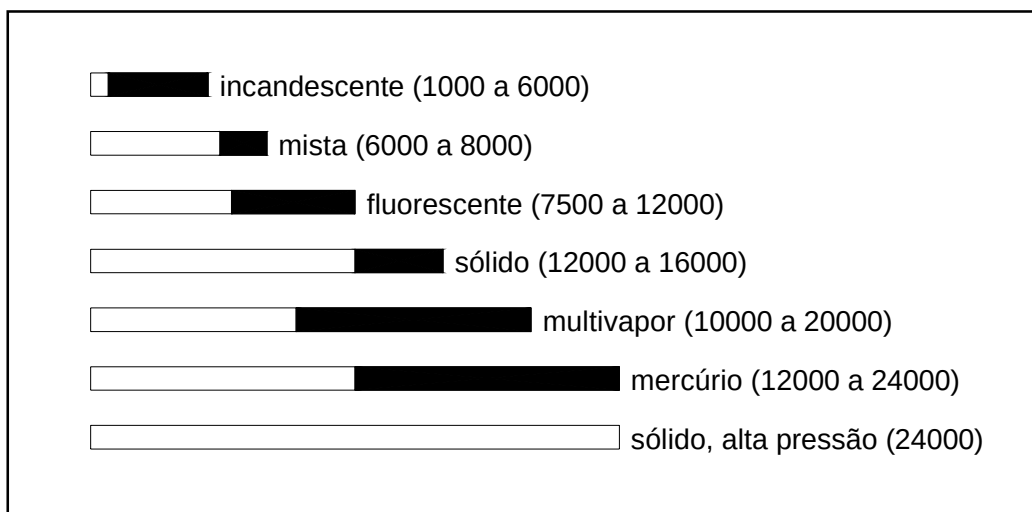
Quando se necessita melhor destaque de cores, as lâmpadas devem ser usadas com feixe corrigido.

6.4.5 Vapor de sódio de alta pressão

As lâmpadas de vapor de sódio de alta pressão apresentam melhor eficiência luminosa: para o mesmo nível de iluminamento pode-se economizar mais energia do que em qualquer outro tipo de lâmpada.

Devido às radiações de banda quente, estas lâmpadas apresentam o aspecto de luz branco-dourada, porém, permitem a visualização de todas as cores porque reproduzem todo o espectro. São utilizadas na iluminação de ruas, áreas externas e indústrias cobertas.

Vida útil em horas



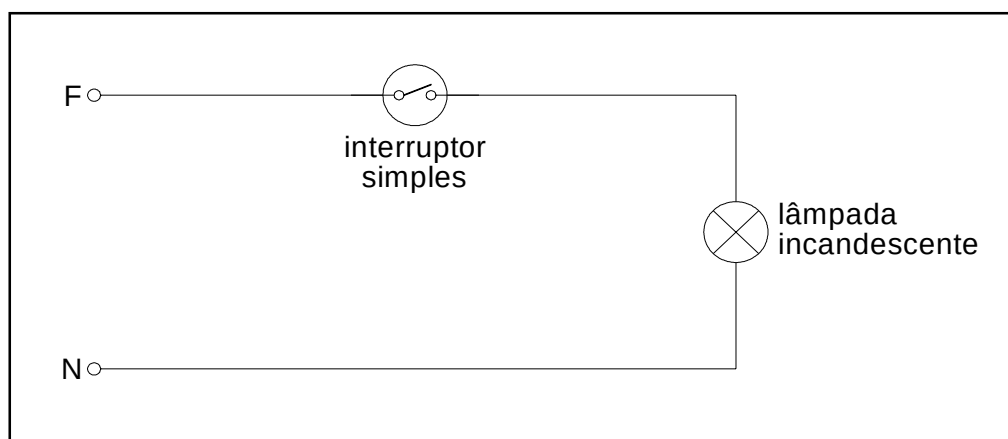
7. ESQUEMAS DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

A representação de uma instalação elétrica por meio de símbolos gráficos que informam sobre o funcionamento dos circuitos de corrente elétrica e a interligação dos condutores e elementos, é conhecida como diagrama elétrico.

7.1 INTERRUPTOR SIMPLES E LÂMPADA INCANDESCENTE

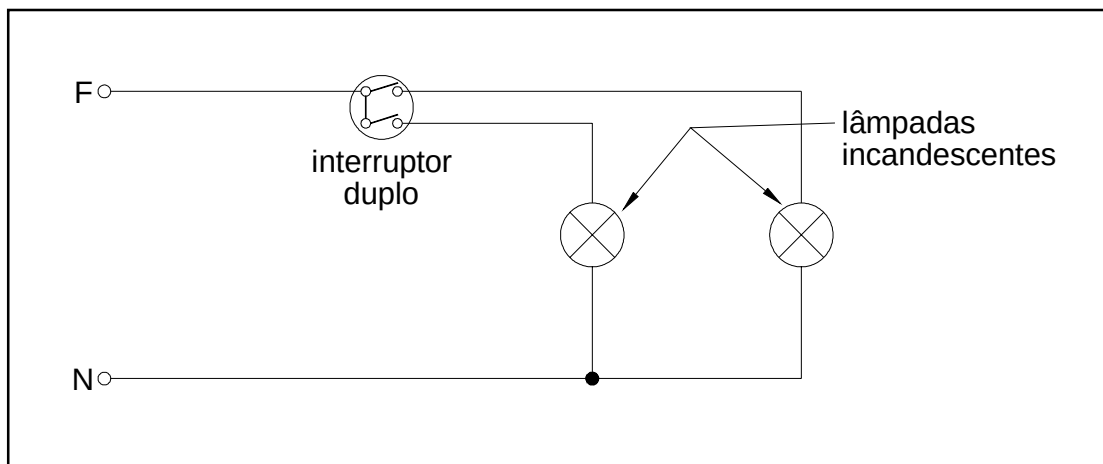
O interruptor simples é um dispositivo elétrico que apresenta duas posições: ligado e desligado. Na posição ligado, lâmpada acesa; Na posição desligado, lâmpada desligada.

O interruptor simples pode comandar uma ou mais lâmpadas ao mesmo tempo.



7.2 INTERRUPTOR DUPLO OU DE DUAS SEÇÕES E LÂMPADA INCANDESCENTE

O interruptor duplo é um dispositivo elétrico que se caracteriza por apresentar dois interruptores simples acoplados lado a lado. É utilizado para comandar dois pontos de luz independentes um do outro.



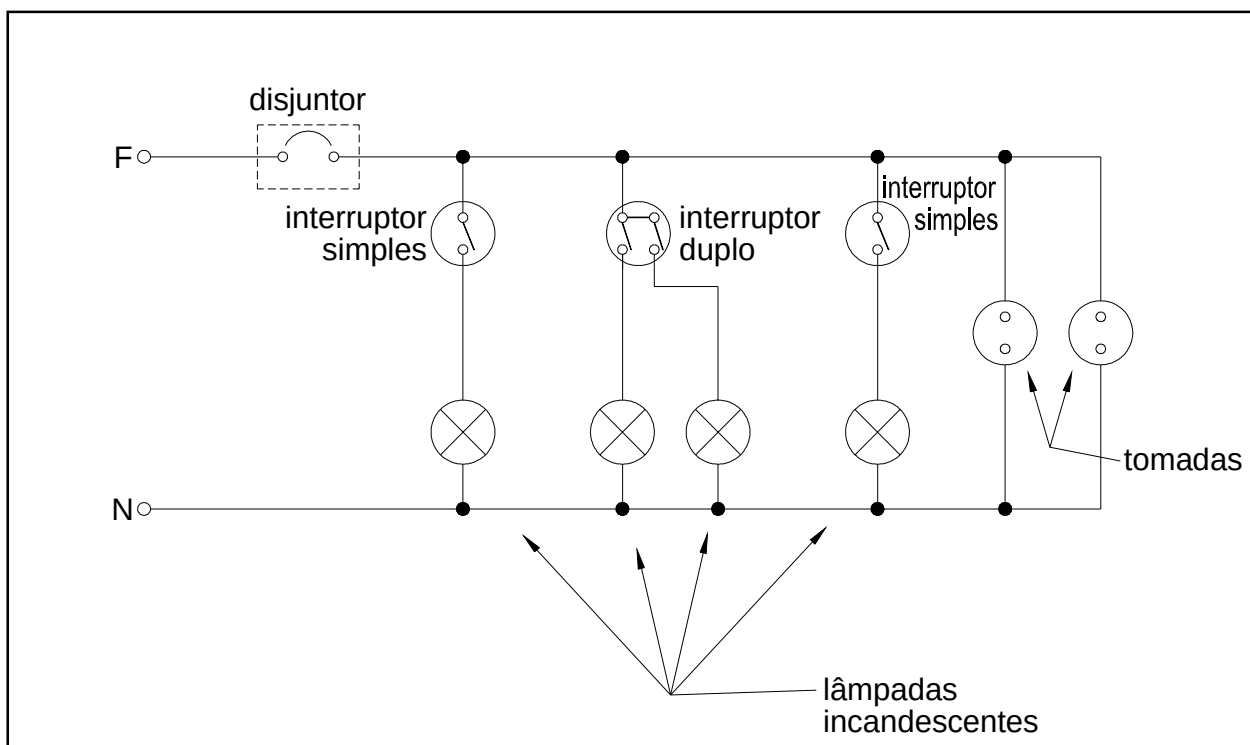
7.3 DISJUNTORES TERMOMAGNÉTICOS

Disjuntores termomagnéticos são dispositivos de manobra e proteção, com capacidade de ligação e interrupção sob condições anormais do circuito.

São dotados de um relé termomagnético:

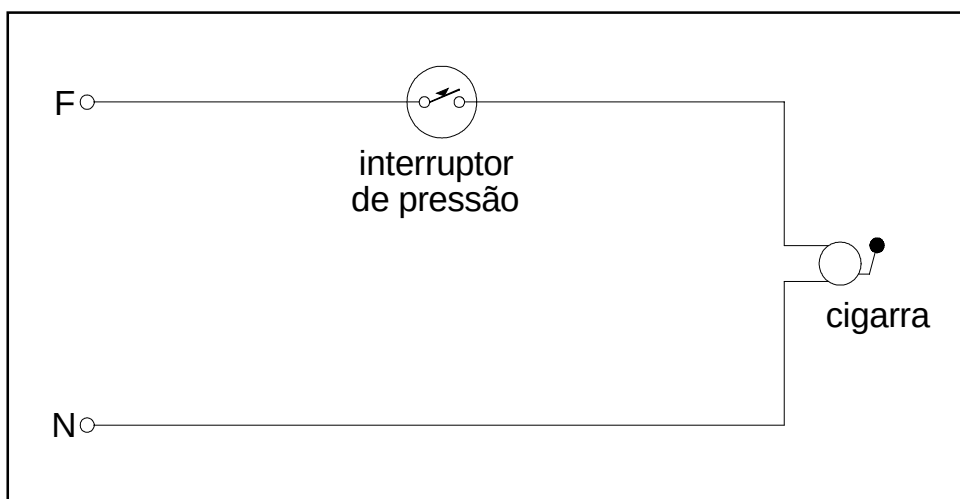
- Térmico: desarma o disjuntor por sobrecarga
- Magnético: desarma o disjuntor por curto –circuito

Quando montados em quadro de distribuição, os disjuntores devem conduzir somente 80% da sua capacidade.



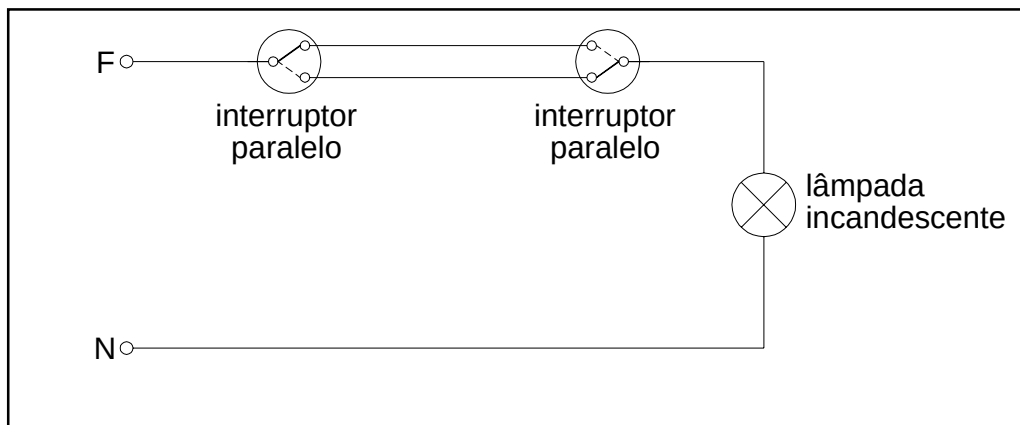
7.4 INTERRUPTOR DE PRESSÃO E CIGARRA

O interruptor de pressão e a cigarra são ligados como interruptores simples, comandando uma lâmpada incandescente. No lugar do interruptor simples, usa-se um interruptor de pressão, em vez de lâmpada incandescente. A cigarra, que vai funcionar somente enquanto o interruptor de pressão estiver acionado.



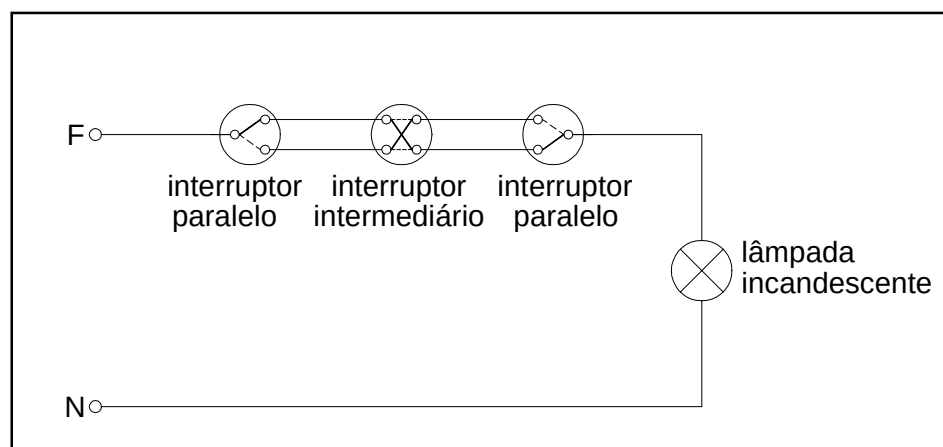
7.5 INTERRUPTOR PARALELO (HOTEL) E LÂMPADA INCANDESCENTE

O interruptor paralelo (hotel) e a lâmpada incandescente caracterizam-se por ter a capacidade de ligar e desligar uma ou mais lâmpadas de dois pontos diferentes. São utilizados em escadas, corredores e dependências, por necessidade ou comodidade.

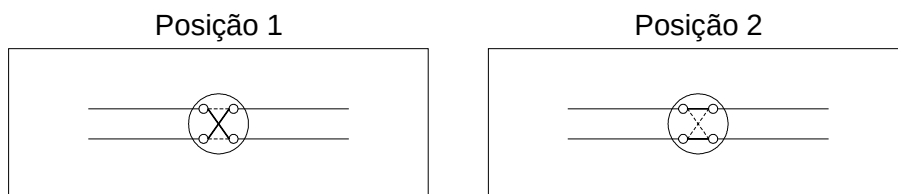


7.6 INTERRUPTOR INTERMEDIÁRIO E PARALELO (HOTEL) COM LÂMPADA INCANDESCENTE

Quando se quer comandar uma ou um grupo de lâmpadas de três ou mais pontos diferentes, é necessário acrescentar, além dos dois interruptores paralelos (hotel), um ou mais interruptores intermediários, conforme a necessidade. É usado em escadas, corredores e dependências, por necessidade ou comodidade.

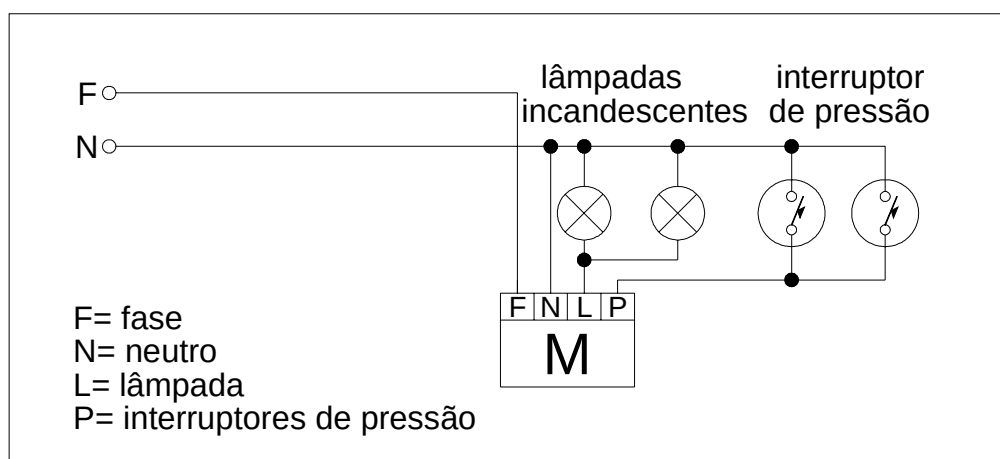


Representação esquemática das duas posições do interruptor intermediário.



7.7 MINUTEIRA E INTERRUPTORES DE PRESSÃO COM LÂMPADAS INCANDESCENTES

A minuteira é um dispositivo elétrico que permite a ligação de uma ou de um grupo de lâmpadas com interruptores de pressão, durante um tempo preestabelecido. É utilizada principalmente em escadas e corredores de edifícios.



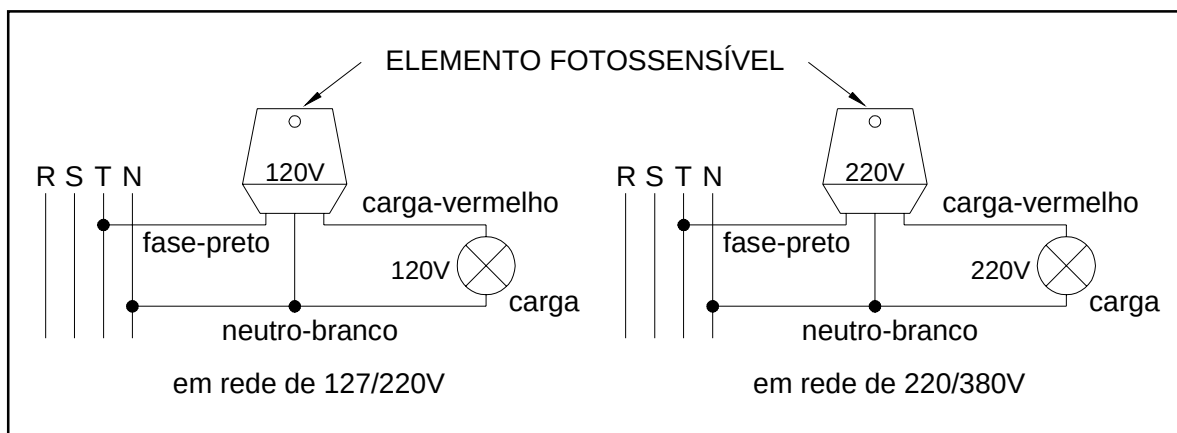
* O esquema de ligação pode ser diferente, dependendo do fabricante.

7.8 FOTOINTERRUPTOR E LÂMPADA INCANDESCENTE

Este é um interruptor automático, constituído de um circuito eletrónico, que possui a propriedade de ligar uma carga quando anoitece e desliga-la quando amanhece. É largamente utilizado no comando de iluminação pública e de pátios por dispensar a operação manual de ligar e desligar.

Características – os modelos projetados para redes de 110 V funcionam dentro dos limites de 60 a 140 V. Nos limites de 220 V, a tensão pode variar entre 160 e 240 V.

São projetados para redes de 50 / 60 Hz, e os contatos do relé podem comandar cargas resistivas de até 10 A. Para cargas de maior intensidade de corrente, utiliza-se um contador, que fica comandado pelo fotointerruptor.

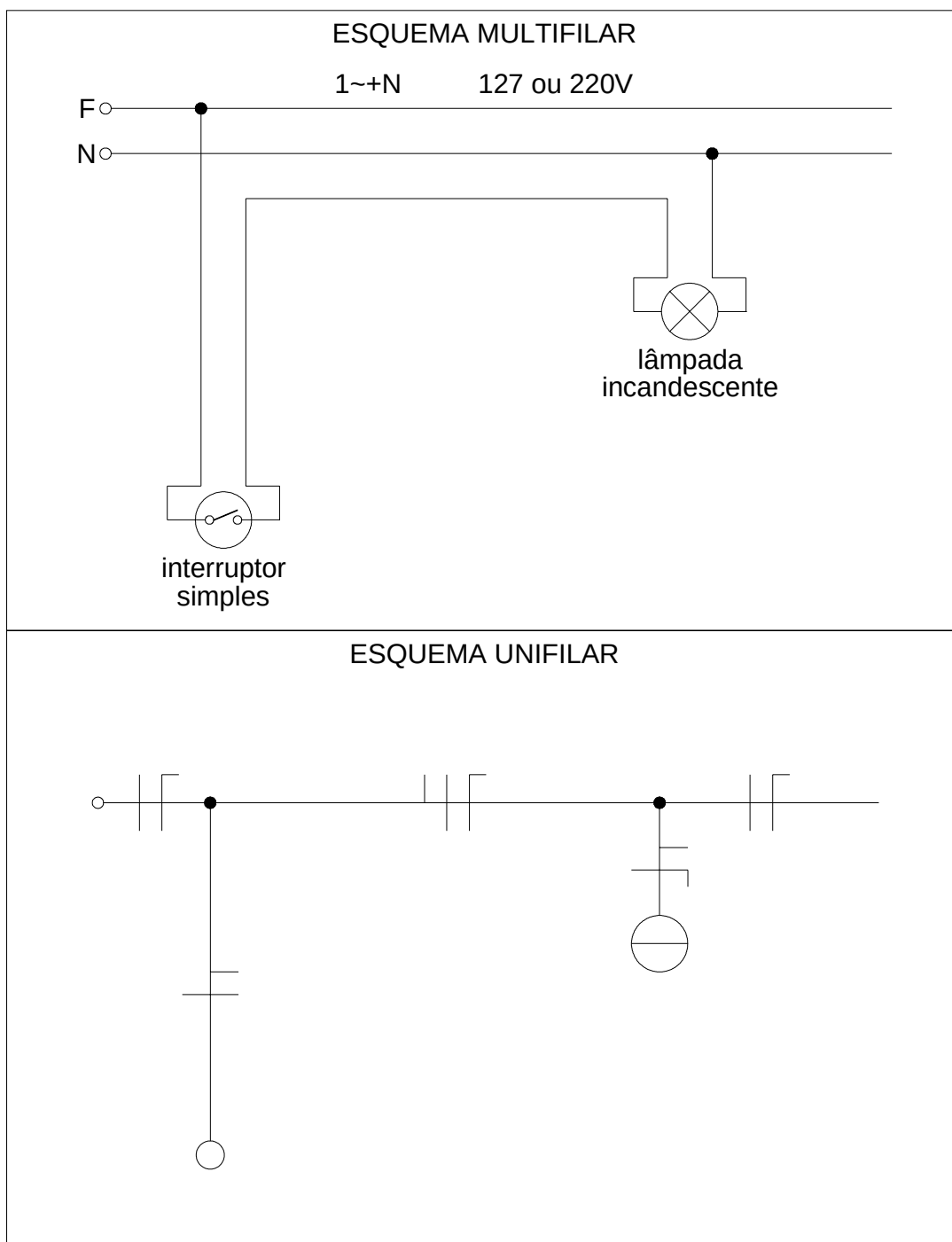


Observação:

Na instalação do fotointerruptor acionado pela luz solar, o elemento fotossensível deve ficar voltado para o nascente do sol, para desligar tão logo o dia comece a clarear.

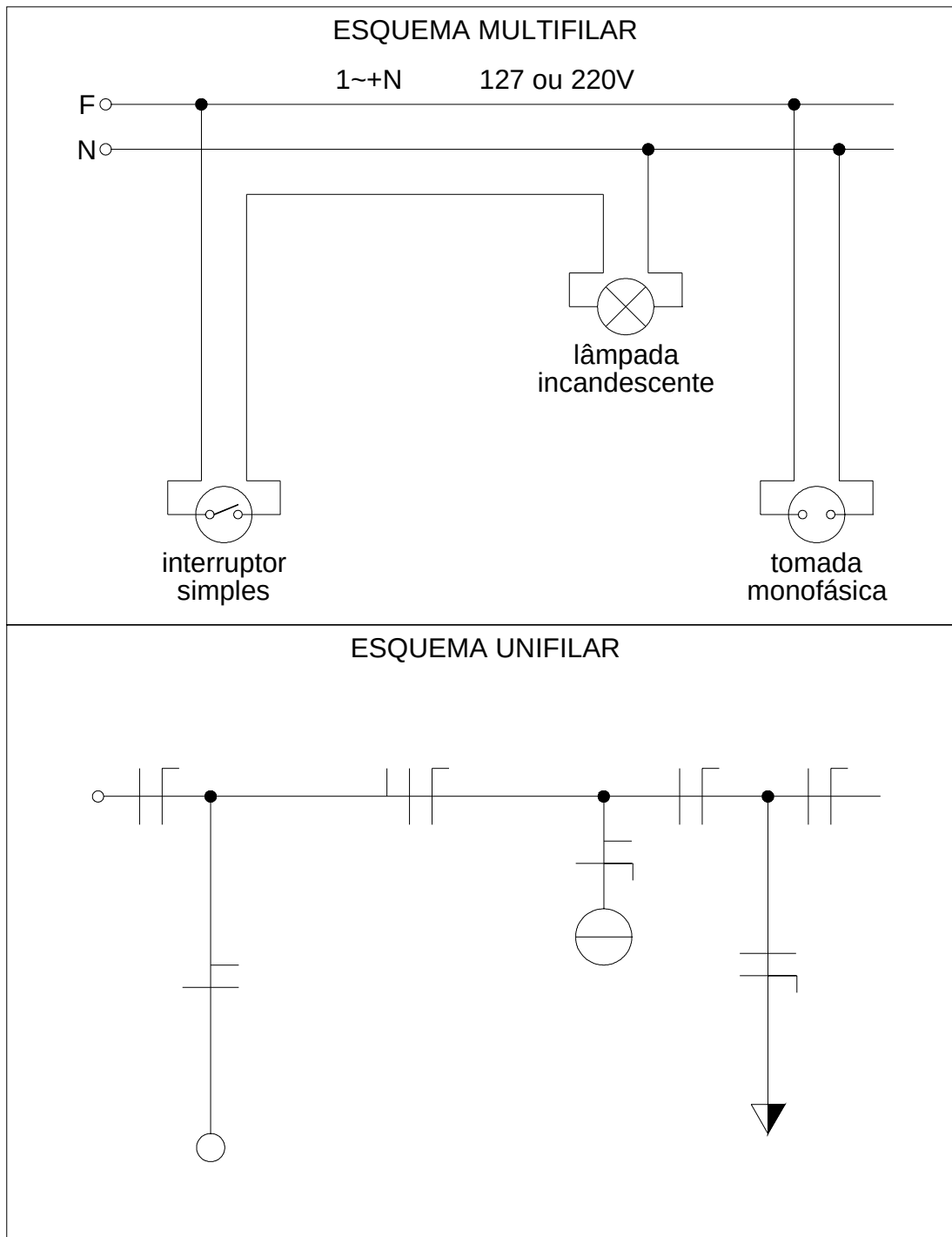
Exercício 1

Comando de uma lâmpada incandescente através de um interruptor simples



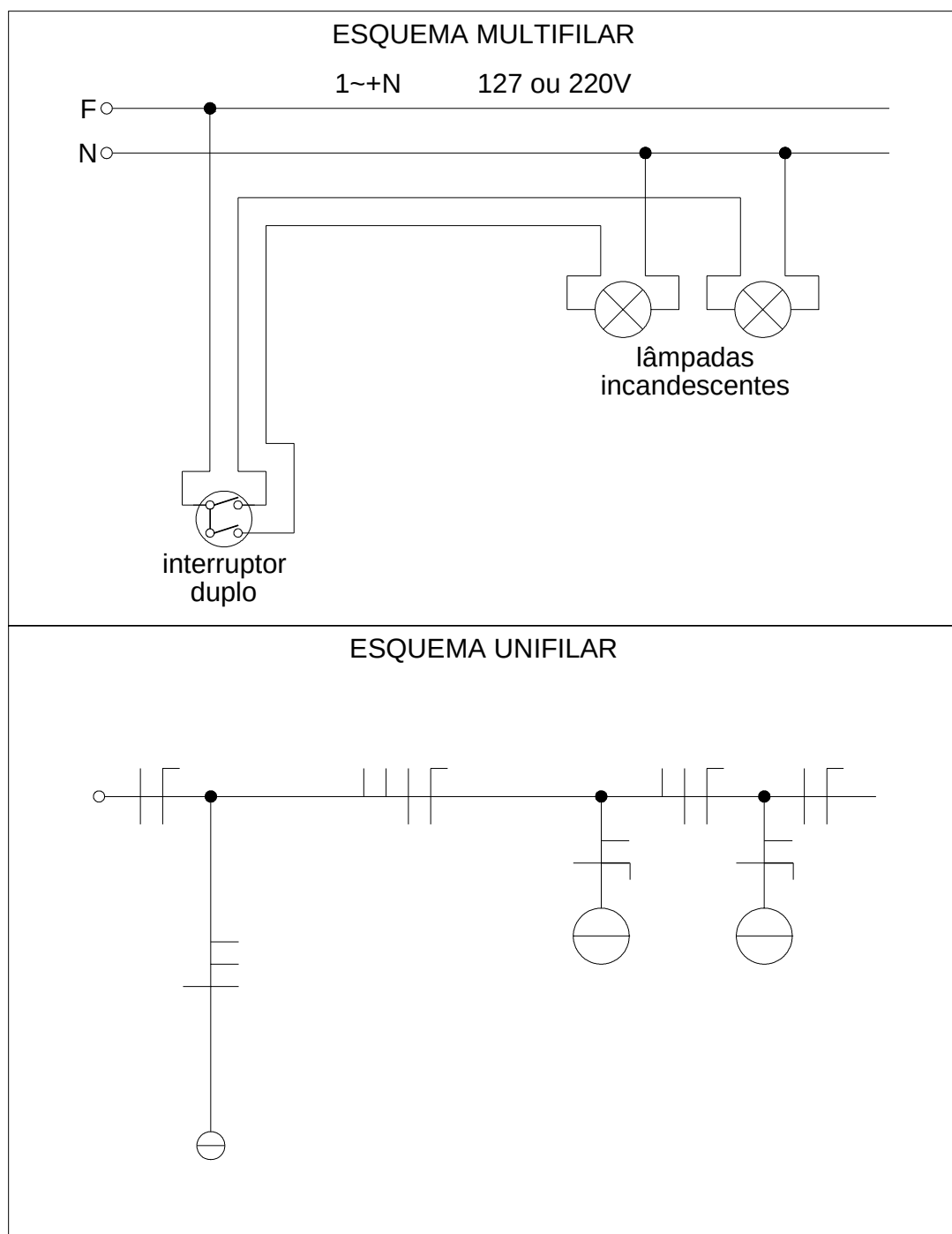
Exercício 2

Comando de uma lâmpada incandescente através de um interruptor simples mais uma tomada monofásica.



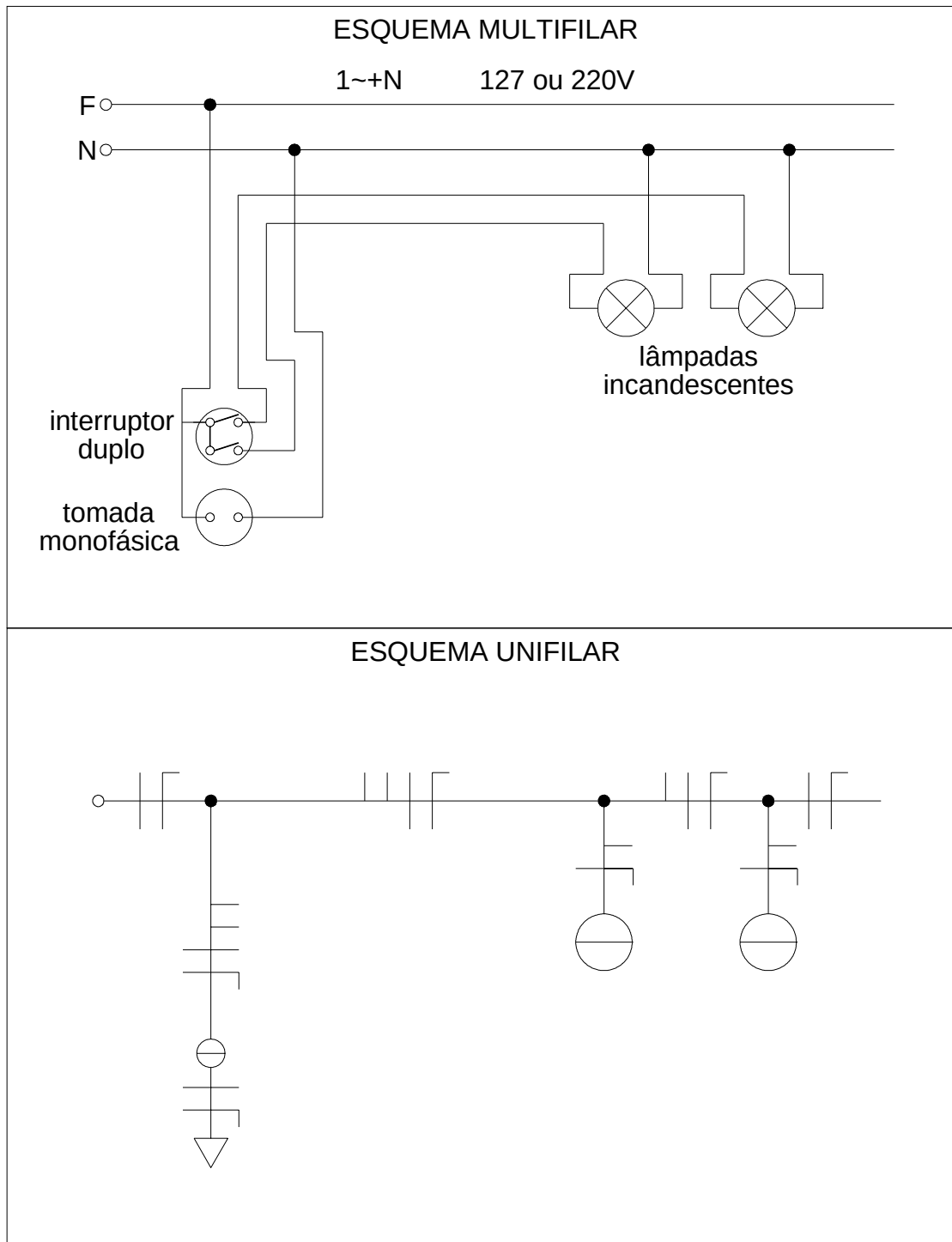
Exercício 3

Comando de duas lâmpadas incandescentes através de um interruptor duplo (duas teclas)



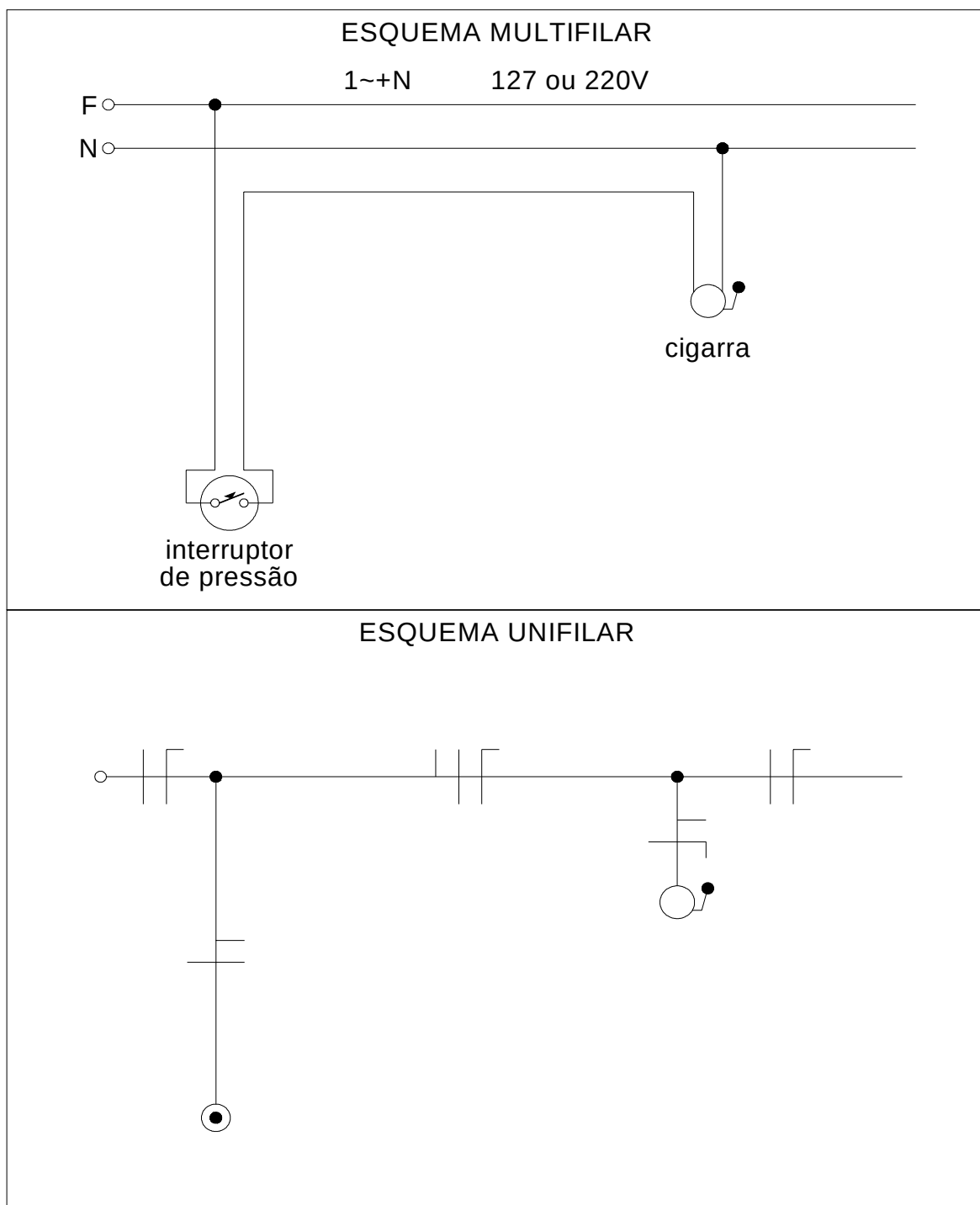
Exercício 4

Comando de duas lâmpadas incandescentes através de um interruptor duplo (duas teclas) com tomada monofásica.



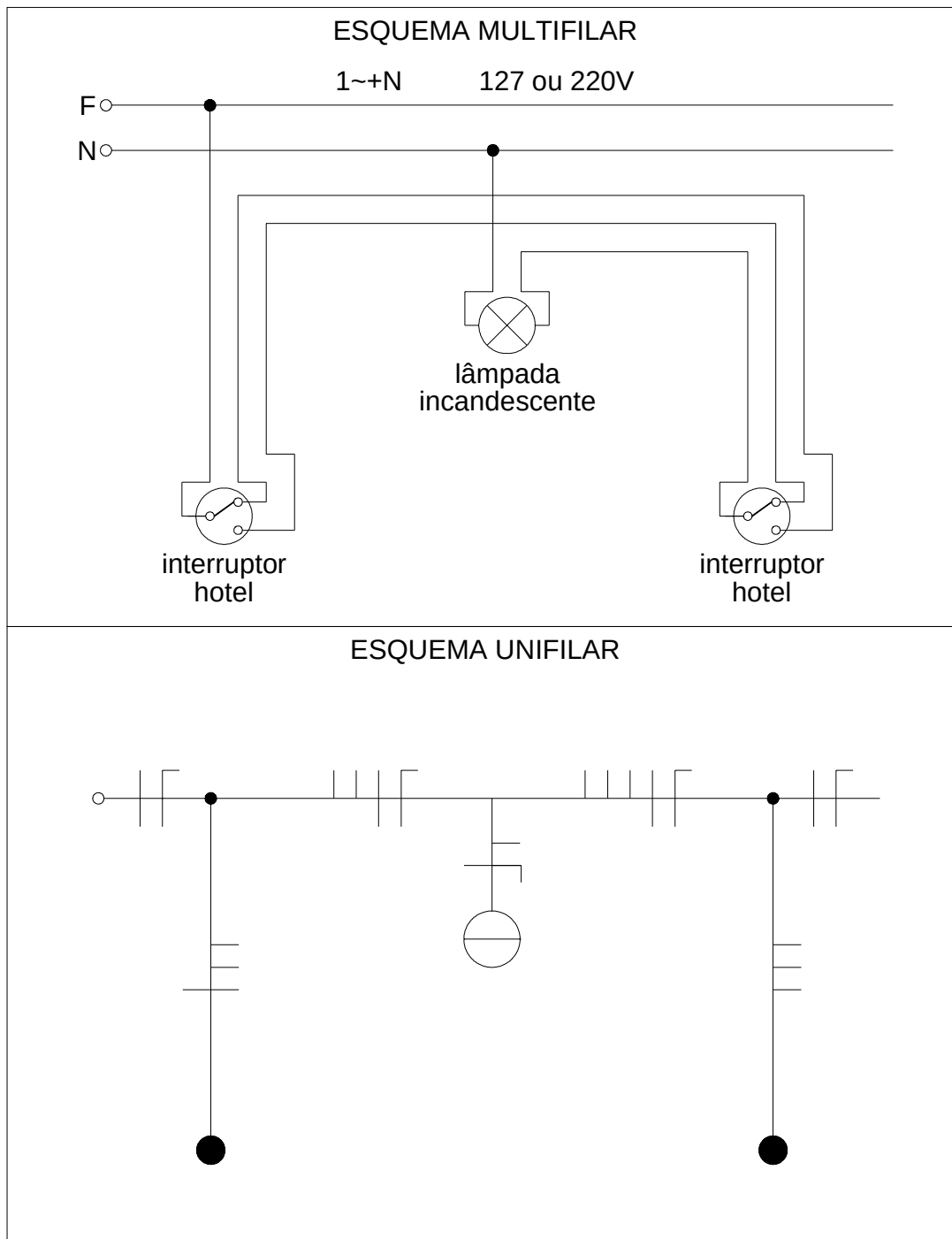
Exercício 5

Comando de uma cigarra através de um interruptor de pressão



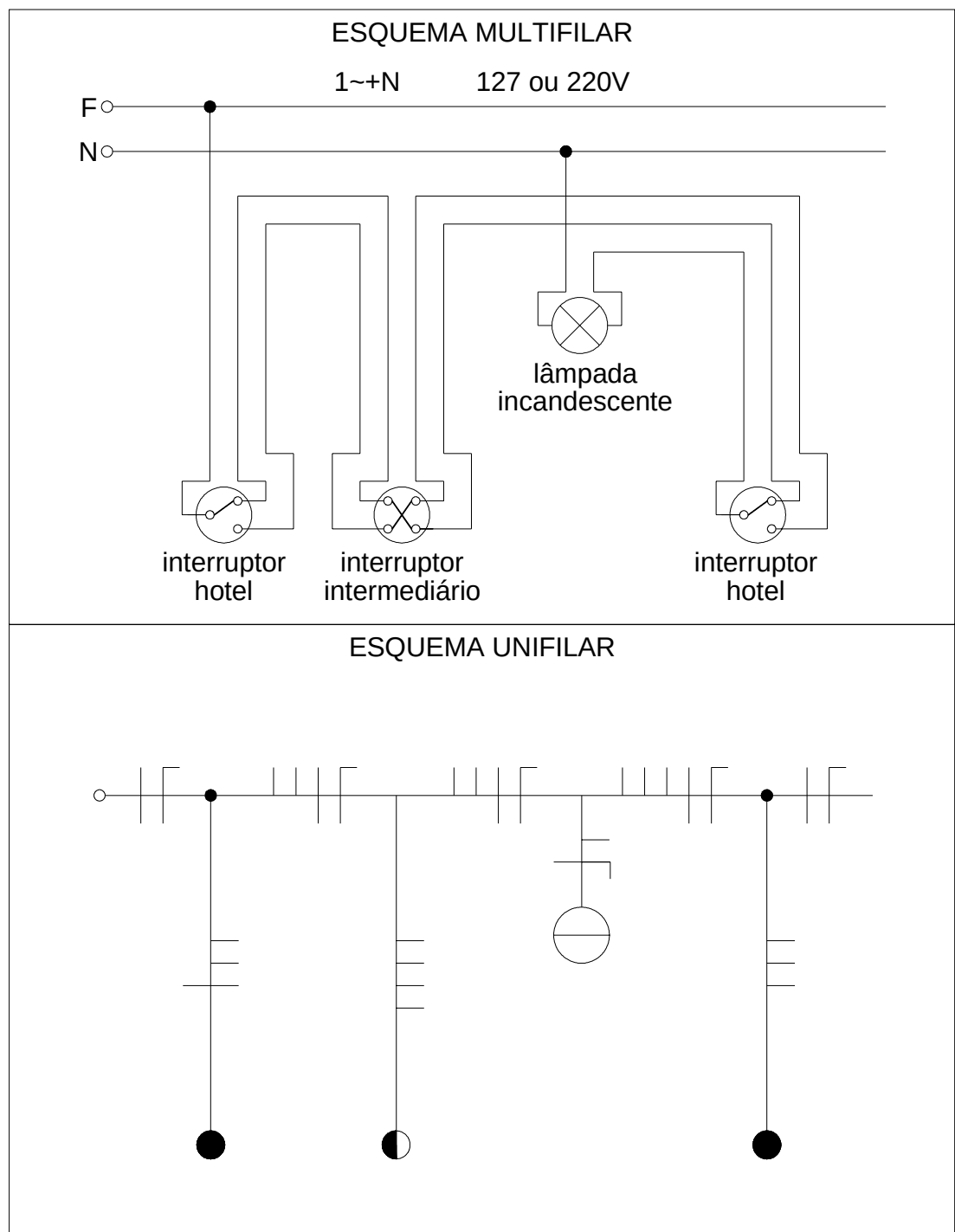
Exercício 6

Comando de uma lâmpada incandescente através de dois interruptores hotel.



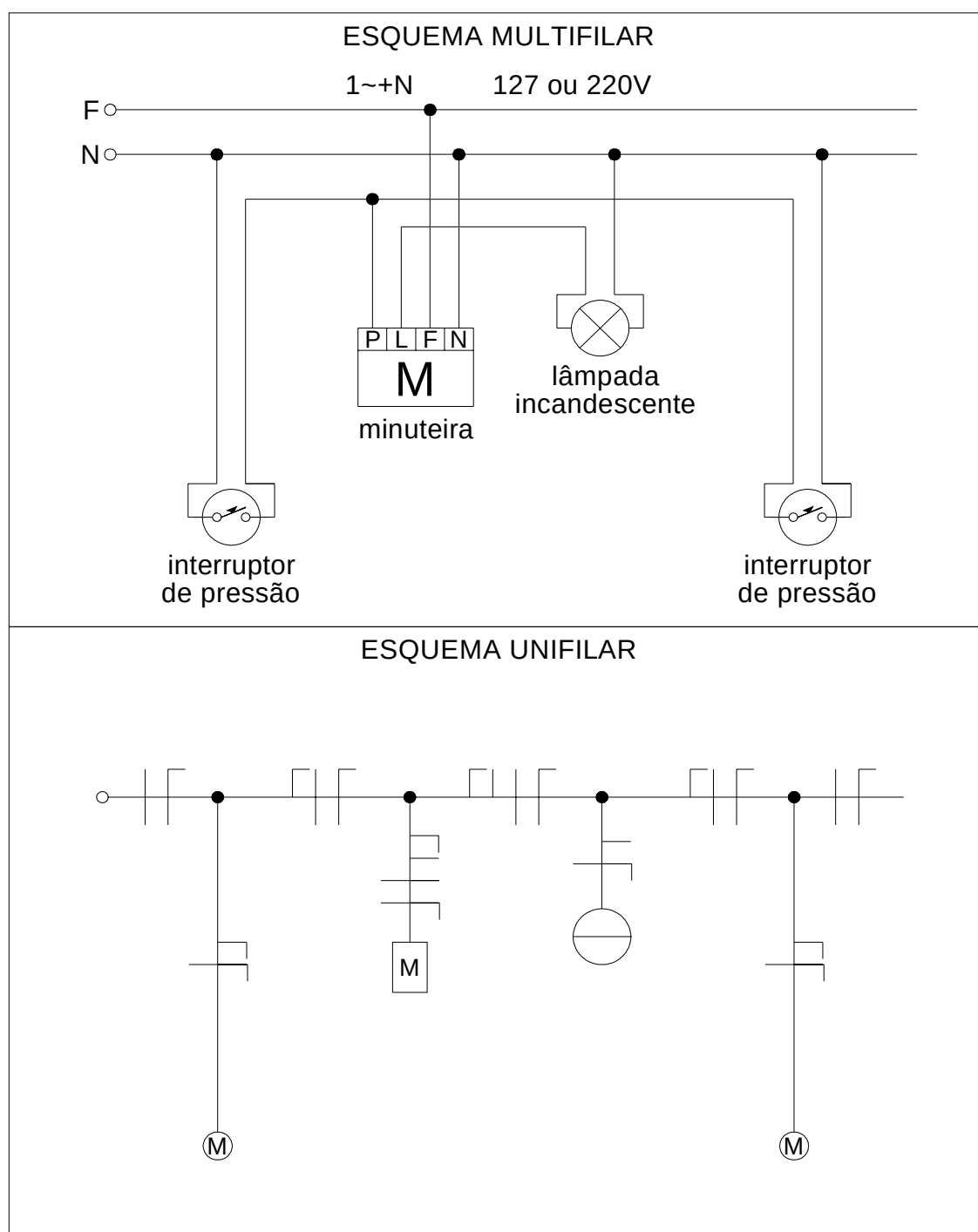
Exercício 7

Comando de uma lâmpada incandescente através de dois interruptores hotel e um intermediário



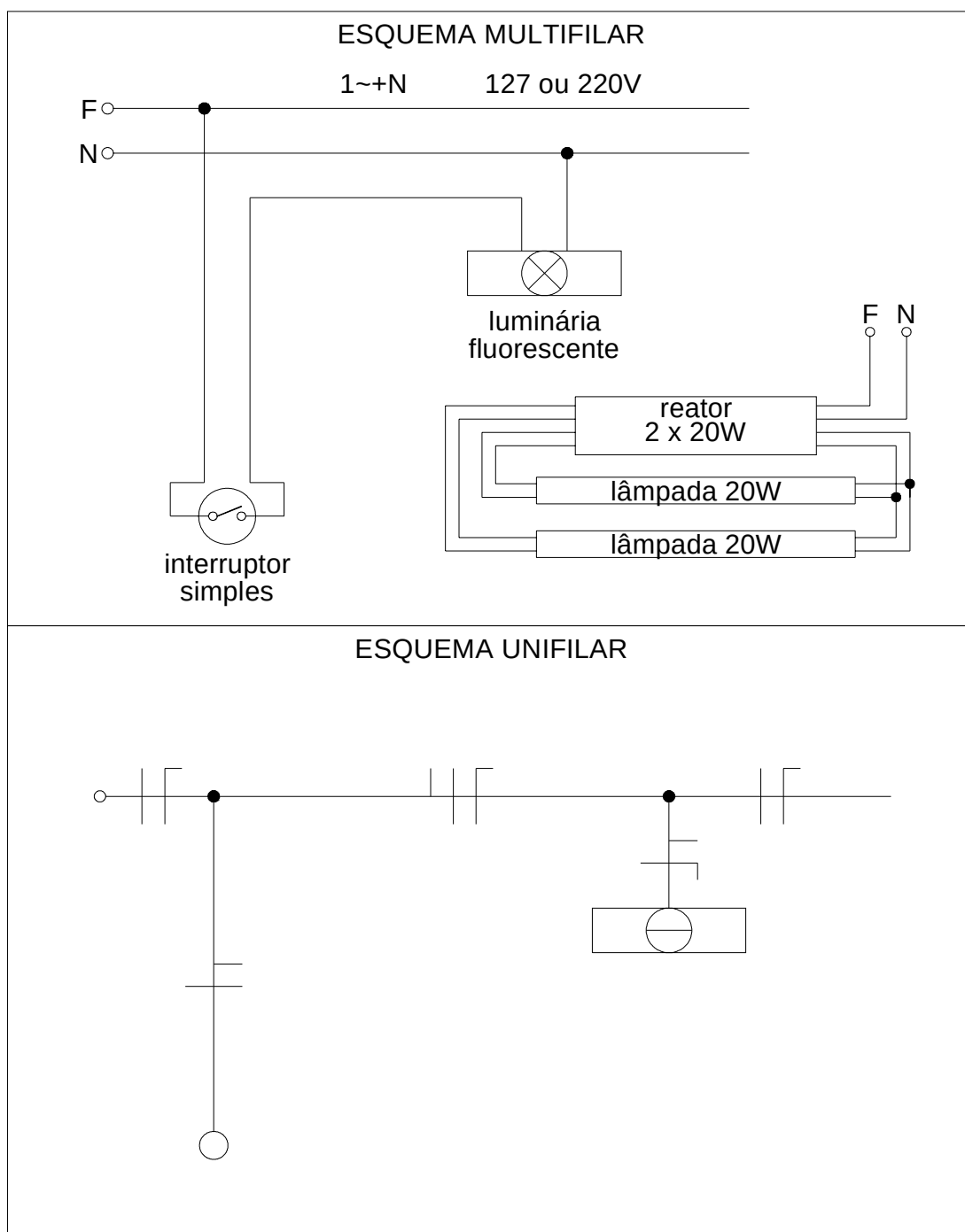
Exercício 8

Comando de uma lâmpada incandescente através de dois interruptores de pressão e uma minuteira



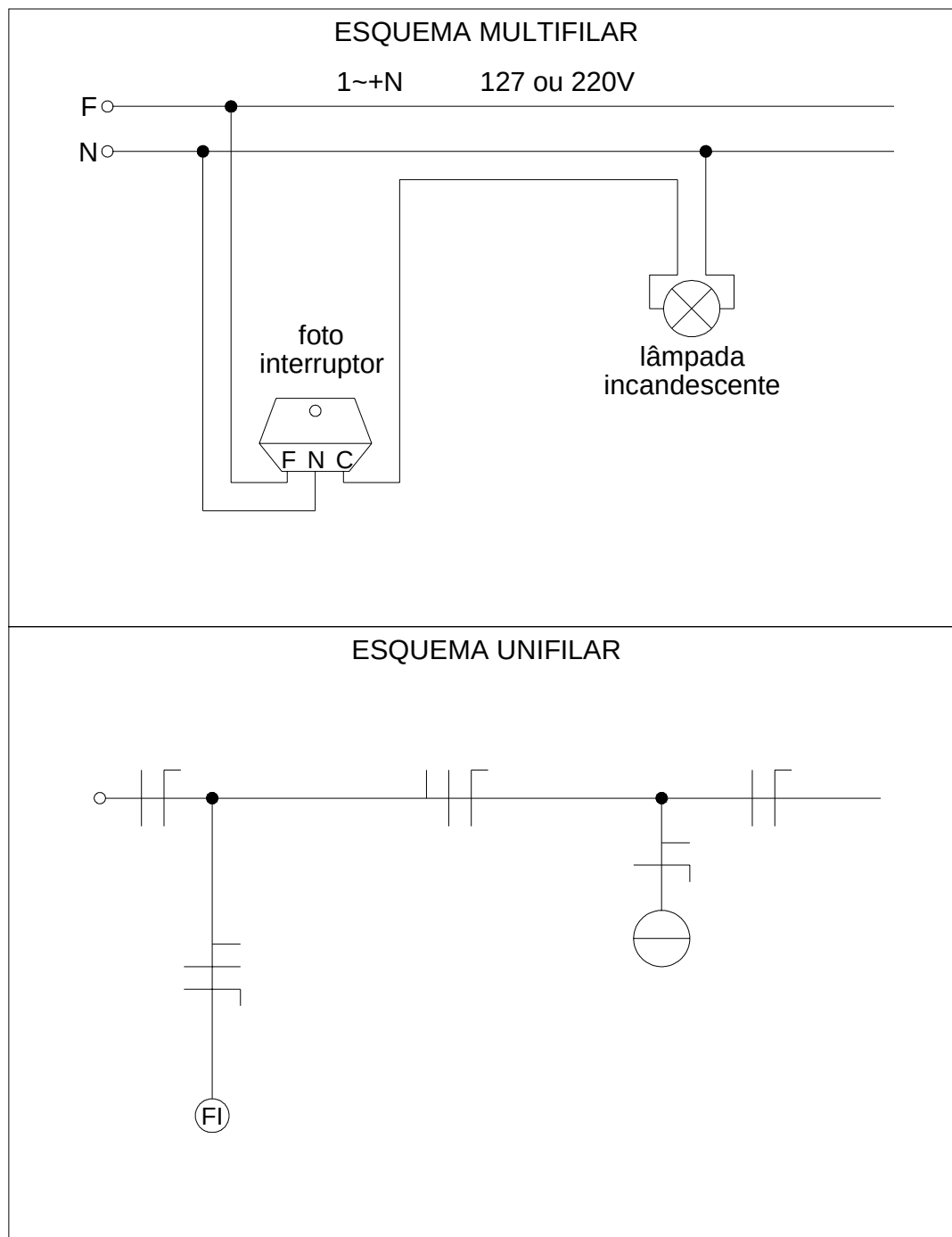
Exercício 9

Comando de uma lâmpada fluorescente 2x20 watts por um interruptor simples



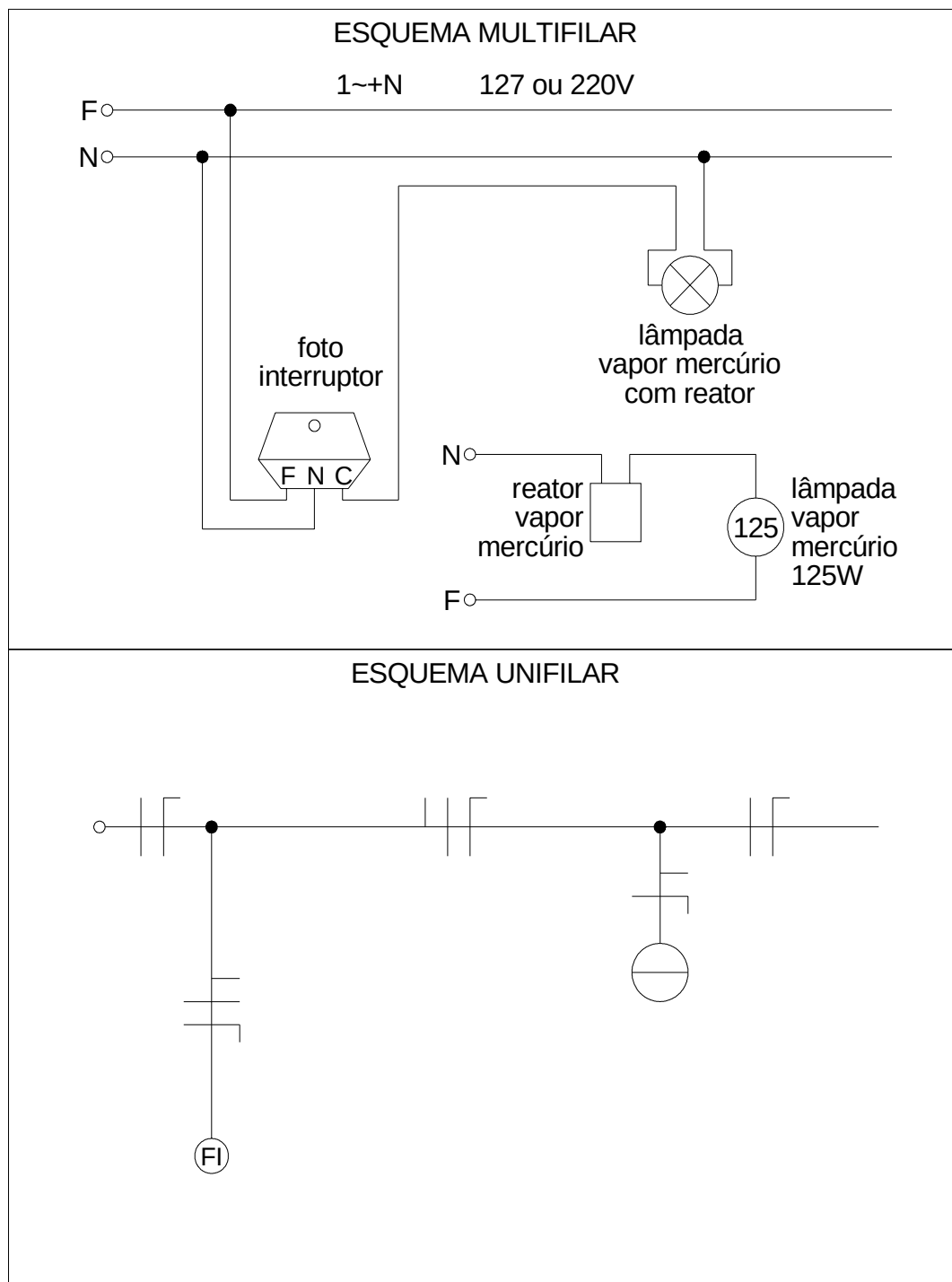
Exercício 10

Comando de uma lâmpada incandescente através de fotointerruptor (fotocélula)



Exercício 11

Comando de uma lâmpada vapor mercúrio com reator através de fotointerruptor (fotocélula)



8. DADOS PARA PROJETO DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

Para a execução de um projeto de instalações elétricas, são necessários os seguintes requisitos: planta baixa, fins a que se destina a instalação, potência instalada e características da rede elétrica (localização, tensão, frequência).

8.1 CIRCUITO

Circuito é o conjunto de consumidores no mesmo par de condutores, ligado ao mesmo dispositivo de comando e proteção (chave ou disjuntor).

8.1.1 Divisões em circuitos

Toda a instalação deve ser dividida em vários circuitos, de modo a:

- Limitar as consequências de uma falta, que provocará apenas o seccionamento do circuito defeituoso;
- Facilitar as verificações, ensaios e manutenção;
- Evitar os perigos que podem resultar da falha de um único circuito, como por exemplo, no caso da iluminação.

Os circuitos de iluminação devem ser separados dos circuitos das tomadas. Em unidades residenciais, hotéis, motéis ou similares, permitem-se pontos de iluminação e tomadas em um mesmo circuito, exceto nas cozinhas, copas e áreas de serviço, que devem constituir um ou mais circuitos independentes.

Devem ser observadas as seguintes restrições em unidades residenciais, hotéis, motéis ou similares:

- Devem ser previstos circuitos independentes para os aparelhos de potência igual ou superior a 1500 VA (como aquecedores de água, fogões e fornos elétricos, máquinas de lavar, aparelhos de aquecimento, etc.) ou para aparelho do mesmo tipo através de um só circuito.

- As proteções dos circuitos de aquecimento, ou condicionadores de ar de uma residência, podem ser agrupadas no quadro de distribuição da instalação elétrica ou num quadro separado.
- Quando um mesmo alimentador abastece vários aparelhos individuais de ar condicionado, deve haver uma proteção para o alimentador geral e junto a cada aparelho, caso este não possua proteção interna própria.

Cada circuito deve ter seu próprio condutor neutro. Os circuitos de distribuição devem ser instalados em número nunca inferior a:

- em residências, 1 circuito para cada 60 metros quadrados ou fração;
- em lojas e escritórios: 1 circuito para cada 50 metros quadrados ou fração.

De acordo com NB-3, a carga de cada circuito não pode ultrapassar 1200 watts nas distribuições de 100 a 130 volts e 2200 watts nas de 200 a 250 volts.

8.1.2 Tomadas de corrente

De acordo com NBR-5410, nas residências e acomodações de hotéis, motéis e similares devem ser previstas tomadas de corrente com a seguinte exigência mínima:

- uma tomada para cada cômodo ou dependência de área igual ou inferior a 6m²;
- uma tomada para cada 5m (ou fração) de perímetro de cômodos ou dependências de área superior a 6m², espaçadas tão uniformemente quanto possível, exceto em banheiros, onde deve ser obrigatoriamente prevista apenas uma tomada perto da pia.
- Uma tomada a cada 3,5m (ou fração) de perímetro em cozinhas, copas ou copas-cozinha, sendo que deve ser prevista pelo menos uma tomada acima de cada bancada com largura igual ou superior a 30 cm;
- Uma tomada em subsolos, sótãos, garagens e varandas.

As tomadas para utilização específica devem ser instaladas, no máximo, a 1,5 m do local previsto para o aparelho. Devem ser distribuídas, no mínimo, as seguintes cargas para tomadas de corrente:

- para utilização específica: a carga nominal de utilização;
- para copas, cozinhas, copas-cozinha e áreas de serviço: 600 VA por tomada, até 3 tomadas e 100 VA por tomada para as excedentes;
- para utilização geral: 100 VA

Tabela 3 - Secção de condutores / máxima corrente

Secção (mm²)	Máxima Corrente (A)
1,5	15,5
2,5	21
4	28
6	36
10	50
16	68
25	89
35	111
50	134

Tabela 4 – corrente / disjuntor / condutor

Corrente	Disjuntores	Secção mínima do condutor
(A)	(A)	(mm²)
0 a 8	10	1,5
8 a 12	15	1,5
12 a 16	20	2,5
16 a 20	25	4
20 a 24	30	6
24 a 28	35	6
28 a 32	40	10
32 a 40	50	10

Tabela 5 - Potência média de aparelhos eletrodomésticos

Aparelho	Potência (Watt)
Ar condicionado	1500
aspirador de pó	600
Batedeira	200
Boiler	1500
Cafeteira	500
Chuveiro	3500
Enceradeira	350
Exaustor	150
ferro de passar roupa – comum	500
ferro de passar roupa – regulável	750
forno de microondas	1200
Liquidificador	350
Máquina de lavar louça	2700
Máquina de lavar roupa	500
refrigerador – comum	200
duplex ou freezer	350
Secador de cabelos	1000
secadora de roupas	1000
Aparelho de som	100
Televisor	200
Torneira	3500
Ventilador	100

Nota: Na falta das potências nominais de placa dos aparelhos, estes devem ser os valores mínimos a serem considerados.

8.2 NBR – 541 – INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DE BAIXA TENSÃO

Anotações referentes aos tópicos mais significativos:

8.2.1 Iluminação

Em residências, hotéis, motéis e similares, deve ser previsto pelo menos um ponto de iluminação no teto, com potência mínima de 100 VA, comandado por interruptor de parede.

Nas unidades residenciais, como alternativa para a determinação das cargas de iluminação, pode ser adotado o seguinte critério:

- Em cômodos ou dependências com área maior que 6m^2 , deve ser prevista carga mínima de 100 VA;
- Em cômodos ou dependências com área maior que 6m^2 , deve ser prevista carga mínima de 100 VA para os primeiros 6m^2 , acrescidas de 60 VA para cada aumento de 4m^2 inteiros de área;

Obs: estas potências são para efeito de dimensionamento dos circuitos e não necessariamente a potência nominal das lâmpadas.

8.2.2 Tomadas

Em residências, hotéis, motéis e similares, deve ser previsto:

- Banheiros: pelo menos uma tomada junto ao lavatório (no volume 3);
- Cozinhas, copas-cozinhas, copas, área de serviço e locais análogos: pelo menos uma tomada para cada 3,5m ou fração de perímetro, sendo que, acima de bancadas com largura igual ou superior a 0,30m, deve ser prevista pelo menos uma tomada.
- Nos subsolos, garagens, sótão, halls de escadas e em varandas, deve ser prevista pelo menos uma tomada. No caso de varandas, quando não for possível a instalação da tomada no próprio local, esta deverá ser instalada próximo ao seu acesso.
- Nos demais cômodos e dependências, se a área for igual ou menor que 6m^2 , pelo menos uma tomada; se a área for superior a 6m^2 , pelo menos uma tomada para cada 5m ou fração de perímetro, espaçadas o mais uniforme possível.

8.2.3 Potências a serem atribuídas

8.2.3.1 As tomadas de uso geral (TUG) – em residências deve ser previsto:

- Banheiros, cozinhas, copas-cozinhas, copas, área de serviço, lavanderias e locais análogos, no mínimo 600 VA por tomadas e até 3 tomadas; 100 VA por tomada para as excedentes, considerando cada um dos ambientes separadamente.
- Nos demais cômodos ou dependências, no mínimo 100 VA por tomada.

8.2.3.2 As tomadas de uso específico (Especial – TUE)

- Deve ser atribuída a potência nominal do equipamento a ser alimentado.
- As TUE devem ser instaladas à no máximo 1,5 m do local previsto para o equipamento.

8.2.4 Seção mínima dos condutores

Instalações fixas com cabos isolados:

Circuitos de iluminação: fio de cobre # 1,5 mm²; fio de alumínio # 16mm²

Circuitos de força: fio de cobre # 2,5 mm²; fio de alumínio # 16mm²

Circuitos de sinalização e controle: fio de cobre # 0,5mm²

8.2.5 Limites de queda de tensão

Em instalações alimentadas diretamente por um ramal de baixa tensão (BT) a partir de uma rede de distribuição pública de BT:

Iluminação = 4%

Outros usos = 4%

Em instalações alimentadas diretamente por uma Subestação transformadora:

Iluminação = 7%

Outros usos = 7%

Em instalações que possuam fonte própria (geradores)

Iluminação = 7%

Outros usos = 7%

8.2.6 Documentação da instalação

A instalação deverá ser executada a partir de projeto específico, que deverá conter, no mínimo:

- plantas
- esquemas (unifilares e outros que se façam necessários)

- detalhes de montagem, quando necessário
- memorial descritivo
- especificação dos componentes: descrição sucinta do componente, características nominais e norma(s) a que devam atender.

*Para locais utilizados por pessoas comuns (inadvertidas), onde não haja a presença permanente de pessoal suficientemente informado ou supervisionado por pessoas qualificadas, de modo a lhes permitir evitar os perigos que a eletricidade pode apresentar (pessoal de manutenção e/ou operação, bem como engenheiros ou técnico) deverá ser elaborado um manual do usuário, que contenha no mínimo, em linguagem acessível os seguintes elementos:

- Esquemas dos quadros de distribuição com indicação e finalidade dos circuitos terminais e dos pontos alimentados;
- Potências máximas previstas nos eventuais circuitos terminais de reserva;
- Recomendações explícitas, ou seja, para que não sejam trocados por tipos com características diferentes os dispositivos de proteção existentes no(s) quadro(s).

Obs: são exemplos destes locais, as unidades residenciais, pequenos estabelecimentos comerciais, etc.

8.2.7 Capacidade de reserva

Em função da ocupação do local e da distribuição de circuitos efetuada, deve-se prever a possibilidade de ampliações futuras com a utilização de circuitos terminais futuros. Tal necessidade, deverá se refletir ainda, na taxa de ocupação dos condutos elétricos (eletrodutos) e quadros de distribuição (CD's).

- Até 06 circuitos = espaço para 02 circuitos (mínimo);
- De 07 a 12 circuitos = espaço para 03 circuitos (mínimo);
- De 13 a 30 circuitos = espaço para 04 circuitos (mínimo)
- Acima de 30 circuitos = espaço para 15% de circuitos (mínimo).

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

8.2.8 Proteção complementar por dispositivo de proteção a corrente diferencial – residual (Dispositivos DR)

Qualquer que seja o esquema de aterramento, deve ser objeto de proteção complementar contra contatos diretos por dispositivos, a corrente diferencial – residual (dispositivos DR) de alta sensibilidade, isto é, com corrente diferencial – residual igual ou inferior a 30mA:

- os circuitos que sirvam a pontos situados em locais que contenham banheira ou chuveiro (com resistência blindada).
- os circuitos que alimentam tomadas de corrente situadas em áreas externas à edificação;

- os circuitos de tomadas de corrente situados no interior da edificação que possam vir a alimentar equipamentos no exterior;
- circuitos de tomadas de corrente de cozinhas, copas –cozinhas, lavanderias, áreas de serviço, garagens e, no geral, de todo local interno, molhado em uso normal ou sujeito a lavagens.

NOTAS:

Excluem-se, na alínea (A), os circuitos que alimentam aparelhos de iluminação posicionados a uma altura igual ou superior a 2,5 m.

Podem ser excluídas da alínea (D), as tomadas de corrente claramente destinadas a refrigeradores e congeladores, e que não fiquem diretamente acessíveis.

A proteção dos circuitos pode ser realizada individualmente ou em grupos de circuitos.

8.2.9 Quadros de distribuição

Instalar em local de fácil acesso;

Grau de proteção adequado;

Identificação externa;

Identificação dos componentes.

8.3 DIMENSIONAMENTO DOS ELETRODUTOS

$$A_c = \frac{\bullet \times (\text{diâmetro externo do condutor})^2}{4} \times n^\circ \text{ de fios (dentro dos eletrodutos)}$$

$$A_c = \frac{3,1416 \times (\text{diâmetro Ext.})^2}{4} \times n^\circ \text{ fios}$$

$$A_c = 40\%$$

$$A_u = 100\%$$

Por regra de três simples, acha-se a área útil e entra-se com valor calculado na tabela abaixo, para achar o diâmetro do eletroduto.

Tabela 6 – Cálculo do Diâmetro do eletroduto

Tamanho nominal		Área útil
Mm	pol.	mm ²
20	½	203,6
25	¾	346,3
32	1	564,1
40	1 1/4	962,1
50	1 1/2	1244,1
60	2	1979,2
75	2 1/2	3327,0

Exemplo:

1. Calcular o diâmetro do eletroduto sabendo que dentro dele passam seis fios de 1,5mm².

$$Ac = \frac{3,1416 \times (2,8)^2 \times 6}{4} = 36,94$$

$$Ac - 40\% = 36,94$$

$$Au - 100\% = ?$$

$$Au = \frac{36,94 \times 100}{40} = 92,36$$

Da tabela acima, obtemos o diâmetro = **20mm** para o eletroduto.

2. Calcular o diâmetro do eletroduto sabendo que dentro dele, passam dois fios 1,5mm², seis fios 2,5mm² e três fios 4mm².

$$Ac_{1,5} = \frac{3,1416 \times (2,8)^2 \times 2}{4} = 12,3$$

$$Ac_{2,5} = \frac{3,1416 \times (3,4)^2 \times 6}{4} = 54,47$$

$$Ac_4 = \frac{3,1416 \times (3,9)^2 \times 3}{4} = 35,83$$

$$Ac_T = 12,3 + 54,47 + 35,83 = 102,6$$

$$Ac_T - 40\%$$

$$Au - 100\%$$

$$Au = \frac{102,6 \times 100}{40} = 256,51 \text{ mm}^2$$

Da tabela obtemos diâmetro = **25mm²** para o eletroduto.

3. Calcular o diâmetro do eletroduto sabendo que dentro dele passam doze fios 2,5mm² e seis fios 4mm².

$$Ac_{2,5} = \frac{3,1416 \times (3,4)^2 \times 20}{4} = 181,58$$

$$Ac_4 = \frac{3,1416 \times (3,9)^2 \times 6}{4} = 71,68$$

$$Ac_T = 181,58 + 71,68 = 253,26$$

Ac – 40%

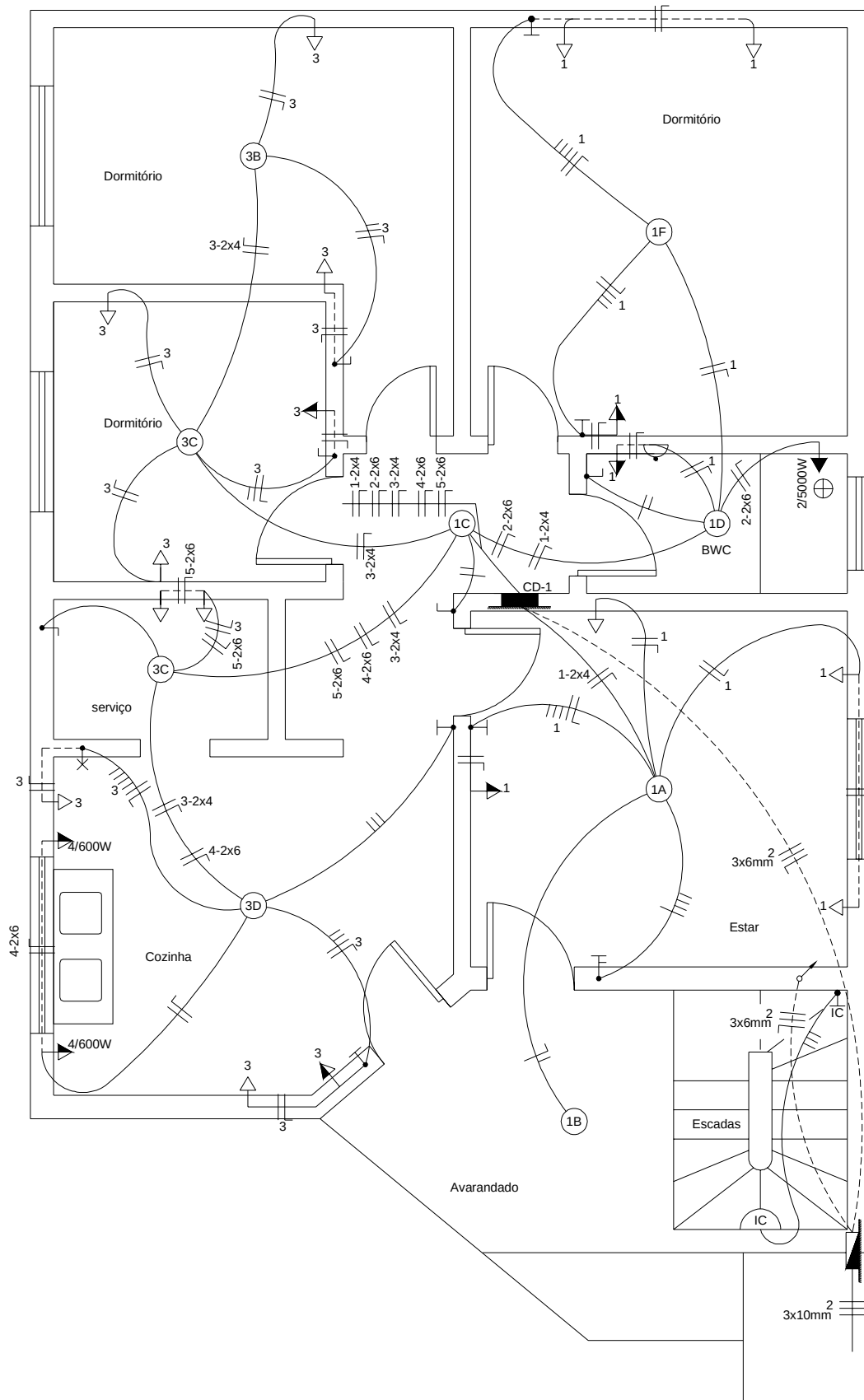
Au – 100%

$$Au = \frac{253,26 \times 100}{40} = 633,15 \text{ mm}^2$$

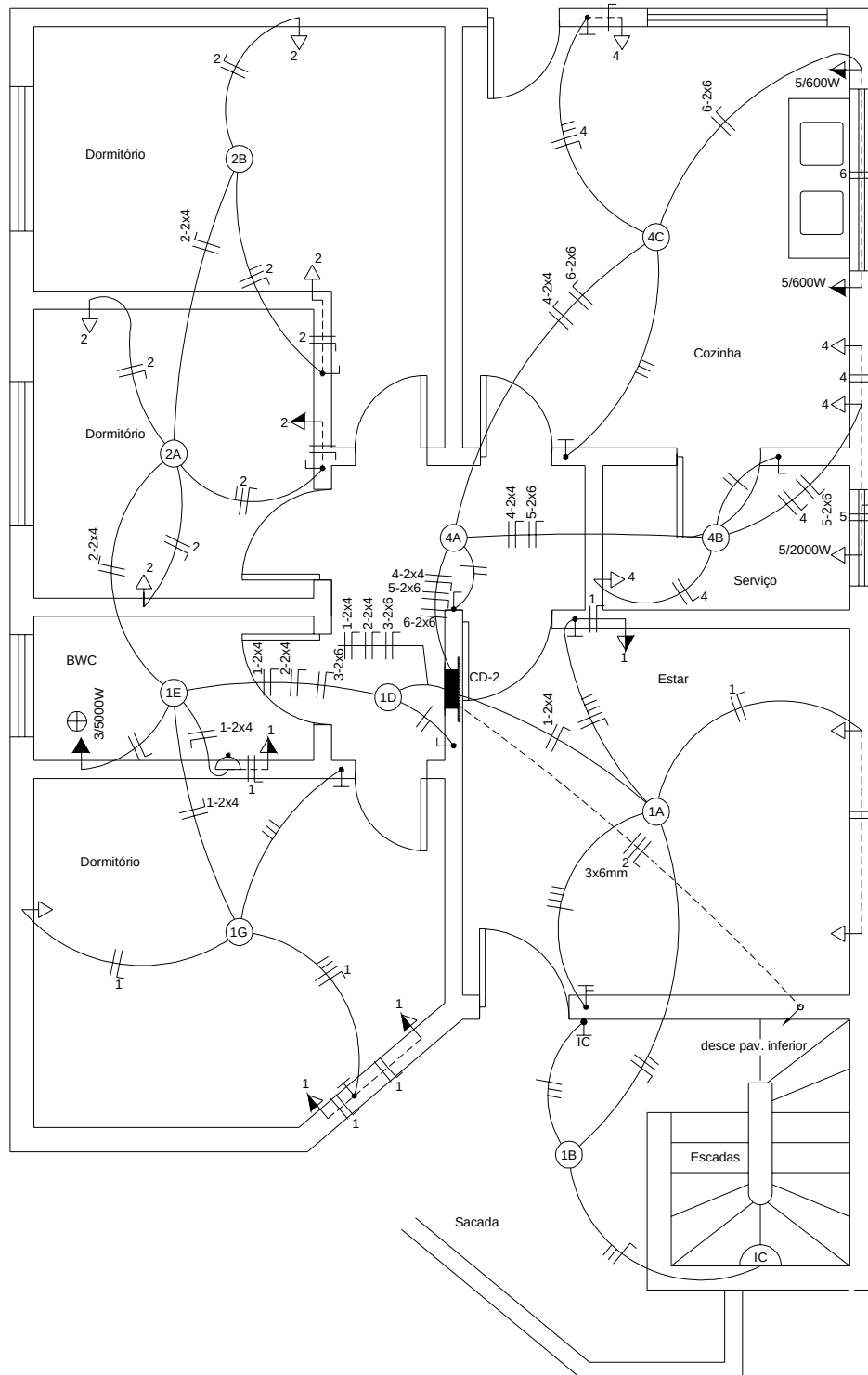
Da tabela, teríamos um eletroduto de diâmetro 40mm, o que para uma instalação residencial é muito elevado, devido às espessuras das paredes e lajes; neste caso, deveremos dividir a fiação em dois eletrodutos, ambos com diâmetro **25 mm**.

8.4 LEITURA E INTERPRETAÇÃO DE PLANTA ELÉTRICA

1º PAVIMENTO



2º PAVIMENTO



EXERCÍCIO

1. Escreva a quantidade de componentes elétricos que existem na planta .

- a. CD's
- b. Lâmpadas incandescentes
- c. Tomadas monofásicas baixas H – 30 cm
- d. Tomadas monofásicas a meia altura – H 110 cm
- e. Tomadas monofásicas altas – H 210 cm
- f. Interruptor hotel ou paralelo
- g. Interruptor intermediário ou chave cruz
- h. Tomada monofásica de 600W
- i. Tomada monofásica de 100W
- j. Disjuntores termomagnéticos 10 A
- k. Disjuntores termomagnéticos 15 A
- l. Disjuntores termomagnéticos 25 A

2. Quantos circuitos há

- a. No CD- 1
- b. No CD- 2

3. Qual é a espessura dos condutores em mm², na saída do CD – 1?

- a. Circuito 1
- b. Circuito 3
- c. Circuito 4
- d. Circuito 2
- e. Circuito 5

4. Qual é a espessura dos condutores em mm², na saída do CD – 2?

- a. Circuito 5
- b. Circuito 4
- c. Circuito 6
- d. Circuito 1
- e. Circuito 3
- f. Circuito 2

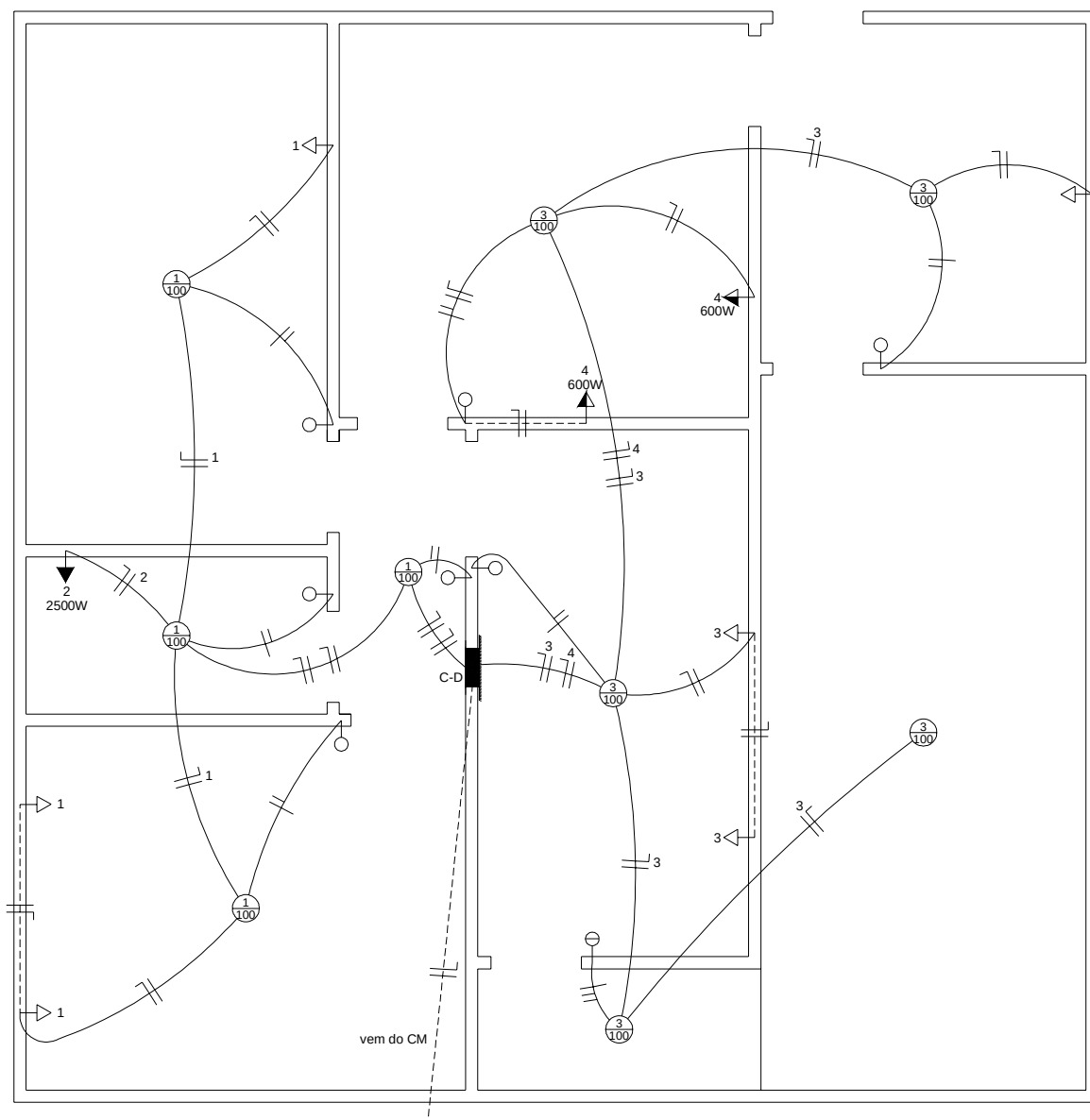
8.5 PROJETO ELÉTRICO

Quadro de Cargas

Circuitos	Lâmpadas	Tomadas			Total Watts	Disjuntores Ampères	Condutores mm ²
	100 W	100W	600W	4400W			
1	4	3	-		700	10A	15
2	-	-	-	1	4400	25A	40
3	5	3	-		800	10A	15
4	-	-	2		1200	15A	25

Nota: eletroduto não cotado 1 /2"

CONVENÇÕES:	
	lâmpadas
	aplique
	tomada baixa - 0,30 cm
	tomada média - 1,20 m
	tomada alta - 2,20 m
	interruptor simples
	interruptor duplo
	interruptor triplo



9. INSTALAÇÃO DE UNIDADE CONSUMIDORA

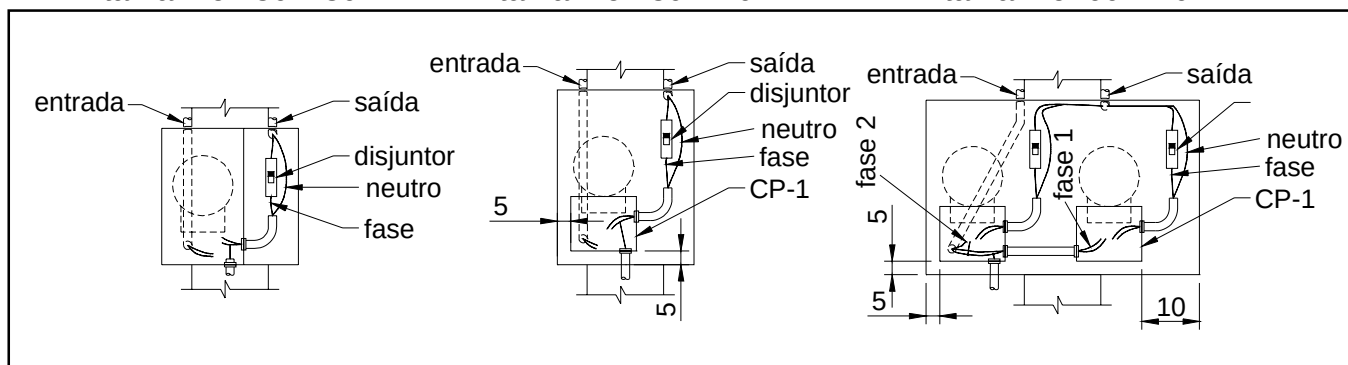
Para que possam utilizar a energia elétrica, os consumidores residenciais e industriais devem instalar um ponto de recebimento, que será equipado pela concessionária local com um medidor de consumo de energia elétrica.

9.1 MONTAGEM DAS CAIXAS PARA MEDIDORES MONOFÁSICOS

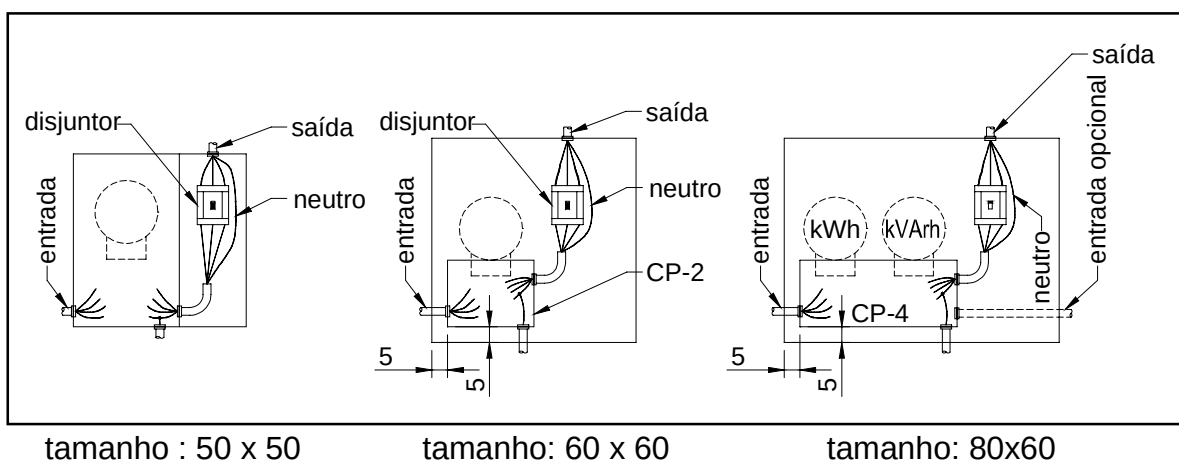
tamanho: 30 x 30

tamanho : 30 x 40

tamanho: 60 x 40



9.2 MONTAGEM DAS CAIXAS PARA MEDIDORES POLIFÁSICOS



9.3 PADRÃO DE ENTRADA COM MEDIÇÃO INSTALADA EM POSTE PARTICULAR

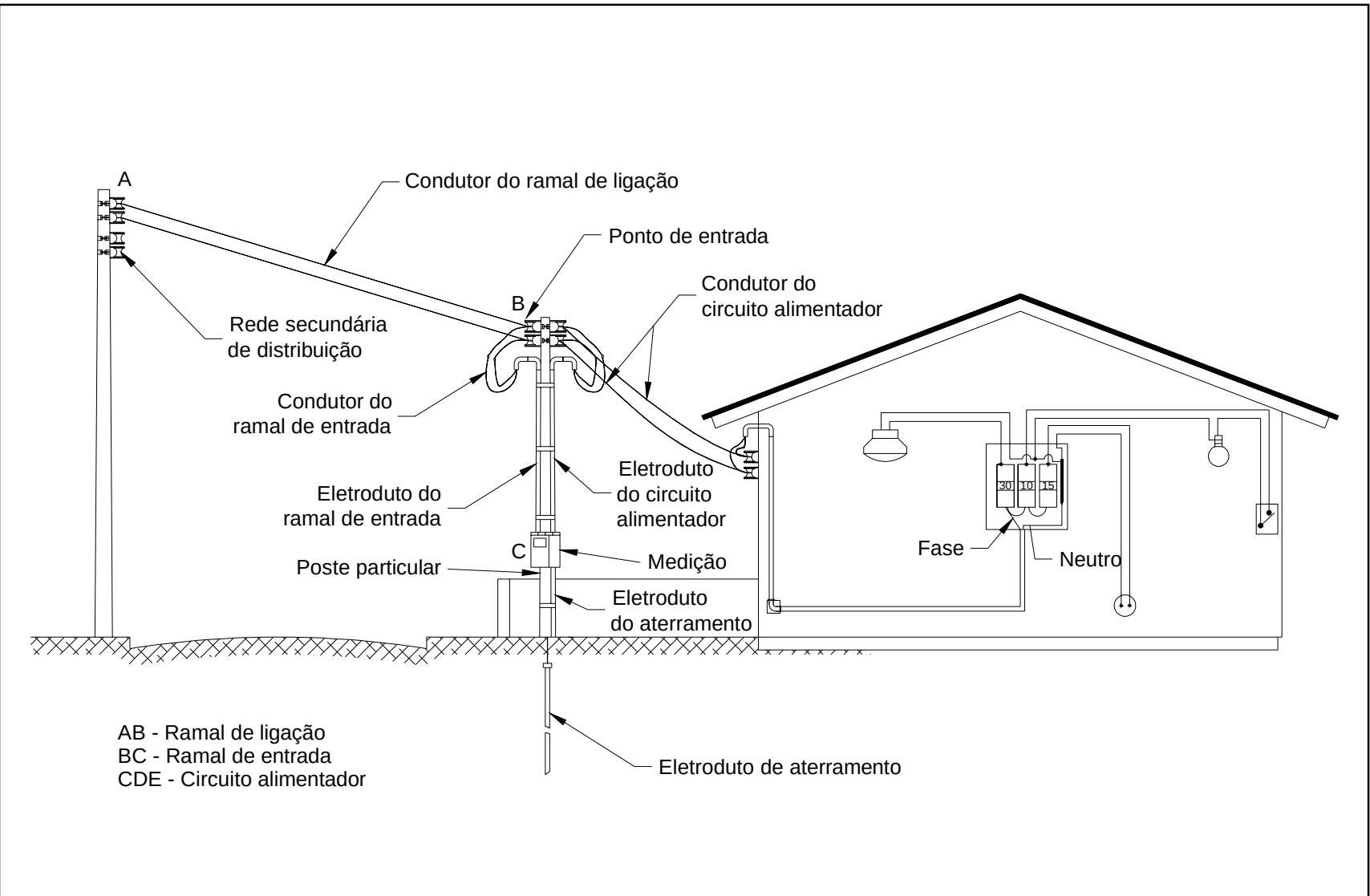


Figura 23

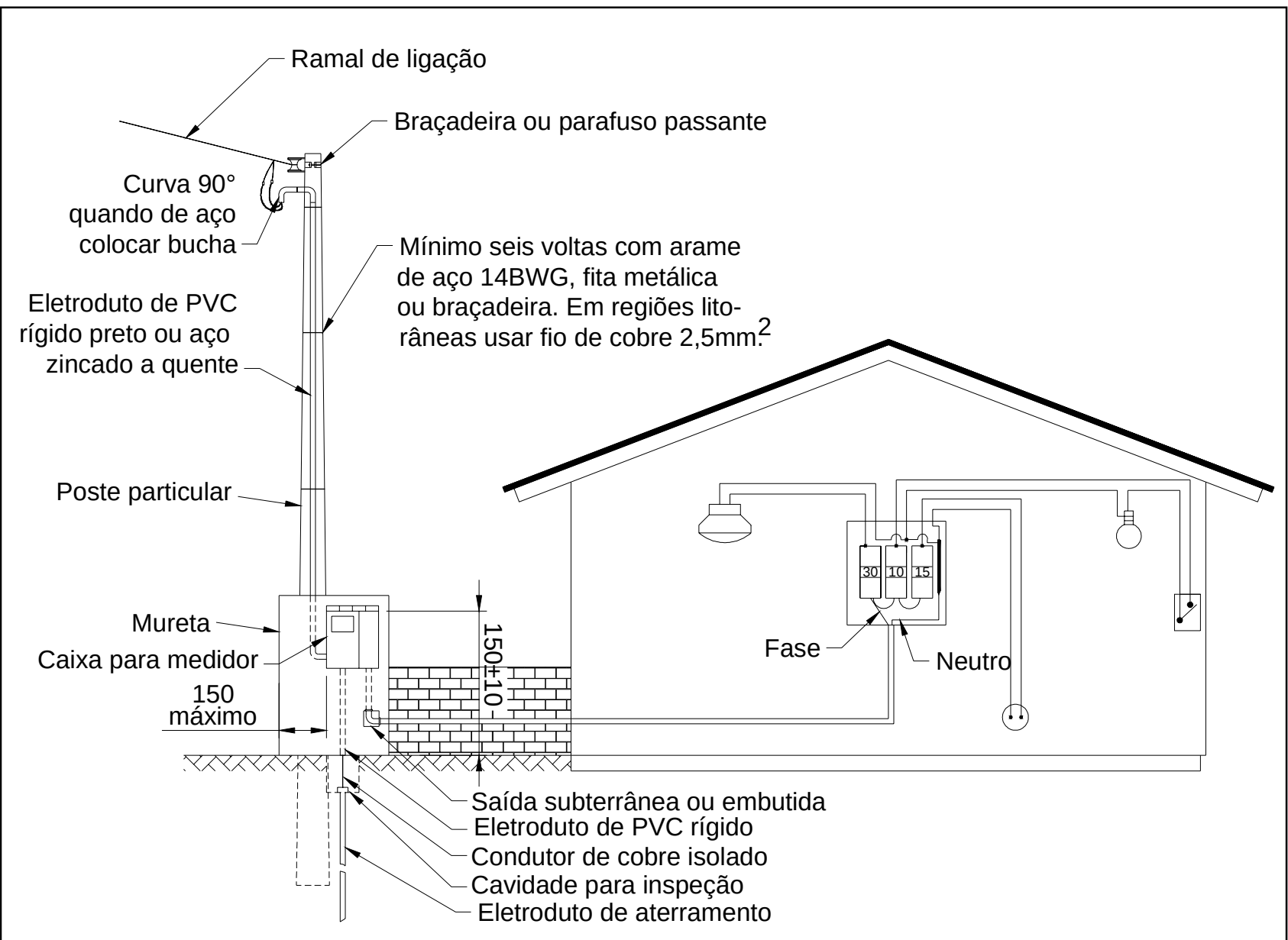


Figura 24

10. MOTORES

Os motores são utilizados quando se deseja obter movimento em máquinas. Úteis para inúmeras aplicações industriais, os motores possuem grandes vantagens como simplicidade de operação, construção robusta, fácil manutenção e custo reduzido.

10.1 MOTOR DE FASE AUXILIAR

Dentre os motores monofásicos, o de fase auxiliar é o mais empregado em bombas de recalque, furadeiras, máquinas agrícolas, máquinas de lavar, etc.



Figura 26

Fonte: WEG

Partes principais:

- Estator – é constituído por ranhuras, onde estão enroladas duas bobinas de campo.

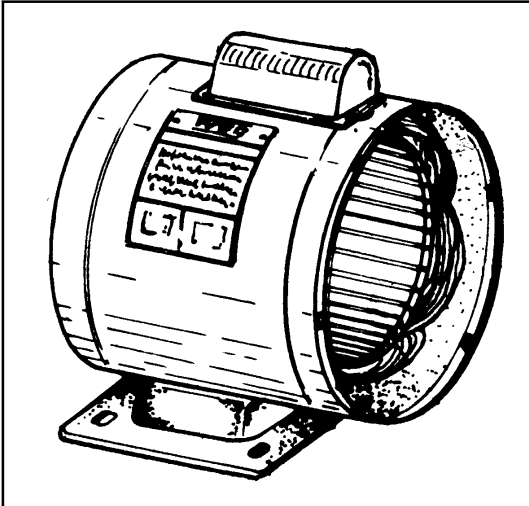


Figura 27

- Bobina de trabalho – esta bobina permanece ligada durante todo o funcionamento do motor. Também é chamada de bobina principal.
- Bobina de arranque – é a bobina ligada somente no momento da partida, sendo em seguida desligada.
- Interruptor centrífugo – este interruptor age pela força centrífuga; uma parte dele instalada no eixo e outra na carcaça. Serve para desligar a bobina de arranque quando ele atinge 80% da velocidade.
- Rotor - parte giratória do motor elétrico, constituído de barras de alumínio curto circuitadas

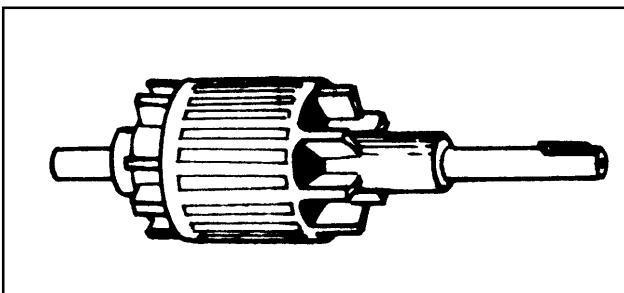


Figura 28

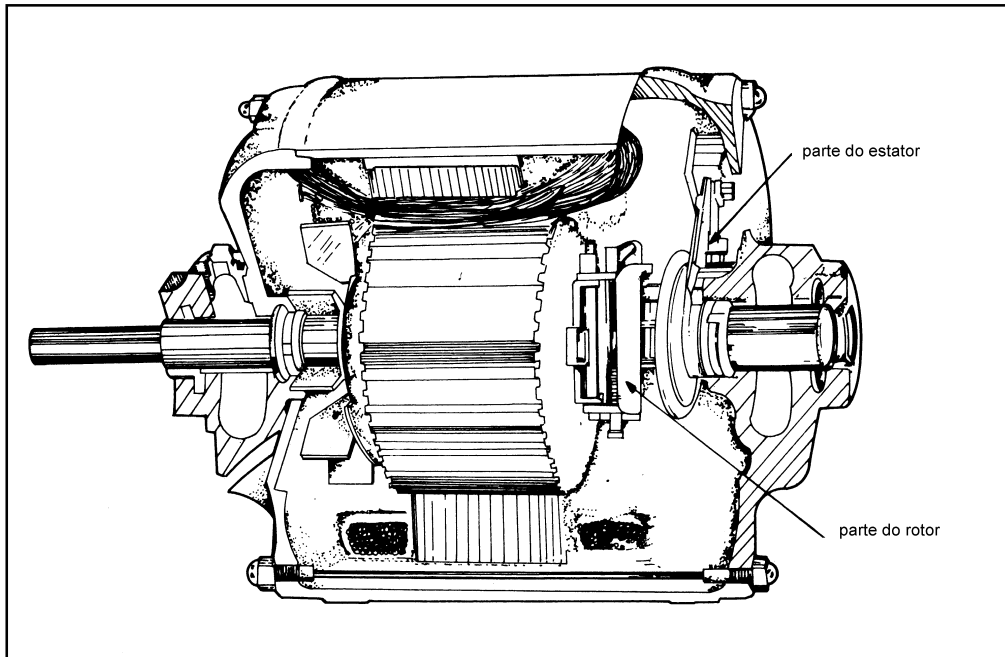
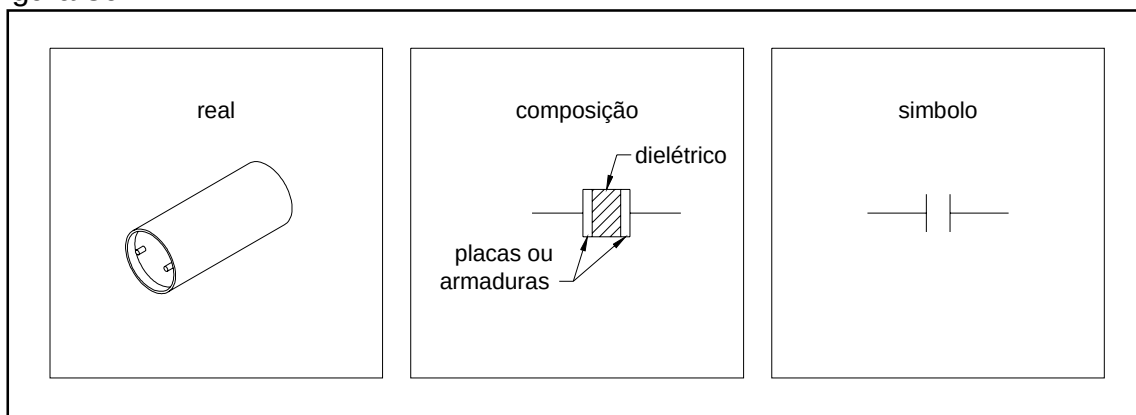


Figura 29

- Capacitador (ou condensador) – faz a defasagem entre o campo auxiliar e o campo principal, dando maior força de arranque.

Figura 30



Características principais:

- Potência: normalmente são fabricados para potências de 1/6 cv, 1/5 cv, 1/4 cv, 1/2 cv, 3/4 cv, 1cv, 1/5 cv, 2 cv, 2/5 cv, 3 cv e 5 cv.
- Tensão: são fabricados para 110V, 220V ou para as duas tensões, 110/220 V.
- Frequência: normalmente para 60Hz.
- Rotação: normalmente para 2 e 4 pólos.
- A rotação dos motores depende do número de pólos e da frequência da rede.

$$\text{rpm} = \frac{2 \times f \times 60}{P}$$

rpm= rotações por minuto
f= frequência da rede em Hz
P= número de pólos do motor

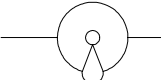
Velocidade síncrona rpm		
Nº de polos	50 Hz	60 Hz
2	3000	3600
4	1500	1800
6	1000	1200
8	750	900

A velocidade dos motores assíncronos é menor do que a velocidade síncrona em torno de 3% a 5%.

10.1.1 Ligações de motor monofásico de fase auxiliar para duas tensões

Ponta: 1 e 3 bobina principal 1
 2 e 2 bobina principal 2
 5 e 6 bobina de arranque

capacitor 

interruptor centrífugo 

Bobinas em paralelo

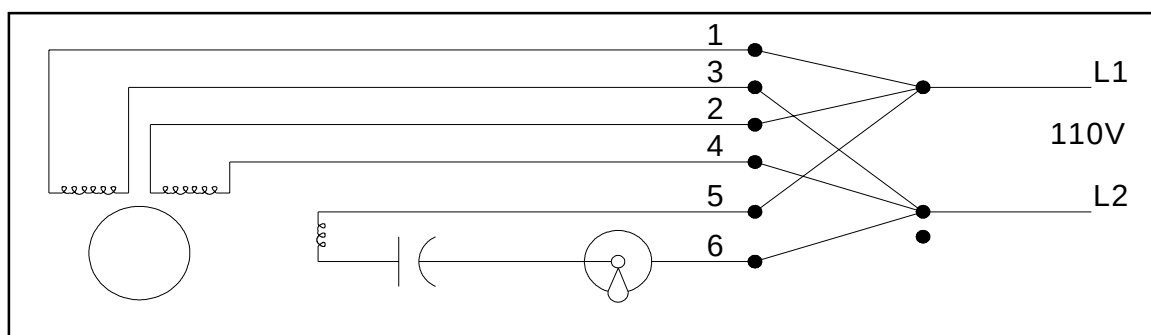


Figura 31

Bobinas em série

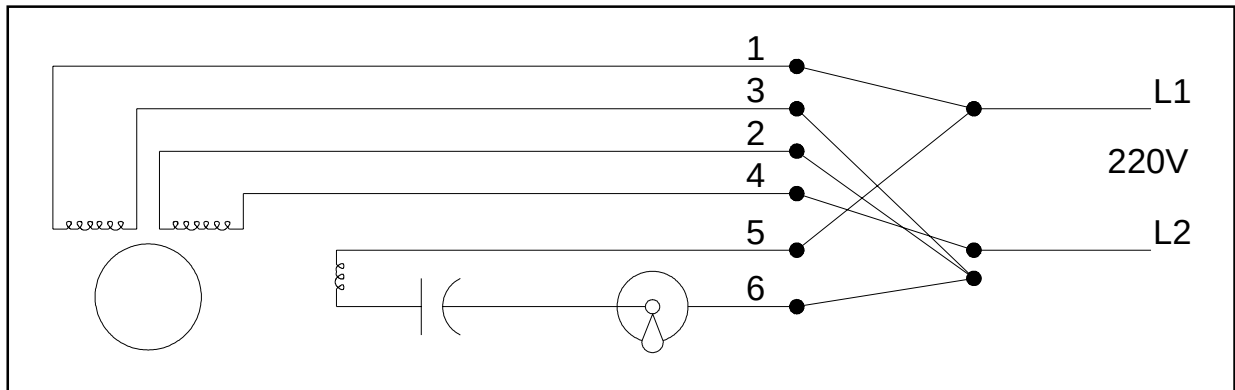


Figura 32

Para inverter a rotação de um motor monofásico troca-se o 5 pelo 6.

10.2 MOTORES TRIFÁSICOS DE CORRENTE ALTERNADA (CA)

10.2.1 Motor assíncrono trifásico de rotor em curto (de gaiola)

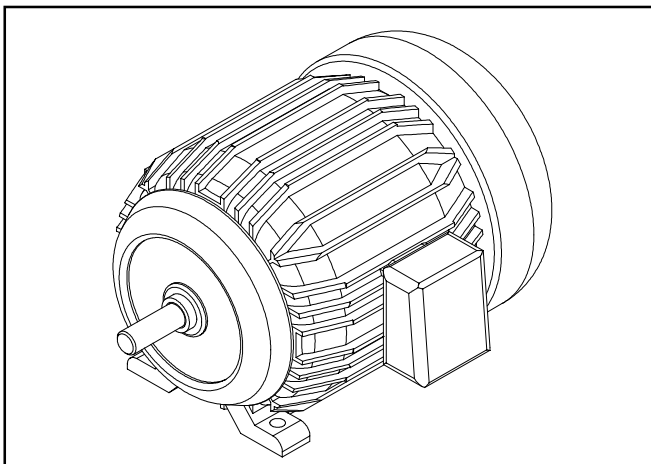


Figura 33

O primeiro tipo de motor é o mais empregado industrialmente, pois apresenta vantagens, tais como:

- mais simplicidade
- menor custo
- manutenção mais barata
- menor volume por unidade de potência

Funcionamento – os três tipos de motor trifásico possuem um estator, onde estão localizados três enrolamentos (bobinas), uma para cada fase, colocadas em ranhuras.

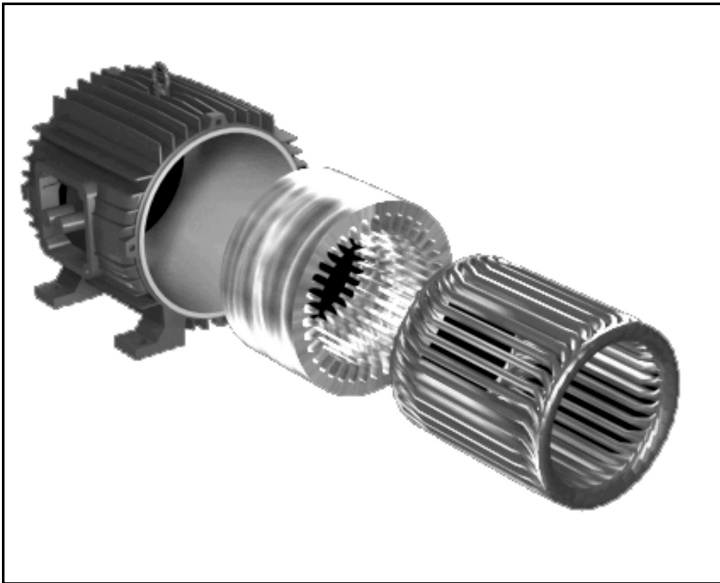


Figura 34

Estes enrolamentos estão ligados de maneira a formar pólos magnéticos. O campo magnético no estator é um “campo girante” em consequência de ser trifásica a rede de alimentação.

O rotor não possui fios, é curto- circuitado por barras. Não recebe ligação elétrica alguma.

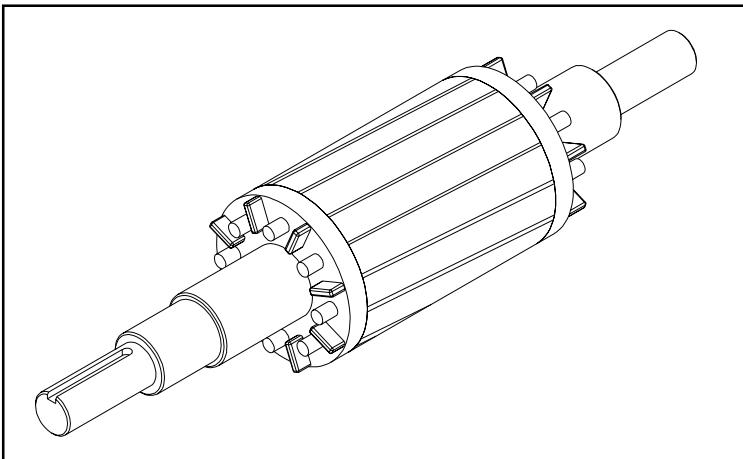


Figura 35

Potência nominal – a potência dos motores é dada em:
 cv – que equivale a 736 W
 HP – que equivale a 746 W
 kW – que equivale a 1000 W

Exemplo: 10 cv = 10 cv x 736 W = 7360 W

Corrente nominal – indica a corrente que o motor consome a plena carga.

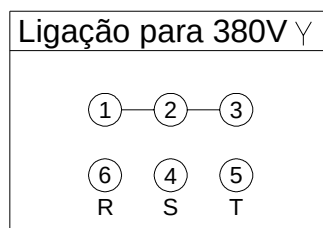
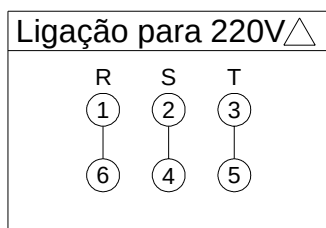
Rotação nominal – é dada em rpm e indica quantas rotações o motor gira em 1 minuto. A rotação dos motores depende da frequência de alimentação e do número de pólos.

$$\text{rpm} = \frac{2 \times f \times 60}{P}$$

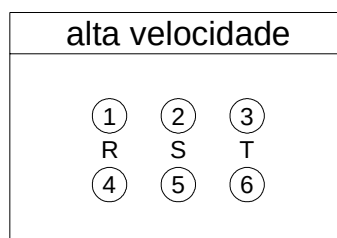
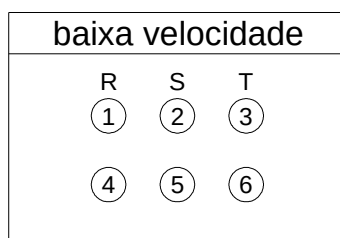
rpm = rotação por minuto
 f = frequência da rede

Número de pólos	Velocidade síncrona em rpm	
	60 Hz	50 Hz
2	3600	3000
4	1800	1500
6	1200	1000
8	900	750

Ligação de motores trifásicos com seis terminais



Ligação de motores trifásicos com ligação Dahlander



Ligação de motores trifásicos com 12 terminais

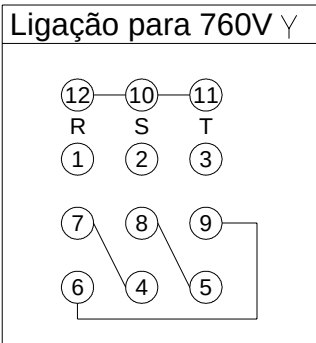
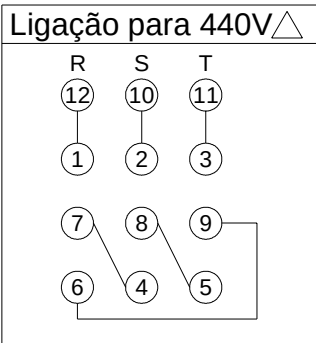
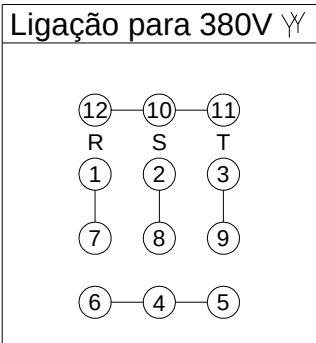
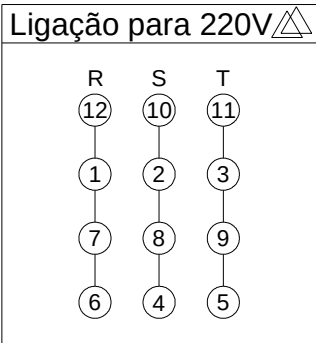


Tabela 7 - Corrente a plena carga para motores de indução CA – 60Hz

Potência do motor (cv)	Monofásico		Trifásico	
	110 V	220 V	110V	220V
1/6	2,6	1,3		
¼	4,0	2,0		
1/3	5,2	2,6	1,2	0,7
½	6,7	3,4	2	1,2
¾	9	4,5	2,8	1,6
1	10,5	5,3	3,5	2,2
1 ½	14,5	7,3	5	2,4
2	19	9,5	6,5	3,8
3	37	13,5	9	5,2
5	56	28	15	8,7
7	80	40	22	13
10	100	50	27	16
15			40	23
20			52	30
25			64	37
30			72	45
40			104	60
50			125	73
60			150	87
75			185	108
100			246	143
125			310	180
150			360	209
200			480	278

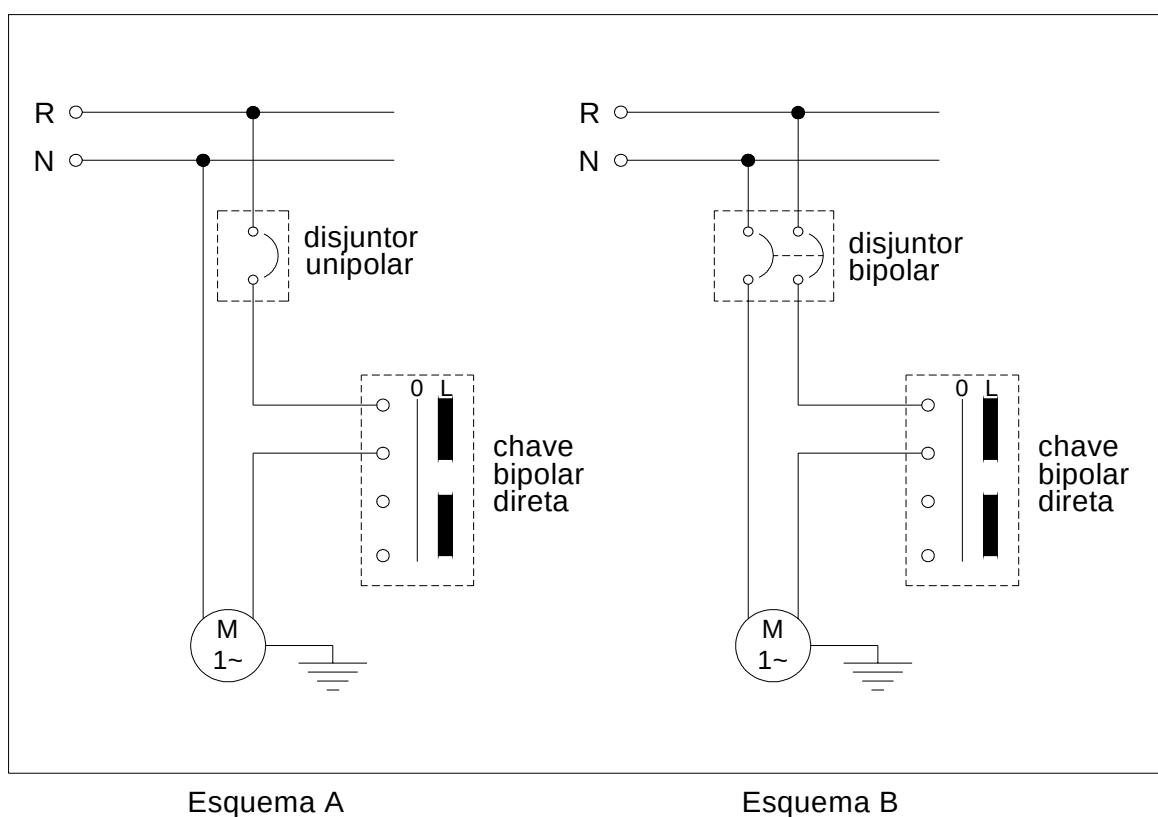
11. COMANDO DE MOTORES MONOFÁSICOS E TRIFÁSICOS

Para que possam realizar sua função, os motores devem ser ligados à rede elétrica através de dispositivos de comando que fazem o controle de ligar ou desligar a máquina.

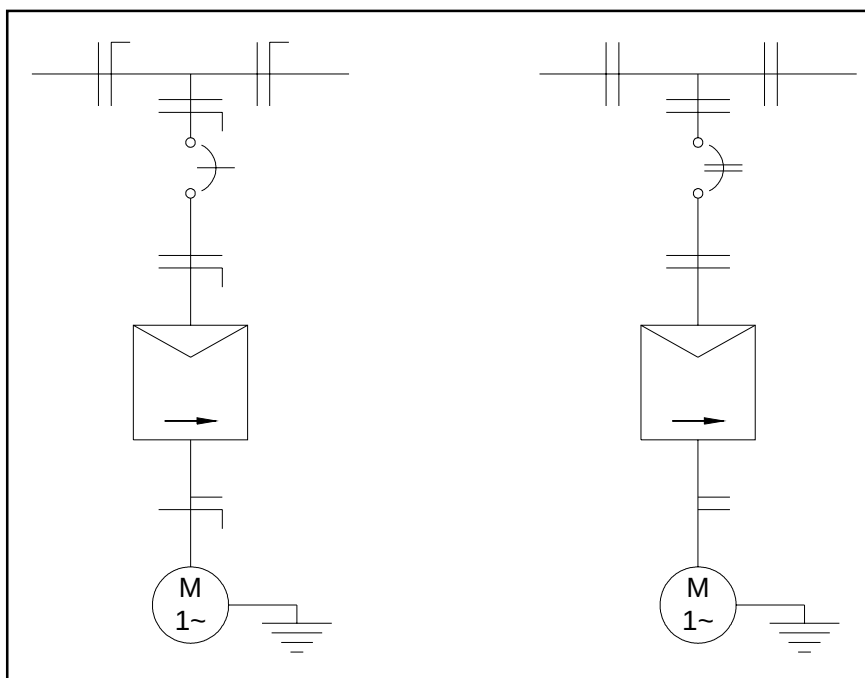
11.1 COMANDOS DE MOTORES MONOFÁSICOS

Os motores monofásicos, de fase auxiliar, podem ter seu comando de diversas maneiras, porém há três comandos mais usados, que são apresentados a seguir.

- Comando manual de motor monofásico através de chave bipolar direta com proteção de disjuntor termomagnético.



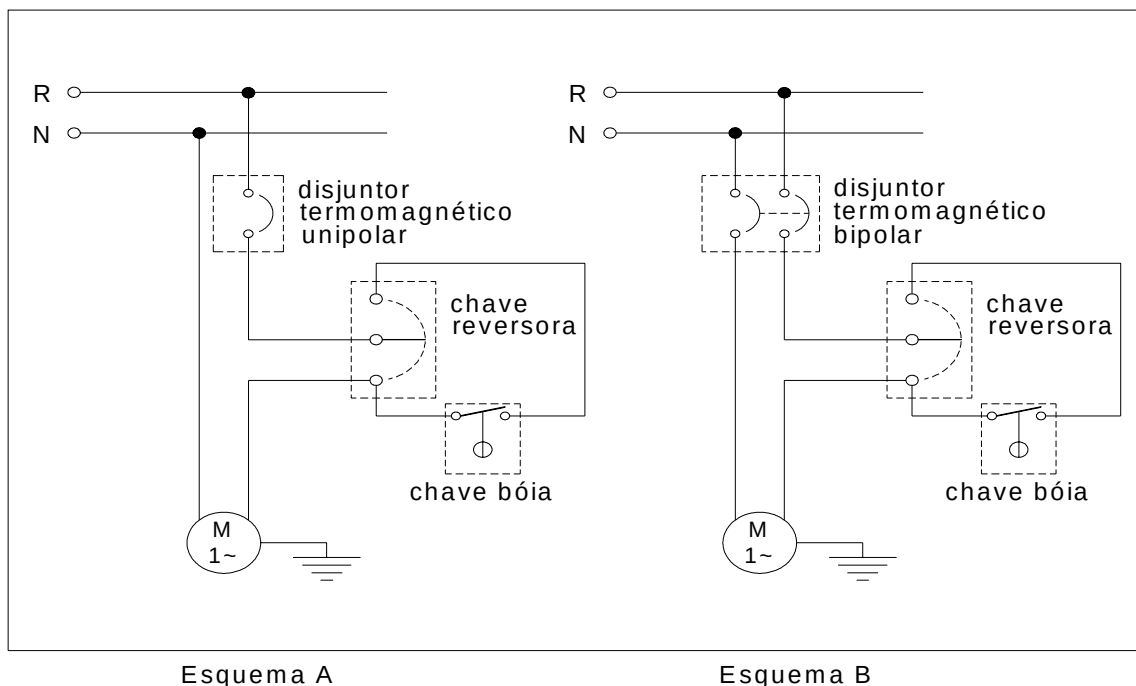
Observação: O esquema multifilar A é usado quando se tem uma rede de 127 ou



220 V, com fase e neutro. O esquema multifilar B é usado quando se tem uma rede de 220 V com duas fases.

- Comando automático de motor monofásico através de uma chave bóia e proteção de disjuntor termomagnético.

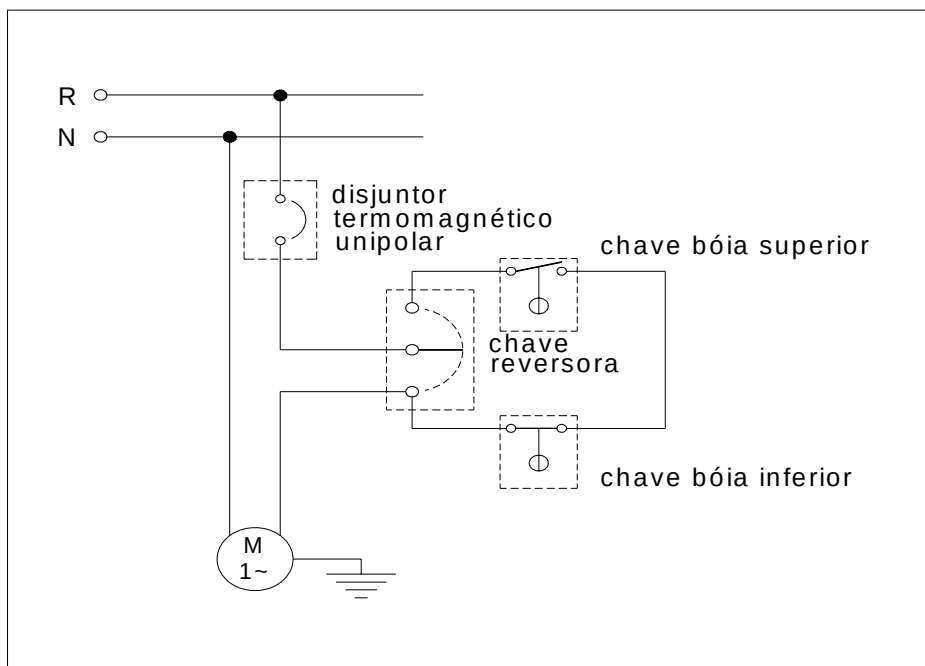
Esquemas multifilares:



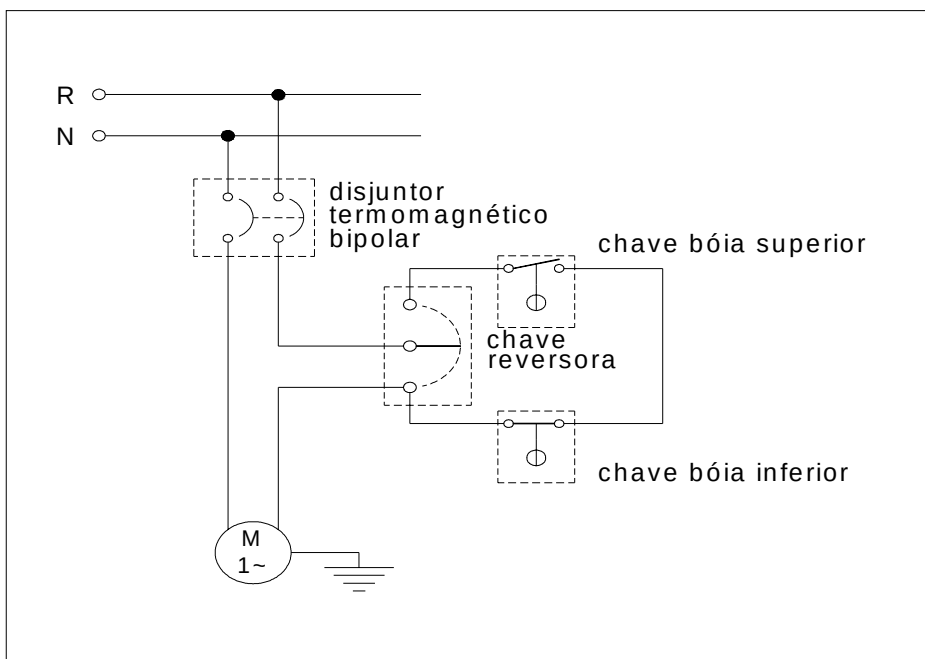
Observação: o esquema multifilar A é usado quando se tem uma rede de 127 ou 220 V com fase e neutro. O esquema multifilar B é usado quando se tem uma rede de 220 V com duas fases.

- Comando automático de motor monofásico através de duas chaves bóias (mínima e máxima) com proteção de disjuntor termomagnético.

Esquemas multifilares



Esquema A



Esquema B

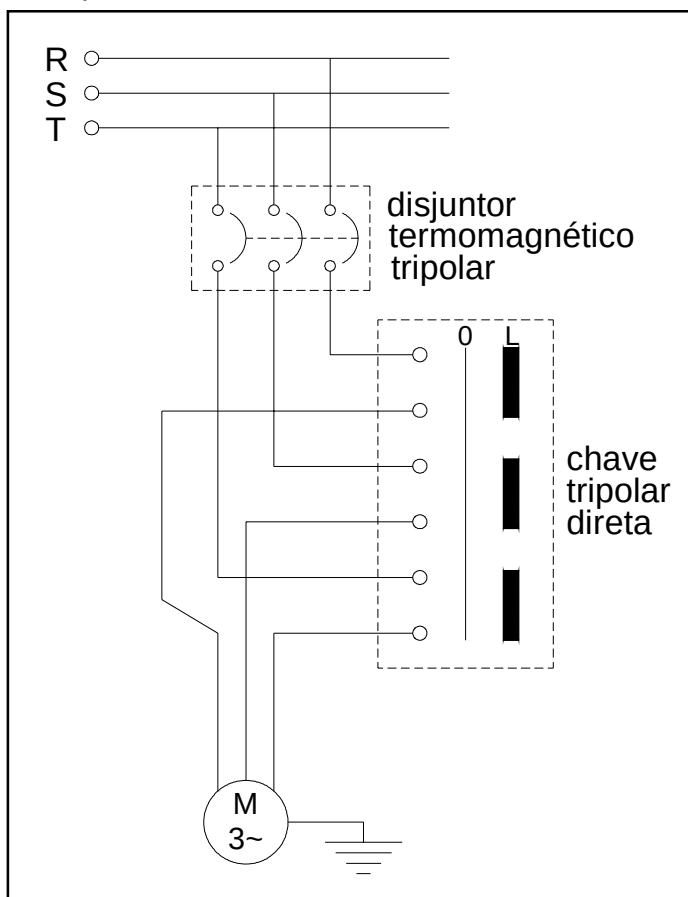
Observação: o esquema multifilar A é usado quando se tem uma rede de 127 ou 220 V, com fase e neutro. O esquema multifilar B é usado quando se tem uma rede de 220V com duas fases.

11.2 COMANDO MANUAL DE MOTORES TRIFÁSICOS

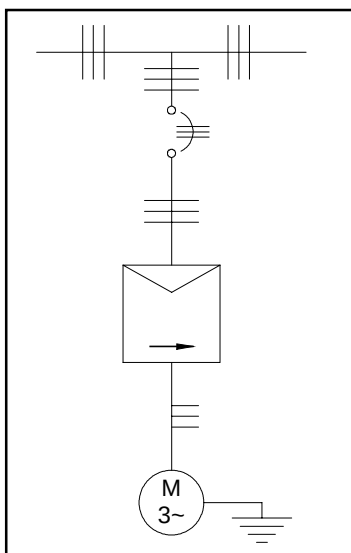
A forma de comando manual dos motores trifásicos de indução pode ser de diversas maneiras. Os comandos mais usados são descritos a seguir.

- Comando manual de motor trifásico através de chave direta tripolar com proteção de disjuntor termomagnético.

Esquema multifilar

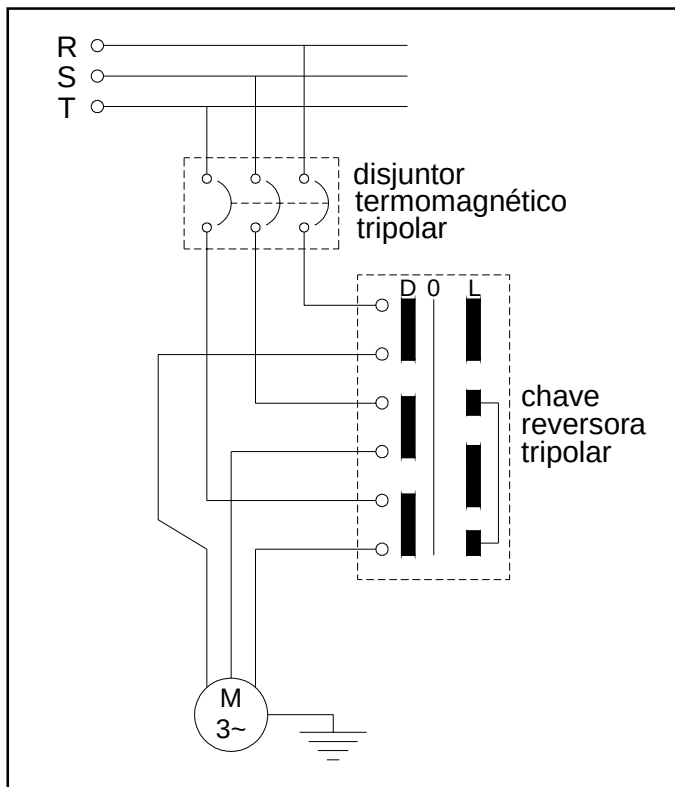


Esquema unifilar

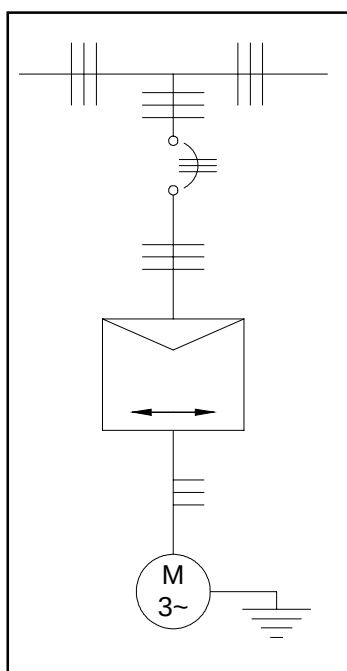


- Comando manual de motor trifásico através de chave reversora tripolar com proteção de disjuntor termomagnético.

Esquema multifilar



Esquema unipolar



PÓS-TESTE

1. Numere a 2ª coluna de acordo com a primeira:

- a . potência elétrica () Volts - V
- b. tensão elétrica () Ohms - Ω
- c. corrente elétrica () Ampères - A
- d. resistência elétrica () Watts – W

2. Calcule a corrente elétrica dos seguintes exercícios:

a. $I = ?$

$$P = 300 \text{ W}$$

$$U = 120 \text{ V}$$

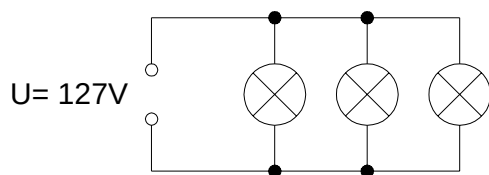
b. $I = ?$

$$P = 4800 \text{ W}$$

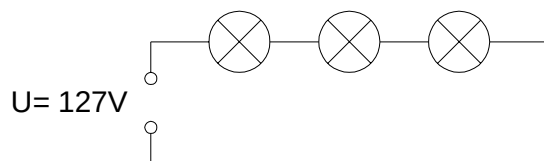
$$U = 120 \text{ V}$$

3. Escreva abaixo dos desenhos, se o circuito é série ou paralelo.

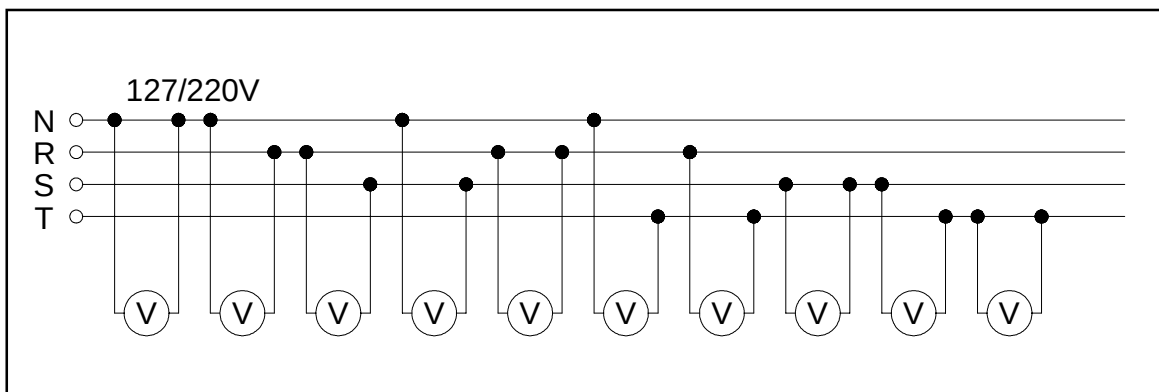
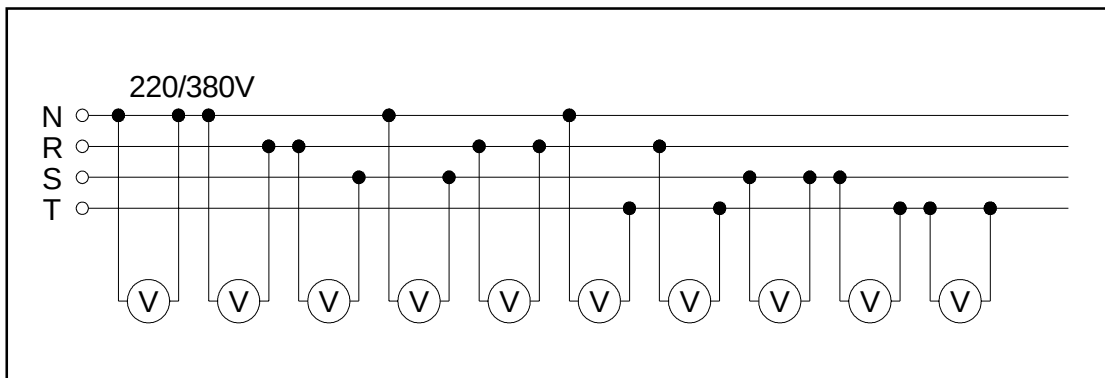
a)



b)



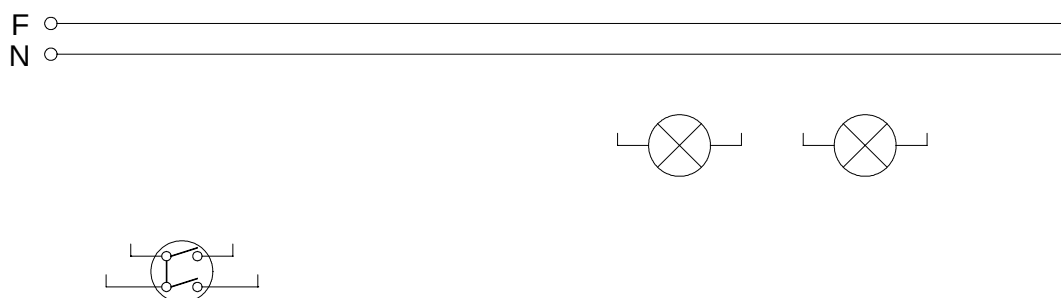
4. Escreva abaixo de cada voltímetro a tensão elétrica correspondente.



Desenhe os esquemas multifilares:

5. Um interruptor simples comandando uma lâmpada incandescente mais uma tomada monofásica

6. Um interruptor duplo comandando duas lâmpadas incandescentes.



7. Dois interruptores hotel comandando uma lâmpada incandescente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 CAVALIN, Geraldo; CERVELIN, Severino. **Instalações elétricas prediais**. São Paulo, Érica, 1998. 434 p. il. Acompanha caderno de atividades. Por.
- 2 GUSSOW, Milton. **Eletricidade básica**. São Paulo, McGraw-Hill, 1985. 566 p. il. Por.
- 3 LIMA FILHO, Domingos Leite. **Projetos de instalações elétricas prediais**. 4. ed. São Paulo, Érica, 1999. 254 p. (Col. Estude e Use. Instalações Elétricas). Por.
- 4 WILSON, J. A; KAUFMAN, Milton. **Eletricidade básica**; teoria e prática. São Paulo, Rideel, s. d. 3 v. Por.