

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

DEPARTAMENTO DE SOLOS E ENGENHARIA AGRÍCOLA

Disciplina: Eletrificação Rural

Unidade 4 – Previsão de cargas e divisão das instalações elétricas.

Prof. JORGE LUIZ MORETTI DE SOUZA

Objetivo da Unidade 4

- Ao término da Unidade, o aluno deverá ser capaz de identificar e levantar as principais cargas de instalações elétricas em baixa tensão (tomadas e iluminação) e organizá-las em circuitos e quadros de distribuição de cargas.

1 Estimativa de cargas em um projeto (pg. 37)

(a) Estimativa preliminar de cargas

Tabela. Densidade de carga de ponto de luz

Local	Densidade de carga (W/m ²)	Local	Densidade de carga (W/m ²)
Residências		Biblioteca	30-50
– Salas	25-30	Bancos	30-40
– Quartos	20	Igrejas	10-20
– Escritórios	25-30	Laboratórios	40-50
– Copa e cozinha	20-25	Restaurantes	15-20
– Banheiro	10	Depósitos	5-10
– Dependências	10	Galeria de arte	30-40
Diversos		Auditórios	
– Escritórios, salas de aula	30-40	– Platéia	10-20
– Lojas	30-40	– Palco	150-300
Hotéis		Garagens comerciais	5-10
– Recepção	50-70	Biblioteca	30-50
– Quartos	10-15		

(b) Previsão de cargas

- **NBR 5410 / 90** – principal norma que rege as instalações elétricas em baixa tensão.

1 Estimativa de cargas em um projeto (pg. 37)

(a) Estimativa preliminar de cargas

Exercício:

Sabendo-se que uma instituição de pesquisa pretende realizar o projeto de um laboratório de 800 m² (Obs.: as plantas não existem ainda), faça uma estimativa preliminar de carga com iluminação para este tipo de instalação.

1 Estimativa de cargas em um projeto (pg. 37)

1.1 Previsão de cargas para tomadas conforme a NBR 5410/90

- **NBR 5410 / 90** – principal norma que rege as instalações elétricas em baixa tensão.
- **Tomadas de uso específico (TUEs):** alimentam aparelhos fixos. Ex. chuveiros e torneiras elétricas, máquina de lavar roupas e aparelho de ar condicionado, entre outros.
- **Tomadas de uso geral (TUGs):** alimentam aparelhos portáteis e estacionários. Ex. abajures, enceradeiras, aspiradores de pó, liquidificadores, batedeiras, geladeira, entre outros;



Figura – Exemplo de equipamentos que necessitam de tomadas de uso específico (TUE)



Figura – Exemplo de equipamentos que necessitam de tomadas de uso geral (TUG)

1 Estimativa de cargas em um projeto

1.1 Previsão de cargas para tomadas conforme a NBR 5410/90

(a) Número mínimo e potência mínima das tomadas de uso específico (TUEs)

- Número mínimo de TUEs: a quantidade de TUEs é estabelecida de acordo com o número de aparelhos de utilização, com a corrente nominal superior a 10 A.
- Potência mínima de TUEs: de acordo com a potência aparente (S), em VA, de cada equipamento.

Obs.: Verificar tabelas Pg. 38, 44 e 45 a 48 do manual

Tabela – Potências nominais típicas de alguns aparelhos eletrodomésticos (pg. 44)

Aparelhos	Potência (W)	Aparelhos	Potência (W)
Aquecedor de água por acumulação:		Congelador (Freezer)	300 a 500
– 30 e 50 litros	2.000	Exaustor Doméstico	300
– 80 litros	2.500	Ferro de passar roupa	1.000 a 1.250
– 110 e 150 litros	3.000	Fogão residencial	400 a 12.000
– 200 litros	4.000	Forno elétrico	900 a 2.400
– 300 litros	6.000	Forno de microondas	700 a 1.500
– 500 litros	12.000	Geladeira doméstica	150 a 400
Aquecedor de água em passagem	4.000 a 8.000	Lavadora de louças (residencial)	1.200 a 2.000
Aquecedor de ambiente	700 a 1.500	Lavadora de roupas (residencial)	500 a 1.000
Aspirador de pó	750 a 1.100	Liquidificador	100 a 250
Batedeira de bolo	70 a 300	Máquina de escrever	150
Cafeteira	600 a 1.200	Microcomputador e Impressora	500 a 800
Chuveiro	4.000 a 7.500	Mini-forno	650 a 800
Condicionador de ar:		Secadora de roupa (residencial)	1.400 a 6.000
– 7.500 BTU/1975 kcal/h	1.060 a 1.195	Secador de cabelo portátil	500 a 2.000
– 9.000/BTU/2375 kcal/h	925 a 983	Televisor	70 a 300
– 10.500 BTU/2625 kcal/h	1.300 a 1.510	Torneira elétrica	4.000 a 5.400
– 12.500/BTU/3125 kcal/h	1.560 a 1.700	Torradeira	2.500 a 3.200
– 15.000/ BTU/3750 kcal/h	1.830	Triturador de lixo residencial	300 a 600
– 18.000/BTU/4500 kcal/h	1.880	Ventilador portátil	60 a 100
– 21.000/BTU/5250 kcal/h	2.220 a 2.290		
– 30.000 BTU/7500 kcal/h	3.350		

1 Estimativa de cargas em um projeto (pg. 37 e 43)

1.1 Previsão de cargas para tomadas conforme a NBR 5410/90

(b) Número mínimo e potência mínima das tomadas de uso geral (TUGs)

Tabela – Condições e recomendações da NBR 5410/90 para o estabelecer do número mínimo e da potência mínima para tomadas de uso geral (TUGs)

Cômodo ou dependências	Número mínimo de TUGs	Potência mínima das TUGs
Residências: casas e apartamentos		
Cômodos com área $\leq 6 \text{ m}^2$	Uma TUG no mínimo	—
Cômodos com área $> 6 \text{ m}^2$	Uma TUG a cada 5 m ou fração de perímetro, no mínimo, instaladas em local adequado	—
Cozinha, copas, copas-cozinhas	Uma TUG a cada 3,5 m ou fração de perímetro, no mínimo, sendo que acima de cada banca de pia, com largura igual ou superior a 30 cm, deve ser prevista pelo menos 1 tomada	600VA por tomada, até 3 tomadas e 100 VA para as demais
Subsolos, varandas, garagens ou sótãos	Uma TUG no mínimo	100 VA por tomada
Banheiros	Uma TUG junto ao lavatório com uma distância de 60 cm do limite do box, no mínimo	600VA por tomada, até 3 tomadas e 100 VA para as demais

1 Estimativa de cargas em um projeto (pg. 37 e 43)

1.1 Previsão de cargas para tomadas conforme a NBR 5410/90

(b) Número mínimo e potência mínima das tomadas de uso geral (TUGs)

Tabela – Condições e recomendações da NBR 5410/90 para o estabelecer do número mínimo e da potência mínima para tomadas de uso geral (TUGs)

Cômodo ou dependências	Número mínimo de TUGs	Potência mínima das TUGs
Comerciais		
Escritórios com áreas $\leq 40 \text{ m}^2$	Uma tomada para cada 3 m ou fração de perímetro, ou 1 tomada para cada 4 m^2 ou fração de área (adota-se o critério que conduzir ao maior número de tomadas)	200 VA por tomada
Escritórios com áreas $> 40 \text{ m}^2$	10 tomadas para os primeiros 40 m^2 , 1 tomada para cada 10 m^2 ou fração de área restante	200 VA por tomada
Lojas	Uma tomada para cada 30 m^2 ou fração, não computadas as tomadas destinadas a lâmpadas, vitrines e demonstração de aparelhos	200 VA por tomada

1 Estimativa de cargas em um projeto (pg. 37 e 43)

1.1 Previsão de cargas para tomadas conforme a NBR 5410/90

Exercício:

Para a planta-baixa disposta a seguir, determine para a cozinha, banheiro, quarto, sala e terraço, o número e a potência das tomadas de uso geral (TUG) e específico (TUE), conforme a NBR 5410.

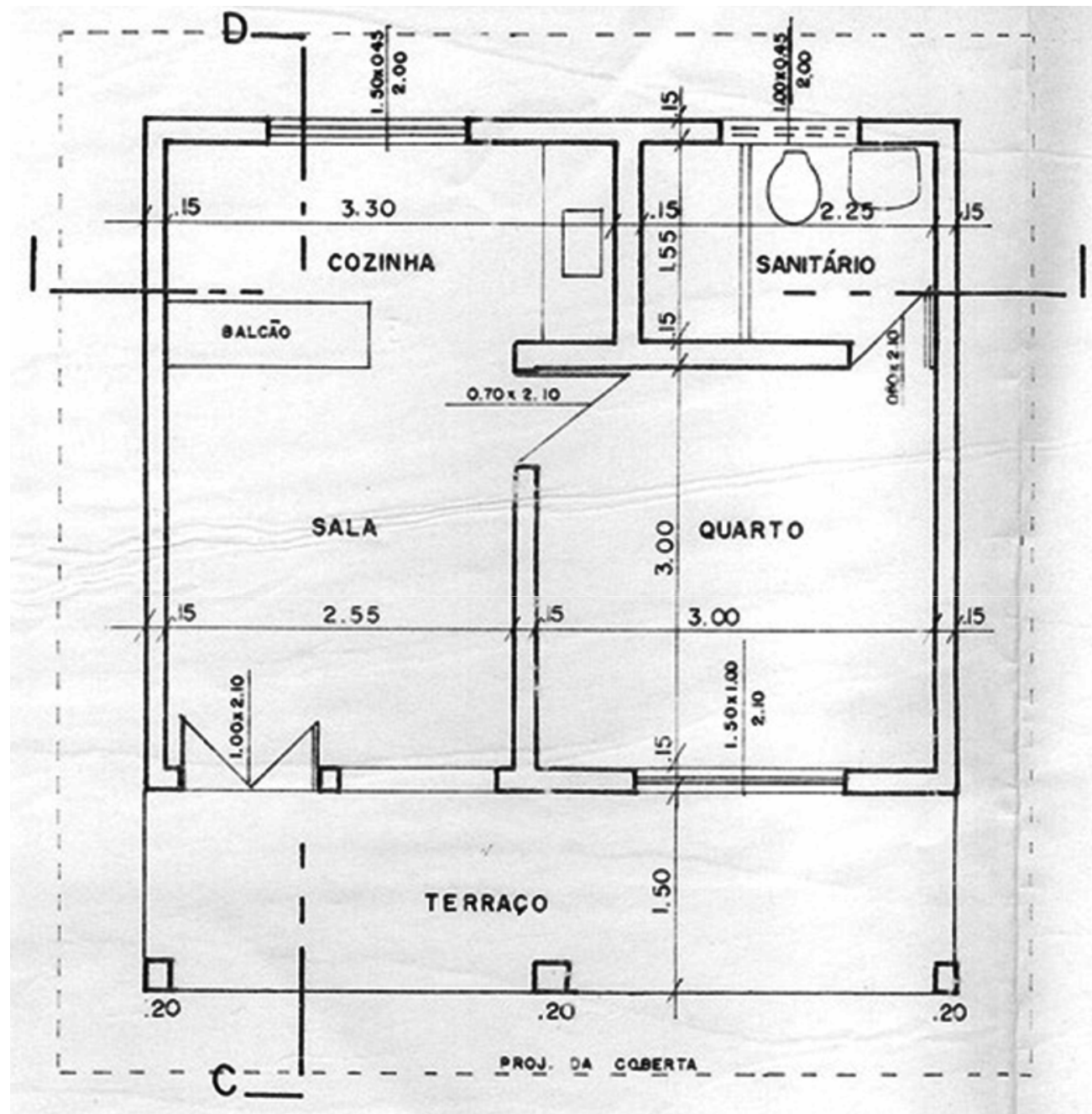


Figura – Planta-baixa e uma pequena residência

1 Estimativa de cargas em um projeto (pg. 48 e 49)

1.2 Previsão de cargas para iluminação

- A natureza da luz
- Espectro da radiação solar

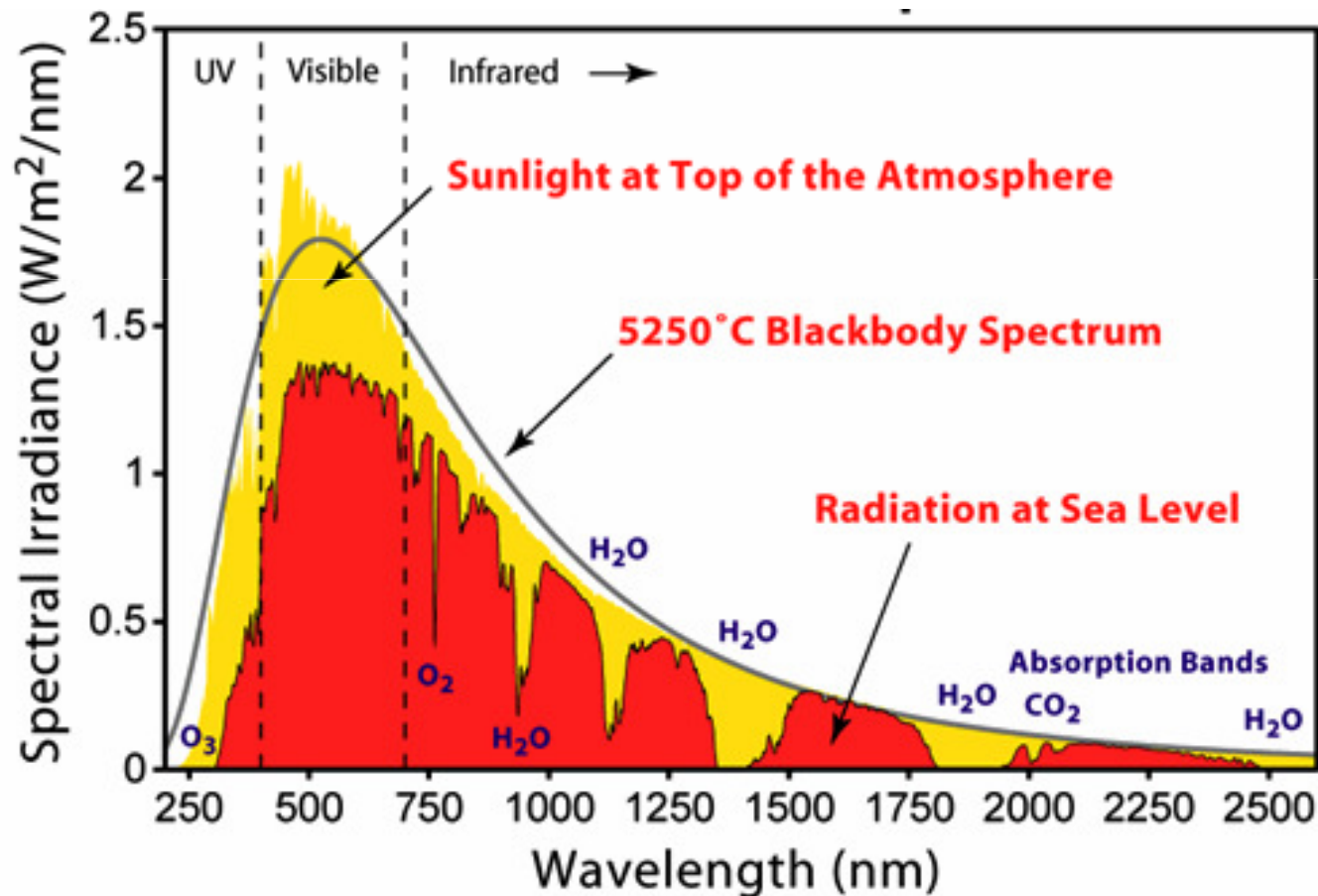


Figura – Espectro da radiação solar que atinge a superfície da terra

1 Estimativa de cargas em um projeto (pg. 48 e 49)

1.2 Previsão de cargas para iluminação

- Espectro da radiação eletromagnética

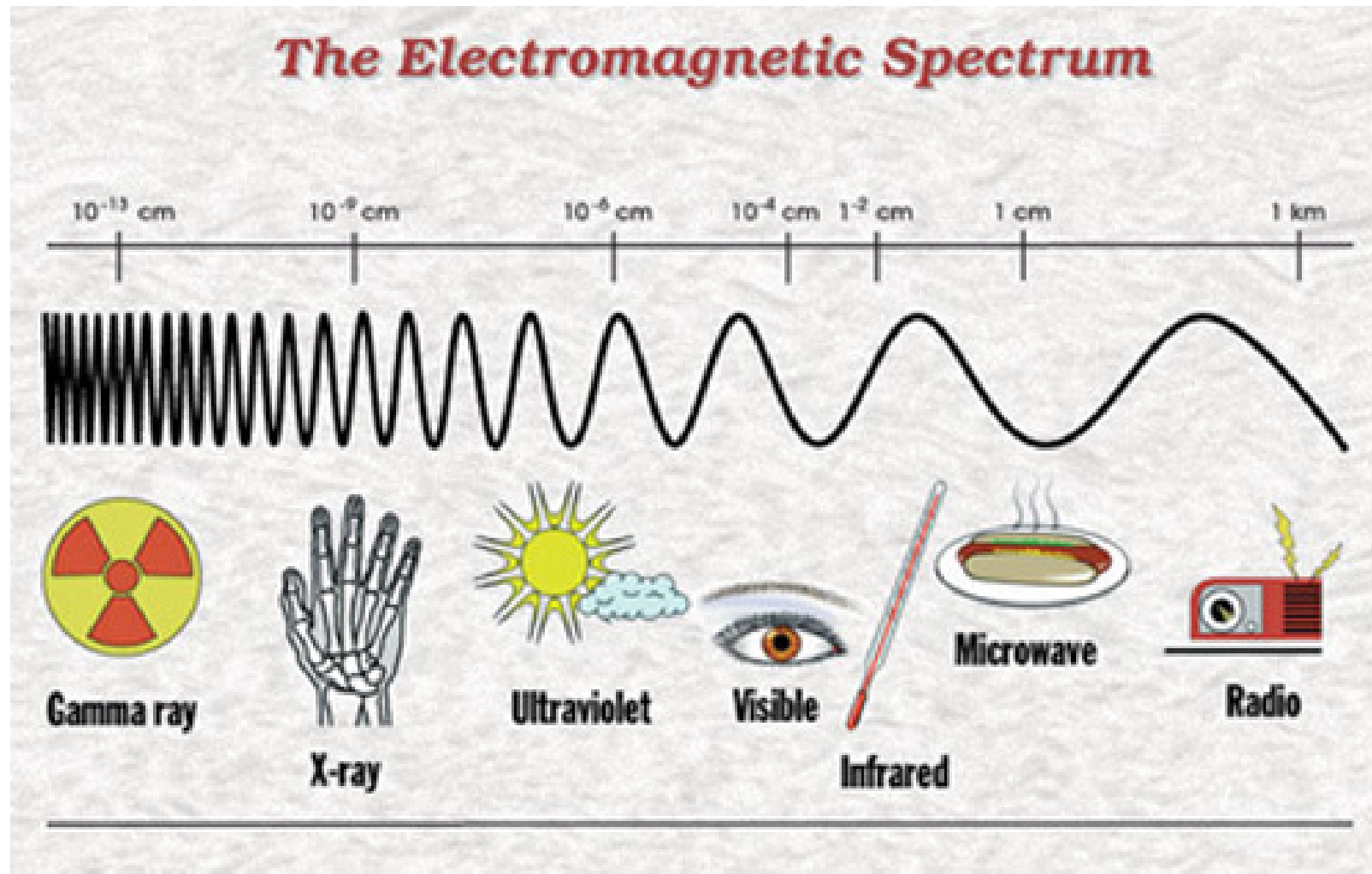


Figura – Espectro da radiação eletromagnética

1 Estimativa de cargas em um projeto (pg. 49)

1.2 Previsão de cargas para iluminação

- **Espectro da radiação solar**

Tabela – Espectro de ondas eletromagnéticas em ordem crescente de comprimento de onda

Região da onda	Comprimento de onda	Região da onda	Comprimento de onda
Raios Gama	Entre 0,0001 nm e 0,1 nm	Luz visível - Amarelo	Entre 560 nm e 600 nm
Raios X	Entre 0,01 nm e 100 nm	Luz visível – Laranja	Entre 600 nm e 640 nm
Ultravioleta	Entre 6 nm e 380 nm	Luz visível - Vermelho Claro	Entre 640 nm e 710 nm
Luz visível – Violeta	Entre 380 nm e 430 nm	Luz visível - Vermelho escuro	Entre 710 nm e 780 nm
Luz visível – Azul	Entre 430 nm e 470 nm	Infravermelho	Entre 780 nm e 1 mm
Luz visível - Azul esverdeado	Entre 470 nm e 500 nm	Microondas	Entre 1 mm e 30 cm
Luz visível - Verde	Entre 500 nm e 560 nm	Ondas de rádio, TV, radar, etc..	Entre 1 mm e 60 Km

1 Estimativa de cargas em um projeto (pg. 49 a 51)

1.2 Previsão de cargas para iluminação

1.2.1 Tipos de lâmpadas utilizadas na iluminação de ambientes residenciais e rurais

- (a) Lâmpadas incandescente e sua iluminação**
- (b) Lâmpadas de quartzo (halógenas) e sua iluminação**
- (c) Lâmpadas fluorescente e sua iluminação**
- (d) Lâmpadas mista e sua iluminação**
- (e) Lâmpadas vapor de mercúrio e sua iluminação**
- (f) Lâmpadas vapor de sódio e sua iluminação**
- (g) Lâmpadas vapor metálico**
- (h) Lâmpada LED**

1.2.1 Tipos de lâmpadas utilizadas na iluminação de ambientes residenciais, comerciais e rurais

(a) Lâmpadas incandescente e sua iluminação (pg. 49)

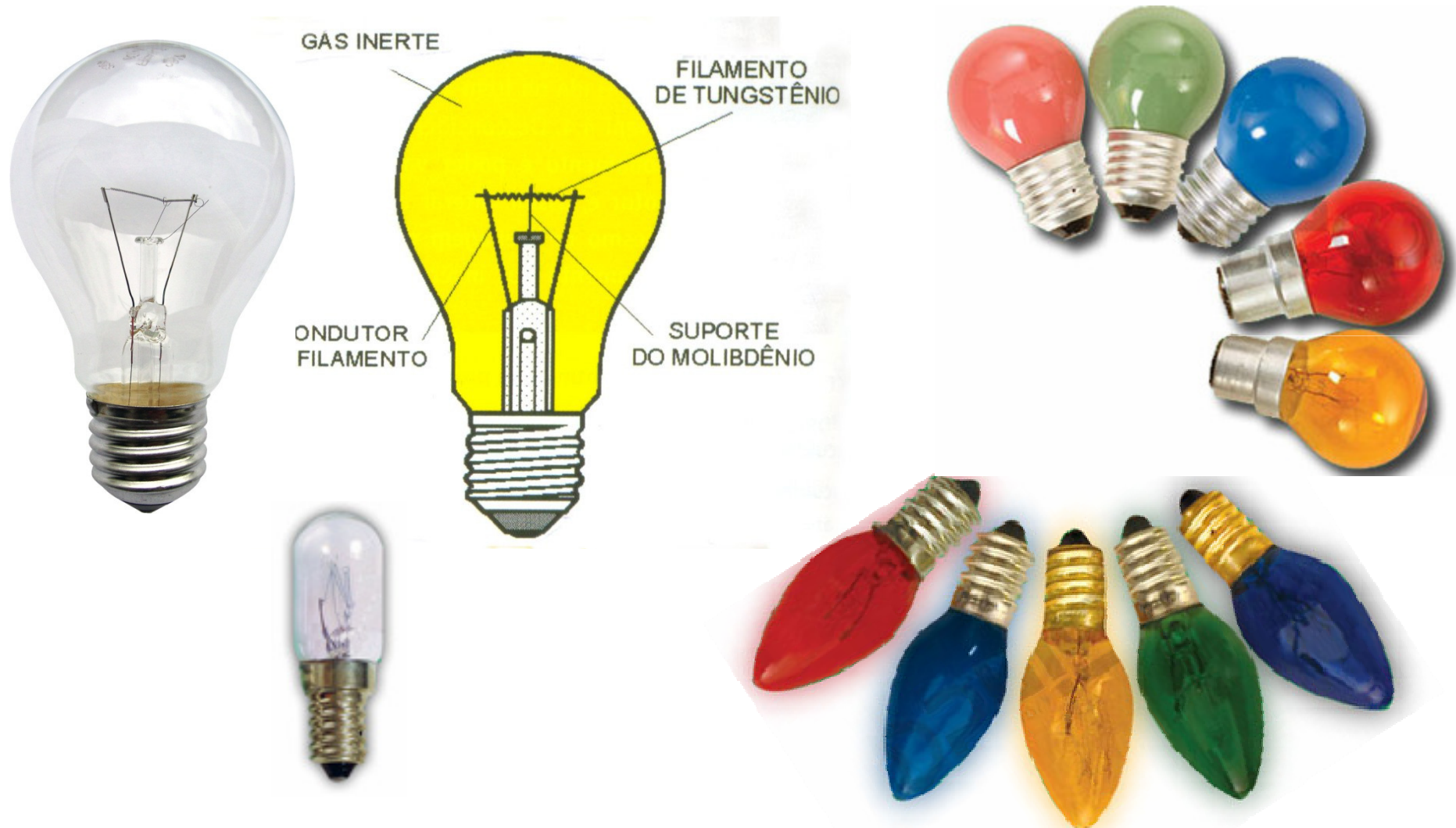


Figura – Modelos de lâmpadas incandescentes

1.2.1 Tipos de lâmpadas utilizadas na iluminação de ambientes residenciais, comerciais e rurais

(b) Lâmpadas de quartzo (halógenas) e sua iluminação (pg. 50)



Figura – Modelos de lâmpadas halógenas

1.2.1 Tipos de lâmpadas utilizadas na iluminação de ambientes residenciais, comerciais e rurais

(c) Lâmpadas fluorescente e sua iluminação (pg. 50)



Figura – Modelos de lâmpadas **fluorescentes tubulares**

1.2.1 Tipos de lâmpadas utilizadas na iluminação de ambientes residenciais, comerciais e rurais

(c) Lâmpadas fluorescente e sua iluminação (pg. 50)

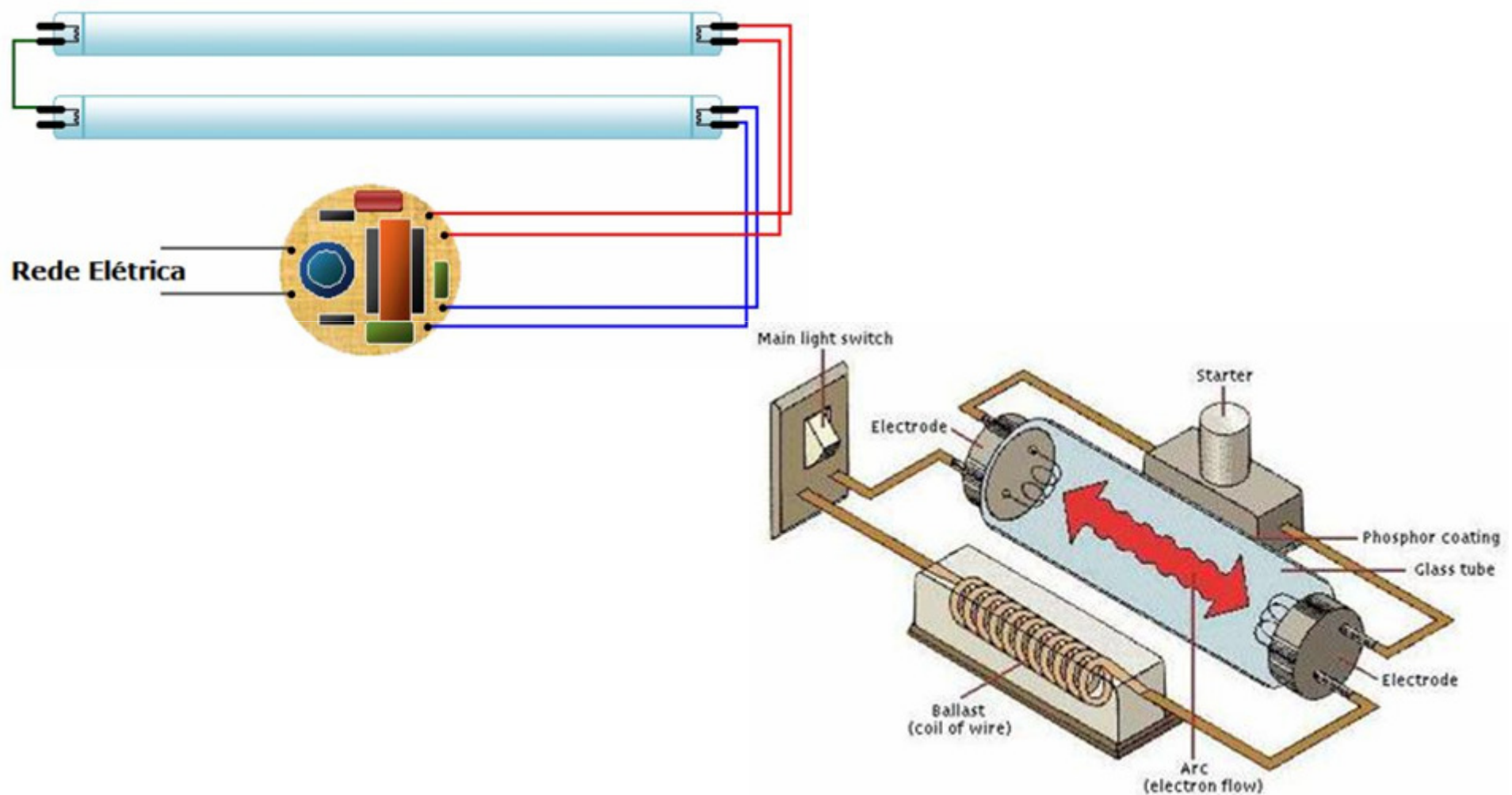


Figura – Esquema de ligação de lâmpadas **fluorescentes tubulares**

1.2.1 Tipos de lâmpadas utilizadas na iluminação de ambientes residenciais, comerciais e rurais

(c) Lâmpadas fluorescente e sua iluminação (pg. 50)

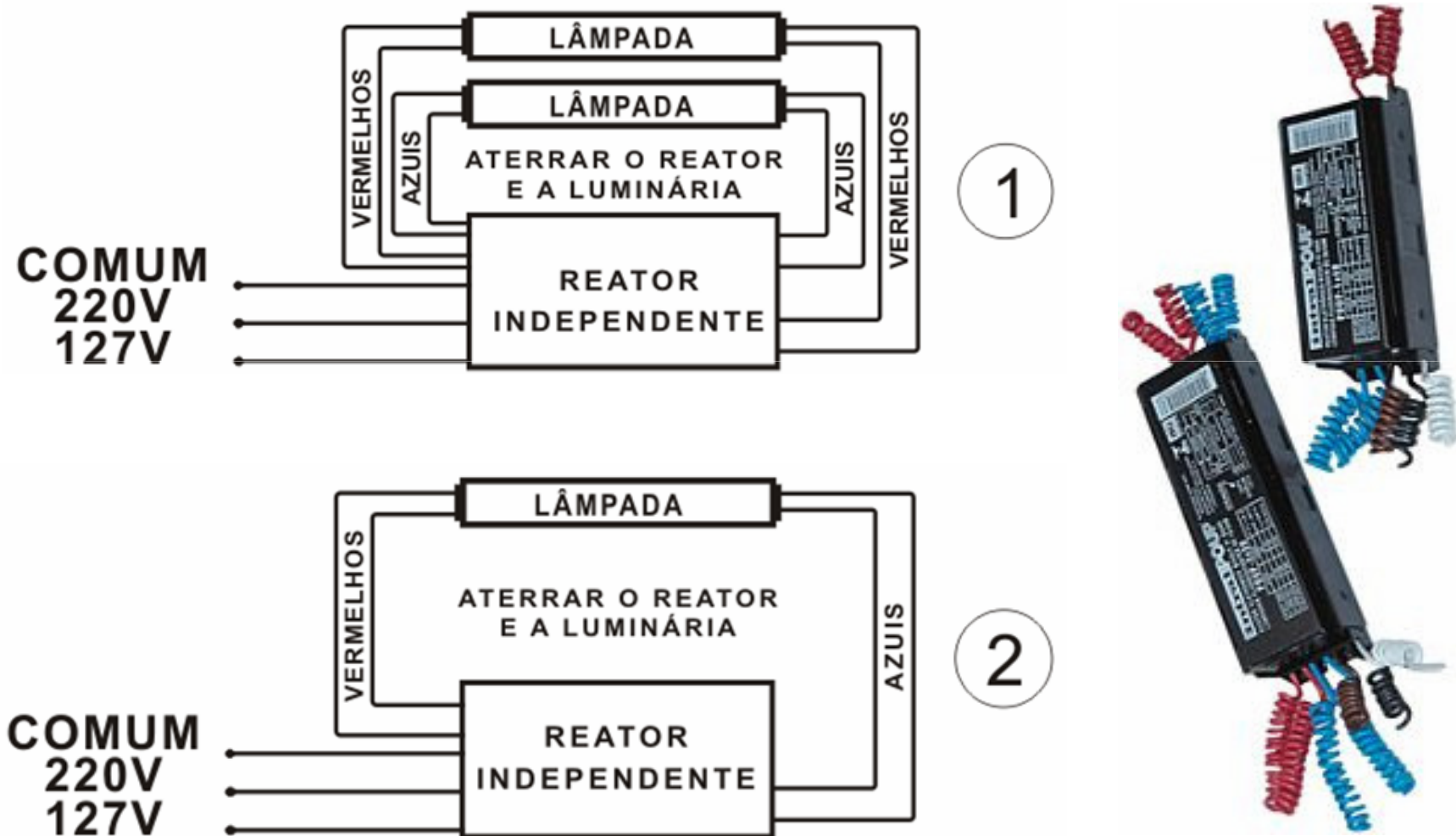
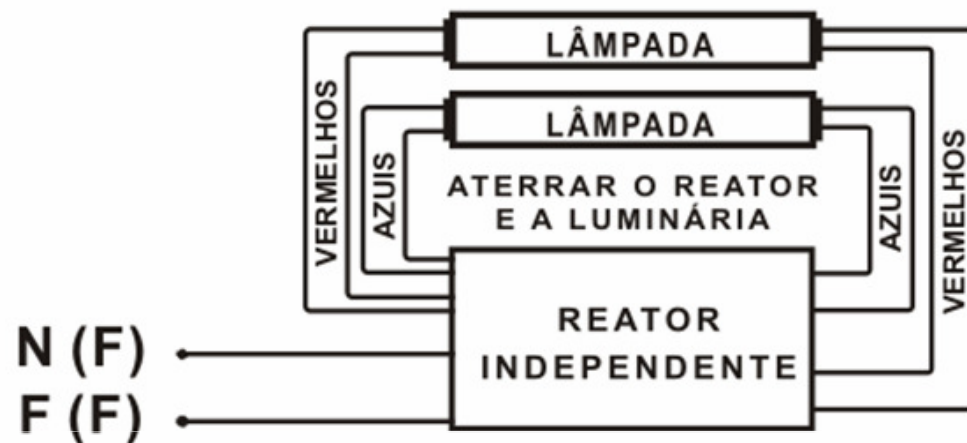


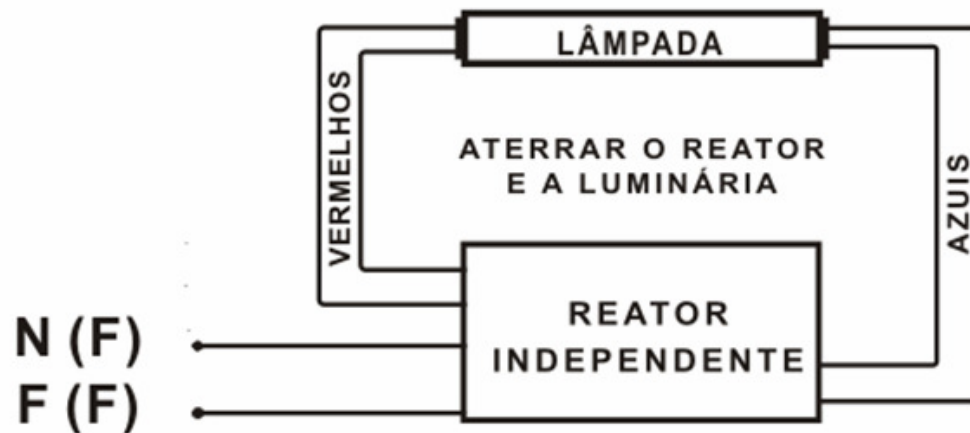
Figura – Esquema de ligação de lâmpadas **fluorescentes tubulares**

1.2.1 Tipos de lâmpadas utilizadas na iluminação de ambientes residenciais, comerciais e rurais

(c) Lâmpadas fluorescente e sua iluminação (pg. 50)



3



4



Figura – Esquema de ligação de lâmpadas **fluorescentes tubulares**

1.2.1 Tipos de lâmpadas utilizadas na iluminação de ambientes residenciais, comerciais e rurais

(c) Lâmpadas fluorescente e sua iluminação (pg. 50)



Figura – Modelos de lâmpadas **fluorescentes compactas**

1.2.1 Tipos de lâmpadas utilizadas na iluminação de ambientes residenciais, comerciais e rurais

(d) Lâmpadas mista e sua iluminação (pg. 51)



Figura – Modelos de lâmpadas do tipo **mista**

1.2.1 Tipos de lâmpadas utilizadas na iluminação de ambientes residenciais, comerciais e rurais

(a, c, d) Luz negra (incandescente, fluorescente e mista)



Figura – Modelos de lâmpadas do tipo “luz negra”

1.2.1 Tipos de lâmpadas utilizadas na iluminação de ambientes residenciais, comerciais e rurais

(e) Lâmpadas vapor de mercúrio e sua iluminação (pg. 51)

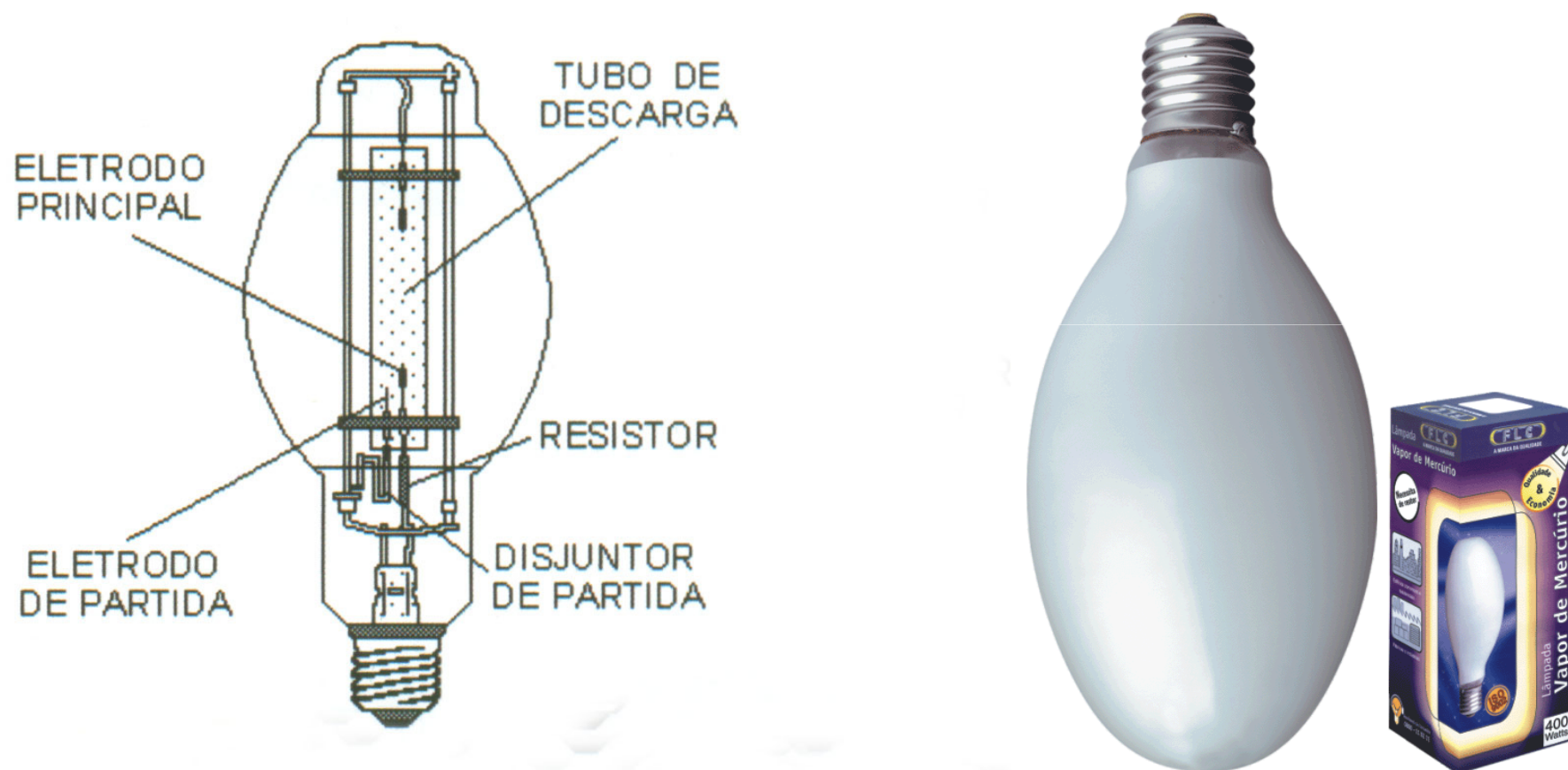


Figura – Modelos de lâmpadas “vapor de mercúrio”

1.2.1 Tipos de lâmpadas utilizadas na iluminação de ambientes residenciais, comerciais e rurais

(f) Lâmpadas vapor de sódio e sua iluminação (pg. 51)



Figura – Modelos de lâmpadas “**vapor de sódio**”

1.2.1 Tipos de lâmpadas utilizadas na iluminação de ambientes residenciais, comerciais e rurais

(g) Lâmpadas vapor metálico



Figura – Modelos de lâmpadas “**vapor metálico**”

1.2.1 Tipos de lâmpadas utilizadas na iluminação de ambientes residenciais, comerciais e rurais

(h) **Lâmpada LED:** nova tendência do mercado; emitem pouquíssimo calor; operam em baixa voltagem; economia de energia.



Bolinha



Dicróica 1W



Dicróica 3W



PAR 20



PAR 38



Refletora

Figura – Modelos de lâmpadas **LED**

1 Estimativa de cargas em um projeto (pg. 51)

1.2 Previsão de cargas para iluminação

1.2.2 Cálculo da iluminação e do número de luminárias

- Aspectos gerais sobre o cálculo da iluminação de uma determinada instalação (residência, aviário, galpão, etc);
- Catálogos dos fabricantes (tipos de lâmpadas, características técnicas, modelos, entre outros);
- Principais métodos apresentados na literatura:
 - Carga mínima exigida pela norma NBR 5410/90;
 - Método dos lumens;
 - Método das cavidades zonais;
 - Método do ponto por ponto;
 - Métodos apresentados por fabricantes: PHILIPS, GE, entre outros.

1.2.2 Cálculo da iluminação e do número de luminárias

1.2.2.1 Método da carga mínima exigida pela NBR 5410/90

- A quantidade mínima de pontos de luz (pg. 59 e 60)
 - Prever pelo menos um ponto de luz fixo no teto, em cada cômodo ou dependência de unidades residenciais, hotéis, motéis e similares, comandado por interruptor de parede;
- Potências mínimas de iluminação dos cômodos ou dependência:
 - Área $\leq 6 \text{ m}^2$: prever carga mínima de 100 VA;
 - Área $> 6 \text{ m}^2$: prever carga mínima de 100 VA para os primeiros 6 m², acrescentando 60 VA para cada aumento de 4 m² inteiros.

1.2.2 Cálculo da iluminação e do número de luminárias

1.2.2.1 Método da carga mínima exigida pela NBR 5410/90

Exercícios:

(a) Para a planta-baixa disposta a seguir, determine para a cozinha, banheiro, quarto, sala e terraço, o número e a potência das lâmpadas incandescentes, conforme a NBR 5410.

(b) Para um galpão possuindo 3 m de largura por 7 m de comprimento, determine o número e a potência das lâmpadas incandescentes, conforme a NBR 5410.

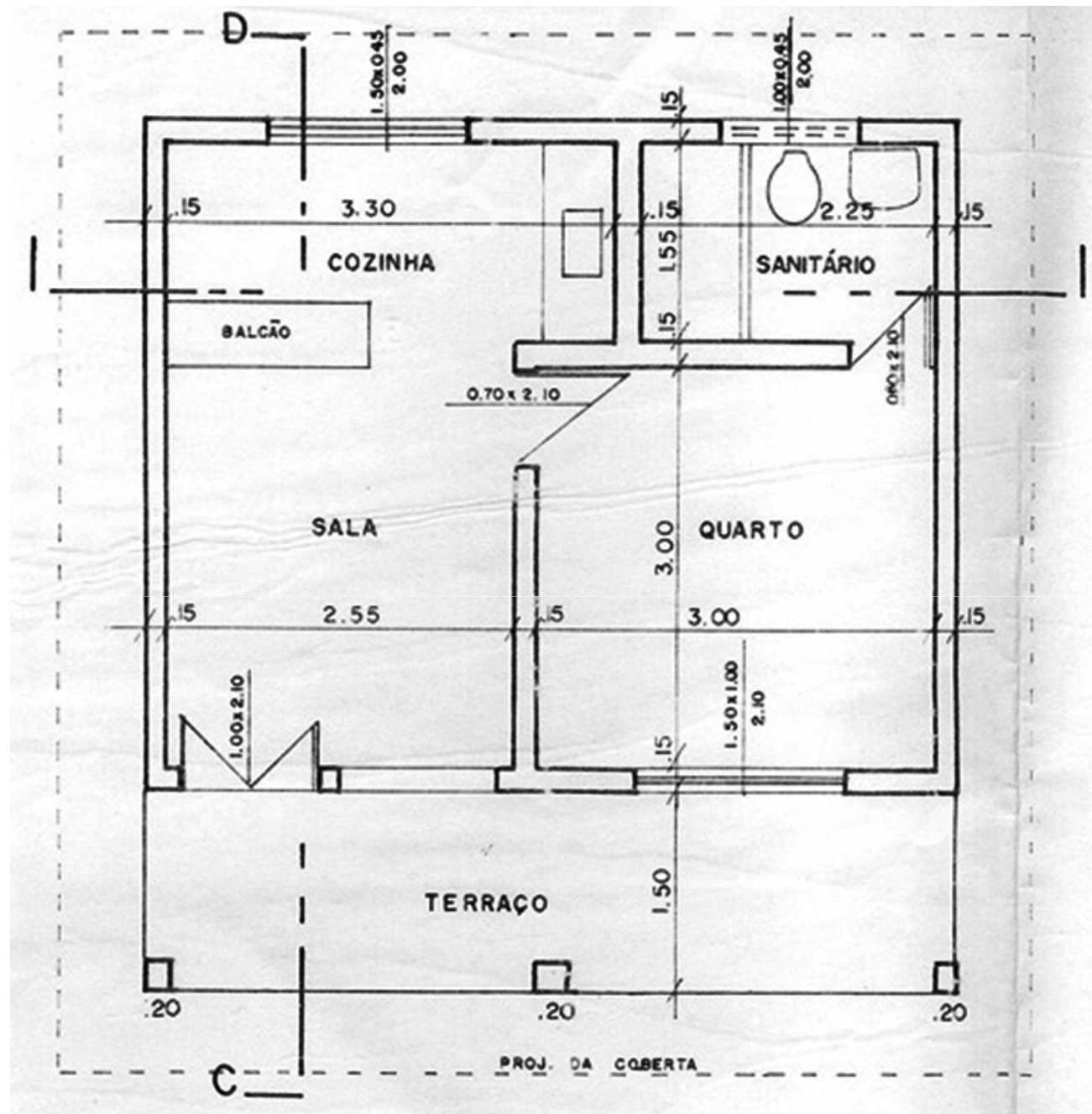
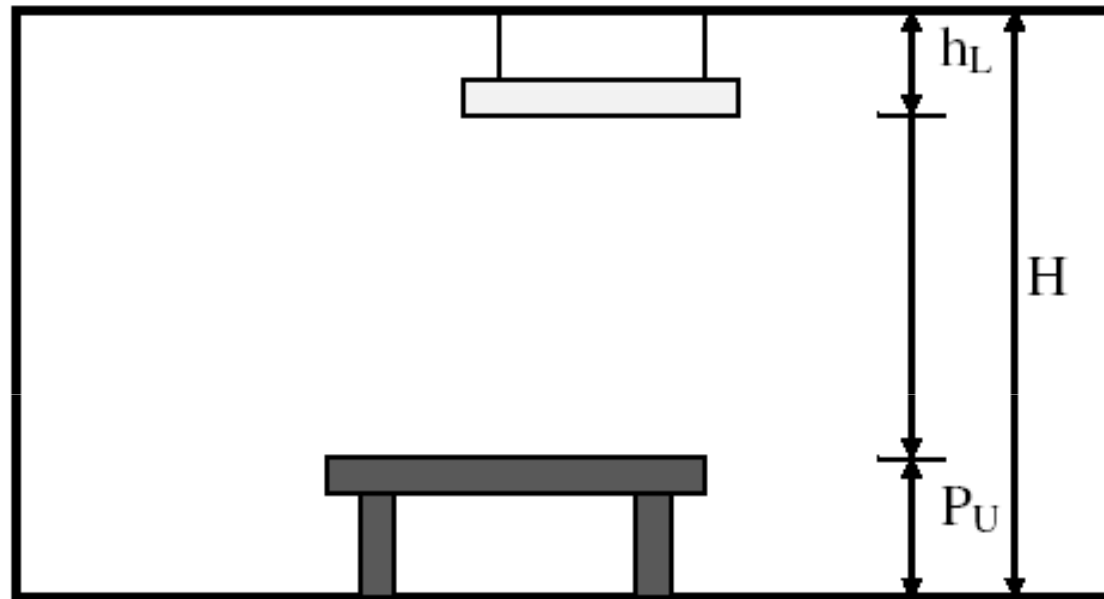


Figura – Planta-baixa e uma pequena residência

1.2.2 Cálculo da iluminação e do número de luminárias

1.2.2.2 Método dos lumens simplificado (pg. 52)

(a) Cálculo da distância teórica (DT)



$$DT = 1,5 \cdot (H - P_u - h_L)$$

sendo, DT – distância teórica (m); H – altura do pé-direito (m); P_u – plano útil de trabalho (m); h_L – plano da altura das luminárias (m).

1.2.2 Cálculo da iluminação e do número de luminárias

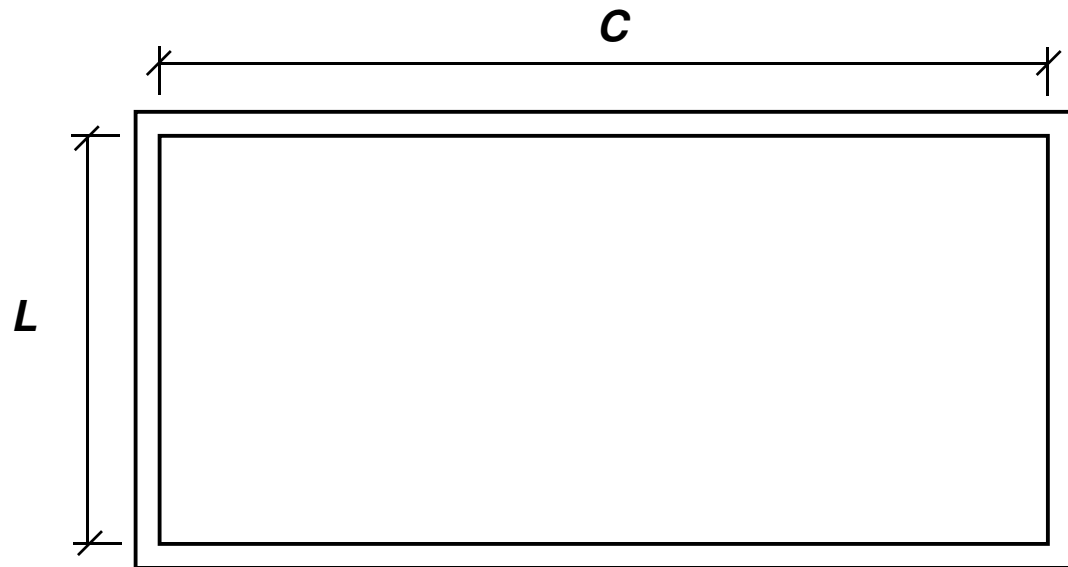
1.2.2.2 Método dos lumens simplificado (pg. 52)

(b) Cálculo do número de luminárias no comprimento (N_{LC}), largura (N_{LL}) total (N_{LT})

$$N_{TL} = N_{LC} \cdot N_{LL}$$

$$N_{LC} = \frac{C}{DT}$$

$$N_{LL} = \frac{L}{DT}$$



sendo, N_{LC} – número de luminárias no comprimento (unidade); N_{LL} – número de luminárias na largura (unidade); N_{TL} – número total de luminárias (unidade); DT – distância teórica (m); C – comprimento do cômodo (m); L – largura do cômodo (m).

1.2.2 Cálculo da iluminação e do número de luminárias

1.2.2.2 Método dos lumens simplificado (pg. 52 e 53)

(c) Cálculo do fluxo luminoso total (Φ_{LT})

$$\Phi_{LT} = \frac{A \cdot e}{0,5}$$

sendo, Φ_{LT} – fluxo luminoso total (lumens); A – área do cômodo a ser iluminado (m²); e – nível de iluminamento (lux ou lumens m⁻²).

(d) Cálculo do fluxo luminoso por luminária (Φ_{LL})

$$\Phi_{LL} = \frac{\Phi_{LT}}{N_{TL}}$$

sendo, Φ_{LL} – fluxo luminoso por luminária (lumens); Φ_{LT} – fluxo luminoso total (lumens); N_{TL} – número total de luminárias no cômodo (adimensional).

1.2.2 Cálculo da iluminação e do número de luminárias

1.2.2.2 Método dos lumens simplificado (pg. 54)

Tabela – Níveis padrão de iluminamento para algumas atividades residenciais e rurais

Atividades	Iluminamentos médios (lux)
Salas	60
Cozinhas	150
Copa	100
Quartos	40
Banheiro	60
Circulação	60
Depósitos	40
Área de serviço	80
Estábulo	40
Salas para desenho	1.000
Laboratório de micropropagação vegetativa	6.000

Tabela – Níveis padrão de iluminação (NBR-5413/82) (pg.55)

Atividades	Iluminamentos médios (lux)
Escritórios	
– salas de trabalho	250
– salas de desenho	400
– arquivos	200
Escolas	
– salas de aula	200
– salas de desenho e artes manuais	350
– refeitório	100
– auditório	60
– quadro-negro	250
Lojas	
– circulação	100
– área de exposição	350
– balcões, mostruários	600
– exposições de realce	1.500
– depósito	80
Indústrias	
– fabricação em geral	300
– depósito	60
– inspeção comum	300
– inspeção delicada	500
– empacotamento e encaixotamento	80
– montagem simples	200
– montagem delicada	1.000
Hospitais ou postos de saúde	
– enfermaria	160
– sala de operação	450
– mesa de operação	6.000
– laboratório	200
Biblioteca	
– iluminação geral	100
– mesas	300
– estantes	140
– fichário	250

1.2.2 Cálculo da iluminação e do número de luminárias

1.2.2.2 Método dos lumens simplificado

Exercícios: Para um galpão possuindo 8 m de largura por 15 m de comprimento:

(a) Determine o número e a potência das lâmpadas pelo método dos lumens simplificado, considerando:

- Iluminação com lâmpadas incandescente e fluorescente;
- Nível de iluminamento igual a 90 lumens m^{-2} (lux);
- 3 m de altura do pé-direito; 1 m de plano útil de trabalho; 30 cm de altura da luminária.

(b) Faça um esquema contendo o desenho das luminárias e as principais medidas para a sua disposição dentro da planta elétrica do galpão.

Tabela – Fluxo luminoso para lâmpadas incandescentes para iluminação geral (pg. 54)

Tipo	Acabamento	Potência (W)	Fluxo luminoso (lumens)	
			120 V	220 V
Standard	Claro	15	135	120
	Claro	25	265	230
	Argenta	40	465	400
	Argenta	60	780	670
	Argenta	75	1.020	890
	Argenta	100	1.460	1.280
	Claro	150	2.380	2.100
	Claro	200	3.300	2.950
	Claro	300	5.150	4.750
	Claro	500	9.400	8.400
	Claro	1.000	20.200	18.800
	Claro	1.500	31.500	30.000
Super luxo	Argenta	40	465	400
	Argenta	60	780	670
	Argenta	100	1.460	1.280
Fantasie	Argenta	60	780	670

Fonte: Catálogo PHILIPS

Tabela – Fluxo luminoso para Lâmpadas fluorescentes (tubulares em sete tonalidades) (pg. 56)

Potência (W)	Fluxo luminoso (lumens)	Corrente na lâmpada (A)	Cores
15	770	0,31	Luz do dia
15	900	0,31	Branca fria
15	770	0,36	Luz do dia
20	650	0,37	Suave de luxo
20	760	0,37	Branca de luxo
20	650	0,37	Branca natural
20	700	0,37	Luz do dia real
20	1.000	0,37	Luz do dia
20	1.200	0,37	Branca fria
30	1.900	0,36	Luz do dia
30	2.250	0,36	Branca fria
30	1.500	0,36	Branca de luxo
40	1.700	0,43	Suave de luxo
40	2.020	0,43	Branca de luxo
40	1.700	0,43	Branca natural
40	1.800	0,43	Luz do dia real
65	2.800	0,67	Suave de luxo
65	3.200	0,67	Branca de luxo
65	2.850	0,67	Branca natural
65	2.800	0,67	Luz do dia especial
110	7.600	0,80	Luz do dia
110	8.900	0,80	Branca fria

Fonte: Catálogos da PHILIPS

Tabela – Fluxo luminoso e características das lâmpadas fluorescentes compactas (pg. 55)

Potência (W)	Fluxo luminoso (lumens)	Voltagem (V)
9	400	120
9	400	230-240
11	600	120
11	600	230-240
15	900	120
15	900	230-240
20	1.200	120
20	1.200	230-240
23	1.500	120
23	1.500	230-240

Fonte: Catálogos da PHILIPS

Tabela – Principais características das lâmpadas de luz mista, vapor de mercúrio e sódio de alta pressão (pg. 55)

Tipo de lâmpada	Potência (W)	Fluxo luminoso (lumens)	Tensão (V)	Corrente (A)
Luz mista	160	3.000	220	0,75
	250	5.500	220	1,18
	250	5.500	220	1,18
	500	12.500	220	2,36
Vapor de mercúrio	80	3.700	115	0,80
	125	6.300	125	1,15
	250	13.000	135	2,13
	400	23.000	140	3,25
	700	40.000	145	5,40
	1.000	60.000	145	7,50
	2.000	125.500	270	8,00
Sódio de alta pressão	250	25.000	100	3,00
	250	26.000	100	3,00
	400	47.000	105	4,40
	400	48.000	105	4,60
	1.000	120.000	110	10,30
	1.000	130.000	110	10,30

Fonte: Catálogos de PHILIPS

Tabela – Principais características das lâmpadas vapor metálico, halógenas e sódio de baixa pressão (pg. 55)

Tipo de lâmpada	Potência (W)	Fluxo luminoso (lumens)	Tensão (V)	Corrente (A)
Vapor metálico	400	28.500	125	3,40
	400	32.500	125	3,40
	1.000	90.000	130	8,25
	2.000	185.000	135	16,50
	2.000	182.000	240	8,60
Halógenas	300	5.100	220	1,40
	500	10.000	115	4,30
	500	9.000	220	2,30
	1.000	22.000	220	4,60
	2.000	44.000	220	9,10
	500	10.000	220	2,30
	1.000	24.000	220	4,60
Sódio de baixa pressão	35	4.8000	70	0,60
	55	8.000	109	0,59
	90	13.500	112	0,94
	135	22.500	164	0,95
	180	33.000	240	0,91

Fonte: Catálogos de PHILIPS

2 Divisão da instalação em circuitos (pg. 65)

2.1 Circuitos elétricos

(a) Definição: circuito elétrico é o conjunto de equipamentos e condutores, ligados ao mesmo dispositivo de proteção.

(b) Tipos de circuitos:

- Circuito de distribuição principal (alimentador);
- Circuito de distribuição (secundário, terciário);
- Circuitos terminal (circuito ligado ao equipamento, último circuito da instalação).

2 Divisão da instalação em circuitos

2.1 Circuitos elétricos: tipos de circuito

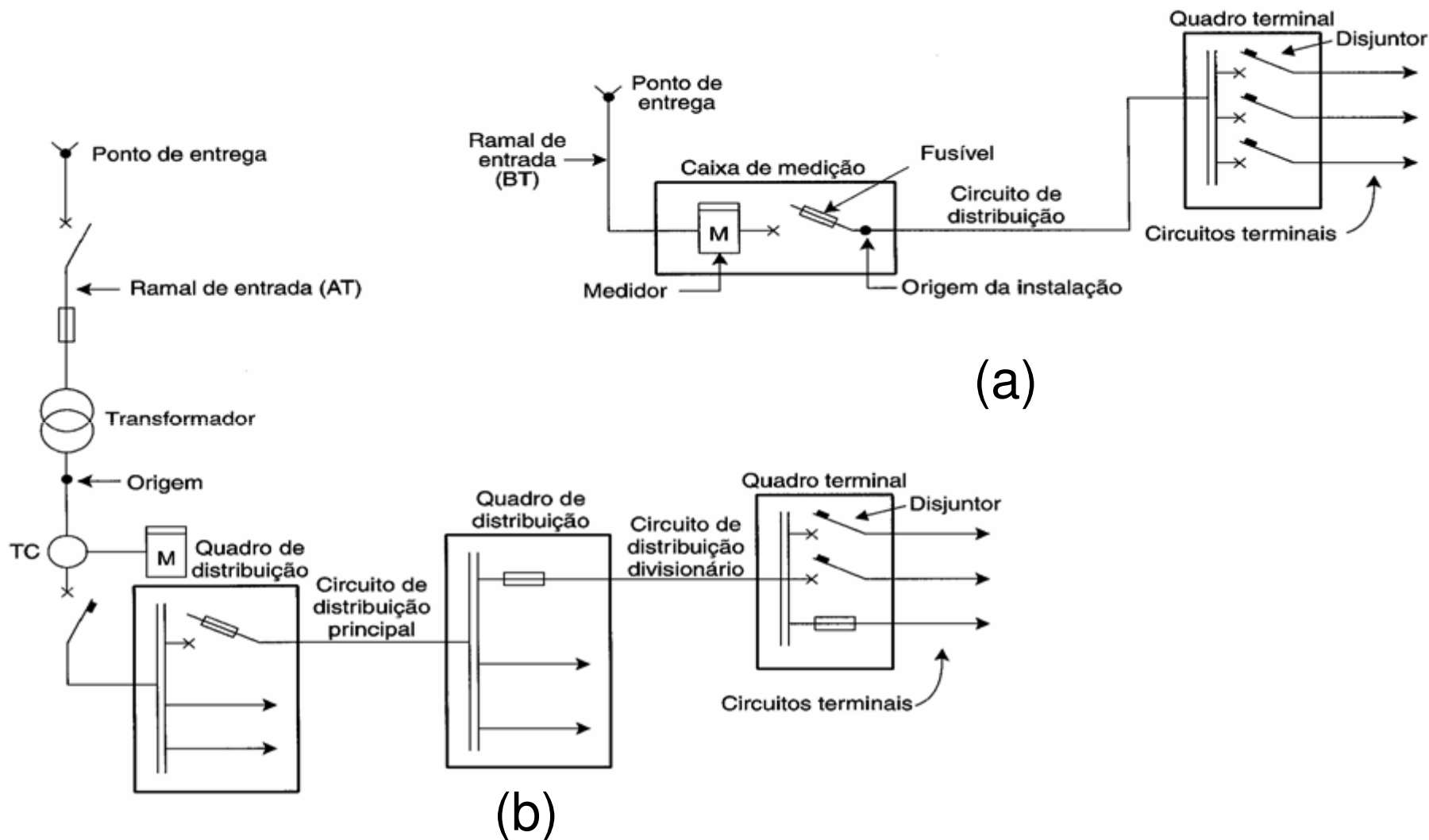


Figura – Esquemas típicos de instalações com alimentação por rede pública em: (a) baixa tensão - BT; e, (b) alta tensão - AT.

2 Divisão da instalação em circuitos

2.1 Circuitos elétricos: tipos de circuito

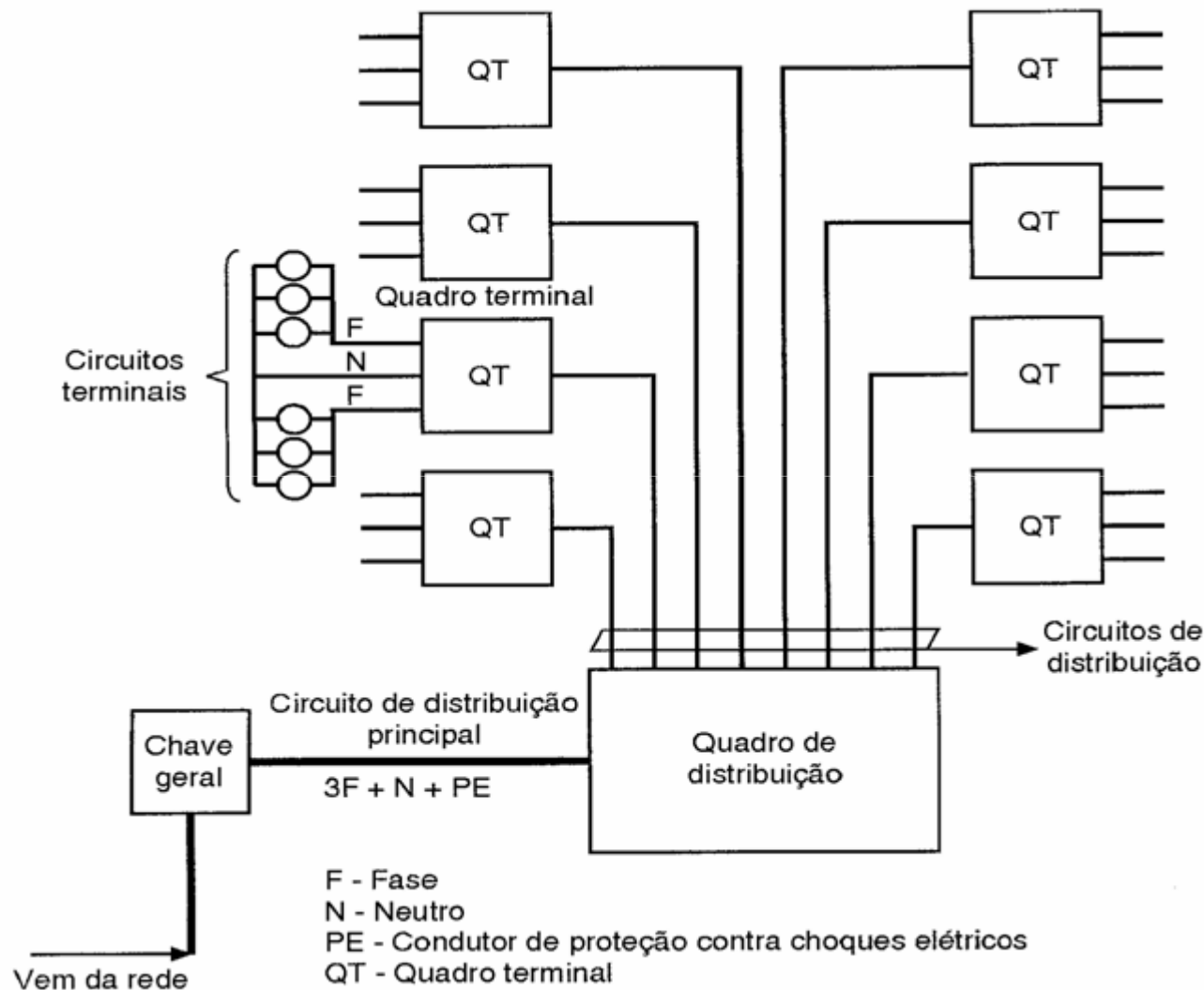


Figura – Diagrama básico de instalação de um edifício residencial ou comercial

2 Divisão da instalação em circuitos (pg. 69)

2.1 Circuitos elétricos: tipos de circuito

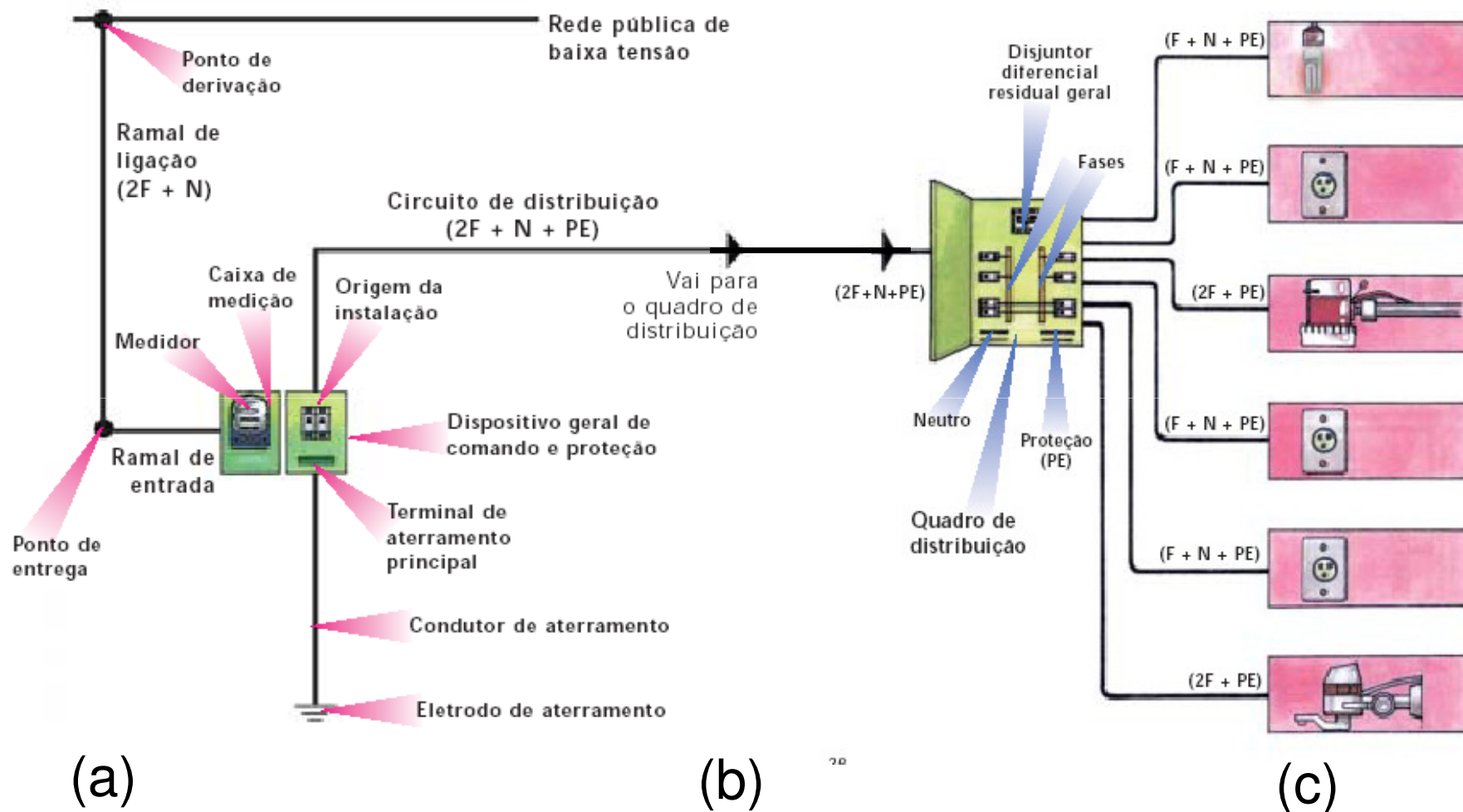


Figura – (a) Entrada de serviço; (b) Circuito de distribuição principal (alimentador); e, (c) Circuitos terminais.

2 Divisão da instalação em circuitos

2.1 Circuitos elétricos

(c) Motivo da divisão das cargas em circuitos elétricos:

- Facilita a operação e a manutenção da instalação;
- Diminui a queda de tensão;
- A corrente nominal é menor, proporcionando condutores e dispositivos de proteção de menor seção e capacidade nominal;
- Facilita a passagem dos condutores nos eletrodos e as ligações dos mesmos aos terminais dos aparelhos de utilização (interruptores, tomadas e aparelhos).

2 Divisão da instalação em circuitos (pg. 66)

2.1 Circuitos elétricos

(d) Objetivos da divisão das cargas de uma instalação em circuitos:

- Limitar as conseqüências de uma falta, a qual provocará apenas o desligamento do circuito defeituoso;
- Facilitar as verificações, os ensaios e a manutenção;
- Evitar os perigos que possam resultar da falha de um circuito único, como no caso da iluminação.

2 Divisão da instalação em circuitos (pg. 62)

2.2 Quadro de distribuição (QD) ou quadro de luz (QL)

(a) Definição: O quadro de distribuição ou quadro de luz é o local onde se concentra a distribuição de toda a instalação elétrica, ou seja:

- Onde se instalam os dispositivos de proteção dos circuitos;
- Recebe os condutores (ramal de alimentação) que vêm do medidor ou centro de medição;
- Onde partem os circuitos terminais que irão alimentar as diversas cargas da instalação (lâmpadas, tomadas, chuveiros, torneira elétrica, condicionador de ar, etc.).

2 Divisão da instalação em circuitos (pg. 66)

2.2 Quadro de distribuição (QD) ou quadro de luz (QL)

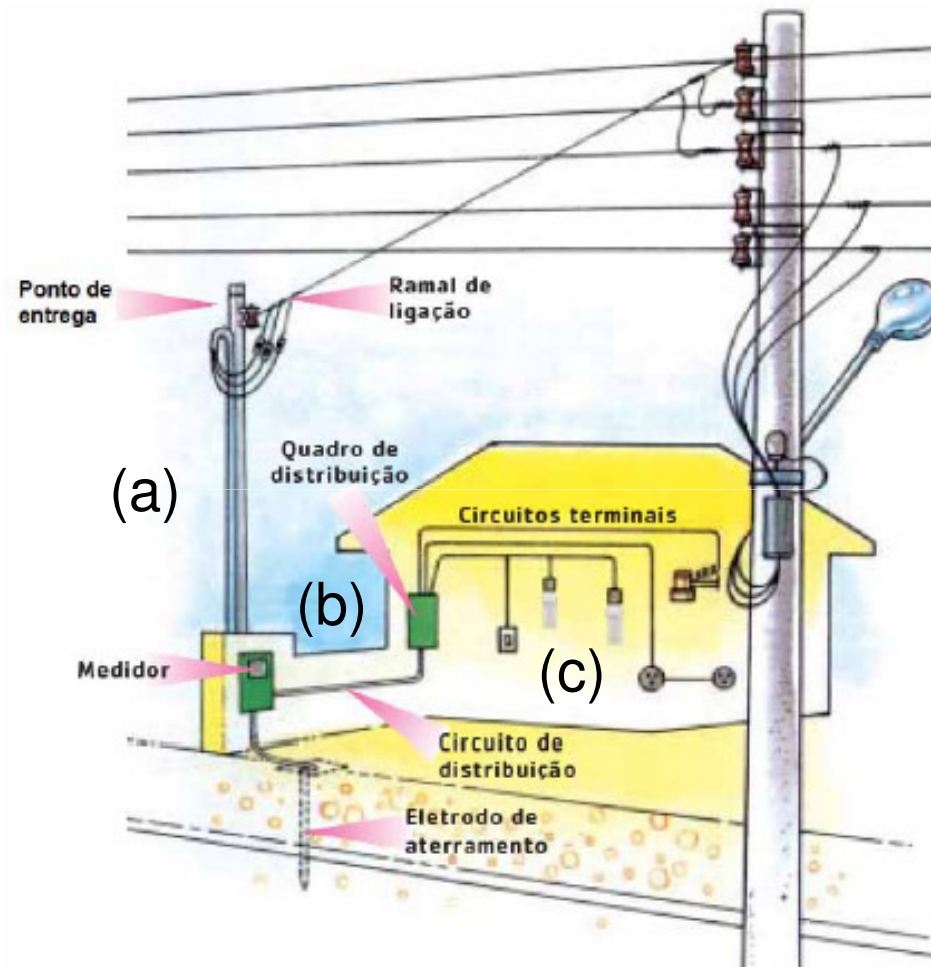


Figura – (a) Entrada de serviço; (b) Circuito de distribuição principal (alimentador); e, (c) Circuitos terminais.

2 Divisão da instalação em circuitos (pg. 69)

2.2 Quadro de distribuição (QD) ou quadro de luz (QL)

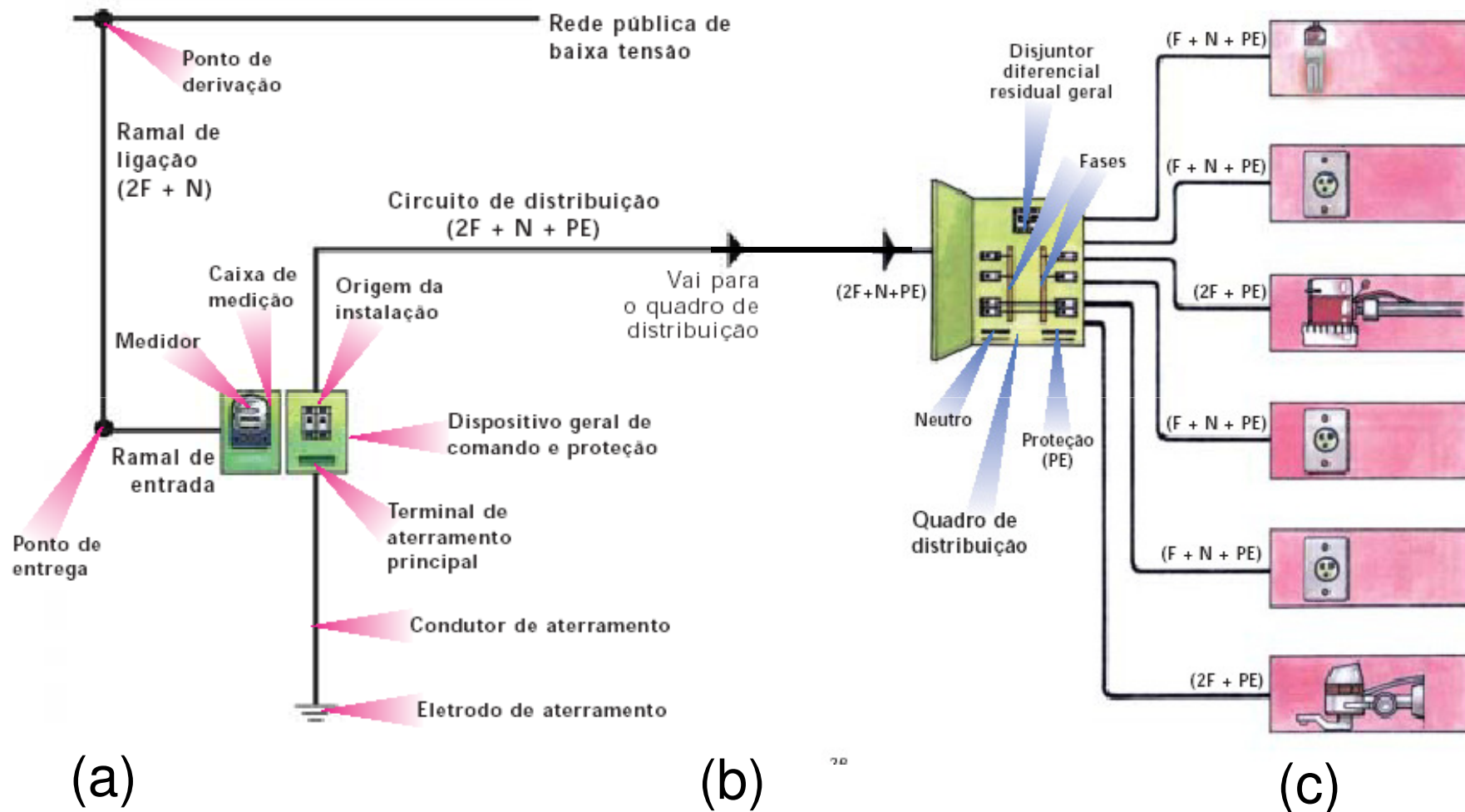


Figura – (a) Entrada de serviço; (b) Circuito de distribuição principal (alimentador); e, (c) Circuitos terminais.

2 Divisão da instalação em circuitos (pg. 62)

2.2 Quadro de distribuição (QD) ou quadro de luz (QL)

(b) Constituição do quadro: As partes componentes de um quadro de distribuição (DQ) ou quadro de luz (QL) são:

- Disjuntor Geral;
- Barramentos de instalação das fases;
- Disjuntores dos circuitos terminais;
- Barramento de neutro;
- Barramento de proteção (terra);
- Estrutura: composta de caixa metálica, chapa de montagem dos componentes, isoladores, Tampa (espelho) e sobretampa.

2 Divisão da instalação em circuitos (pg. 62)

2.2 Quadro de distribuição (QD) ou quadro de luz (QL)

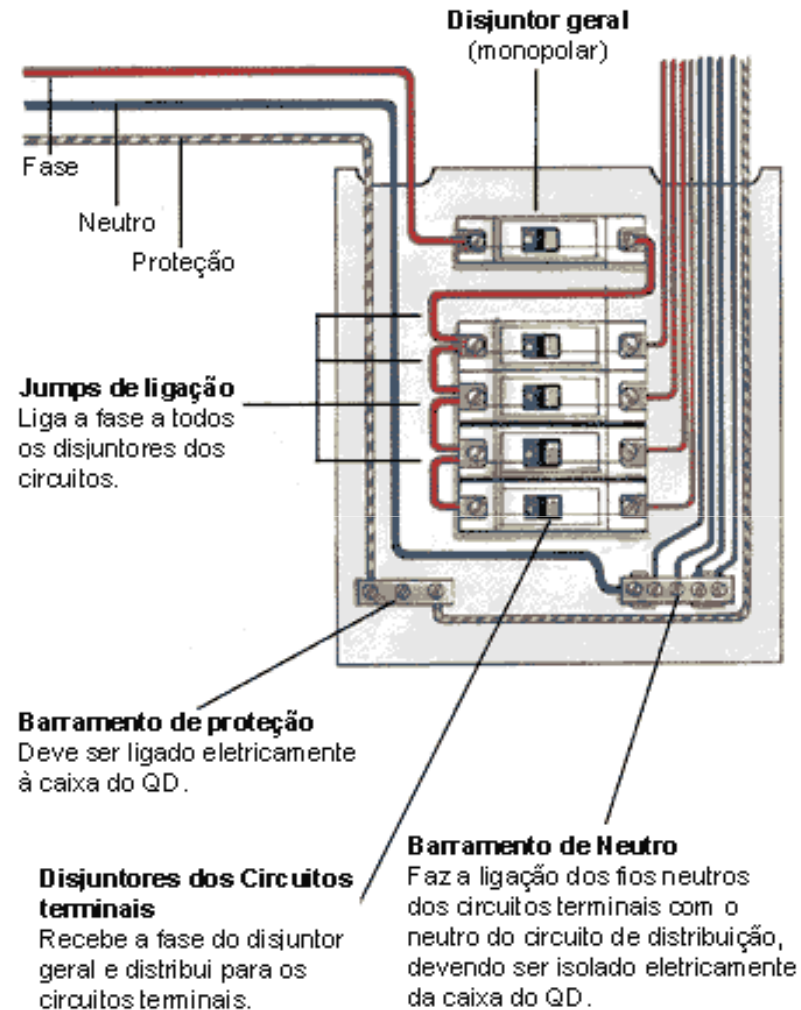


Figura – As partes componentes de um quadro de distribuição (DQ) ou quadro de luz (QL).

2 Divisão da instalação em circuitos (pg. 62)

2.2 Quadro de distribuição (QD) ou quadro de luz (QL)

(c) Localização: O quadro de distribuição (QD) ou quadro de luz (QL):

- Locais de fácil acesso: cozinha, área de serviço e corredores;
- O mais próximo possível do medidor;
- Em locais onde haja maior concentração de cargas de potência elevadas;

(d) Tipos de quadros de distribuição quanto à tensão de alimentação:

- Quadro de distribuição monofásico;
- Quadro de distribuição bifásico;
- Quadro de distribuição trifásico.

2.2 Quadro de distribuição (QD) ou quadro de luz (QL)

(c) Localização: O quadro de distribuição (QD)

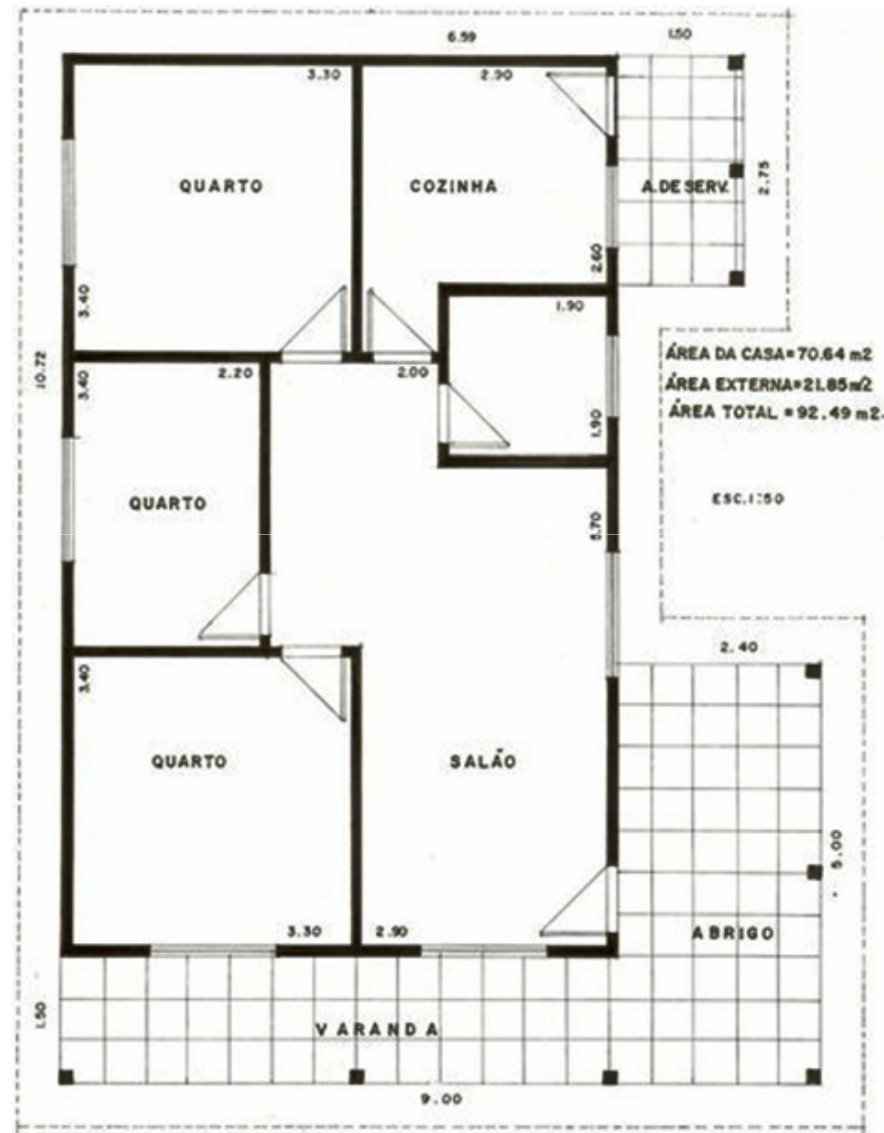


Figura – Localização do quadro de distribuição terminal.

2.2 Quadro de distribuição (QD) ou quadro de luz (QL) (Pg. 63)

(d) Tipos de quadros de distribuição quanto à tensão de alimentação

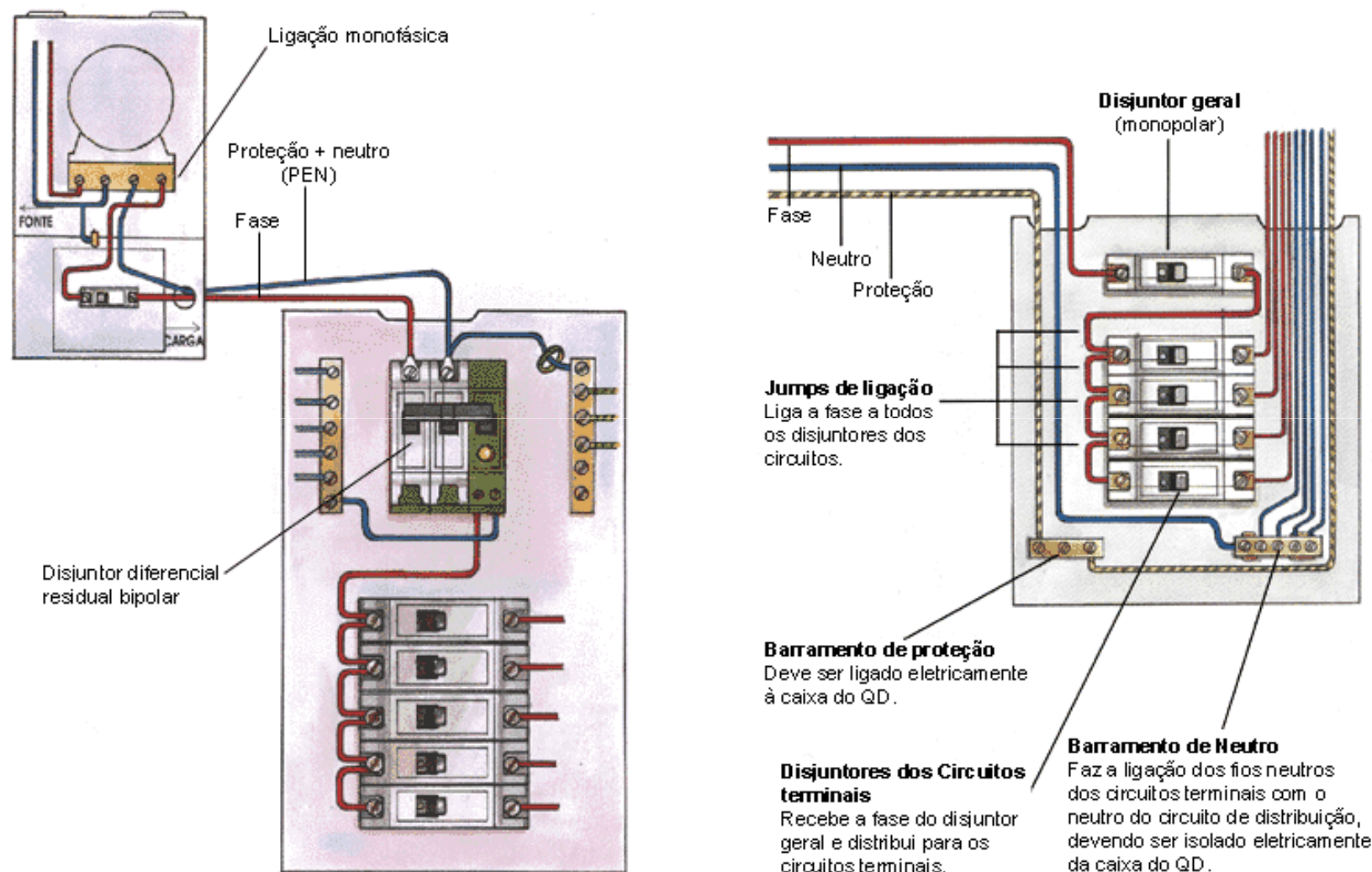


Figura – Quadro de distribuição **monofásico**.

2.2 Quadro de distribuição (QD) ou quadro de luz (QL) (pg. 64)

(d) Tipos de quadros de distribuição quanto à tensão de alimentação

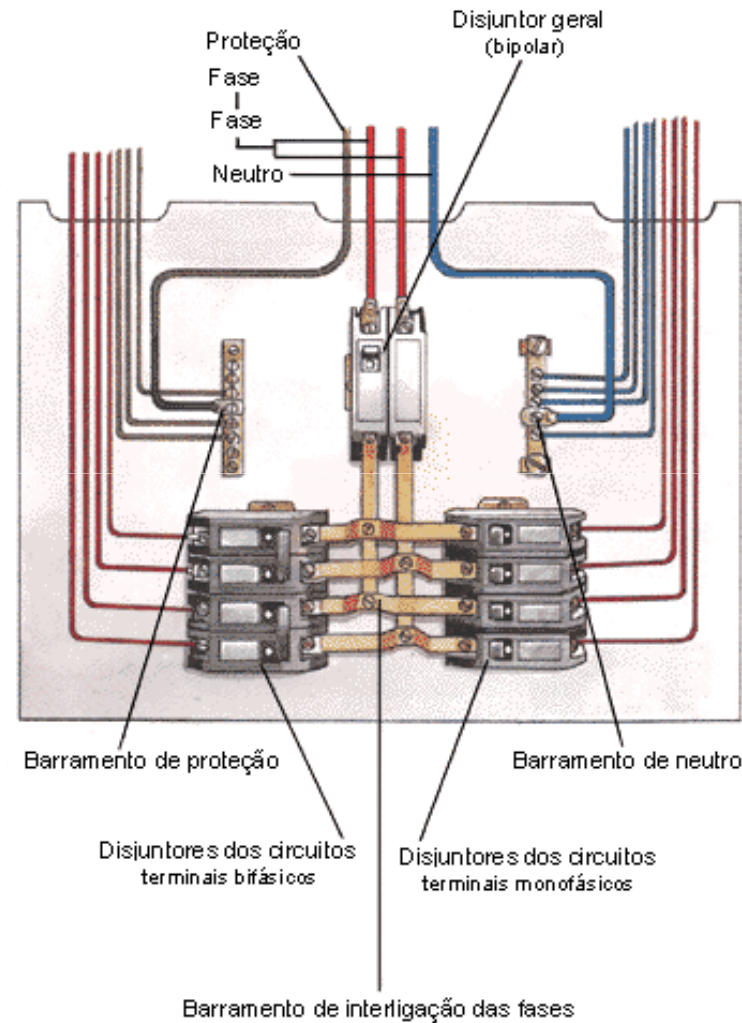


Figura – Quadro de distribuição **bifásico**.

2.2 Quadro de distribuição (QD) ou quadro de luz (QL)

(d) Tipos de quadros de distribuição quanto à tensão de alimentação

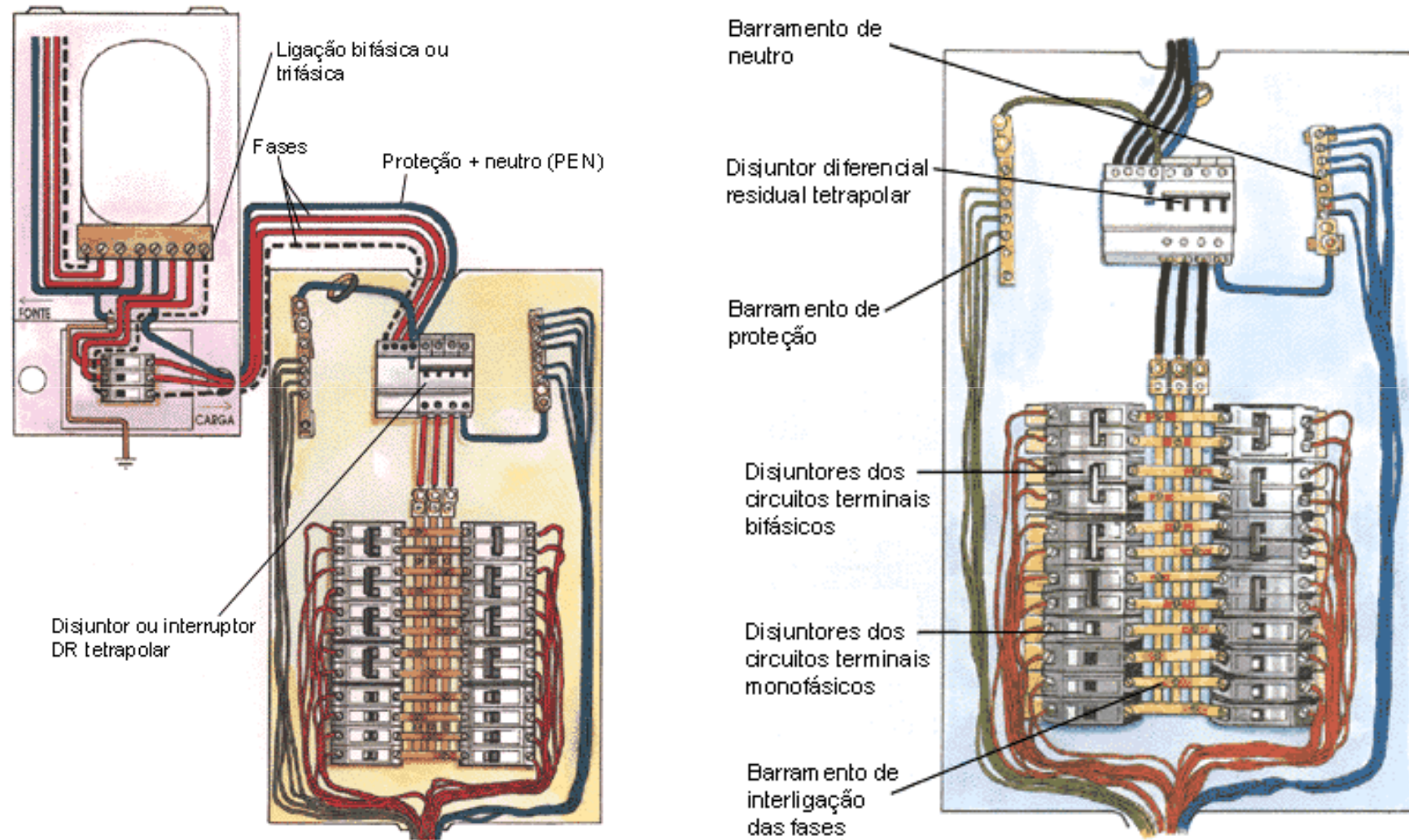


Figura – Quadro de distribuição **trifásico**.

2 Divisão da instalação em circuitos (pg. 64)

2.3 Divisão da instalação em circuitos terminais

- (a) Dispositivo de proteção:** para cada circuito terminal deverá ser previsto um dispositivo de proteção, sendo,
- Instalações residenciais: utilizar disjuntores termomagnéticos (TDM) ou disjuntores diferenciais residuais (DR);
 - Instalações rurais contendo motores: além dos disjuntores, também poderá ser utilizado os fusíveis.

2 Divisão da instalação em circuitos (pg. 64)

2.3 Divisão da instalação em circuitos terminais

Dispositivo de proteção:

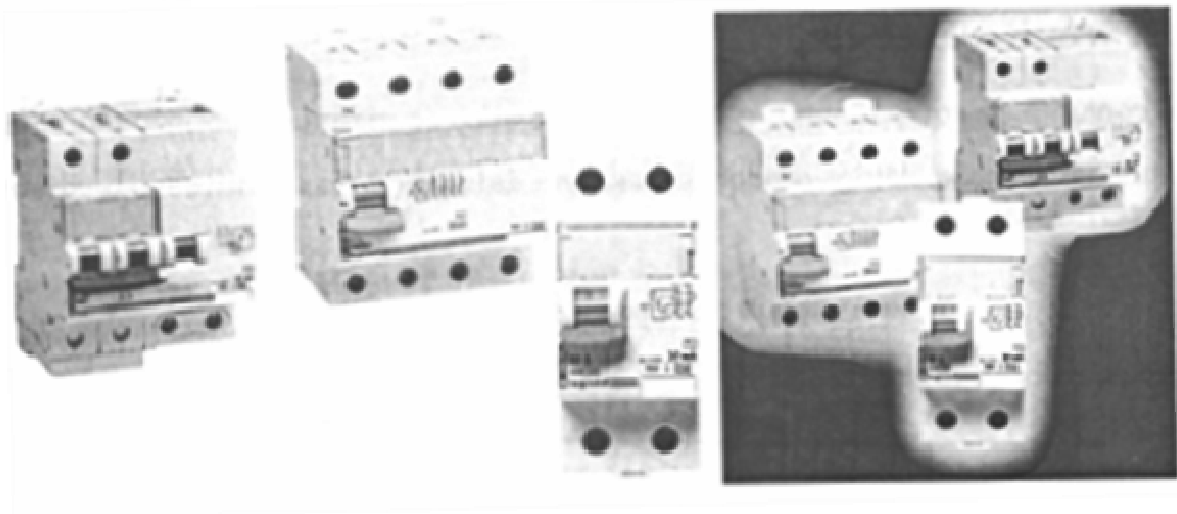


Figura – (a) Disjuntor termomagnético mono, bi e tripolar; e, (b) Disjuntor diferencial residual.

2 Divisão da instalação em circuitos (pg. 41)

2.3 Divisão da instalação em circuitos terminais

(b) Critérios para a divisão dos circuitos terminais

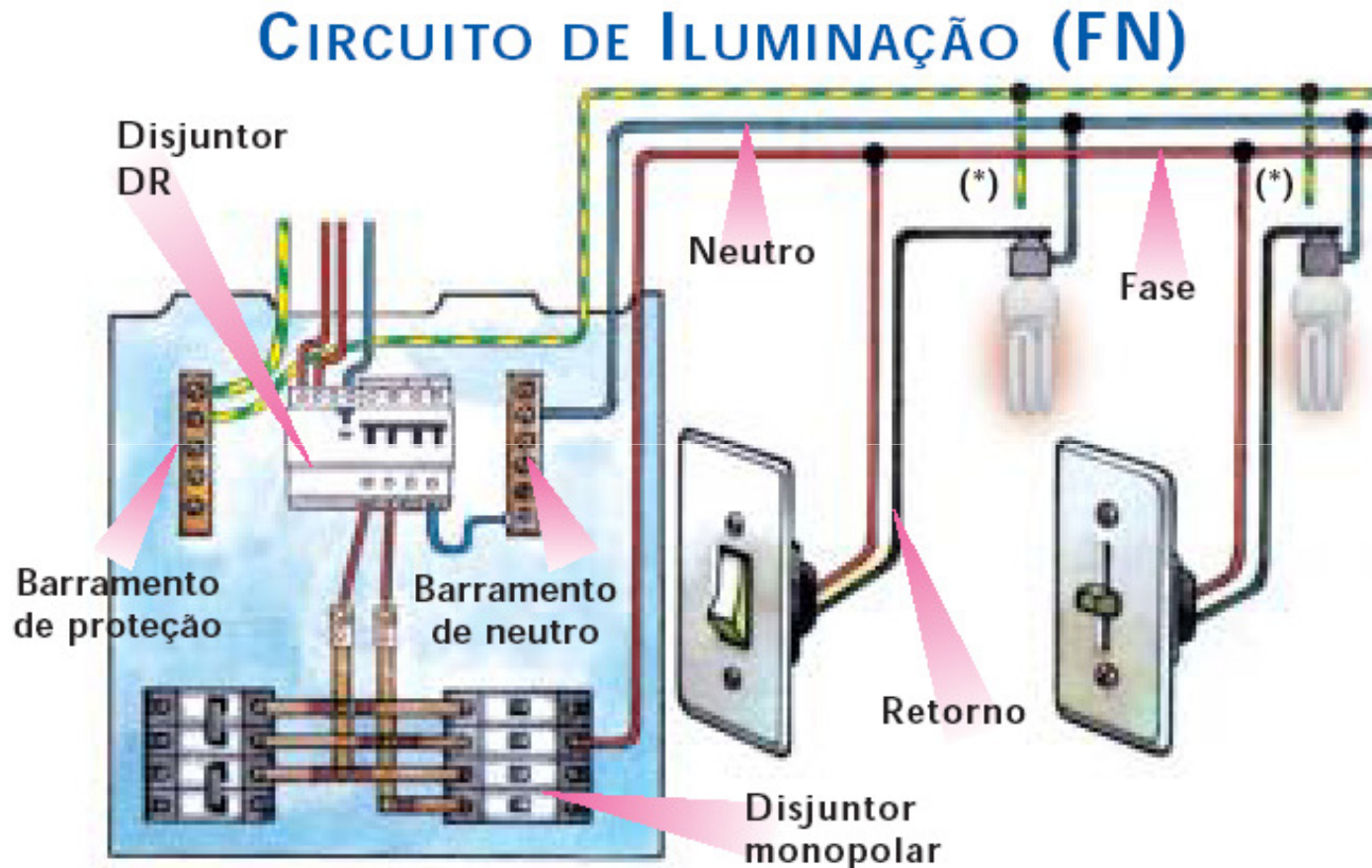
Os circuitos terminais devem ser individualizados pela função dos equipamentos de utilização que alimentam. Assim, devem ser previstos:

- Circuitos terminais distintos para **iluminação** e **tomadas** (cada circuito deve ter um próprio condutor neutro);
- Quando possível prever circuitos individuais para tomadas de uso geral (TUGs) das dependências sociais, cozinha, copa-cozinha e área de serviço;
- Devem ser previstos circuitos independentes para equipamentos de **corrente** nominal **superior** a **10 A**;

- Limitar a potencia nominal máxima dos circuitos em **1.200 VA** para a tensão **127 V** e **2.200 VA** em **220 V**, exceto os circuitos exclusivos das TUEs;
- Circuitos exclusivos para cada tomada de uso específico (TUE);
- Nas instalações alimentadas com duas ou três fases, as cargas devem ser distribuídas entre as fases, de modo a obter-se o maior equilíbrio possível;
- **Residências** devem apresentar no mínimo **um circuito** para cada **60 m²** ou fração e **escritórios ou lojas** no mínimo **um circuito** para cada **50 m²** ou fração.

2 Divisão da instalação em circuitos (pg. 67)

2.3 Divisão da instalação em circuitos terminais



* se possível, ligar o condutor de proteção (terra) à carcaça da luminária.

Figura – Circuito terminal de iluminação.

2 Divisão da instalação em circuitos

2.3 Divisão da instalação em circuitos terminais

CIRCUITO DE ILUMINAÇÃO EXTERNA (FN)

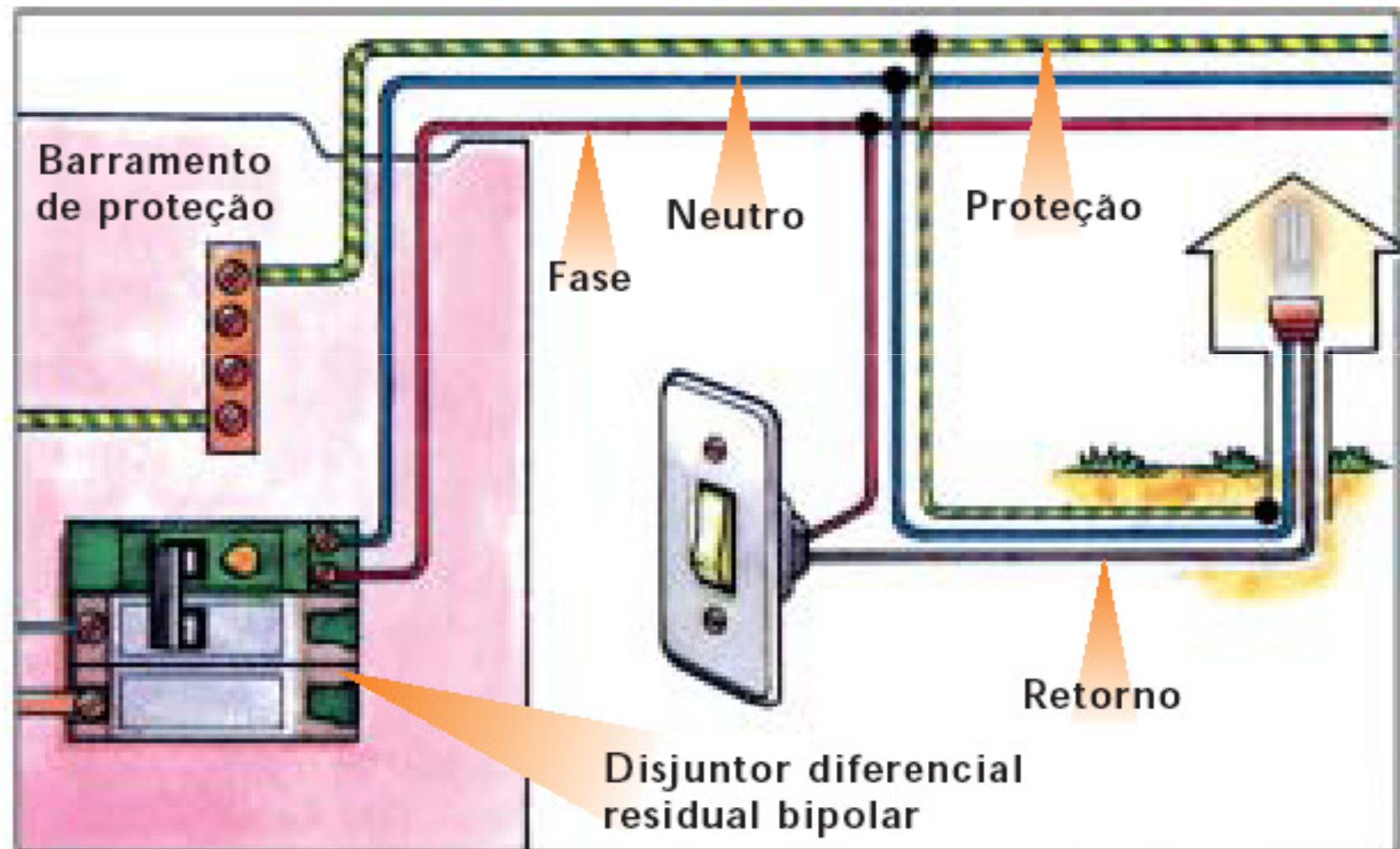


Figura – Circuito terminal de iluminação externa.

2 Divisão da instalação em circuitos (pg. 67)

2.3 Divisão da instalação em circuitos terminais

CIRCUITO DE TOMADAS DE USO GERAL (FN)

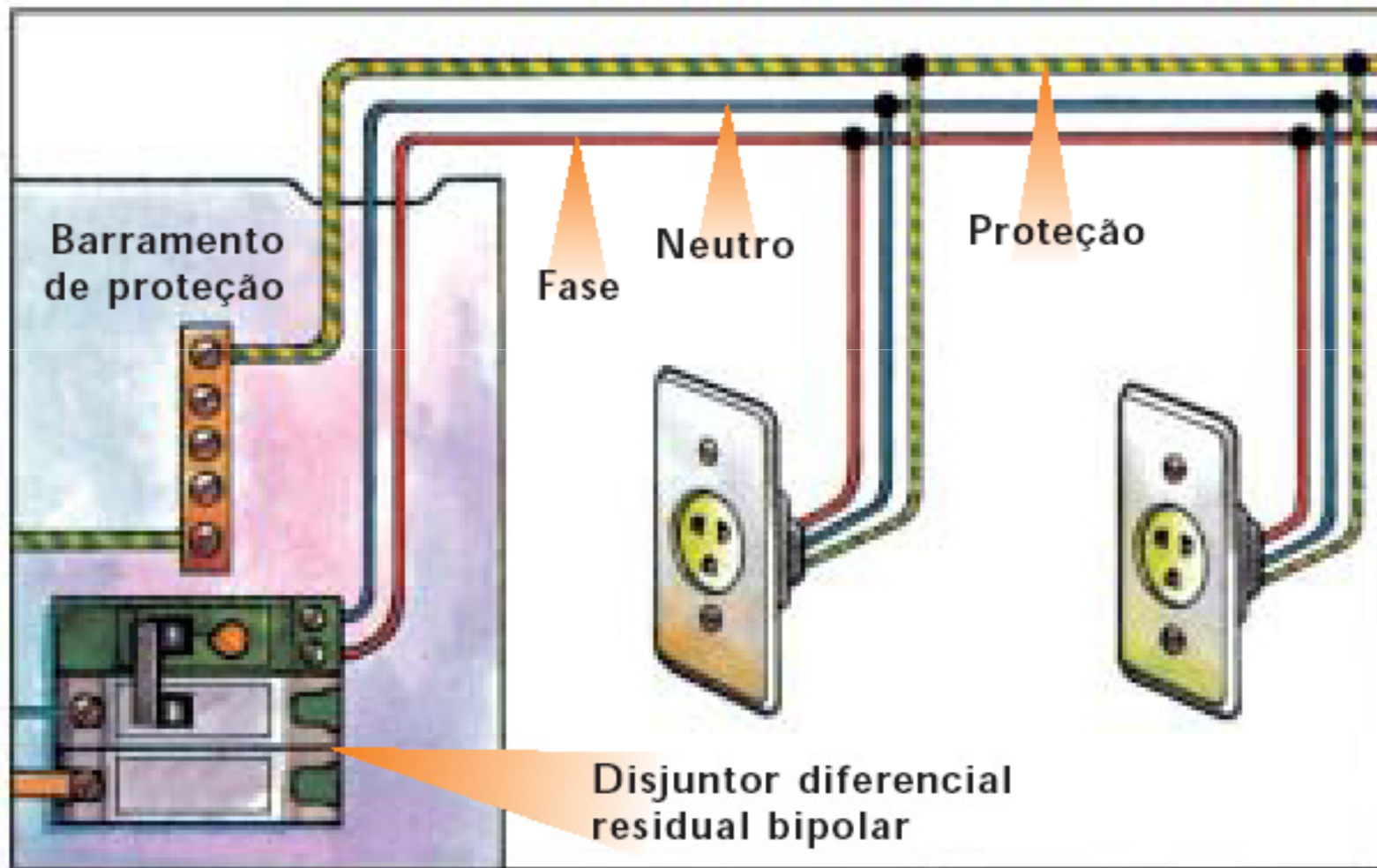


Figura – Circuito terminal tomadas de uso geral: ligação FN.

2 Divisão da instalação em circuitos

2.3 Divisão da instalação em circuitos terminais

CIRCUITO DE TOMADA DE USO ESPECÍFICO (FN)

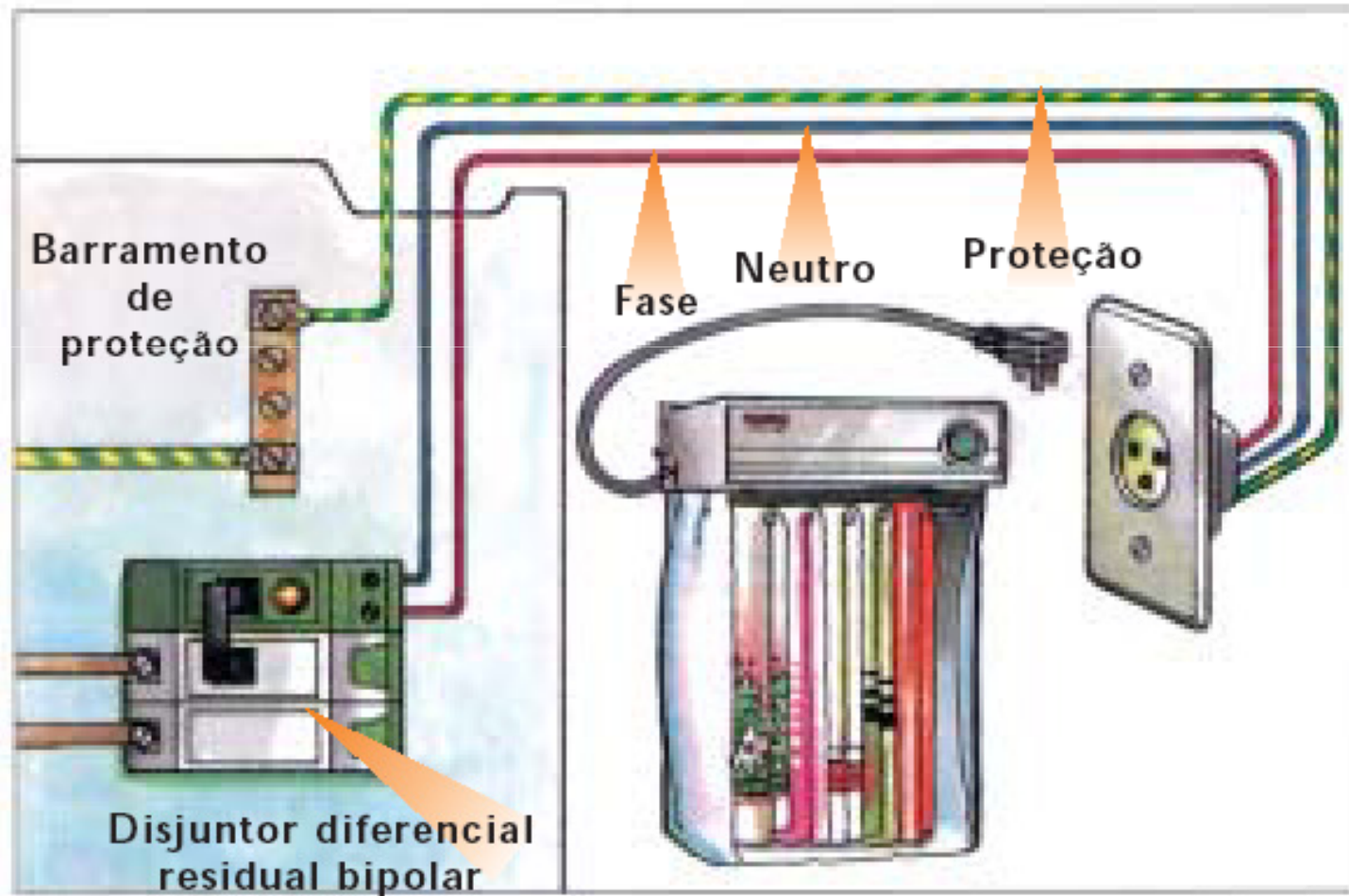


Figura – Circuito terminal tomadas de uso específicos: ligação FN.

2 Divisão da instalação em circuitos (pg. 68)

2.3 Divisão da instalação em circuitos terminais

CIRCUITO DE TOMADA DE USO ESPECÍFICO (FF)

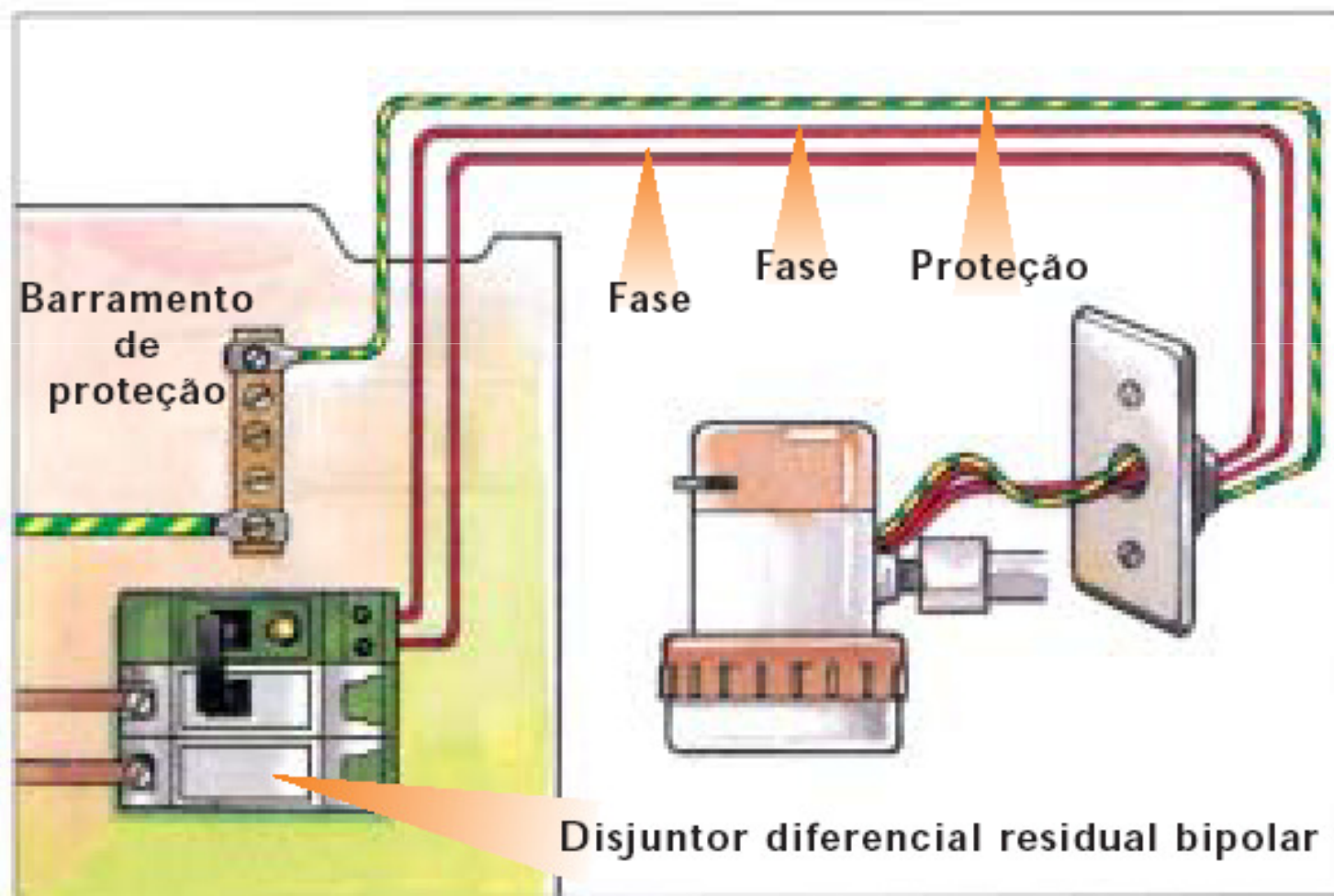


Figura – Circuito terminal tomadas de uso específico: ligação FF.

2 Divisão da instalação em circuitos (pg. 68)

2.3 Divisão da instalação em circuitos terminais

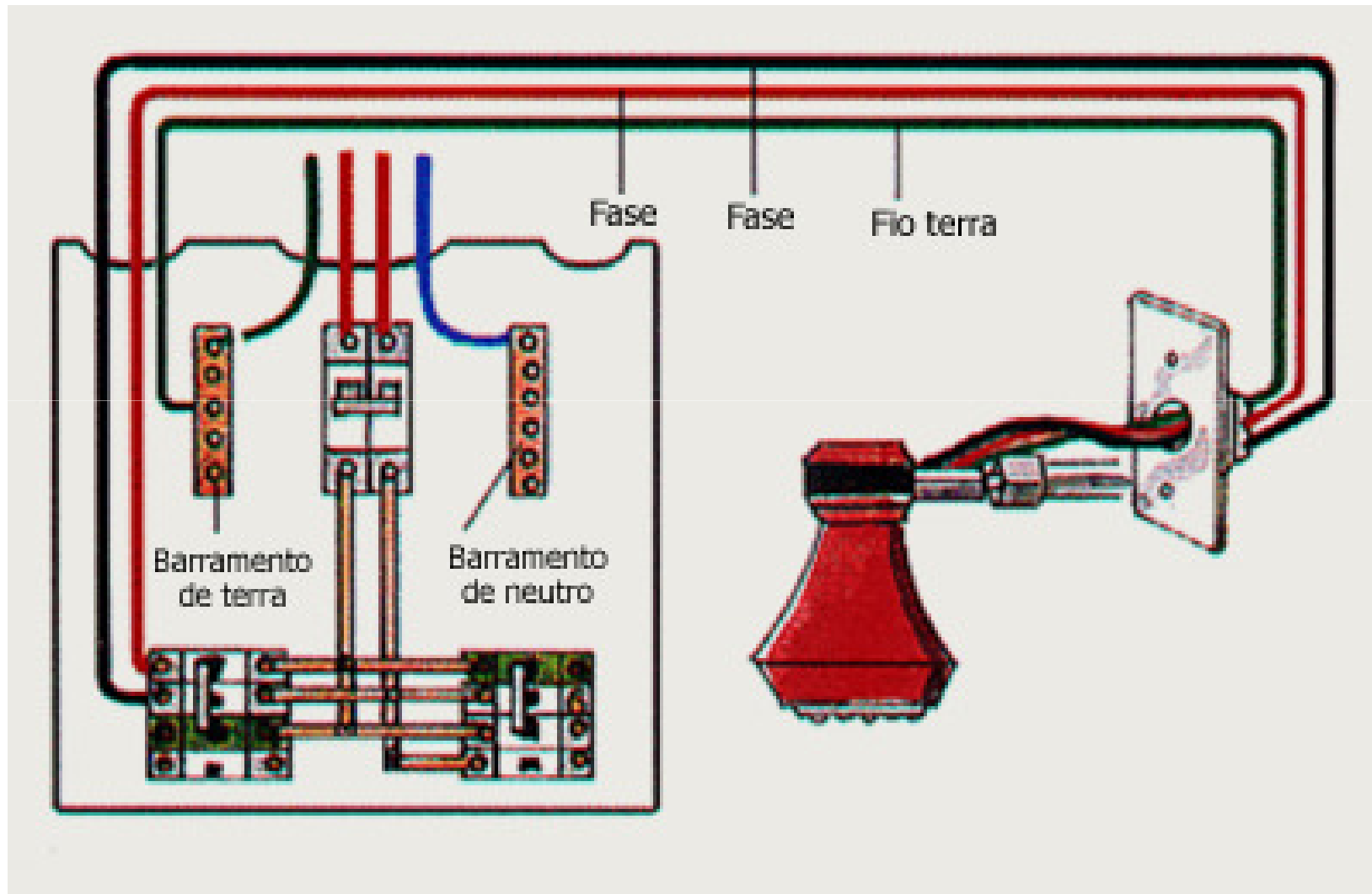


Figura – Circuito terminal tomadas de uso específico: ligação FF.

2 Divisão da instalação em circuitos (pg. 68)

2.3 Divisão da instalação em circuitos terminais

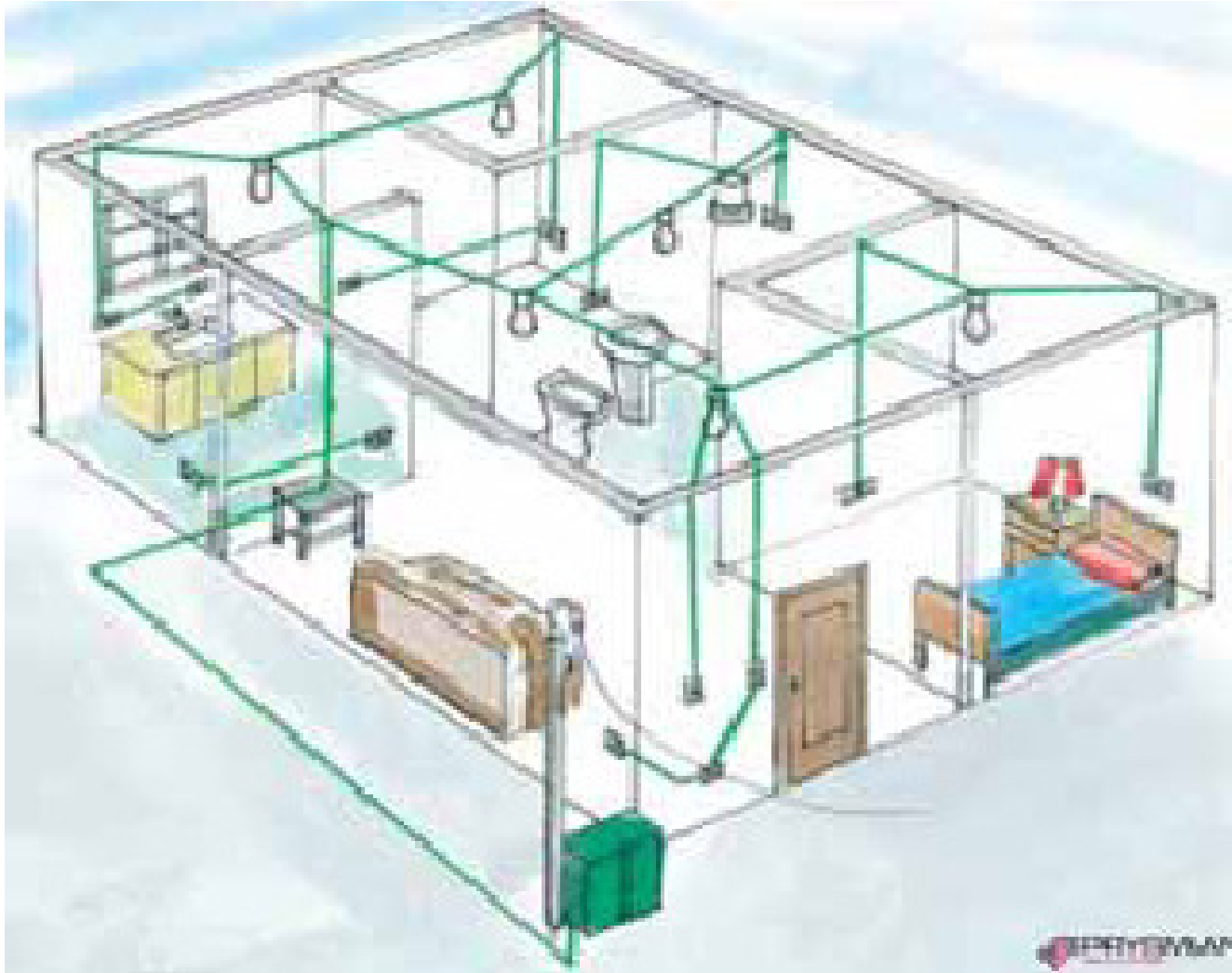


Figura – Perspectiva isométrica contendo os circuitos dentro de uma residência.

2 Divisão da instalação em circuitos (pg. 68)

2.3 Divisão da instalação em circuitos terminais

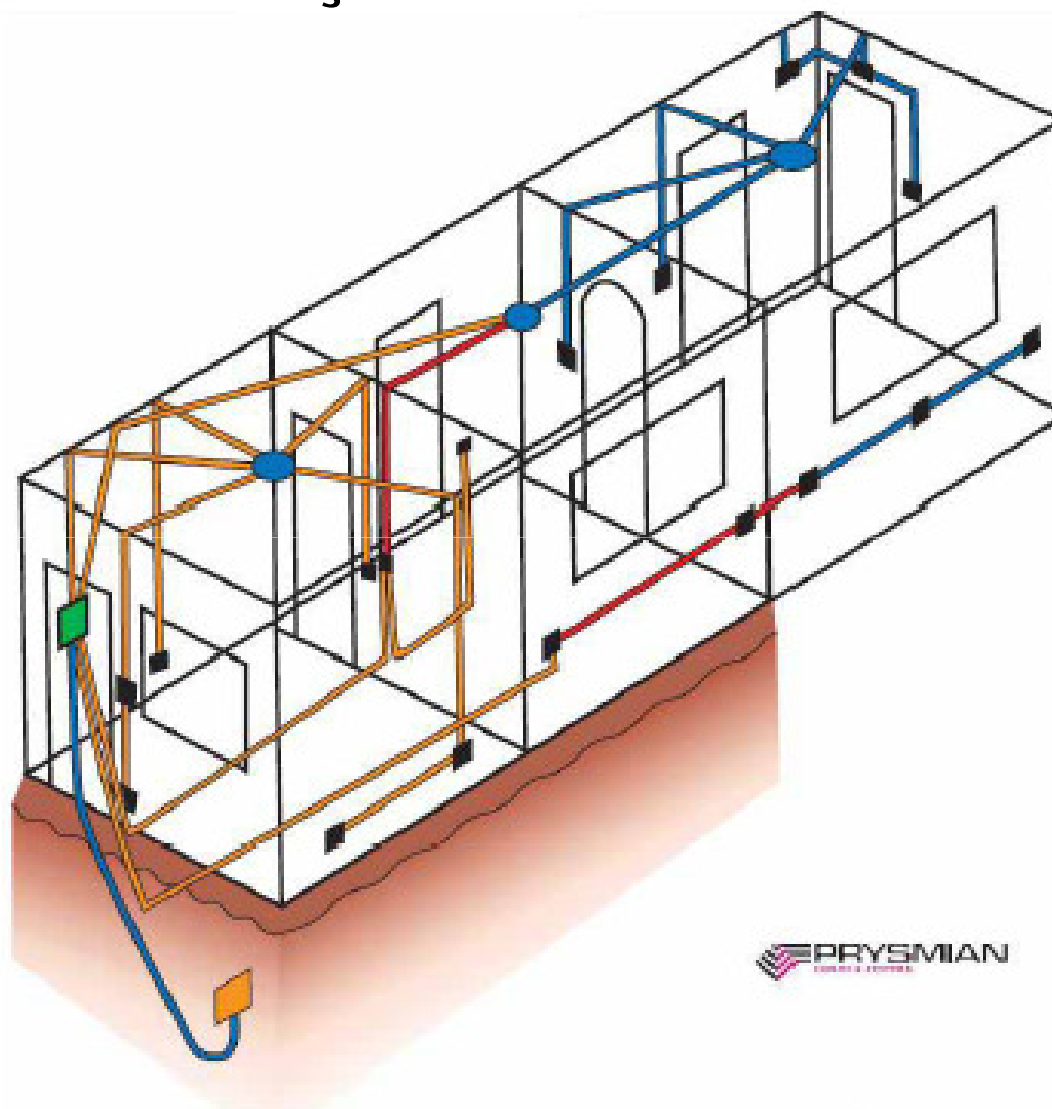


Figura – Perspectiva isométrica contendo os circuitos dentro de uma residência.

2 Divisão da instalação em circuitos (pg. 70)

2.4 Quadro de distribuição de cargas

Dados encontrados dentro de um quadro de cargas

- Número e tipo de circuito;
- Tensão;
- Potência nominal;
- Correntes: de projeto e corrigida;
- Dimensionamento: dos condutores e das proteções; e
- Distribuição das cargas por fases.

2 Divisão da instalação em circuitos (pg. 70)

2.4 Quadro de distribuição de cargas: quadro preliminar

Circuito		Tensão (V)	Local	Potência		Corrente (A)	nº de circuitos agrupados	Seção dos condutores (mm²)	Proteção		
nº	Tipos			Quantidade e potência (VA)	Total (VA)				Tipos	nº de polos	Corrente nominal
1	Ilum. social	127	Sala Dorm. 1 Dorm. 2 Banheiro Hall	1 x 100 1 x 160 1 x 160 1 x 100 1 x 100	620						
2	Ilum. serviço	127	Copa Cozinha A. serviço A. externa	1 x 100 1 x 160 1 x 100 1 x 100	460						
3	TUG's	127	Sala Dorm. 1 Hall	4 x 100 4 x 100 1 x 100	900						
4	TUG's	127	Banheiro Dorm. 2	1 x 600 4 x 100	1000						
5	TUG's	127	Copa	2 x 600	1200						
6	TUG's	127	Copa	1 x 100 1 x 600	700						
7	TUG's	127	Cozinha	2 x 600	1200						
8	TUG's + TUE's	127	Cozinha	1 x 100 1 x 600 1 x 500	1200						
9	TUG's	127	A. serviço	2 x 600	1200						
10	TUE's	127	A. serviço	1 x 1000	1000						
11	TUE's	220	Chuveiro	1 x 5600	5600						
12	TUE's	220	Torneira	1 x 5000	5000						
Distribuição		220	Quadro de distribuição Quadro de medidor								

Figura – Quadro de distribuição de cargas preliminar.

2 Divisão da instalação em circuitos (pg. 70)

2.4 Quadro de distribuição de cargas: definitivo

Circuito		Tensão (V)	Local	Potência		In (A)	f	Corr. Corrigida (A)	Seção de Cond. (mm²)	Proteção			Fases		
Nº	Tipo			Qtde x Pot.(VA)	Total (VA)					Tipo	Nº de Polos	In (A)	R	S	T
1	Ilum.	127	Cozinha Jantar Lavabo Jardim, Fach. Dispensa Projektor	8x20 1x100 4x60 2x50D 2x60 2x100 1x60 2x40 1x200	1260	9,9	0,8	12,4	2,5	DTM	1	15	1260		
2	Ilum.	127	Hall Bar Estar/ Social	1x100 3x60 2x50D 4x100 2x60	900	7,1	0,7	10,2	1,5	DTM	1	10		900	
3	Ilum.	127	Quarto 1 Escada J. Inverno BWC-1 Circulação Sotão	2x100 1x100 1x50 2x60 2x60 1x100 4x60 1x100	1040	8,2	0,65	12,6	1,5	DTM	1	15			1040
4	Ilum.	127	Quarto 2 Vestibário Suíte BWC-3 Arand. (ext)	2x60 1x100 2x100 1x60 4x60 2x60	840	6,6	0,65	10,2	1,5	DTM	1	10		840	
5	TUG's	127	Copa Cozinha	2x600 1x100	1300	10,2	0,7	14,6	2,5	DTM	1	15	1300		
6	TUG's	127	Copa/Coz. Dispensa	1x600 3x100 1x100	1000	7,9	0,7	11,3	2,5	DTM	1	15		1000	
7	TUG's	127	Quarto 2 Bar Estar/Social Jantar Lavabo Jardim/Fach. Hall	4x100 1x100 3x100 3x100 1x600 1x100 1x100	1900	15,0	0,8	18,8	2,5	DTM	1	20			1900
8	TUG's	127	Quarto 1 Sotão BWC-1 Circulação	4x100 1x100 1x600 1x100	1200	9,5	0,65	14,6	2,5	DTM	1	15	1200		
9	TUG's	127	Suíte Vestibário BWC-3	5x100 1x100 1x600	1200	9,5	0,65	14,6	2,5	DTM	1	15			1200
10	TUE's	220	Coz. (TE)	1x3200	3200	14,5	0,7	20,7	4,0	DTM	2	20	1600		1600
11	TUE's	220	BWC-1 (CH)	1x4400	4400	20	0,7	28,6	4,0	DTM	2	25	2200	2200	
12	TUE's	220	BWC-2 (CH)	1x4400	4400	20	0,7	28,6	4,0	DTM	2	25		2200	2200
13	TUE's	110	BWC-3 (HM)	1x380	350	6,4	0,7	9,2	2,5	DTM	1	10		350	
14	TUE's	127	Coz. (MO)	1x1200	1200	9,5	0,7	13,6	2,5	DTM	1	15			1200
15	TUE's	220	Suíte (AC)	1x3100	3100	14,1	1,0	14,1	2,5	DTM	2	15	1550	1550	
Total					27290					DDR	4	60	9110	9040	9140

Figura – Quadro de distribuição de cargas.

2 Divisão da instalação em circuitos (pg. 71)

2.4 Quadro de distribuição de cargas: esquema multifilar

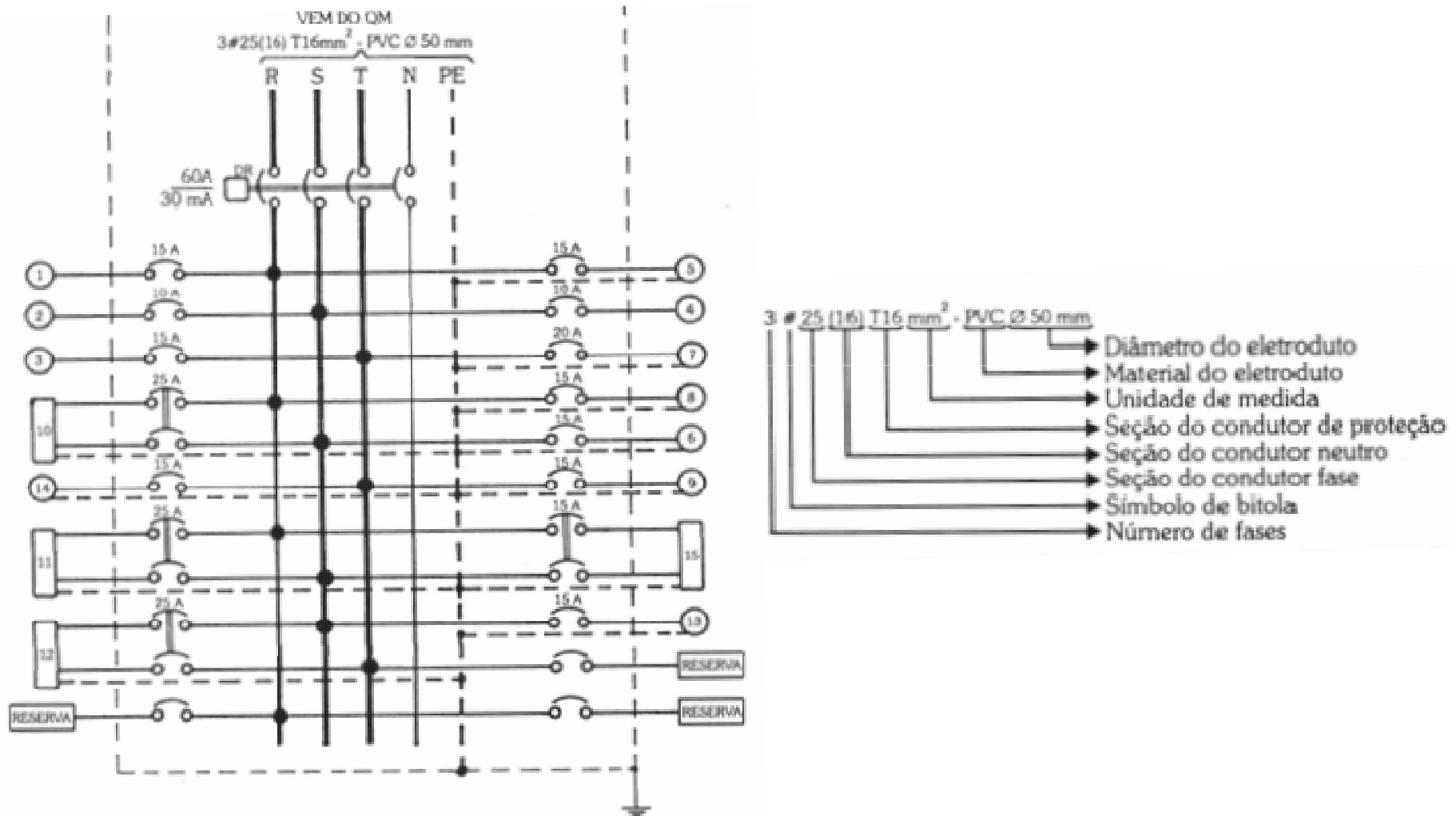


Figura – Esquema multifilar do quadro de cargas.

2 Divisão da instalação em circuitos (pg. 71)

2.4 Quadro de distribuição de cargas: esquema multifilar

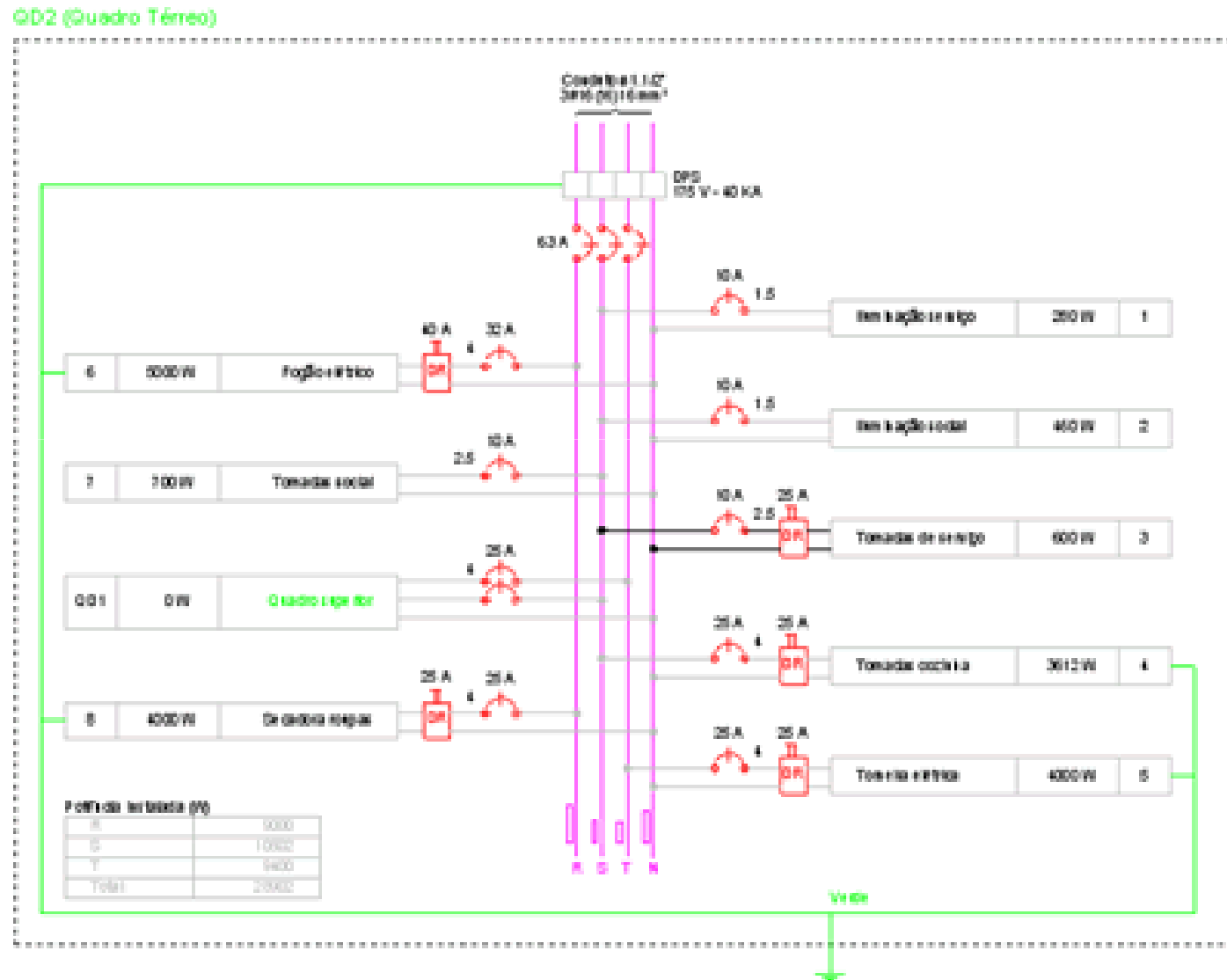


Figura – Esquema multifilar do quadro de cargas.

2 Divisão da instalação em circuitos (pg. 72)

2.4 Quadro de distribuição de cargas: esquema unifilar

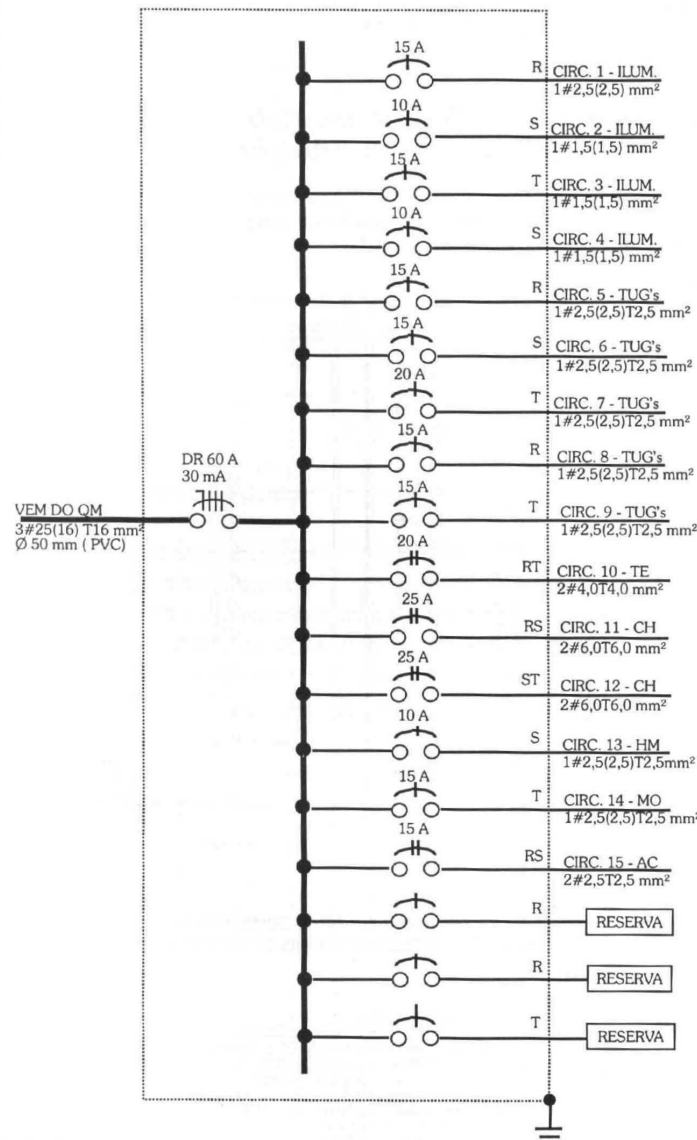


Figura – Esquema unifilar do quadro de cargas.

2 Divisão da instalação em circuitos (pg. 72)

2.4 Quadro de distribuição de cargas: esquema unifilar

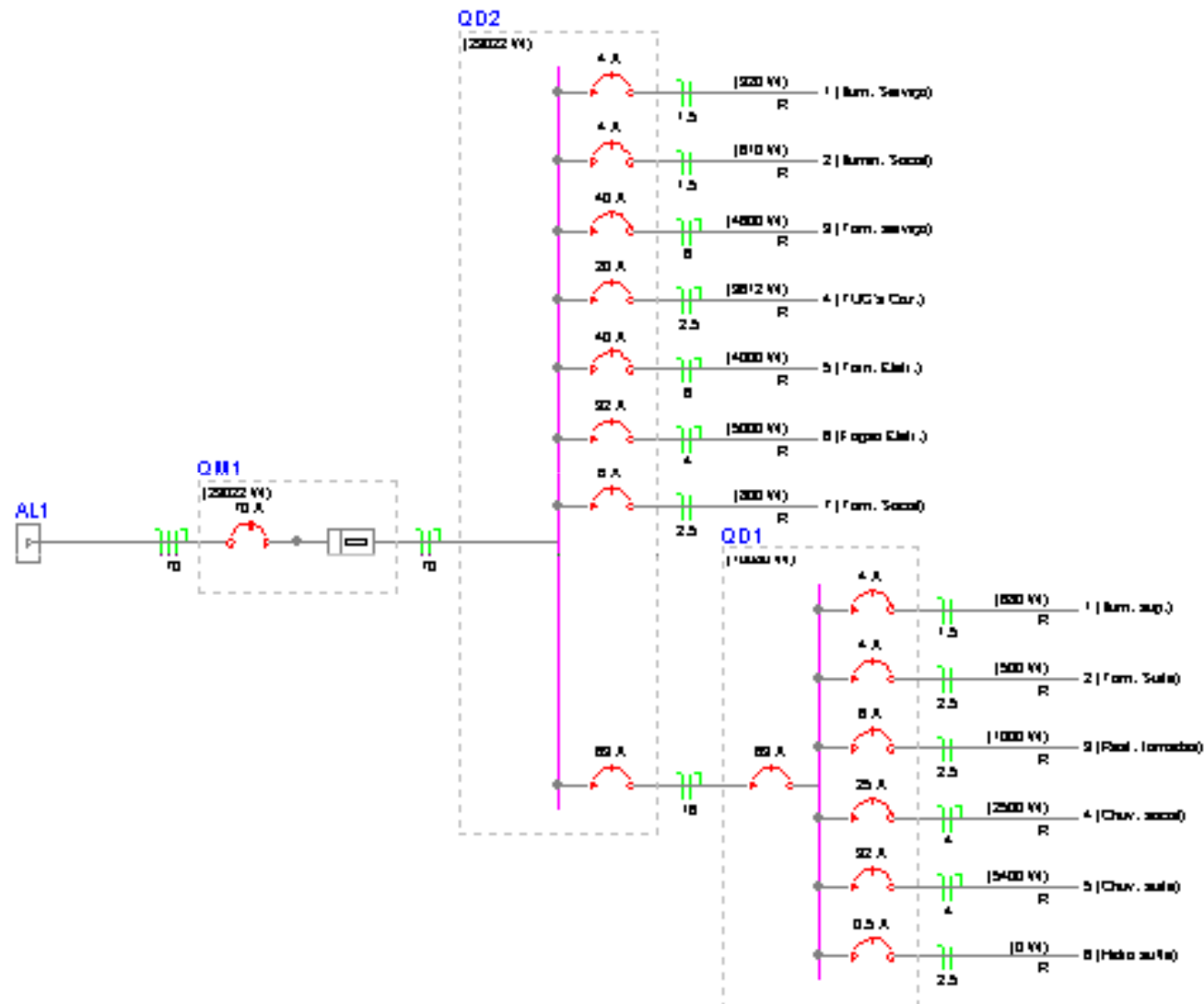


Figura – Esquema unifilar do quadro de cargas.

2 Divisão da instalação em circuitos (pg. 72)

2.4 Quadro de distribuição de cargas: esquema unifilar

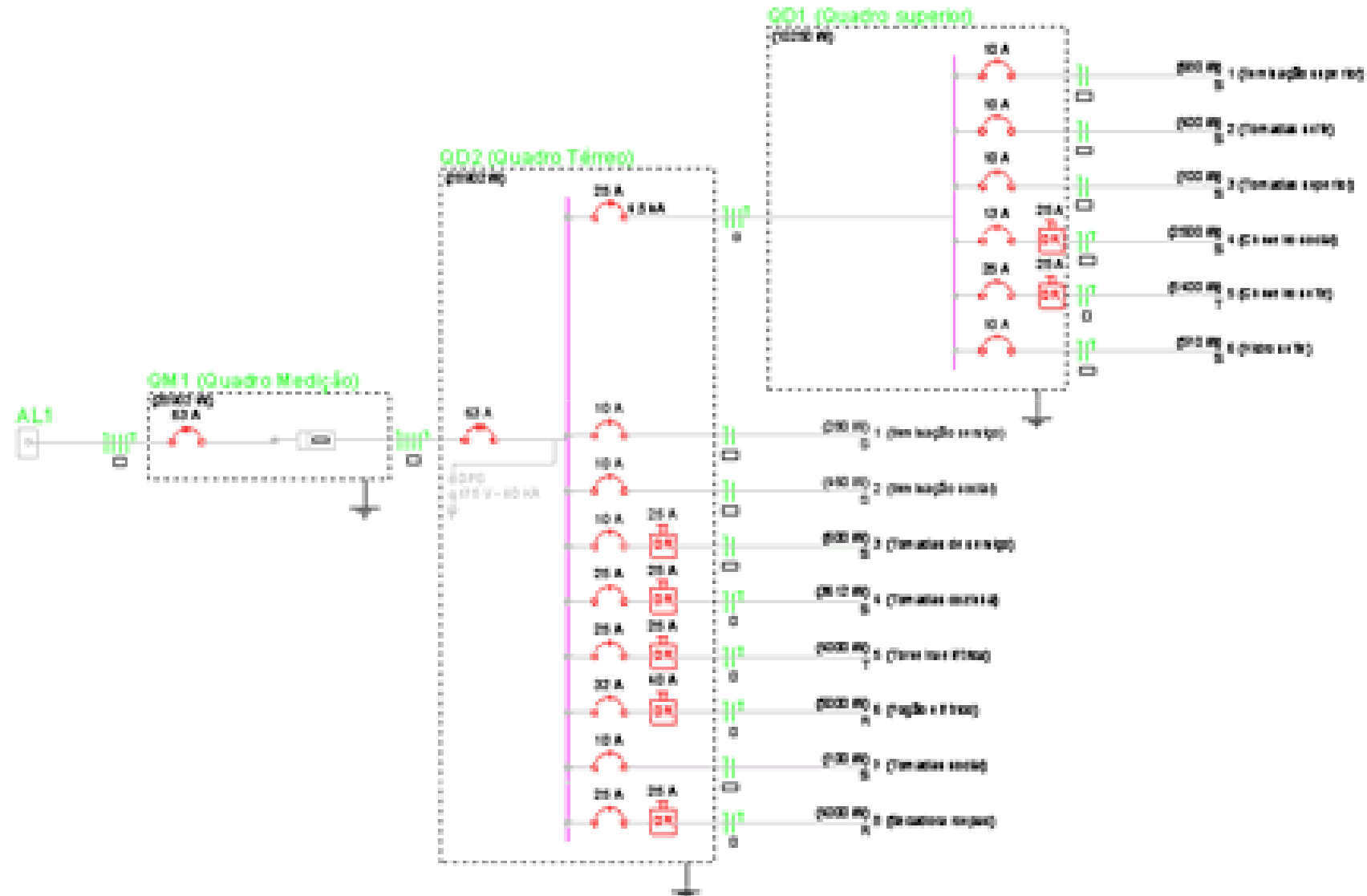


Figura – Esquema unifilar do quadro de cargas.

3 Potência nominal instalada e potência demanda (pg. 38)

(a) Potencial nominal instalada

$$S_{n\ INST} = \sum_{i=1}^n S_{n\ ILUM\ i} + \sum_{j=1}^m S_{n\ TUG\ j} + \sum_{k=1}^p S_{n\ TUE\ k}$$

Sendo: $S_{n\ INST}$ – a potência nominal instalada de um setor de uma instalação ou circuito (VA); $S_{n\ ILUM.i}$ – potência nominal do i -ésimo ponto de iluminação (VA); $S_{n\ TUG.j}$ – potência nominal da j -ésimo ponto de TUG (VA); $S_{n\ TUE.k}$ – potência nominal da k -ésima ponto de TUE (VA).

3 Potência nominal instalada e potência demanda (pg. 38)

(b) Potencial demanda

$$S_{d\ ALIM} = f_{d1} \cdot \left(\sum_{i=1}^n S_{n\ ILUM\ i} + \sum_{j=1}^m S_{n\ TUG\ j} \right) + f_{d2} \cdot \sum_{k=1}^p S_{n\ TUE\ k}$$

Sendo: $S_{d\ ALIM}$ – potência máxima provavelmente demandada na alimentação do circuito ou instalação (VA); f_{d1} – fator de demanda em função do somatório das cargas com iluminação e tomadas de uso geral (adimensional) - (pg.175, Tabela 15.1); $S_{n\ ILUM\ i}$ – potência nominal do i -ésimo ponto de iluminação (VA); $S_{n\ TUG\ j}$ – potência nominal da j -ésimo ponto de TUG (VA); f_{d2} – fator de demanda em função do número de equipamentos de uso específico (adimensional) (pg.175, Tabela 15.2); $S_{n\ TUE\ k}$ – potência nominal da k -ésima ponto de TUE (VA).

Tabela – Fatores de demanda para iluminação e tomadas de uso geral (TUG's) – f_{dI} (pg. 175, tb. 15.1)

Potência nominal instalada (VA)	Fator de demanda (f_{dI})
$P_n (ILUM + TUG_s) < 1.000$	0,86
$1.000 \leq P_n (ILUM + TUG_s) < 2.000$	0,75
$2.000 \leq P_n (ILUM + TUG_s) < 3.000$	0,66
$3.000 \leq P_n (ILUM + TUG_s) < 4.000$	0,59
$4.000 \leq P_n (ILUM + TUG_s) < 5.000$	0,52
$5.000 \leq P_n (ILUM + TUG_s) < 6.000$	0,45
$6.000 \leq P_n (ILUM + TUG_s) < 7.000$	0,40
$7.000 \leq P_n (ILUM + TUG_s) < 8.000$	0,35
$8.000 \leq P_n (ILUM + TUG_s) < 9.000$	0,31
$9.000 \leq P_n (ILUM + TUG_s) < 10.000$	0,27
$P_n (ILUM + TUG_s) \geq 10.000$	0,24

Tabela – Fatores de demanda para tomadas de uso específico (TUE's) – f_{d2} (pg. 175, Tb. 15.2)

Número de circuito de TUE's	Fator de demanda (f_{d2})	Número de circuito de TUE's	Fator de demanda (f_{d2})
01	1,00	11	0,49
02	1,00	12	0,48
03	0,84	13	0,46
04	0,76	14	0,45
05	0,70	15	0,44
06	0,65	16	0,43
07	0,60	17	0,41
08	0,57	18 a 20	0,40
09	0,54	21 a 23	0,39
10	0,52	24 e 25	0,38

4 Escolha da entrada de serviço (COPEL) (pg. 85)

Para potência demanda ($S_{d\ ALIM}$) igual ou inferior a 75 kVA

(a) Monofásico: $S_{d\ ALIM} \leq 9\text{ kVA}$.

A instalação é realizada em dois fios, sendo um neutro e uma fase.

(b) Bifásico: $9\text{ kVA} < S_{d\ ALIM} \leq 15\text{ kVA}$.

A instalação é realizada em três fios, sendo um neutro e duas fases.

(c) Trifásico: $15\text{ kVA} < S_{d\ ALIM} \leq 75\text{ kVA}$.

A instalação é realizada em quatro fios, sendo um neutro e três fases.

4 Escolha da entrada de serviço (COPEL) (pg. 85)

(a) $S_{d\ ALIM} \leq 9\text{ kVA}$



Fornecimento monofásico

- feito a dois fios:
uma fase e um neutro
- tensão de 127V

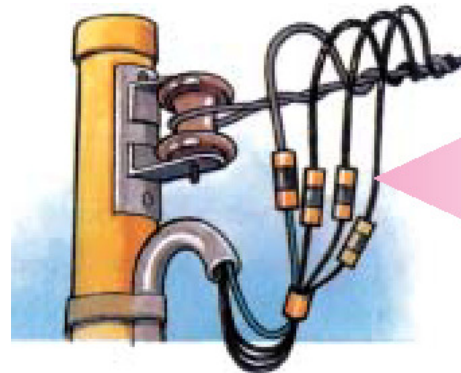
(b) $9\text{ kVA} < S_{d\ ALIM} \leq 15\text{ kVA}$

Fornecimento bifásico

- feito a três fios: duas
fases e um neutro
- tensões de
127V e 220V



(c) $15\text{ kVA} < S_{d\ ALIM} \leq 75\text{ kVA}$



Fornecimento trifásico

- feito a quatro fios:
três fases e um neutro
- tensões de 127V e 220V

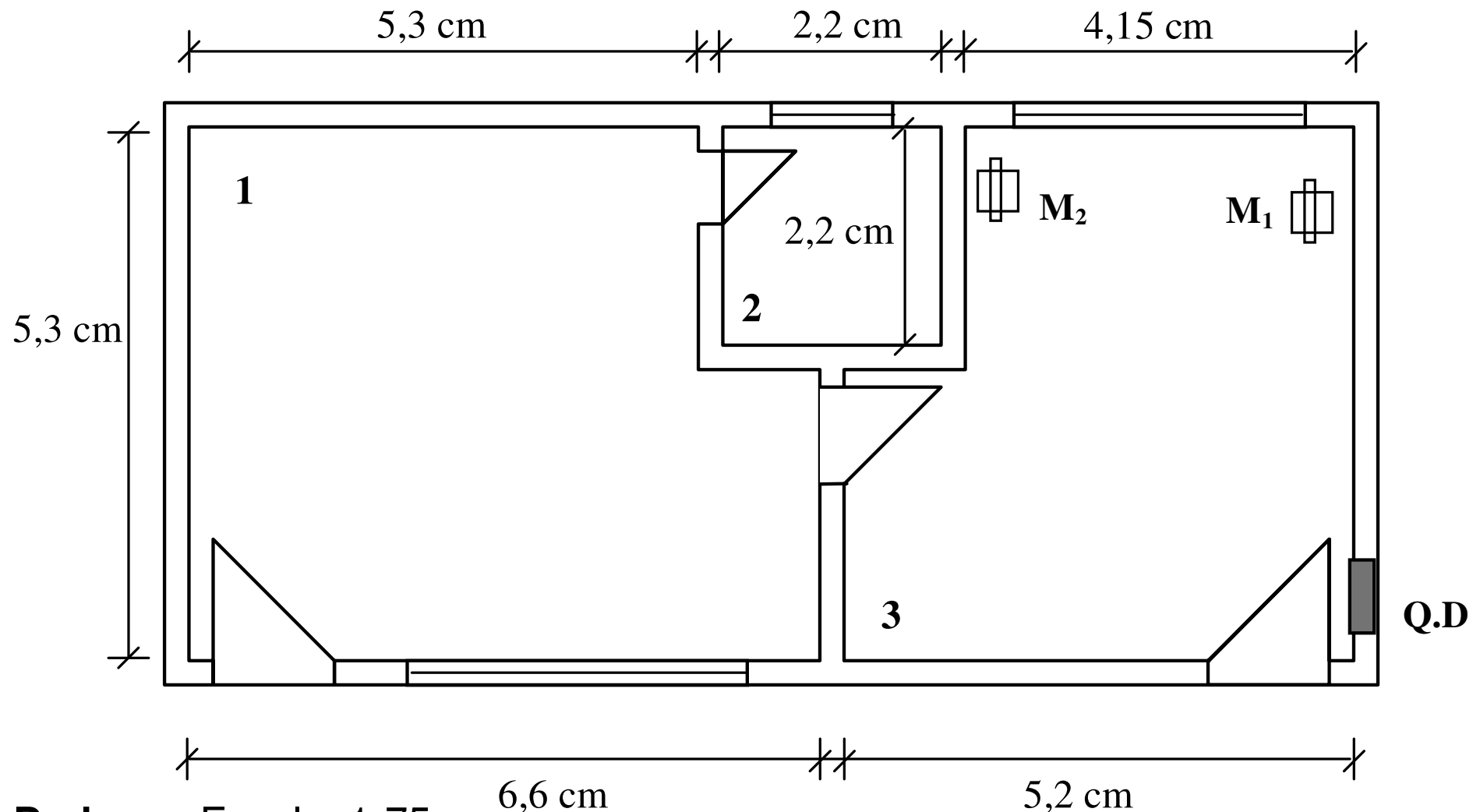
Figura – Entrada de serviço: (a) monofásica; (b) bifásica; e, (c)

Exercício (pg. 56)

Para o esboço de planta baixa de uma pequena agroindústria que se encontra a seguir [\(pg.56 do manual\)](#), contendo depósito (1), banheiro (2) e cozinha (3) :

Determine para cada cômodo:

- (a)** O número e a potência das tomadas (TUG's e TUE's);
- (b)** O número e a potência das luminárias (Método dos lumens);
- (c)** Indique a posição e a potência das tomadas, luminárias e interruptores dentro da instalação utilizando a simbologia padrão;
- (d)** Estabeleça um quadro preliminar de cargas, formando circuitos com as informações obtidas nos Itens a, b e c;
- (e)** Calcule a potência de alimentação e demandada, depois estabeleça a entrada de serviço da instalação;
- (f)** Faça a distribuição das cargas da instalação entre as fases;
- (g)** Faça o desenho dos esquemas unifilares dos circuitos dentro da instalação.



Dados: – Escala: 1-75;

– Altura do pé-direito: 3,0 m;

– Altura da luminária: 0,1 m;

– Tensão: $U_{FF} = 220 \text{ V}$ e $U_{FN} = 127 \text{ V}$

– Motores: Motor 1: trifásico, $P_{n1} = 7,5 \text{ CV}$, $\cos \varphi = 0,85$, $\eta = 0,93$

Motor 2: trifásico, $P_{n2} = 4,0 \text{ CV}$, $\cos \varphi = 0,80$, $\eta = 0,88$

– Plano útil de trabalho: 1,0 m;

– Nível de iluminação (e): 100 lux;

FIM