



Disciplina: Instalações Elétricas Prediais

Parte 3 – Projeto de Instalação Elétrica

Prof. Msc. Alex Vilarindo Menezes

Cronograma

- 1. Introdução**
- 2. Simbologia**
- 3. Previsão de carga de iluminação e pontos de tomada**
- 4. Divisão dos circuitos**
- 5. Dispositivos de comando dos circuitos**
- 6. Condutores**
- 7. Proteção dos circuitos**
- 8. Fator de demanda**
- 9. Eletrodutos**
- 10. Caixas de derivação**
- 11. Seção de condutores em circuitos com harmônicos**

Introdução

- ✓ Um projeto de instalação elétrica pode ser entendido como toda a previsão escrita da instalação, com todos os seus **detalhes, localização dos pontos de utilização da energia elétrica, comandos, trajeto dos condutores, divisão em circuitos, seção dos condutores, dispositivos de proteção, carga de cada circuito, carga total, etc.**

- ✓ De uma maneira geral, o projeto compreende quatro partes:
 - ❑ Memorial descritivo: Descrição das instalações a serem executadas e justificativa, quando necessário, das operações adotadas;
 - ❑ Conjunto de plantas, esquemas e detalhes: Deverão conter todos os elementos necessários à perfeita execução do projeto;
 - ❑ Especificações: Descreve-se o material a ser usado e as normas para sua aplicação;
 - ❑ Orçamento: São levantados a quantidade e o custo do material e mão de obra.

Introdução

- ✓ Projeto completo (NBR 13531:1995 – Elaboração de projeto de edificações):
- ❑ Etapas das atividades técnicas do projeto de edificação e de seus elementos, instalações e componentes (item 2.4 da NBR 13531).

Partes sucessivas em que pode ser dividido o processo de desenvolvimento das atividades técnicas do projeto de edificação e de seus elementos, instalações e componentes:

- a. Levantamento de dados (LV);
- b. Programa de necessidades (PN);
- c. Estudo de viabilidade (EV);
- d. Estudo preliminar (EP);
- e. Anteprojeto (AP) e/ou pré-execução (PR);
- f. Projeto legal (PL);
- g. Projeto básico (PB) (Opcional);
- h. Projeto para execução (PE).

Introdução

- a. **Levantamento de dados (LV):** Etapa destinada à coleta das informações de referência que representam as condições preexistentes, de interesse para instruir a elaboração do projeto, podendo incluir os seguintes tipos de dados:
 - i. Físicos: planialtimétricos (topografia), cadastrais (edificações, redes), geológicos, hídricos, ambientais, climáticos, ecológicos, outros;
 - ii. Técnicos
 - iii. Legais e jurídicos
 - iv. Sociais
 - v. Econômicos
 - vi. Financeiros
 - vii. outros

Introdução

- b. Programa de necessidades (PN):** Etapa destinada à determinação das exigências de caráter prescritivo ou de desempenho (necessidades e expectativas dos usuários) a serem satisfeitas pela instalação a ser concebida.
- c. Estudo de viabilidade (EV):** Etapa destinada à elaboração de análise e avaliações para seleção e recomendação de alternativas para a concepção da edificação e de seus elementos, instalações e componentes.
- d. Estudo preliminar (EP):** Etapa destinada à concepção e à apresentação do conjunto de informação técnicas iniciais e aproximadas, necessários à compreensão da configuração da edificação, podendo incluir soluções alternativas.
- e. Anteprojeto (AP) e/ou pré-execução (PR):** Etapa destinada à concepção e à representação das informações técnicas provisórias de detalhamento da edificação e de seus elementos, instalações e componentes, necessários ao inter-relacionamentos das atividades técnicas de projeto e suficientes à elaboração de estimativas aproximadas de custos e de prazos dos serviços de obras implicados.

Introdução

- f. **Projeto legal (PL):** Etapa destinada à representação das informações técnicas necessárias à análise e aprovação, pelas autoridades competentes, da concepção da edificação e de seus elementos e instalações, com base nas exigências legais (municipal, estadual e federal), e à obtenção do alvará ou das licenças e demais documentos indispensáveis para as atividades de construção.
- g. **Projeto básico (PB) (Opcional):** Etapa destinada à concepção e à representação das informações técnicas da edificação e de seus elementos, instalações e componentes, ainda não completas ou definitivas, mas consideradas compatíveis com os projetos básicos das atividades técnicas necessárias e suficientes à licitação (contratação) dos serviços de obra correspondentes.
- h. **Projeto para execução (PE):** Etapa destinada à concepção e à representação final informações técnicas da edificação e seus elementos, instalações e componentes, completas, definitivas, necessárias e suficientes à licitação (contratação) e à execução dos serviços de obra correspondentes.

Simbologia

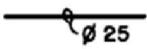
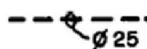
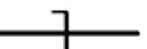
- ✓ Na elaboração de projetos de instalações elétricas, empregam-se símbolos gráficos para a representação dos “pontos” e demais elementos que constituem os circuitos elétricos. São apresentados a seguir os símbolos mais usuais, com a representação consagrada pela maioria dos projetistas de instalações elétricas prediais.

- ✓ Assim, a normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) em vigor, relacionadas à simbologia, são as seguintes:
 - ❑ NBR 12519:1992 - Símbolos gráficos de elementos de símbolos, símbolos qualificativos e outros símbolos de aplicação geral – Simbologia.
 - ❑ NBR 5444:1989 - Símbolos gráficos para instalações elétricas prediais.

Simbologia

✓ Exemplos de simbologia segundo a NBR 5444:1989

Tabela 2 - Dutos e distribuição

Nº	Símbolo	Significado	Observações
5.1		Eletroduto embutido no teto ou parede	Para todas as dimensões em mm indicar a seção, se esta não for de 15 mm
5.2		Eletroduto embutido no piso	
5.3		Telefone no teto	
5.4		Telefone no piso	
5.5		Tubulação para campainha, som, anunciador ou outro sistema	Indicar na legenda o sistema passante
5.6		Condutor de fase no interior do eletroduto	Cada traço representa um condutor. Indicar a seção, nº de condutores, nº do circuito e a seção dos condutores, exceto se forem de 1,5 mm ²
5.7		Condutor neutro no interior do eletroduto	
5.8		Condutor de retorno no interior do eletroduto	
5.9		Condutor terra no interior do eletroduto	

Simbologia

✓ Exemplos de simbologia segundo a NBR 5444:1989

5.17		Eletroduto que sobe	
5.18		Eletroduto que desce	
5.19		Eletroduto que passa descendo	
5.20		Eletroduto que passa subindo	
5.21		Sistema de calha de piso	No desenho aparecem quatro sistemas que são habitualmente: I- Luz e força II- Telefone (TELEBRÁS) III- Telefone (P(A)BX, KS, ramais) IV- Especiais (COMUNICAÇÕES)
5.21.1		Condutor seção 1,0 mm ² , fase para campainha	Se for de seção maior, indicá-la
5.21.2		Condutor seção 1,0 mm ² , neutro para campainha	
5.22		Condutor seção 1,0 mm ² , retorno para campainha	

Simbologia

✓ Exemplos de simbologia segundo a NBR 5444:1989

Tabela 3 - Quadros de distribuição

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

Simbologia

✓ Exemplos de simbologia segundo a NBR 5444:1989

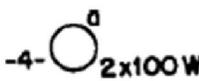
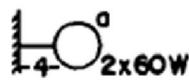
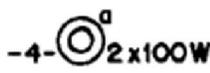
Tabela 4 - Interruptores

Nº	Símbolo	Significado	Observações
7.1		Interruptor de uma seção	A letra minúscula indica o ponto comandado
7.2		Interruptor de duas seções	As letras minúsculas indicam os pontos comandados
7.3		Interruptor de três seções	As letras minúsculas indicam os pontos comandados
7.4		Interruptor paralelo ou <i>Three-Way</i>	A letra minúscula indica o ponto comandado
7.5		Interruptor intermediário ou <i>Four-Way</i>	A letra minúscula indica o ponto comandado
7.6		Botão de minutaria	Nota: Os símbolos de 7.1 a 7.8 são para plantas e 7.9 a 7.16 para diagramas
7.7		Botão de campainha na parede (ou comando à distância)	
7.8		Botão de campainha no piso (ou comando a distância)	

Simbologia

✓ Exemplos de simbologia segundo a NBR 5444:1989

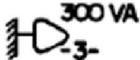
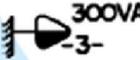
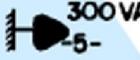
Tabela 5 - Luminárias, refletores, lâmpadas

Nº	Símbolo	Significado	Observações
8.1		Ponto de luz incandescente no teto. Indicar o nº de lâmpadas e a potência em watts	A letra minúscula indica o ponto de comando e o número entre dois traços o circuito correspondente
8.2		Ponto de luz incandescente na parede (arandela)	Deve-se indicar a altura da arandela
8.3		Ponto de luz incandescente no teto (embutido)	
8.4		Ponto de luz fluorescente no teto (indicar o nº de lâmpadas e na legenda o tipo de partida e reator)	A letra minúscula indica o ponto de comando e o número entre dois traços o circuito correspondente
8.5		Ponto de luz fluorescente na parede	Deve-se indicar a altura da luminária

Simbologia

✓ Exemplos de simbologia segundo a NBR 5444:1989

Tabela 6 - Tomadas

Nº	Símbolo	Significado	Observações
9.1		Tomada de luz na parede, baixo (300 mm do piso acabado)	A potência deverá ser indicada ao lado em VA (exceto se for de 100 VA), como também o nº do circuito correspondente e a altura da tomada, se for diferente da normalizada; se a tomada for de força, indicar o nº de W ou kW
9.2		Tomada de luz a meio a altura (1.300 mm do piso acabado)	
9.3		Tomada de luz alta (2.000 mm do piso acabado)	
9.4		Tomada de luz no piso	
9.5		Saída para telefone externo na parede (rede Telebrás)	
9.6		Saída para telefone externo na parede a uma altura "h"	

Simbologia

- ✓ Exemplos de simbologia segundo a NBR 5444:1989

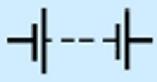
Tabela 7 - Motores e transformadores

Nº	Simbolo	Significado	Observações
10.1		Gerador	Indicar as características nominais
10.2		Motor	Indicar as características nominais
10.3		Transformador de potência	Indicar a relação de tensões e valores nominais
10.4		Transformador de corrente (um núcleo)	Indicar a relação de espiros, classe de exatidão e nível de isolamento. A barra de primário deve ter um traço mais grosso
10.5		Transformador de potencial	
10.6		Transformador de corrente (dois núcleos)	
10.7		Retificador	

Simbologia

✓ Exemplos de simbologia segundo a NBR 5444:1989

Tabela 8 - Acumuladores

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

Simbologia

- ✓ Exemplos reais de projetos elétricos

RESTAURANTE DIVINO FOGÃO (Palmas – TO)

SEDE DA POLÍCIA RODOVIÁRIA FEDERAL (Belo Horizonte – MG)

TRIBUNAL REGIONAL ELEITORAL – TRE (Belo Horizonte - MG)

[Abrir](#)

Previsão de carga de iluminação e pontos de tomada

4.2.1 Utilização e demanda – Potência de alimentação

4.2.1.1 Generalidades

4.2.1.1.1 A determinação da potência de alimentação é essencial para a concepção econômica e segura de uma instalação, dentro de limites adequados de elevação de temperatura e de queda de tensão.

4.2.1.1.2 Na determinação da potência de alimentação de uma instalação ou de parte de uma instalação devem ser computados os equipamentos de utilização a serem alimentados, com suas respectivas potências nominais e, em seguida, consideradas as possibilidades de não simultaneidade de funcionamento destes equipamentos, bem como capacidade de reserva para futuras ampliações.

4.2.1.2 Previsão de carga

A previsão de carga de uma instalação deve ser feita obedecendo-se às prescrições de 4.2.1.2.1 a 4.2.1.2.3.

Previsão de carga de iluminação e pontos de tomada

4.2.1.2.1 Geral:

- a) A carga a considerar para um equipamento de utilização é a potência nominal por ele absorvida, dada pelo fabricante ou calculada a partir da tensão nominal, da corrente nominal e do fator de potência;
- b) Nos casos em que for dada a potência nominal fornecida pelo equipamento (potência de saída), e não a absorvida, devem ser considerados o rendimento e o fator de potência.

$$P_n = I_n * V_n * \eta * \cos \varphi$$

4.2.1.2.2 Iluminação:

- a) As cargas de iluminação devem ser determinadas como resultado da aplicação da ABNT NBR 5413 (Iluminância de interiores);
- b) Para os aparelhos fixos de iluminação a descarga, a potência nominal a ser considerada deve incluir a potência das lâmpadas, as perdas e o fator de potência dos equipamentos auxiliares.

NOTA: Em 9.5.2.1 são fixados critérios mínimos para pontos de iluminação em locais de habitação.

Previsão de carga de iluminação e pontos de tomada

CARGA DE ILUMINAÇÃO

✓ Segundo a NBR 5410:2004:

9.5 Locais de habitação

9.5.1 Campo de aplicação

Esta subseção contém prescrições específicas aplicáveis a locais utilizados como habitação, fixa ou temporária, compreendendo as unidades residenciais como um todo e, no caso de hotéis, motéis, flats, apart-hotéis, casas de repouso, condomínios, alojamentos e similares, as acomodações destinadas aos hóspedes, aos internos e a servir de moradia a trabalhadores do estabelecimento.

9.5.2 Previsão de carga

9.5.2.1 Iluminação

9.5.2.1.1 Em cada cômodo ou dependência deve ser previsto pelo menos um ponto de luz fixo no teto, comandado por interruptor.

Previsão de carga de iluminação e pontos de tomada

CARGA DE ILUMINAÇÃO

✓ Segundo a NBR 5410:2004:

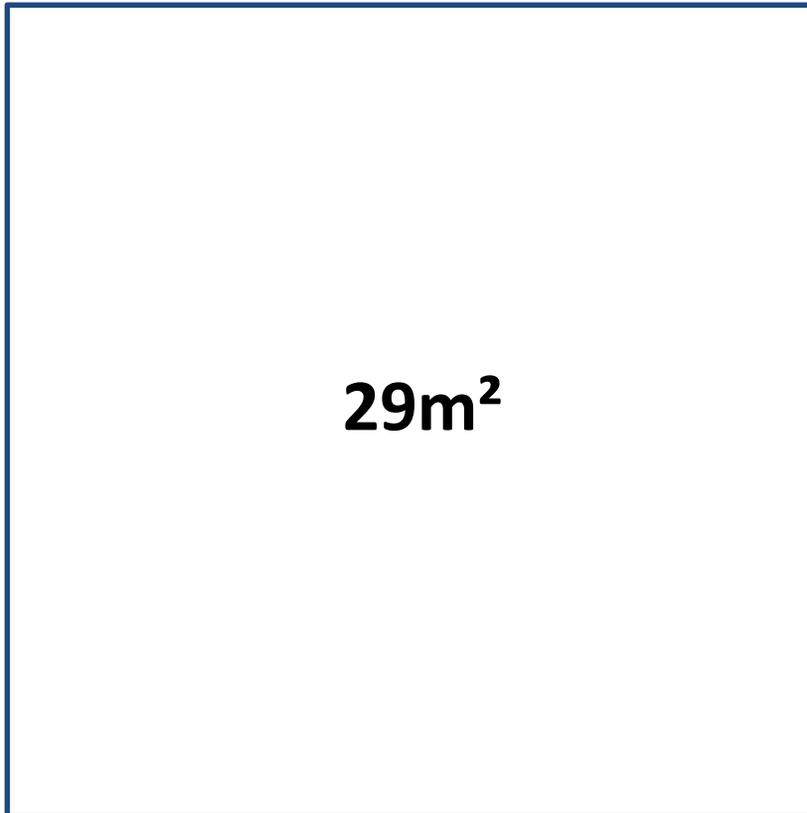
9.5.2.1.2 Na determinação das cargas de iluminação, como alternativa à aplicação da ABNT NBR 5413, conforme prescrito na alínea a) de 4.2.1.2.2, pode ser adotado o seguinte critério:

- a) Em cômodos ou dependências com área igual ou inferior a 6m^2 , deve ser prevista uma carga mínima de 100 VA;
- b) Em cômodo ou dependências com área superior a 6m^2 , deve ser prevista uma carga mínima de 100 VA para os primeiros 6m^2 , acrescida de 60 VA para cada aumento de 4m^2 inteiros.

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

Previsão de carga de iluminação e pontos de tomada

✓ Exemplo de previsão de carga de iluminação:



- Para os primeiros 6m²: **100VA**

- Para os restantes 23m²: $23/4 = 5,75$
Considerando-se somente o valor inteiro, tem-se: $5 \times 60 = \mathbf{300VA}$

Então, a carga total prevista a ser considerada será de 400VA, formada por 6 pontos de iluminação.

Obs.: Esse valor de 400VA corresponde à potência destinada à iluminação para efeito de dimensionamento dos circuitos, e não necessariamente à potência nominal das lâmpadas.

Previsão de carga de iluminação e pontos de tomada

TIPOS DE TOMADAS

- I. Tomadas de Uso Específico (TUE): São aquelas projetadas para atender aparelhos fixos ou estacionários, que embora possam ser removidos, trabalham sempre em um determinado local (Exemplos: chuveiros elétricos, aparelhos de ar condicionado e máquinas de lavar roupas). Devem ser instaladas a no máximo 1,5m de distância do local previsto para a colocação do aparelho.

- II. Tomadas de Uso Geral (TUG): São aquelas projetadas para alimentar outros aparelhos em geral, que não sejam fixos ou estacionários, por exemplo: televisão, ventilador, etc.

Previsão de carga de iluminação e pontos de tomada

4.2.1.2.3 Pontos de tomada:

- a) Em locais de habitação, os pontos de tomada devem ser determinados e dimensionados de acordo com 9.5.2.2;
- b) Em *halls de serviço, salas de manutenção e salas de equipamentos, tais como casas de máquinas, salas de bombas, barriletes e locais análogos*, deve ser previsto **no mínimo um ponto de tomada de uso geral**. Aos circuitos terminais respectivos deve ser atribuída **uma potência de no mínimo 1000 VA**;
- c) Quando um ponto de tomada for previsto para uso específico, deve ser a ele atribuída uma **potência igual à potência nominal do equipamento a ser alimentado** ou à soma das potências nominais dos equipamentos a serem alimentados. Quando valores precisos não forem conhecidos, a potência atribuída ao ponto de tomada deve seguir um dos dois seguintes critérios:
 - Potência ou soma das potências dos equipamentos mais potentes que o ponto pode vir a alimentar, ou
 - Potência calculada com base na corrente de projeto e na tensão do circuito respectivo;
- d) Os pontos de tomada de uso específico devem ser localizados **no máximo a 1,5 m** do ponto previsto para a localização do equipamento a ser alimentado;
- e) Os pontos de tomada destinados a alimentar mais de um equipamento devem ser providos com a **quantidade adequada de tomadas**.

Previsão de carga de iluminação e pontos de tomada

9.5.2.2 Pontos de tomada

9.5.2.2.1 Número de pontos de tomada

O número de pontos de tomada deve ser determinado em função da destinação do local e dos equipamentos elétricos que podem ser aí utilizados, observando-se **no mínimo** os seguintes critérios:

- a) Em banheiros, deve ser previsto pelo menos um ponto de tomada, próximo ao lavatório, atendidas as restrições de 9.1;
- b) Em cozinhas, copas, copas-cozinhas, áreas de serviço, lavanderias e locais análogos, deve ser previsto no mínimo um ponto de tomada para cada 3,5 m, ou fração, de perímetro, sendo que acima da bancada da pia devem ser previstas no mínimo duas tomadas de corrente, no mesmo ponto ou em pontos distintos;
- c) Em varandas, deve ser previsto pelo menos um ponto de tomada;

NOTA: Admite-se que o ponto de tomada não seja instalado na própria varanda, mas próximo ao seu acesso, quando a varanda, por razões construtivas, não comportar o ponto de tomada, quando sua área for inferior a 2m² ou, ainda, quando sua profundidade for inferior a 0,80m.

Previsão de carga de iluminação e pontos de tomada

9.5.2.2 Pontos de tomada

9.5.2.2.1 Número de pontos de tomada

d) Em salas e dormitórios devem ser previstos pelo menos um ponto de tomada para cada 5 m, ou fração, de perímetro, devendo esses pontos ser espaçados tão uniformemente quanto possível;

NOTA: Particularmente no caso de salas de estar, deve-se atentar para a possibilidade de que um ponto de tomada venha a ser usado para alimentação de mais de um equipamento, sendo recomendável equipá-lo, portanto, com a quantidade de tomadas julgada adequada.

e) Em cada um dos demais cômodos e dependências de habitação devem ser previstos pelo menos:

- 1 ponto de tomada, se a área do cômodo ou dependência for igual ou inferior a $2,25\text{m}^2$. Admite-se que esse ponto seja posicionado externamente ao cômodo ou dependência, a até 0,80m no máximo de sua porta de acesso;
- 1 ponto de tomada, se a área do cômodo ou dependência for superior a $2,25\text{m}^2$ e igual ou inferior a 6m^2 ;
- 1 ponto de tomada para cada 5 m, ou fração, de perímetro, se a área do cômodo ou dependência for superior a 6m^2 , devendo esses pontos ser espaçados tão uniformemente quanto possível.

Previsão de carga de iluminação e pontos de tomada

9.5.2.2 Pontos de tomada

9.5.2.2.2 Potências atribuíveis aos pontos de tomada

A potência a ser atribuída a cada ponto de tomada é função dos equipamentos que ele poderá vir a alimentar e não deve ser inferior aos seguintes **valores mínimos**:

- a) Em banheiros, cozinhas, copas, copas-cozinhas, áreas de serviço, lavanderias e locais análogos, no mínimo 600 VA por ponto de tomada, até três pontos, e 100 VA por ponto para os excedentes, considerando-se cada um desses ambientes separadamente. Quando o total de tomadas no conjunto desses ambientes for superior a seis pontos, admite-se que o critério de atribuição de potências seja de no mínimo 600 VA por ponto de tomada, até dois pontos, e 100 VA por ponto para os excedentes, sempre considerando cada um dos ambientes separadamente;
- b) Nos demais cômodos ou dependências, no mínimo 100 VA por ponto de tomada.

Previsão de carga de iluminação e pontos de tomada

- ✓ Exemplo de previsão de pontos de tomadas: **COZINHA**



“Um ponto de tomada para cada 3,5m ou fração do perímetro”

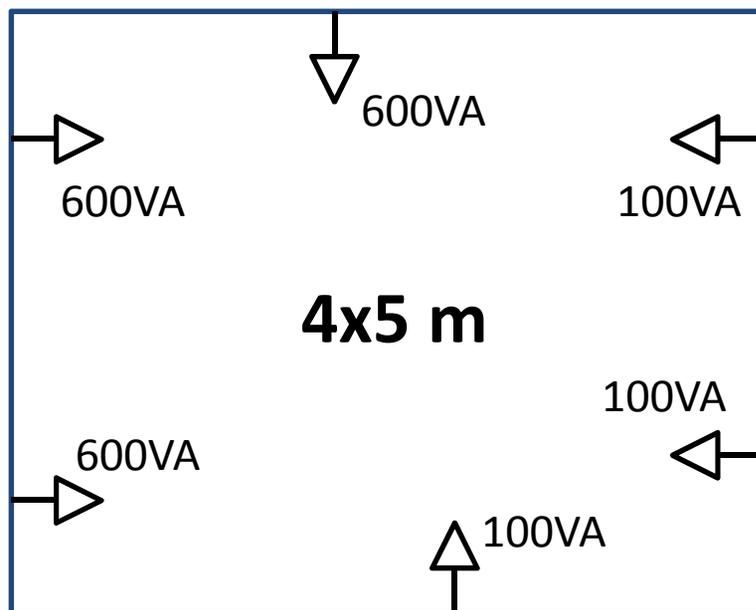
$$S = 4*2 + 5*2 = 18\text{m}$$

$$N = 18/3,5 = 5,142$$

N = 6 tomadas

Previsão de carga de iluminação e pontos de tomada

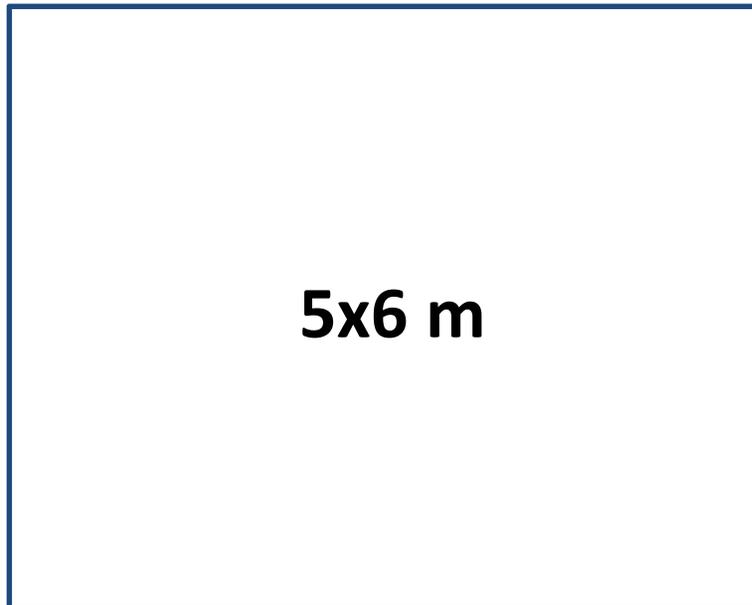
- ✓ Exemplo de previsão de pontos de tomadas: **COZINHA**



“Em banheiros, cozinhas, copas, copas-cozinhas, áreas de serviço, lavanderias e locais análogos, no mínimo 600 VA por ponto de tomada, até três pontos, e 100 VA por ponto para os excedentes, considerando-se cada um desses ambientes separadamente. Quando o total de tomadas no conjunto desses ambientes for superior a seis pontos, admite-se que o critério de atribuição de potências seja de no mínimo 600 VA por ponto de tomada, até dois pontos, e 100 VA por ponto para os excedentes, sempre considerando cada um dos ambientes separadamente”

Previsão de carga de iluminação e pontos de tomada

- ✓ Exemplo de previsão de pontos de tomadas: **QUARTO**



“Pelo menos um ponto de tomada para cada 5 m, ou fração, de perímetro, devendo esses pontos ser espaçados tão uniformemente quanto possível”

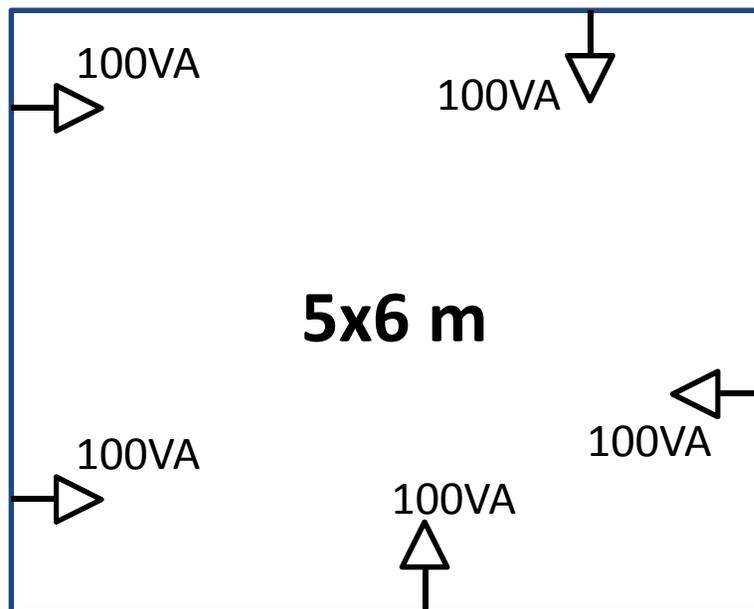
$$S = 5*2 + 6*2 = 22\text{m}$$

$$N = 22/5 = 4,4$$

$$N = 5 \text{ tomadas}$$

Previsão de carga de iluminação e pontos de tomada

- ✓ Exemplo de previsão de pontos de tomadas: **QUARTO**



“Nos demais cômodos ou dependências, no mínimo 100 VA por ponto de tomada”

Divisão dos circuitos

- ✓ O conjunto de pontos de consumo alimentados pelos mesmos condutores e ligados ao mesmo dispositivo de proteção (chave ou disjuntor) constitui um circuito.

4.2.5 Divisão da instalação

4.2.5.1 A instalação deve ser dividida em tantos circuitos quantos necessários, devendo cada circuito ser concebido de forma a poder ser seccionado sem risco de realimentação inadvertida através de outro circuito.

4.2.5.2 A divisão da instalação em circuitos deve ser de modo a atender, entre outras, às seguintes exigências:

- a) segurança – por exemplo, evitando que a falha em um circuito prive de alimentação toda uma área;
- b) conservação de energia – por exemplo, possibilitando que cargas de iluminação e/ou de climatização sejam acionadas na justa medida das necessidades;
- c) funcionais – por exemplo, viabilizando a criação de diferentes ambientes, como os necessários em auditórios, salas de reuniões, espaços de demonstração, recintos de lazer, etc.;
- d) de produção – por exemplo, minimizando as paralisações resultantes de uma ocorrência;
- e) de manutenção – por exemplo, facilitando ou possibilitando ações de inspeção e de reparo.

4.2.5.3 Devem ser previstos circuitos distintos para partes da instalação que requeiram controle específico, de tal forma que estes circuitos não sejam afetados pelas falhas de outros (por exemplo, circuitos de supervisão predial).

Divisão dos circuitos

4.2.5 Divisão da instalação

4.2.5.4 Na divisão da instalação devem ser consideradas também as **necessidades futuras**. As ampliações previsíveis devem se refletir não só na potência de alimentação, como tratado em 4.2.1, mas **também na taxa de ocupação dos condutos e dos quadros de distribuição**.

4.2.5.5 Os circuitos terminais devem ser individualizados pela função dos equipamentos de utilização que alimentam. **Em particular, devem ser previstos circuitos terminais distintos para pontos de iluminação e para pontos de tomada**.

NOTA: Para locais de habitação, ver também 9.5.3.

4.2.5.6 As cargas devem ser distribuídas entre as fases, de modo a obter-se o maior equilíbrio possível.

Divisão dos circuitos

NOTA: Para locais de habitação, ver também 9.5.3.

9.5.3 Divisão da instalação

9.5.3.1 Todo ponto de utilização previsto para alimentar, de modo exclusivo ou virtualmente dedicado, equipamento com **corrente nominal superior a 10 A deve constituir um circuito independente.**

9.5.3.2 Os pontos de tomada de cozinhas, copas, copas-cozinhas, áreas de serviço, lavanderias e locais análogos **devem ser atendidos por circuitos exclusivamente destinados à alimentação de tomadas desses locais.**

9.5.3.3 Em **locais de habitação**, admite-se, como exceção à regra geral de 4.2.5.5, que **pontos de tomada**, exceto aqueles indicados em 9.5.3.2, e **pontos de iluminação possam ser alimentados por circuito comum**, desde que as seguintes condições sejam simultaneamente atendidas:

- a) a corrente de projeto (IB) do circuito comum (iluminação mais tomadas) não deve ser superior a 16 A;
- b) os pontos de iluminação não sejam alimentados, em sua totalidade, por um só circuito, caso esse circuito seja comum (iluminação mais tomadas); e
- c) os pontos de tomadas, já excluídos os indicados em 9.5.3.2, não sejam alimentados, em sua totalidade, por um só circuito, caso esse circuito seja comum (iluminação mais tomadas).

Divisão dos circuitos

Recomendações gerais:

- Aparelhos com potência ≥ 1500 VA, como chuveiros elétricos e aquecedores de um modo geral, máquinas de lavar, fogões e fornos elétricos, bem como aparelhos de ar condicionado, devem ser alimentados por circuitos independentes. É permitida a alimentação de mais de um aparelho do mesmo tipo através do mesmo circuito.
- Cada circuito deve possuir seu próprio alimentador neutro.

Divisão dos circuitos

Recomendações gerais: TUGs

- ❑ Escritórios com áreas iguais ou inferiores a 40m^2 - 1 tomada para cada 3 m ou fração de perímetro, ou 1 tomada para cada 4m^2 ou fração da área (adota-se o critério que conduzir ao maior número de tomadas).

- ❑ Escritórios com áreas superiores a 40m^2 - 10 tomadas para os primeiros 40m^2 ; 1 tomada para cada 10m^2 ou fração da área restante.

- ❑ Lojas – 1 Tomada para cada 30m^2 ou fração, não comutadas as tomadas destinadas a lâmpadas, vitrines e demonstrações de aparelhos.

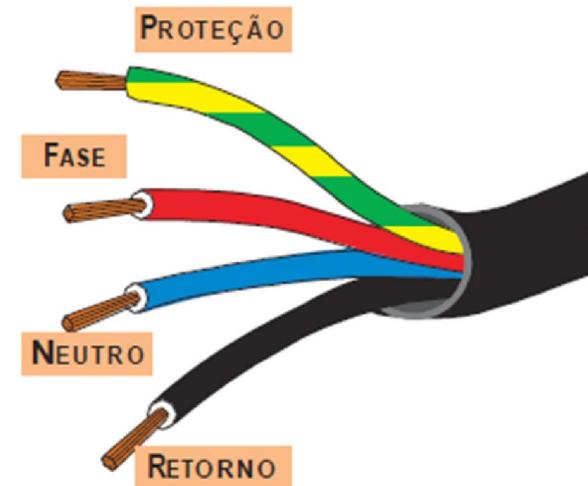
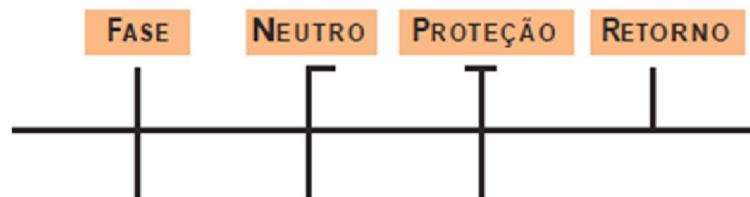
- ❑ Potência a ser considerada por tomada em instalações comerciais: 200VA por tomada.

Dispositivos de comando dos circuitos

Tipos básicos de dispositivos de comando:

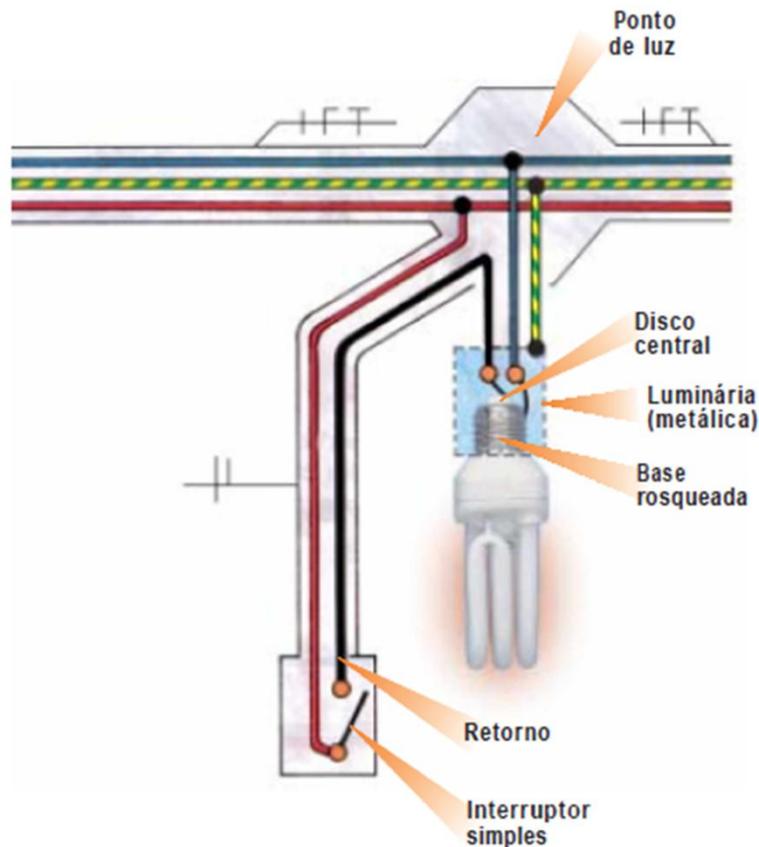
- ✓ Interruptor simples
- ✓ Interruptor “*Three-Way*” ou Paralelo
- ✓ Interruptor “*Four-Way*” ou Intermediário

Representação dos condutores:



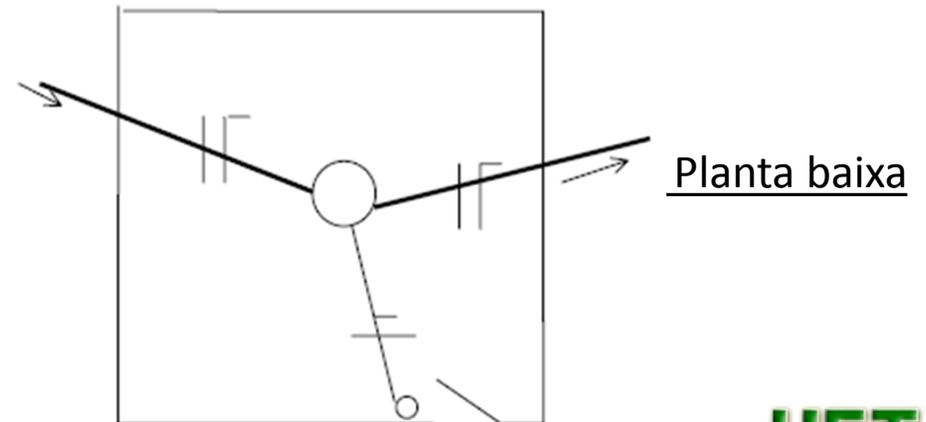
Dispositivos de comando dos circuitos

Ligação de uma lâmpada comandada por um interruptor simples



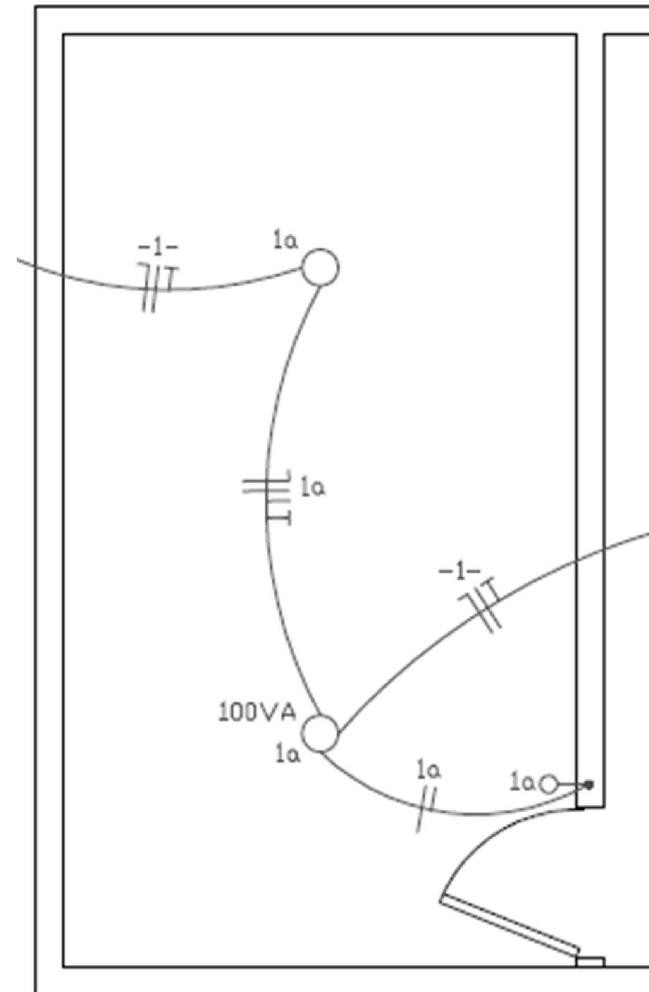
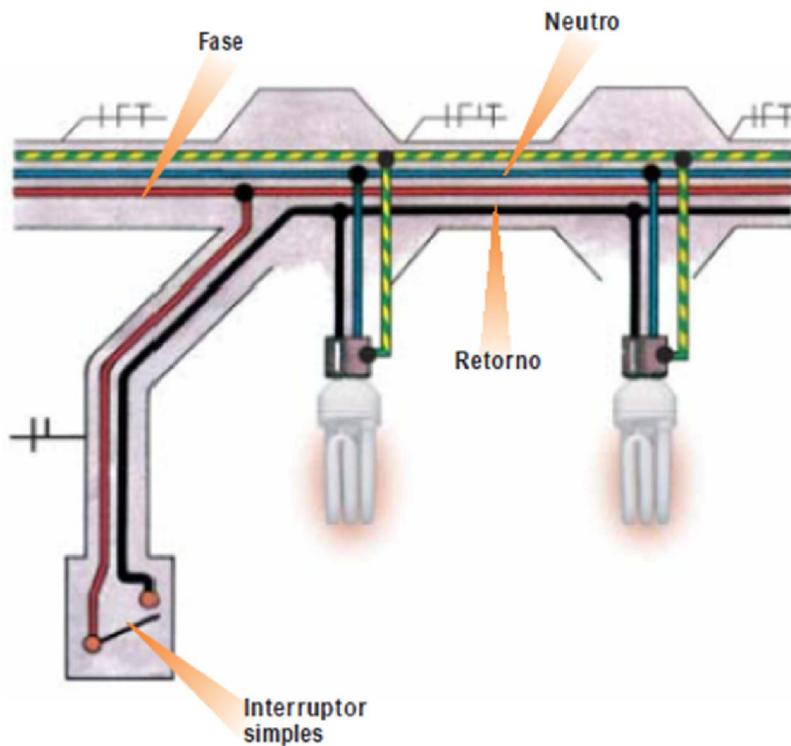
É obrigatório ligar:

- A fase ao interruptor;
- O retorno ao contato do disco central da lâmpada;
- O neutro diretamente ao contato da base rosqueada da lâmpada;
- O fio terra à luminária metálica.



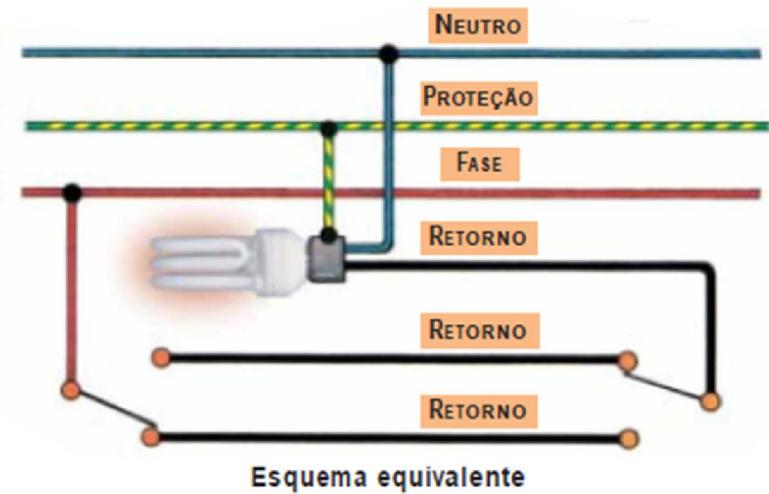
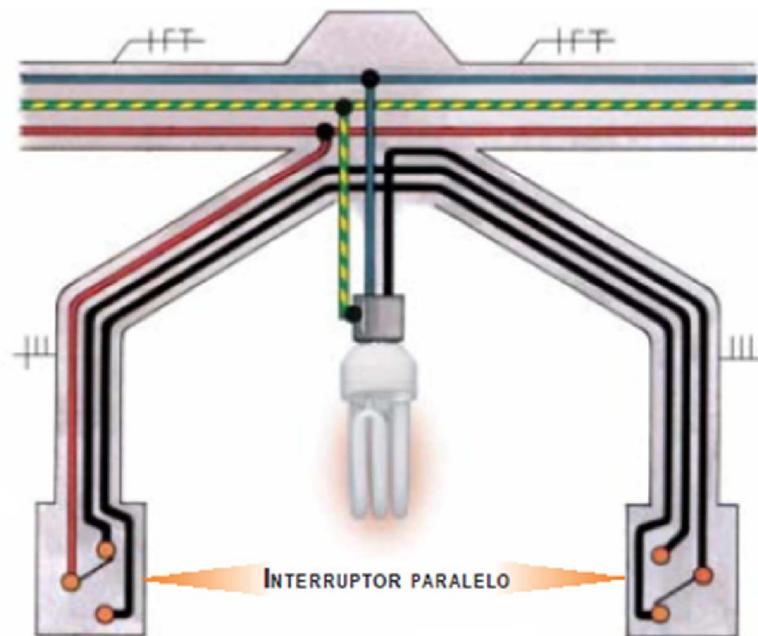
Dispositivos de comando dos circuitos

Ligação de mais de uma lâmpada comandada por um interruptor simples



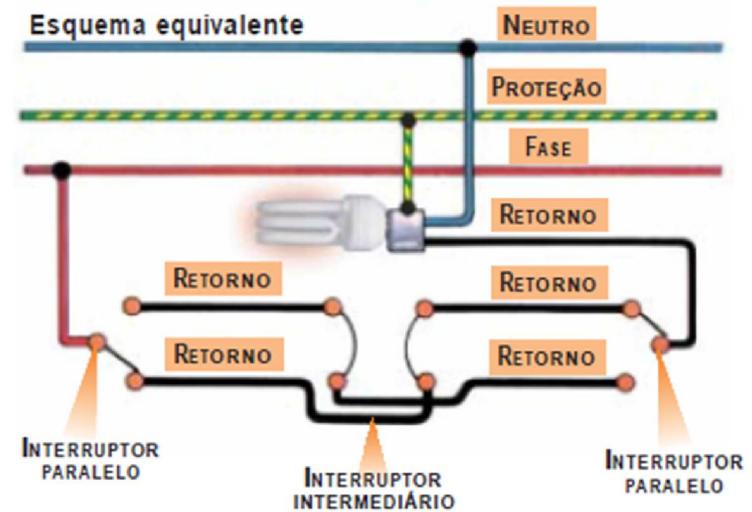
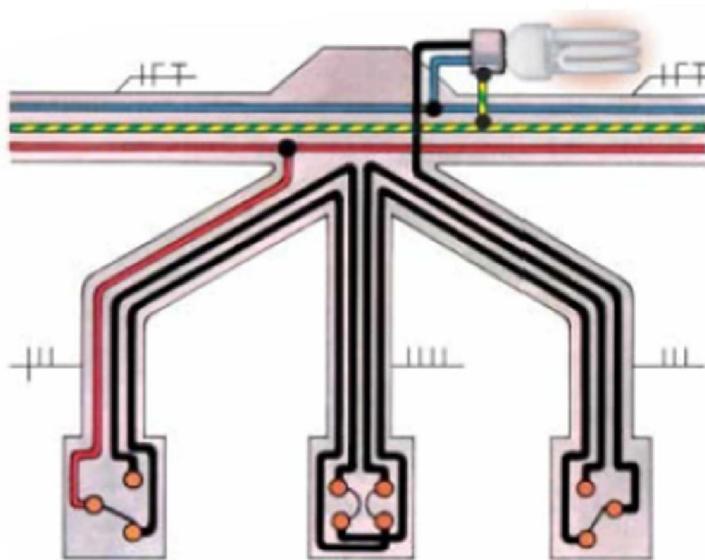
Dispositivos de comando dos circuitos

Ligação de uma lâmpada comandada por um Interruptor “Three-Way” ou Paralelo



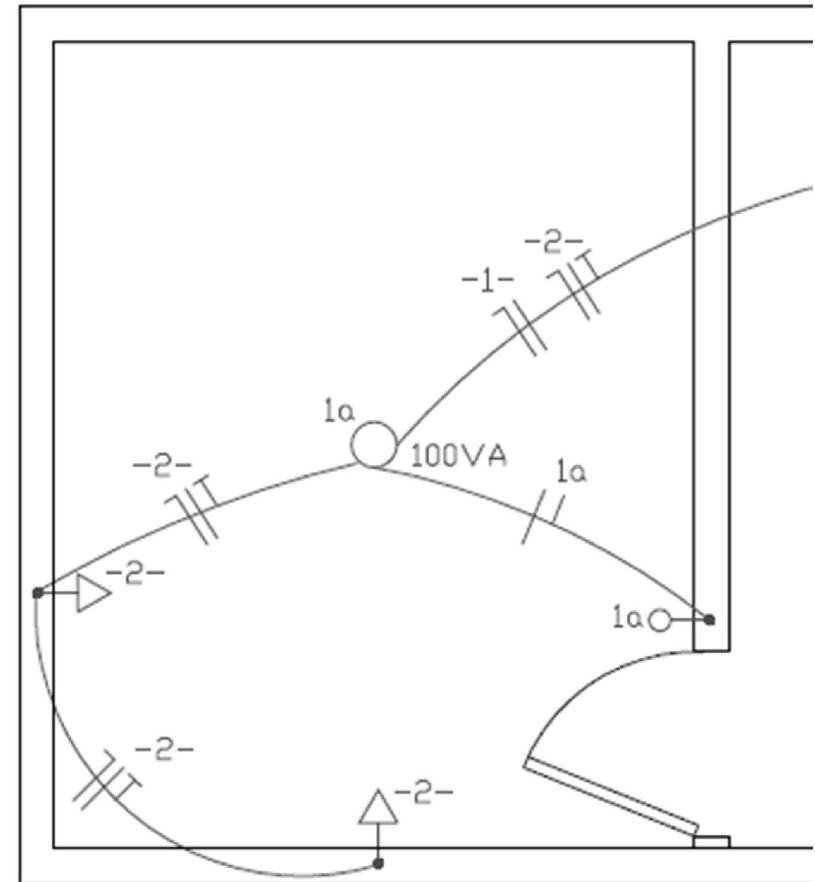
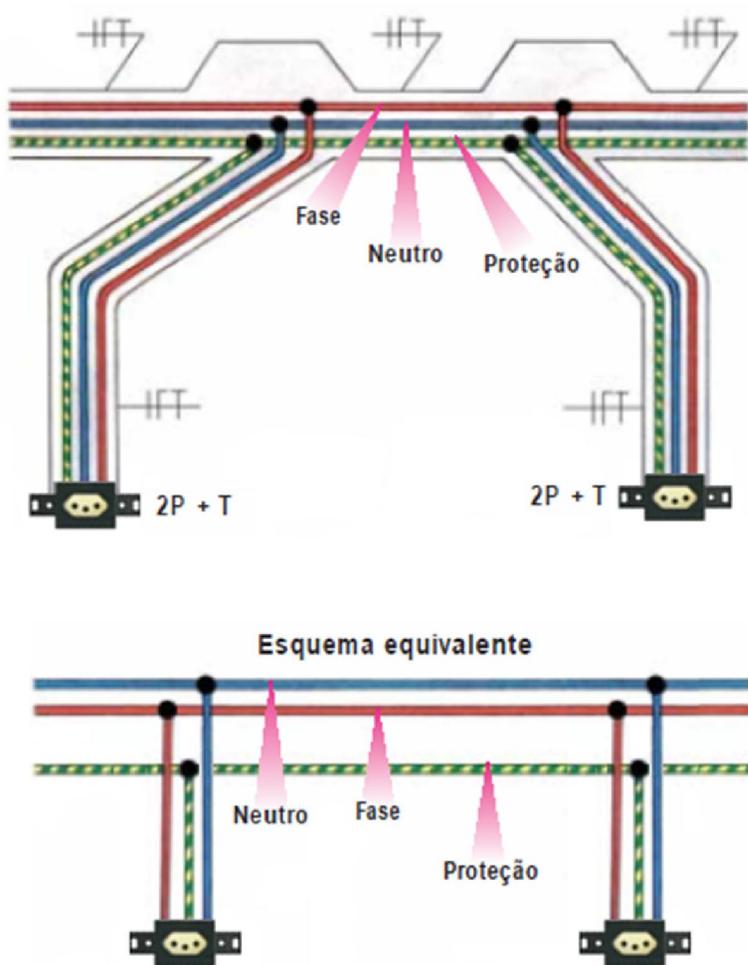
Dispositivos de comando dos circuitos

Ligação de uma lâmpada comandada por um Interruptor "Four-Way" ou Intermediário



Dispositivos de comando dos circuitos

Ligação de tomadas de uso geral (TUG)



Dispositivos de comando dos circuitos

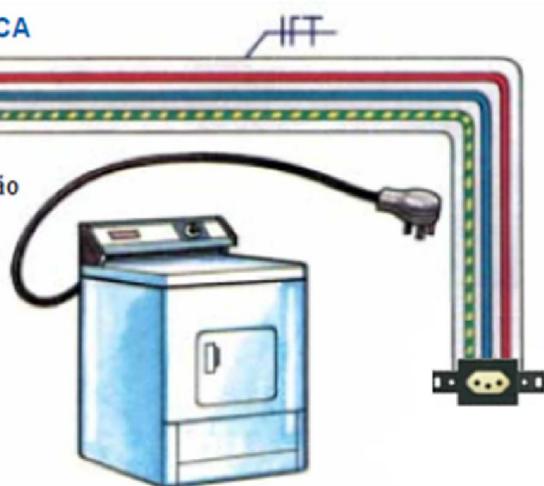
Ligação de tomadas de uso específico (TUE)

MONOFÁSICA

Fase

Neutro

Proteção

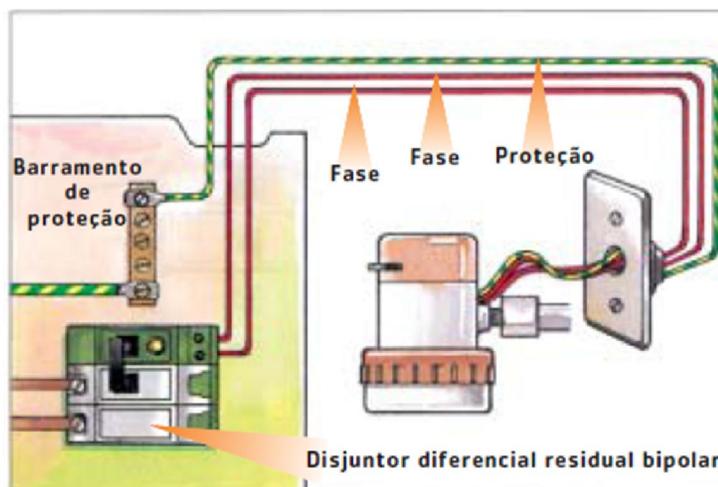
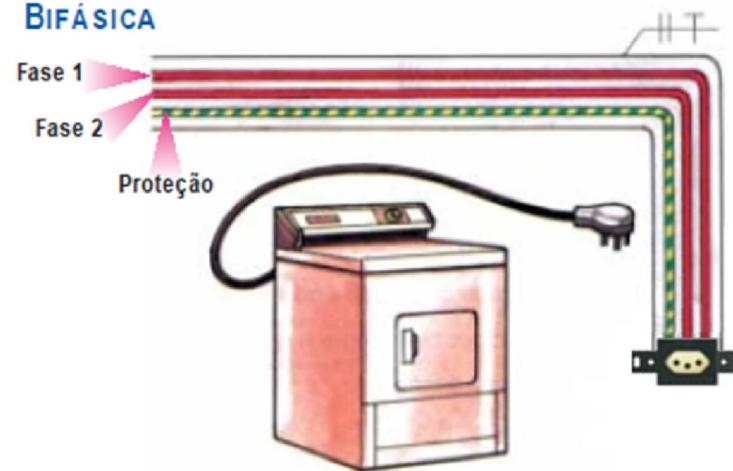


BIFÁSICA

Fase 1

Fase 2

Proteção



Dispositivos de comando dos circuitos

Fonte: Livro – Instalações Elétricas – Autor: Julio Niskier

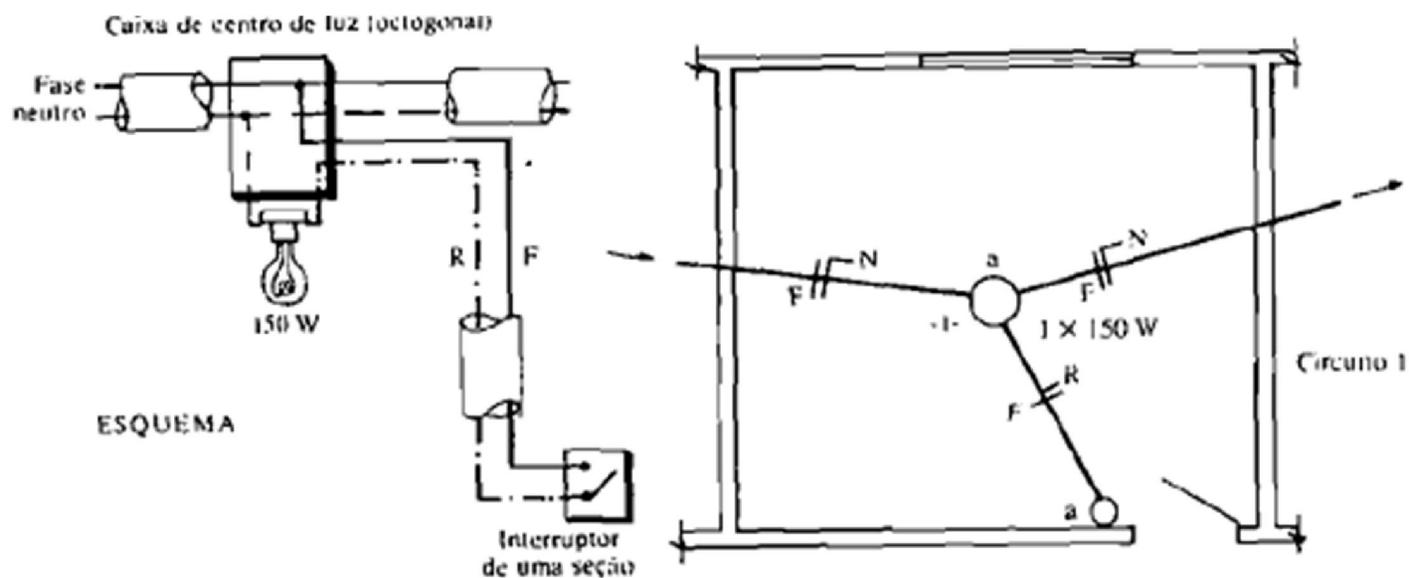


Fig. 3.2 Ponto de luz e interruptor de uma seção

Dispositivos de comando dos circuitos

Fonte: Livro – Instalações Elétricas – Autor: Julio Niskier

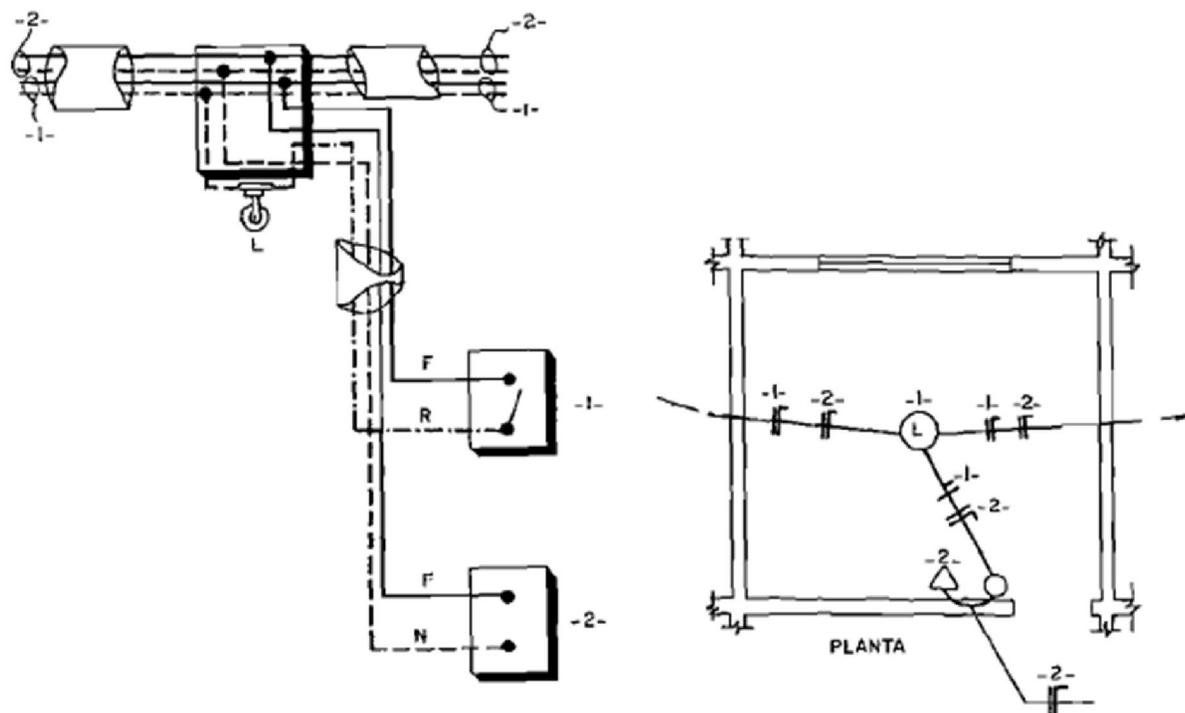


Fig. 3.3 Ponto de luz, interruptor de uma seção e tomada de 300 VA a 30 cm do piso. Circuito 1. Ver item 3.8. Observar a existência de circuitos separados para iluminação e tomadas

Dispositivos de comando dos circuitos

Fonte: Livro – Instalações Elétricas – Autor: Julio Niskier

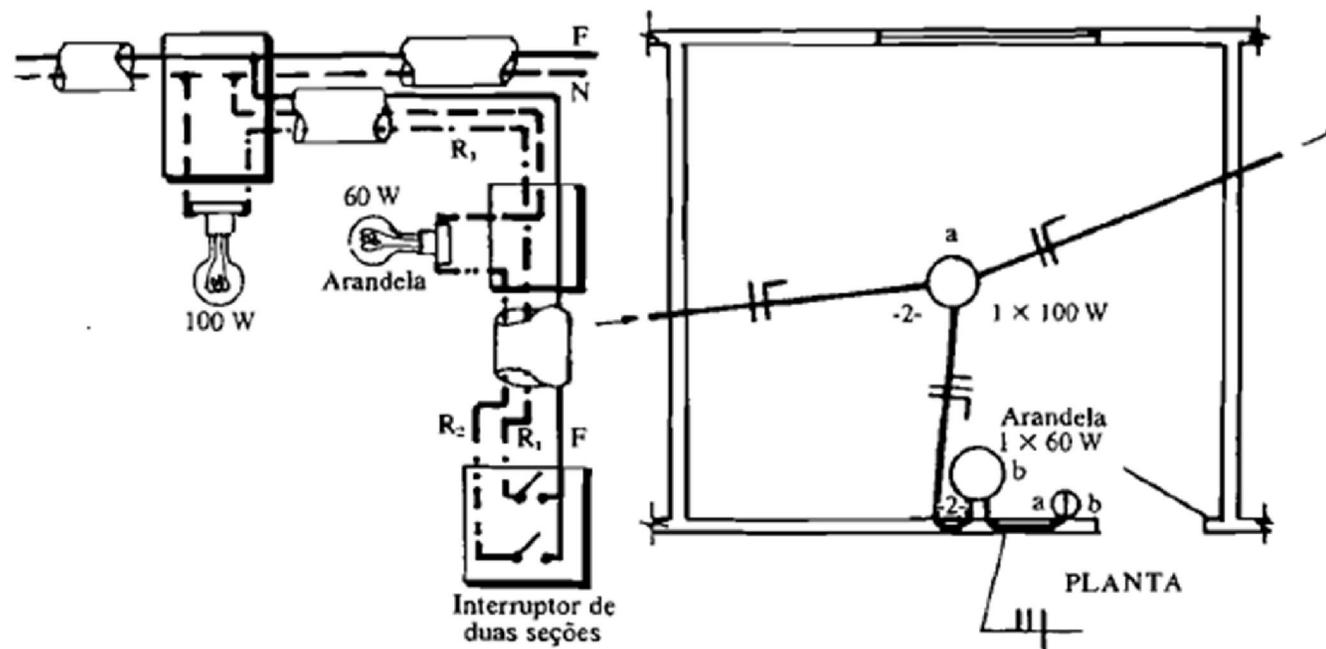


Fig. 3.4 Ponto de luz no teto, arandela e interruptor de duas seções. Circuito 2

Dispositivos de comando dos circuitos

Fonte: Livro – Instalações Elétricas – Autor: Julio Niskier

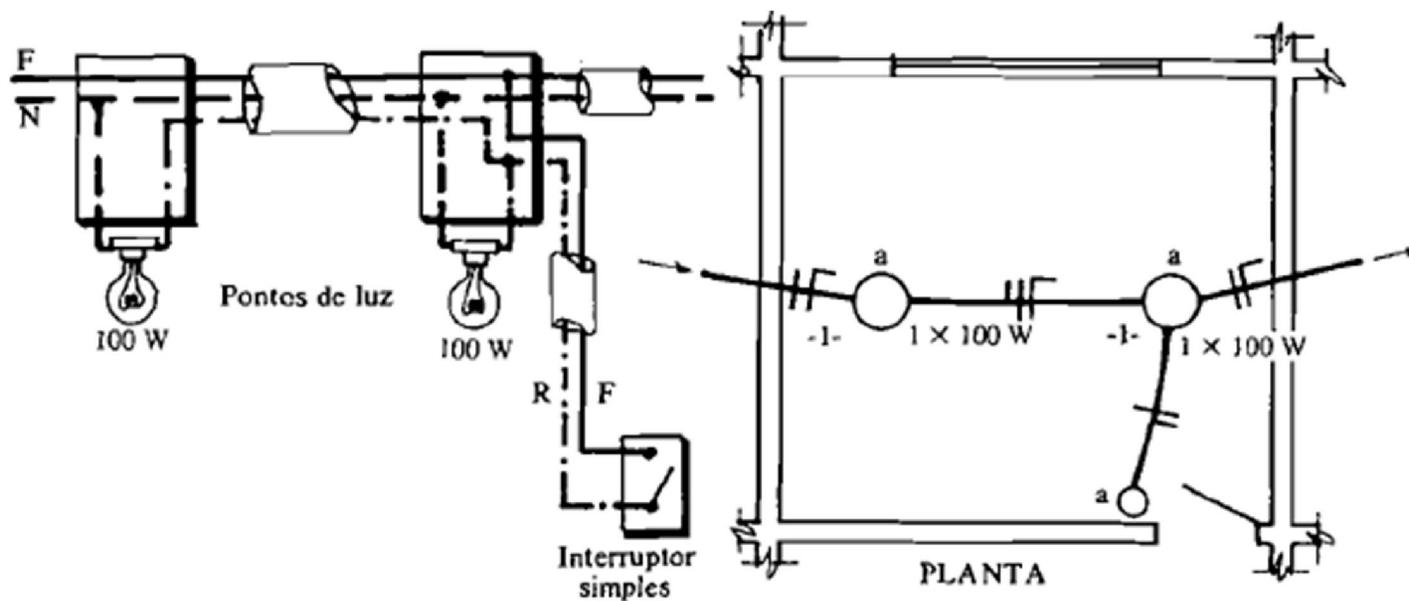


Fig. 3.5 Dois pontos de luz comandados por um interruptor simples

Dispositivos de comando dos circuitos

Fonte: Livro – Instalações Elétricas – Autor: Julio Niskier

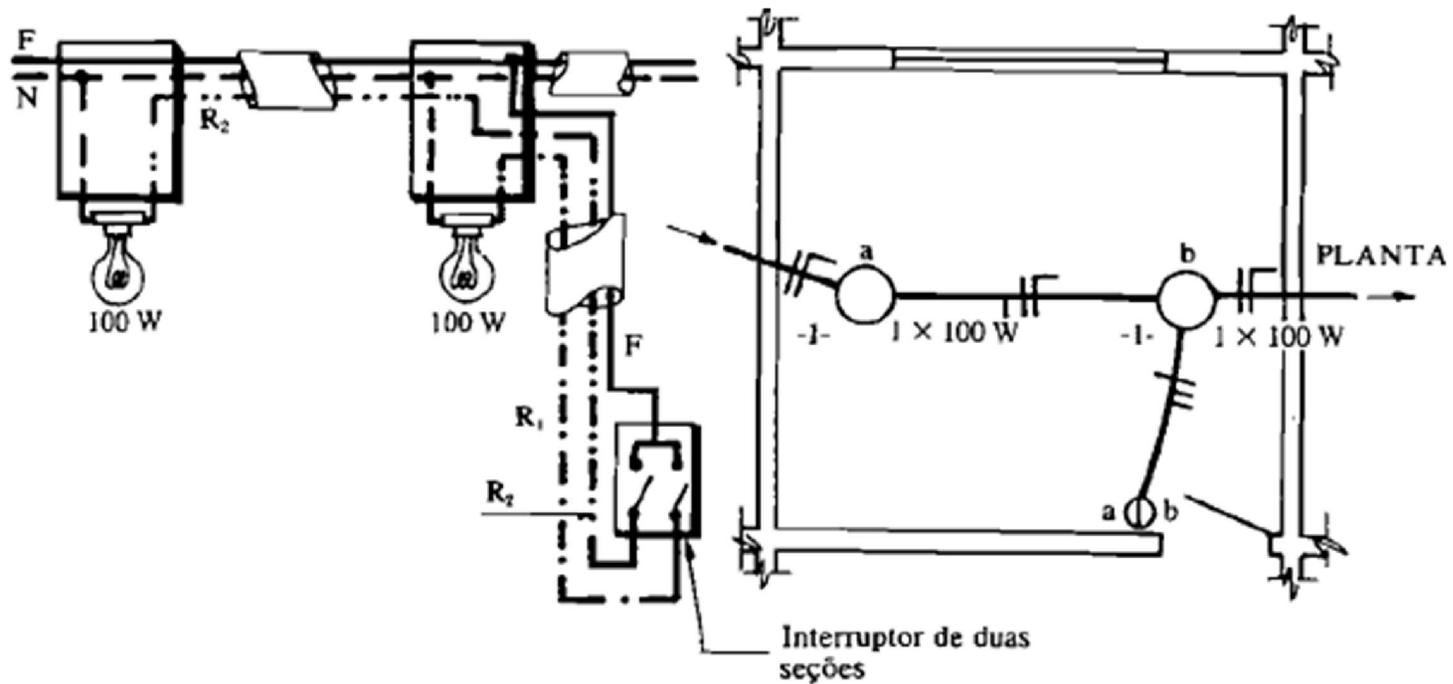


Fig. 3.6 Dois pontos de luz comandados por um interruptor de duas seções

Dispositivos de comando dos circuitos

Fonte: Livro – Instalações Elétricas – Autor: Julio Niskier

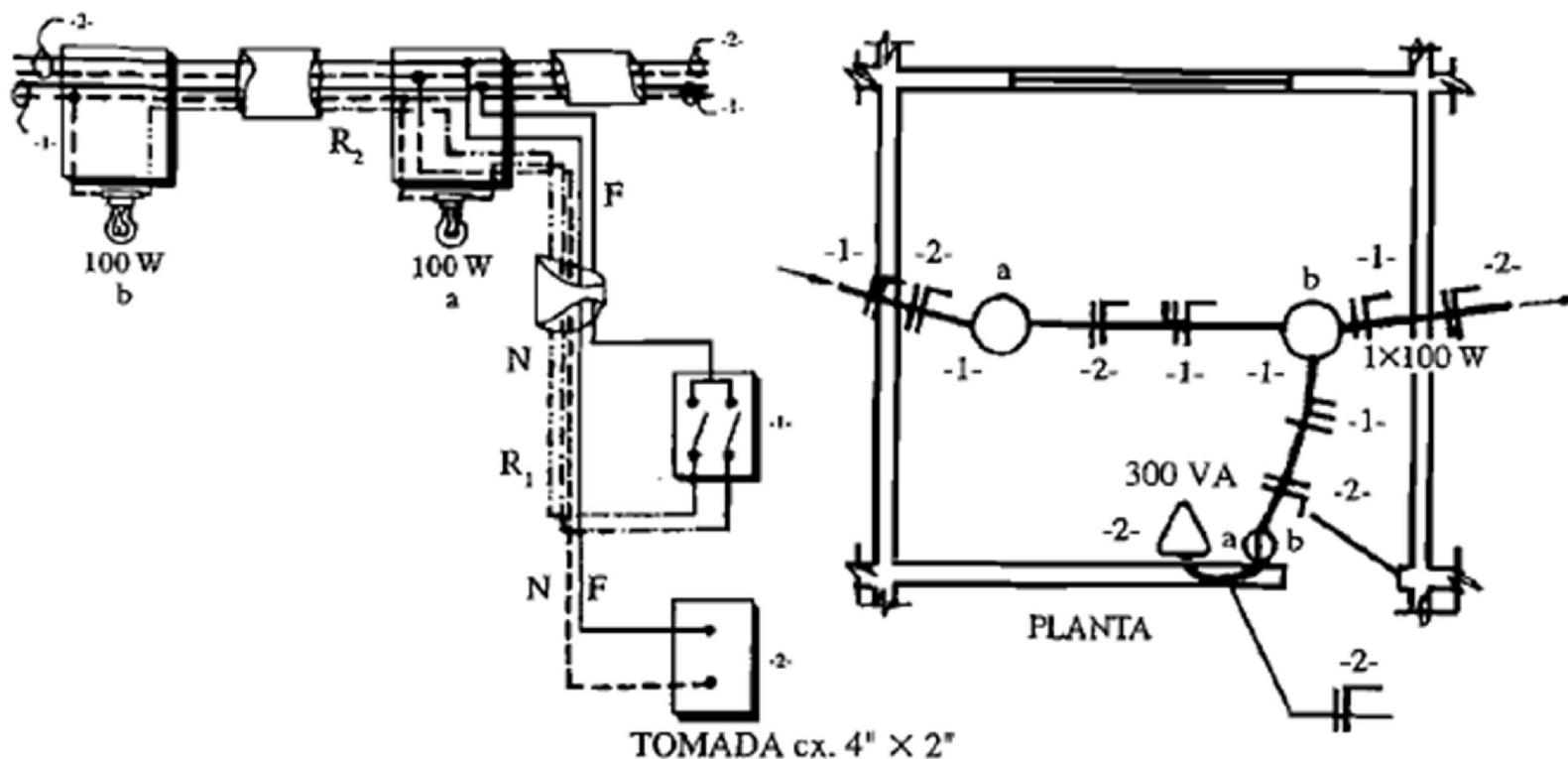


Fig. 3.7 Dois pontos de luz comandados por interruptor de duas seções e tomada de 300 VA. A NBR 5410/1997 indica a separação do circuito de iluminação do circuito de tomada (ponto de força)

Dispositivos de comando dos circuitos

Fonte: Livro – Instalações Elétricas – Autor: Julio Niskier

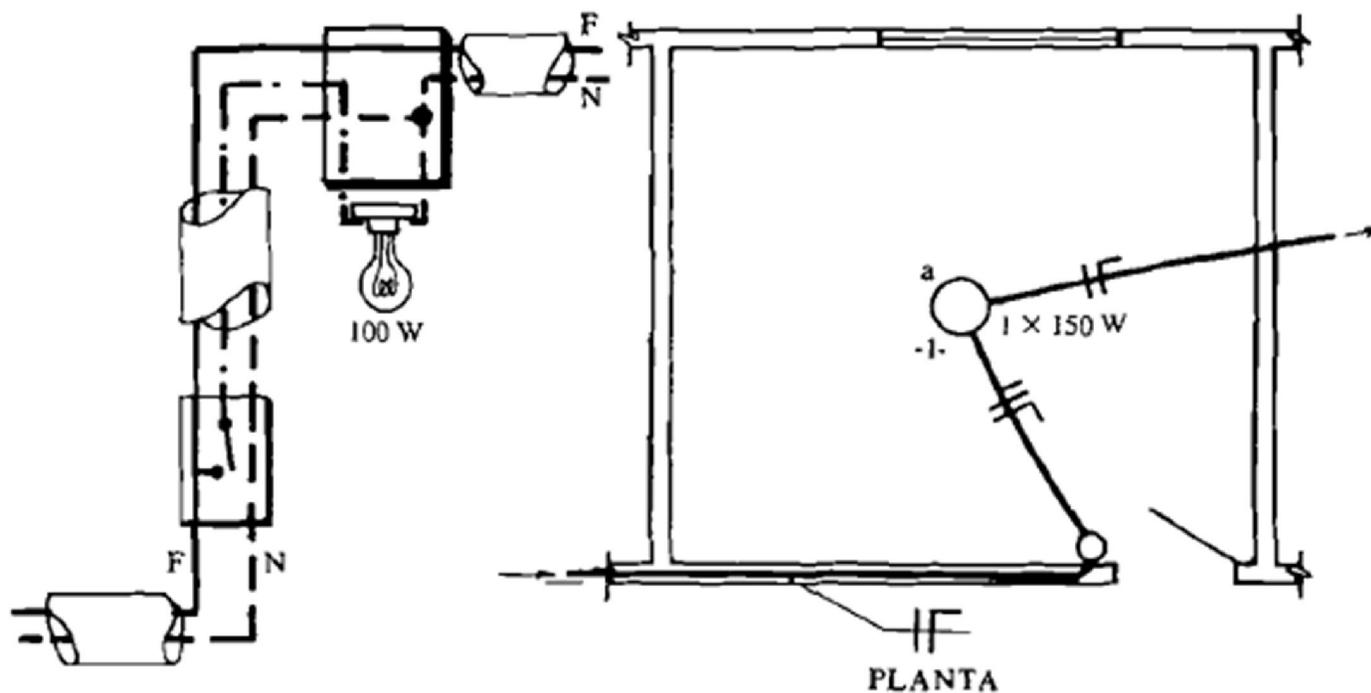


Fig. 3.8 Lâmpada acesa por interruptor de uma seção, pelo qual chega a alimentação

Dispositivos de comando dos circuitos

Fonte: Livro – Instalações Elétricas – Autor: Julio Niskier

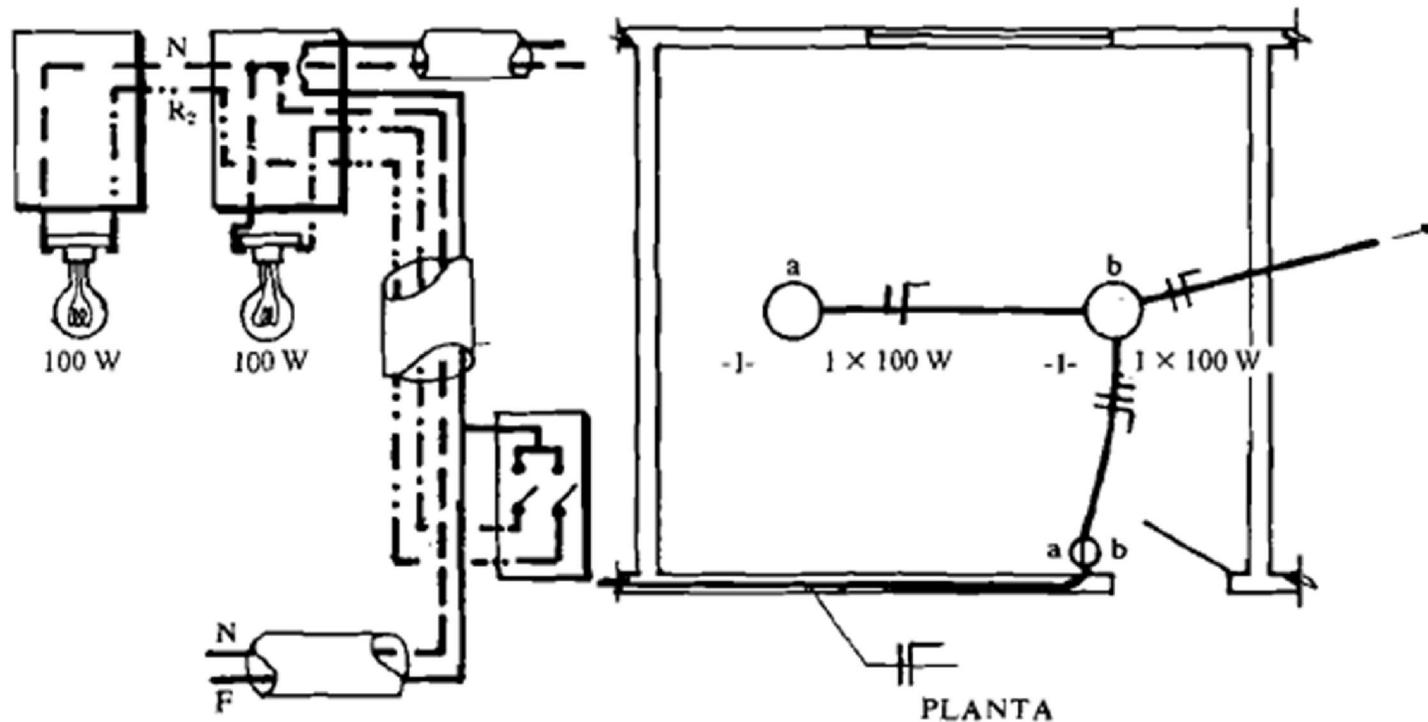


Fig. 3.9 Duas lâmpadas acesas por um interruptor de duas seções, pelo qual chega a alimentação

Dispositivos de comando dos circuitos

Fonte: Livro – Instalações Elétricas – Autor: Julio Niskier

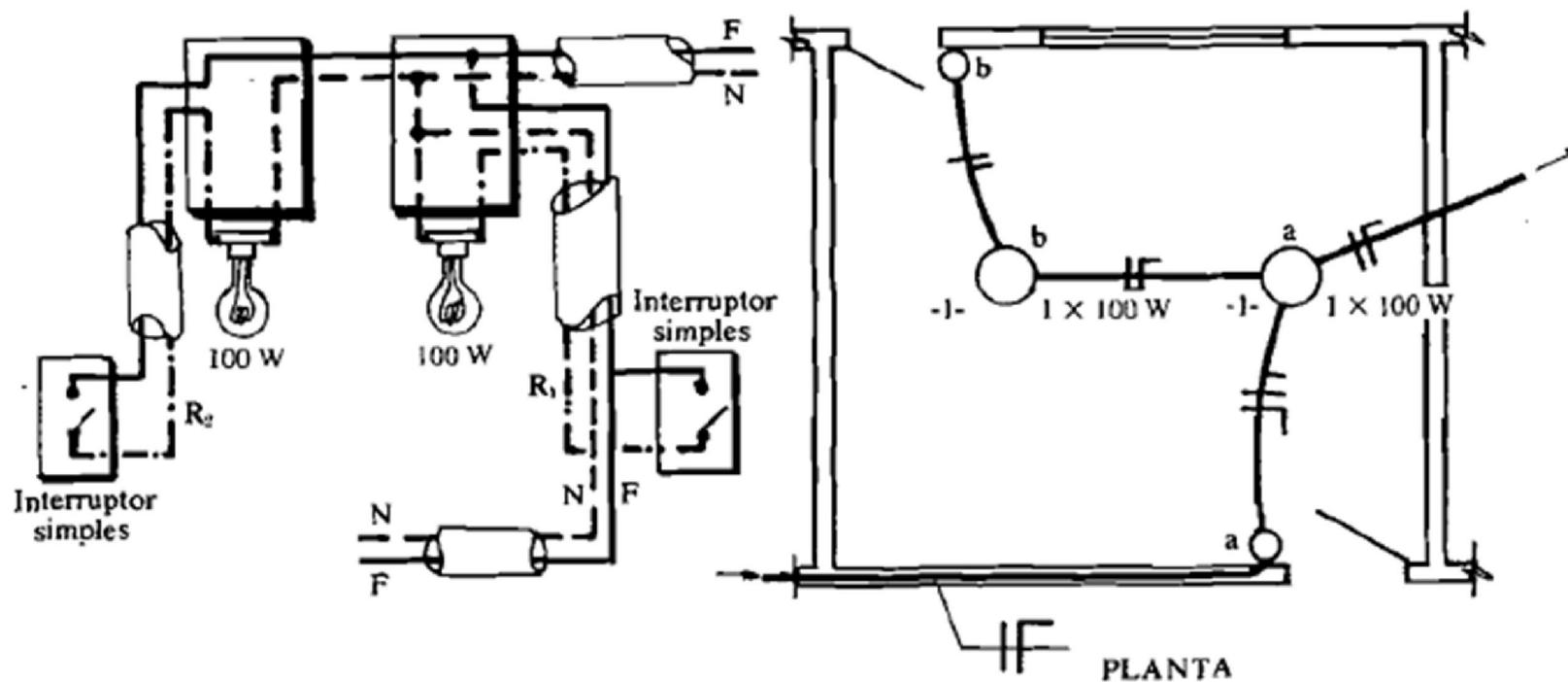


Fig. 3.10 Duas lâmpadas comandadas por interruptores independentes, de uma seção cada

Dispositivos de comando dos circuitos

Fonte: Livro – Instalações Elétricas – Autor: Julio Niskier

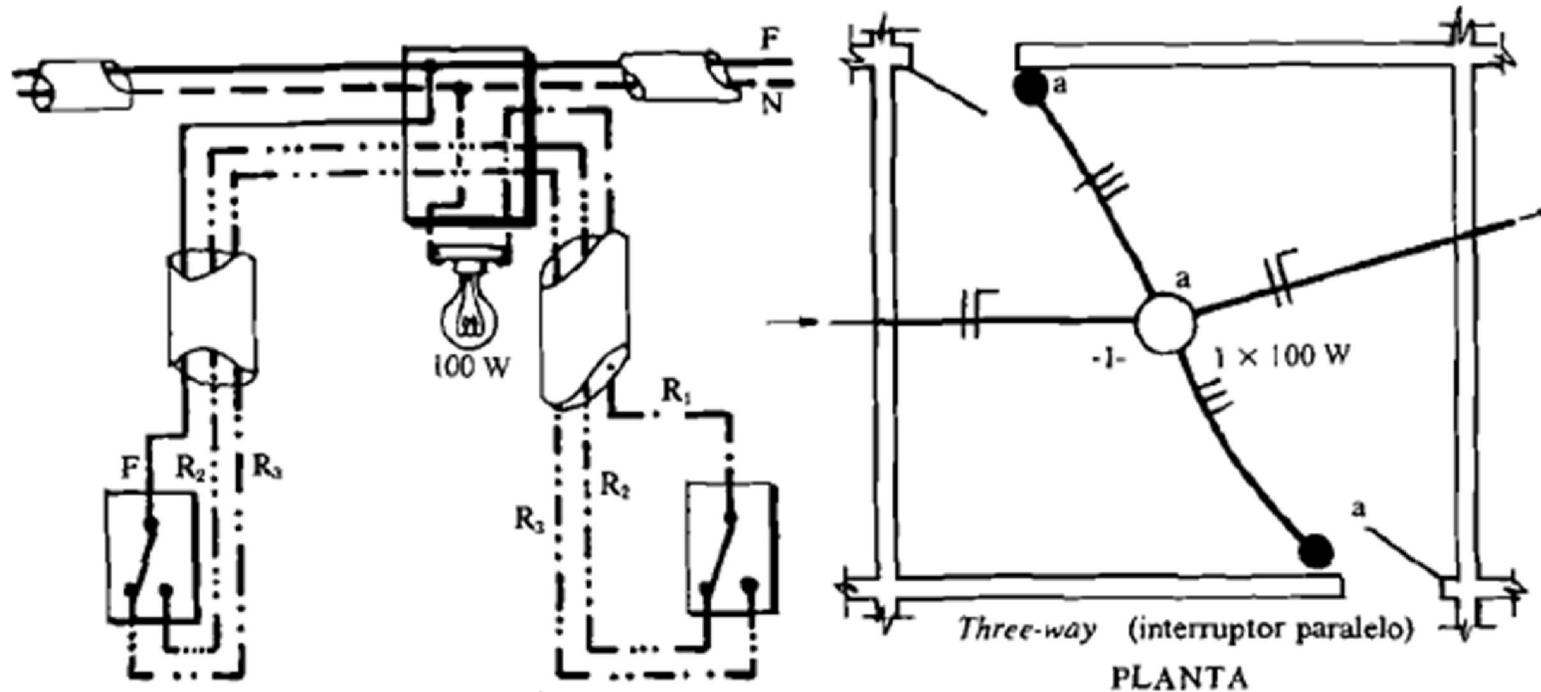


Fig. 3.11 Nesta situação a lâmpada se acha apagada, pois o circuito não se fecha

Dispositivos de comando dos circuitos

Fonte: Livro – Instalações Elétricas – Autor: Julio Niskier

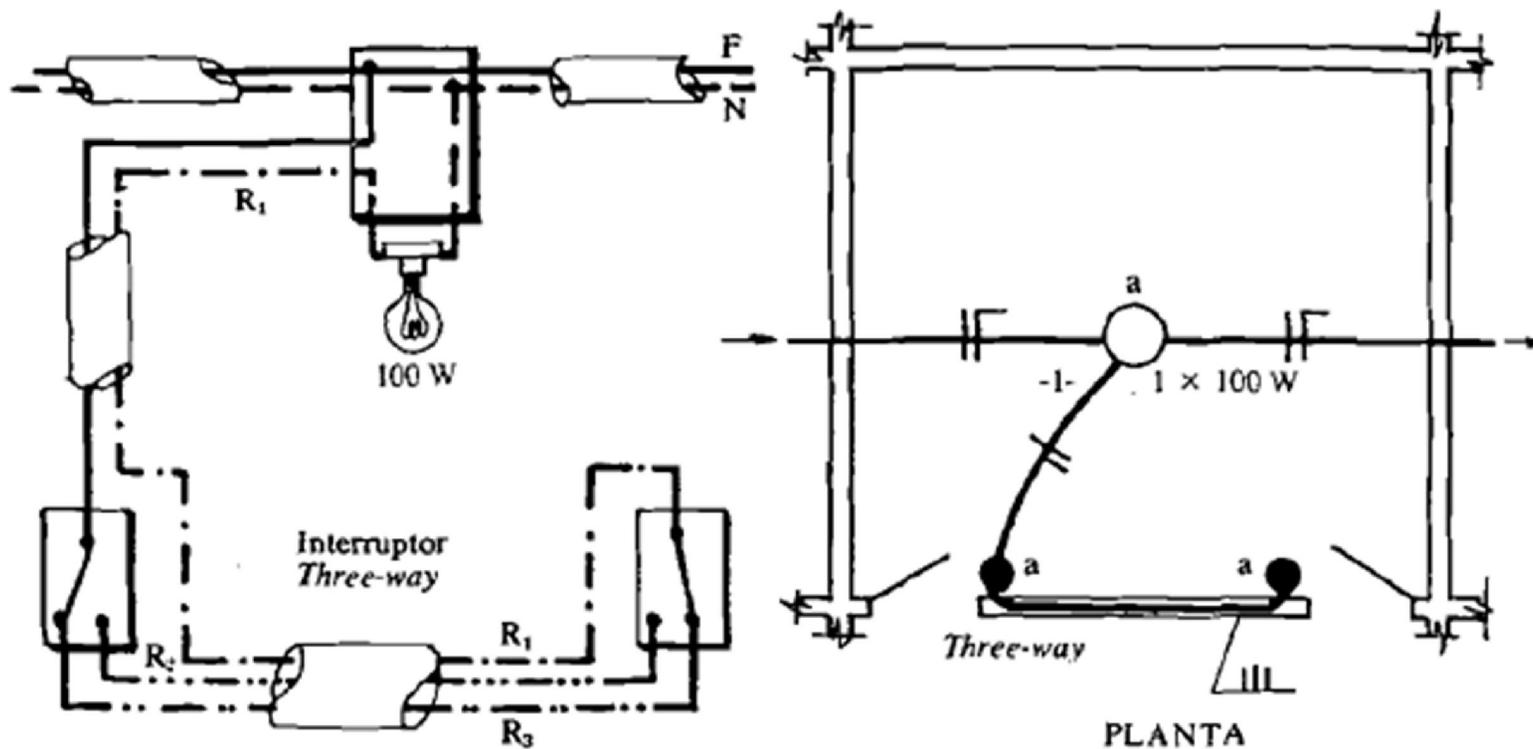


Fig. 3.12 Lâmpada acesa, pois o circuito se completa

Dispositivos de comando dos circuitos

Fonte: Livro – Instalações Elétricas – Autor: Julio Niskier

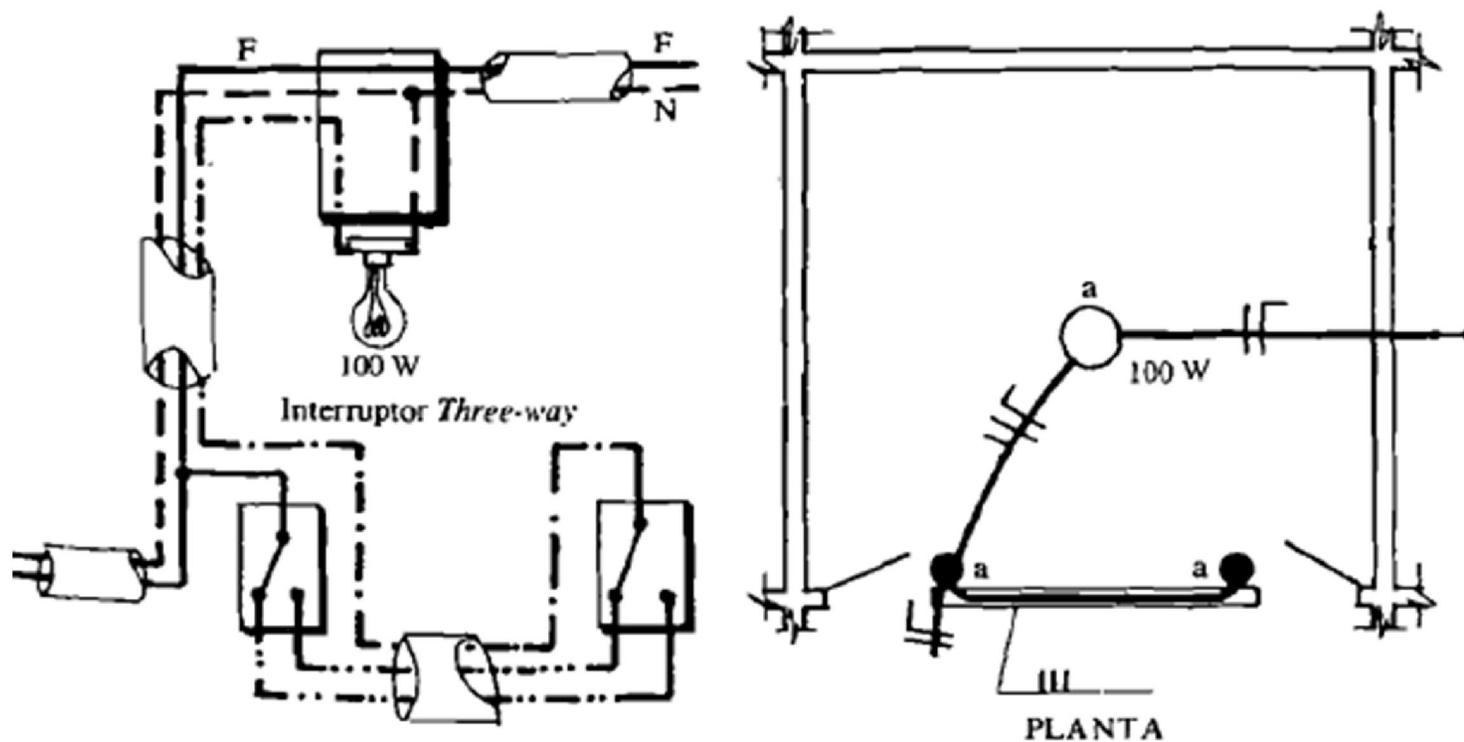


Fig. 3.13 *Three-way* (interruptor paralelo)

Dispositivos de comando dos circuitos

Fonte: Livro – Instalações Elétricas – Autor: Julio Niskier

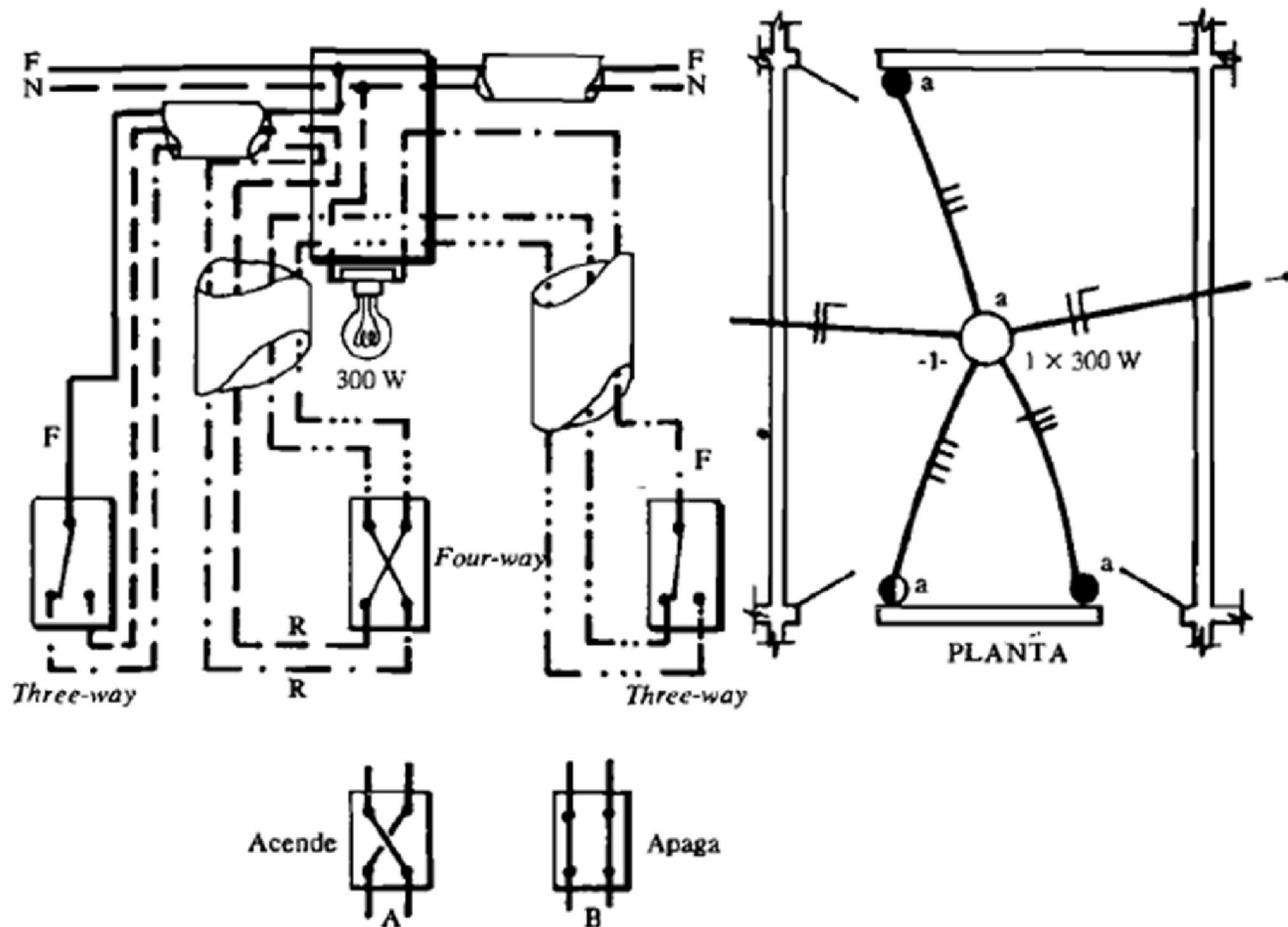


Fig. 3.14 Dois interruptores *three-way* e um *four-way*

Dispositivos de comando dos circuitos

Fonte: Livro – Instalações Elétricas – Autor: Julio Niskier

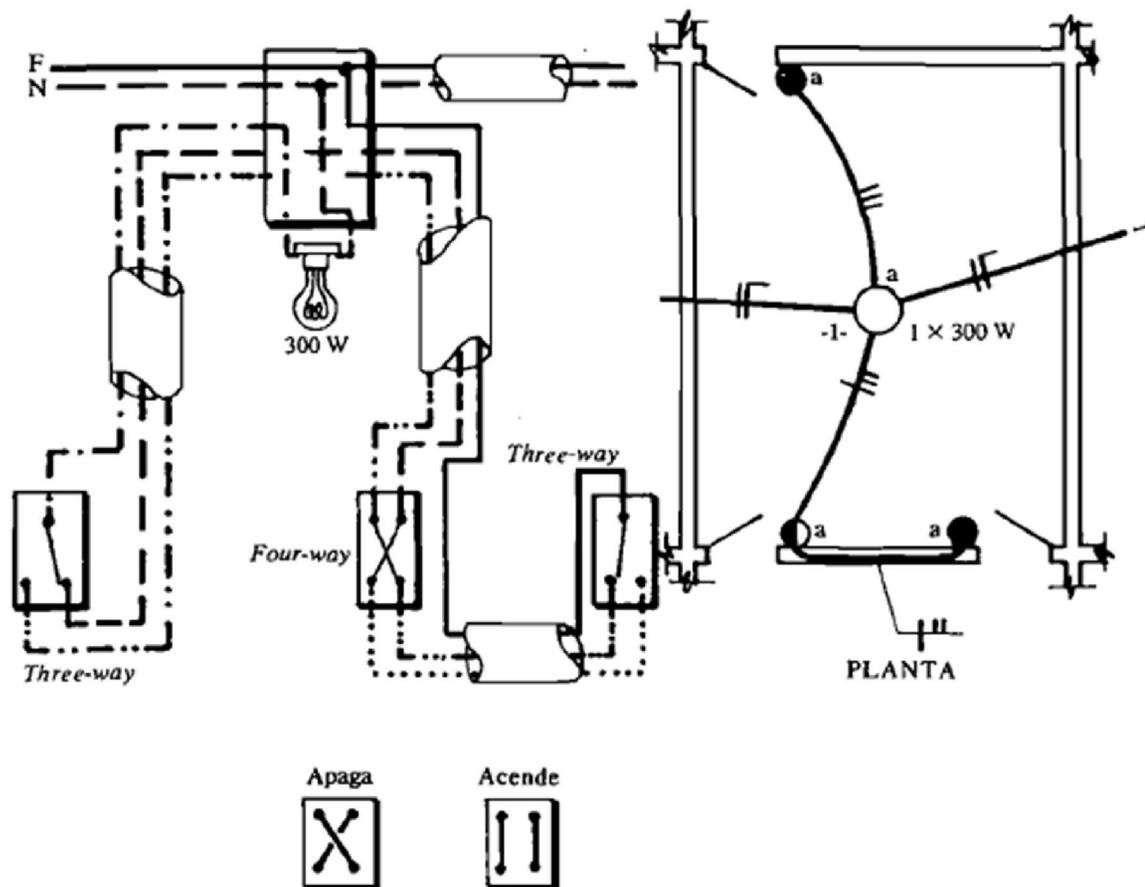


Fig. 3.15 Lâmpada acionada por dois interruptores *three-way* (paralelos) e um interruptor *four-way* (intermediário)

Dispositivos de comando dos circuitos

Minuteria e Sensor de presença

✓ Por razões de economia, não é conveniente que as lâmpadas dos *halls* de serviço e sociais (corredores) de prédios, bem como garagens, fiquem acesas durante toda a noite, e às vezes durante todo o dia, no caso dos *halls* sem iluminação natural. Além disso, alguém poderia acender uma luz num *hall* e esquecer-se de apagá-la.

✓ Por isso, emprega-se um sistema **que permite, com o acionamento de qualquer um dos interruptores do circuito, ligar simultaneamente, por exemplo, as lâmpadas dos *halls*** de todos os andares, da garagem, corredor, entre outros, mesmo que seja de um único ponto de comando.

✓ Um aparelho denominado ***minuteria***, após um certo tempo, desliga as lâmpadas sob o seu comando.



Dispositivos de comando dos circuitos

Fonte: Livro – Instalações Elétricas – Autor: Julio Niskier

Minuteria

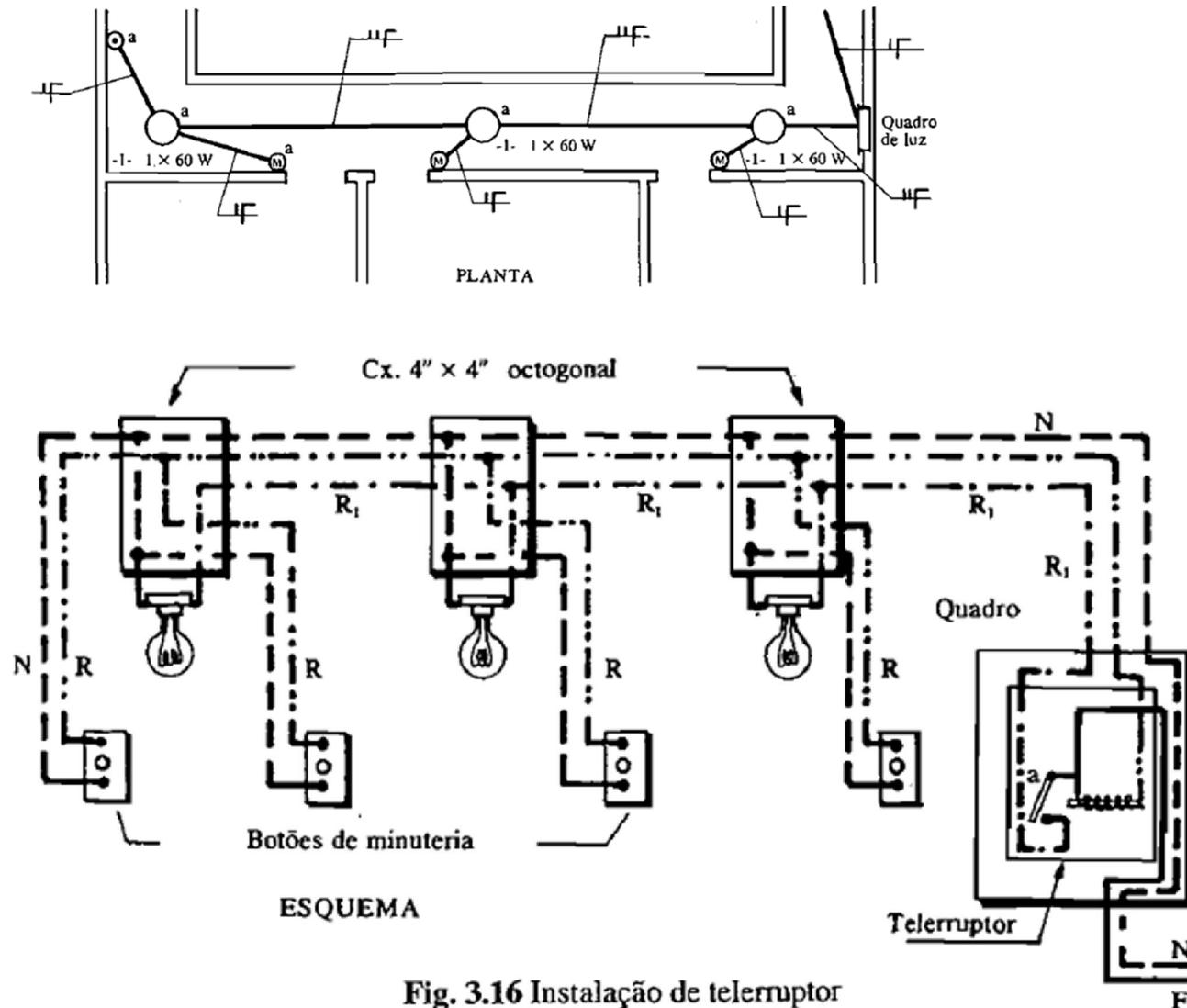
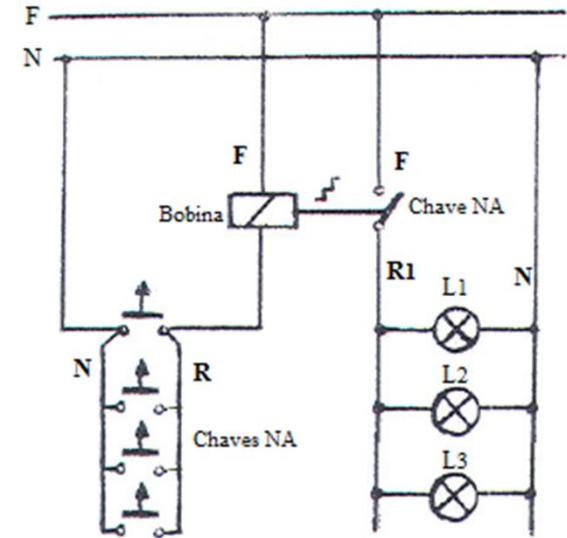


Fig. 3.16 Instalação de telerruptor



Esquema de ligação dos interruptores

Dispositivos de comando dos circuitos

Fonte: Livro – Instalações Elétricas – Autor: Julio Niskier

Minuteria

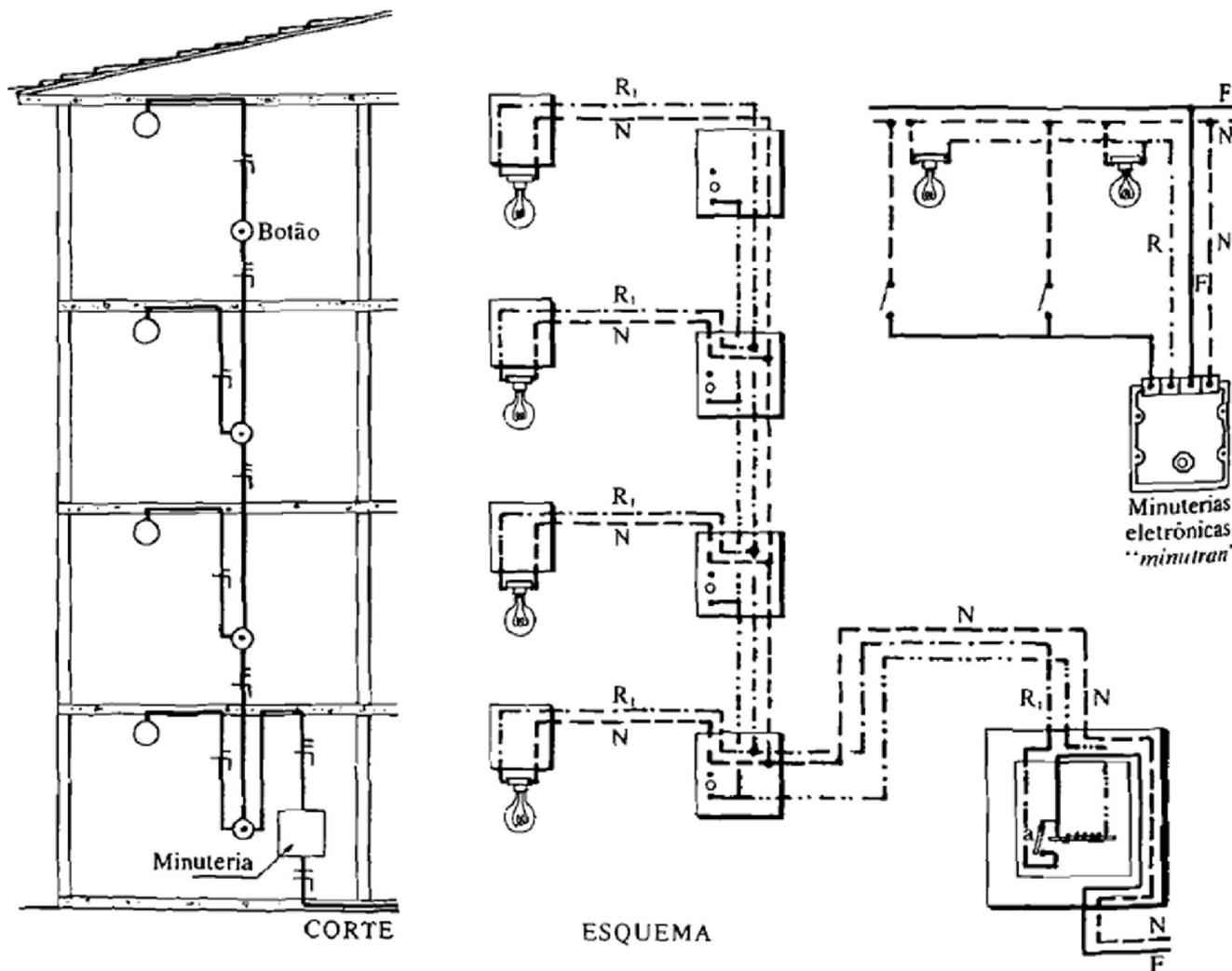
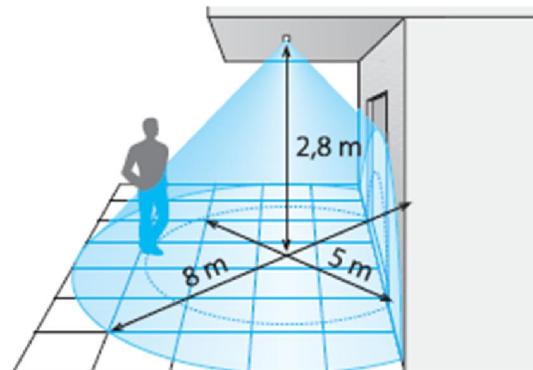
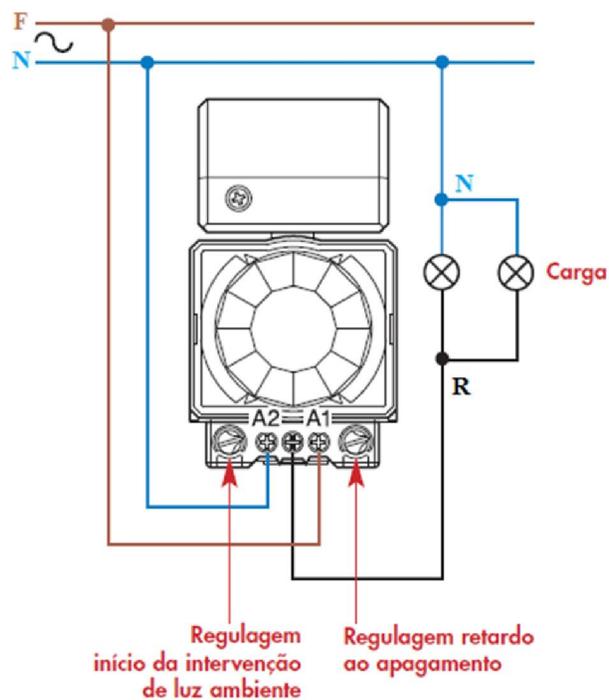


Fig. 3.17 Instalação de telerruptor (ou minuteria)

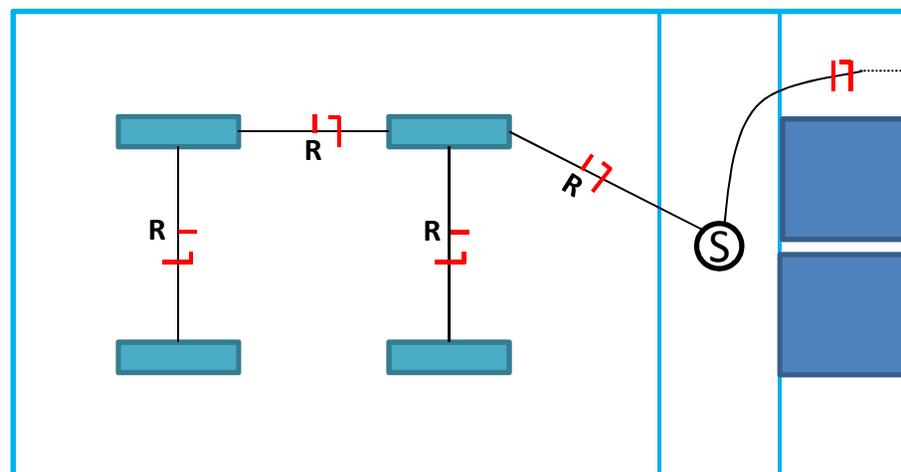
Parte 3 – Instalações Elétricas Prediais
Prof. Alex Vilarindo Menezes

Dispositivos de comando dos circuitos

Sensor de presença



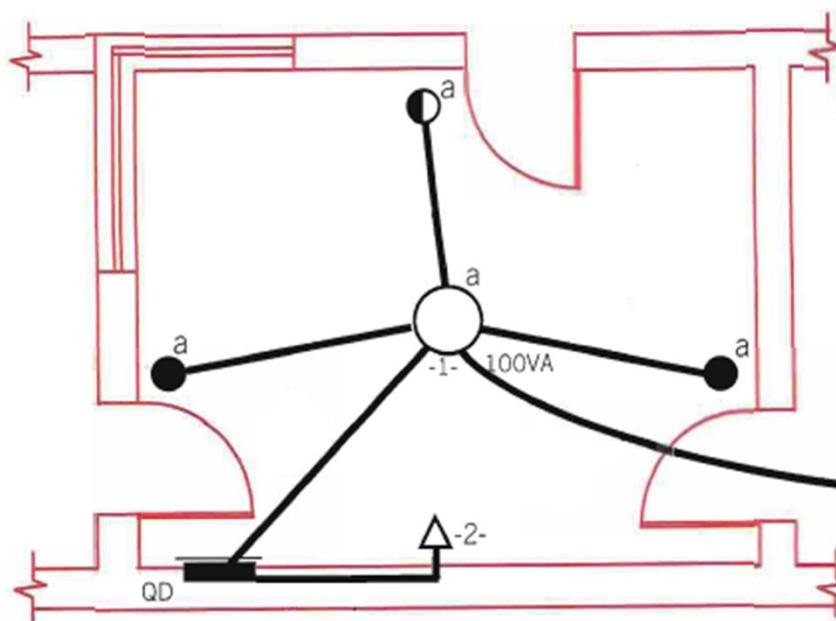
Sensor de presença montado no teto, na saída do elevador, para iluminação de uma garagem no subsolo de um prédio



Garagem - Subsolo

Dispositivos de comando dos circuitos

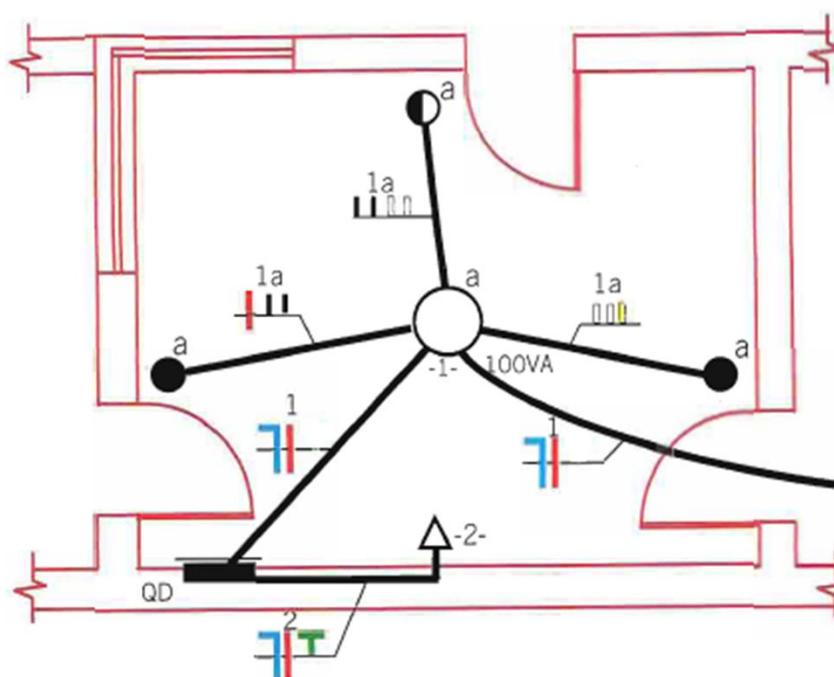
EXERCÍCIO: Passar a fiação do circuito abaixo.



Dispositivos de comando dos circuitos

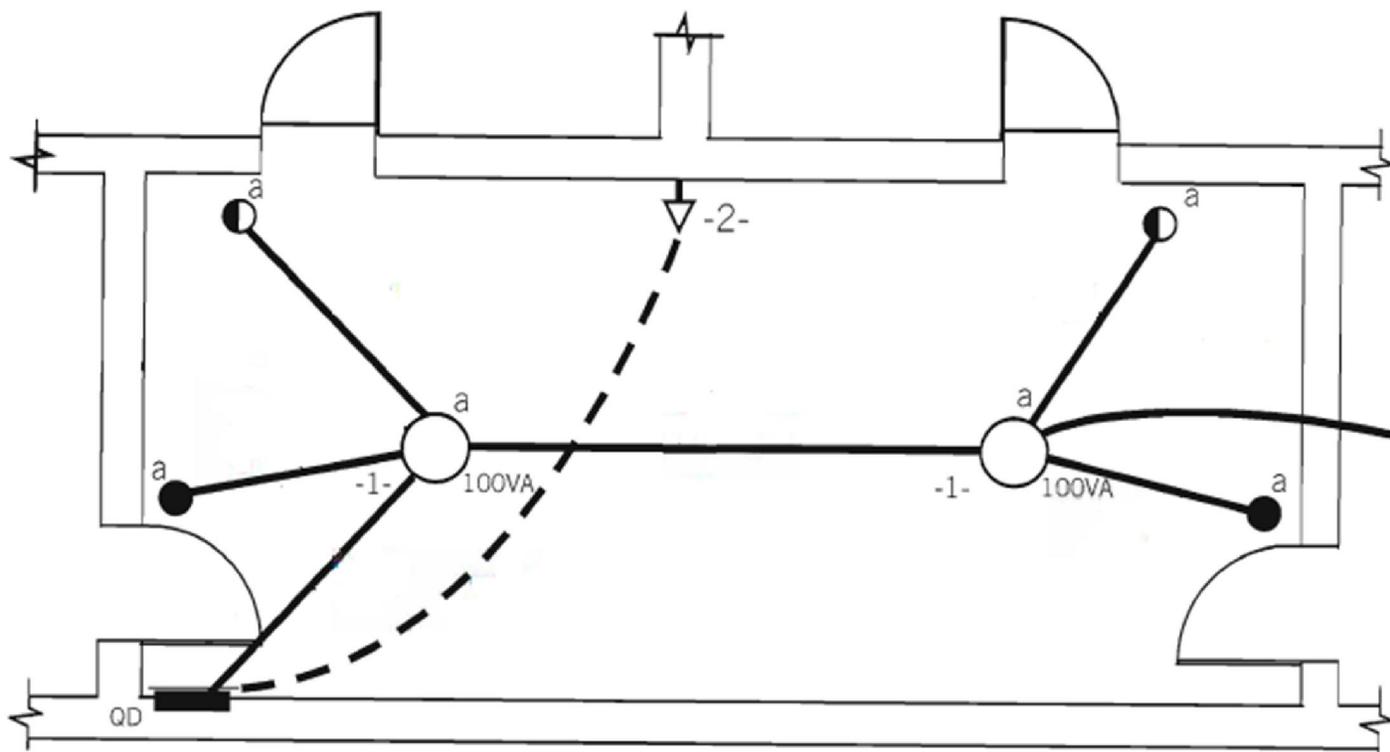
EXERCÍCIO: Passar a fiação do circuito abaixo.

Solução



Dispositivos de comando dos circuitos

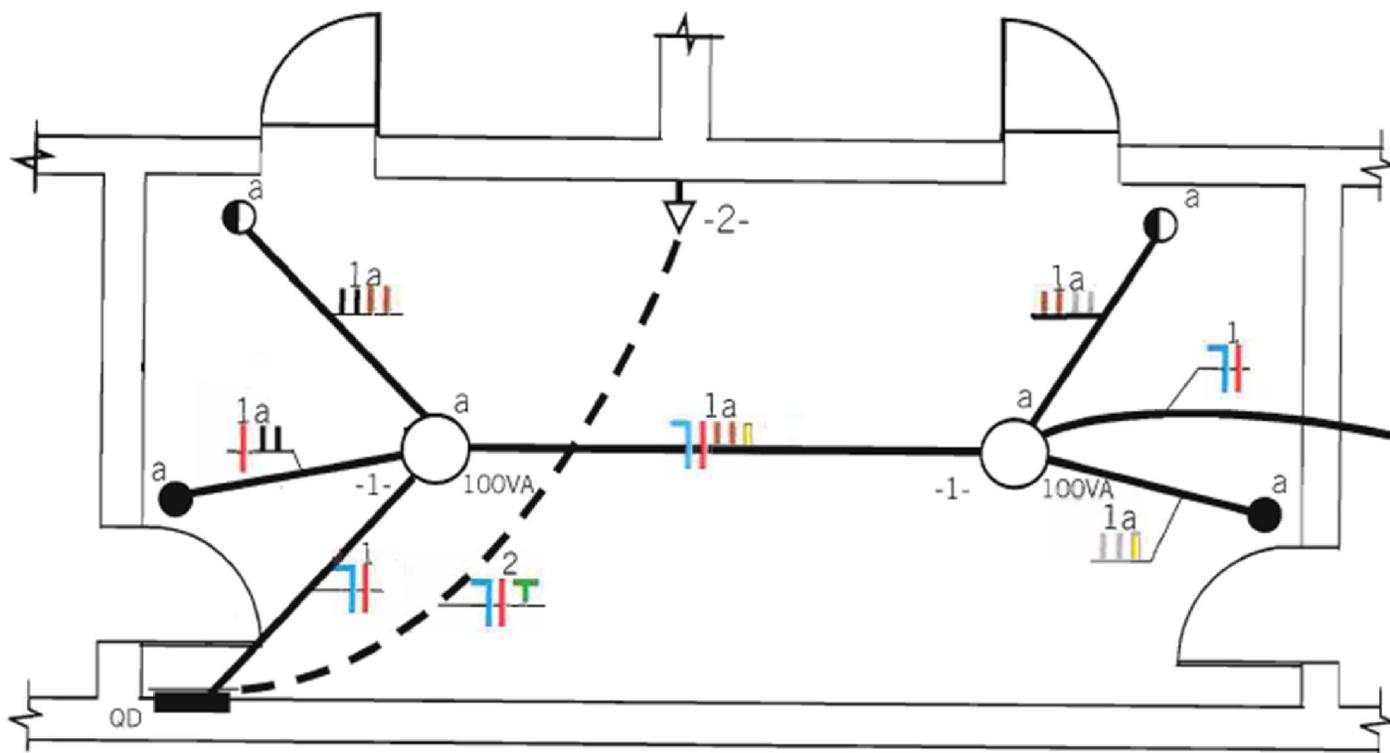
EXERCÍCIO: Passar a fiação do circuito abaixo.



Dispositivos de comando dos circuitos

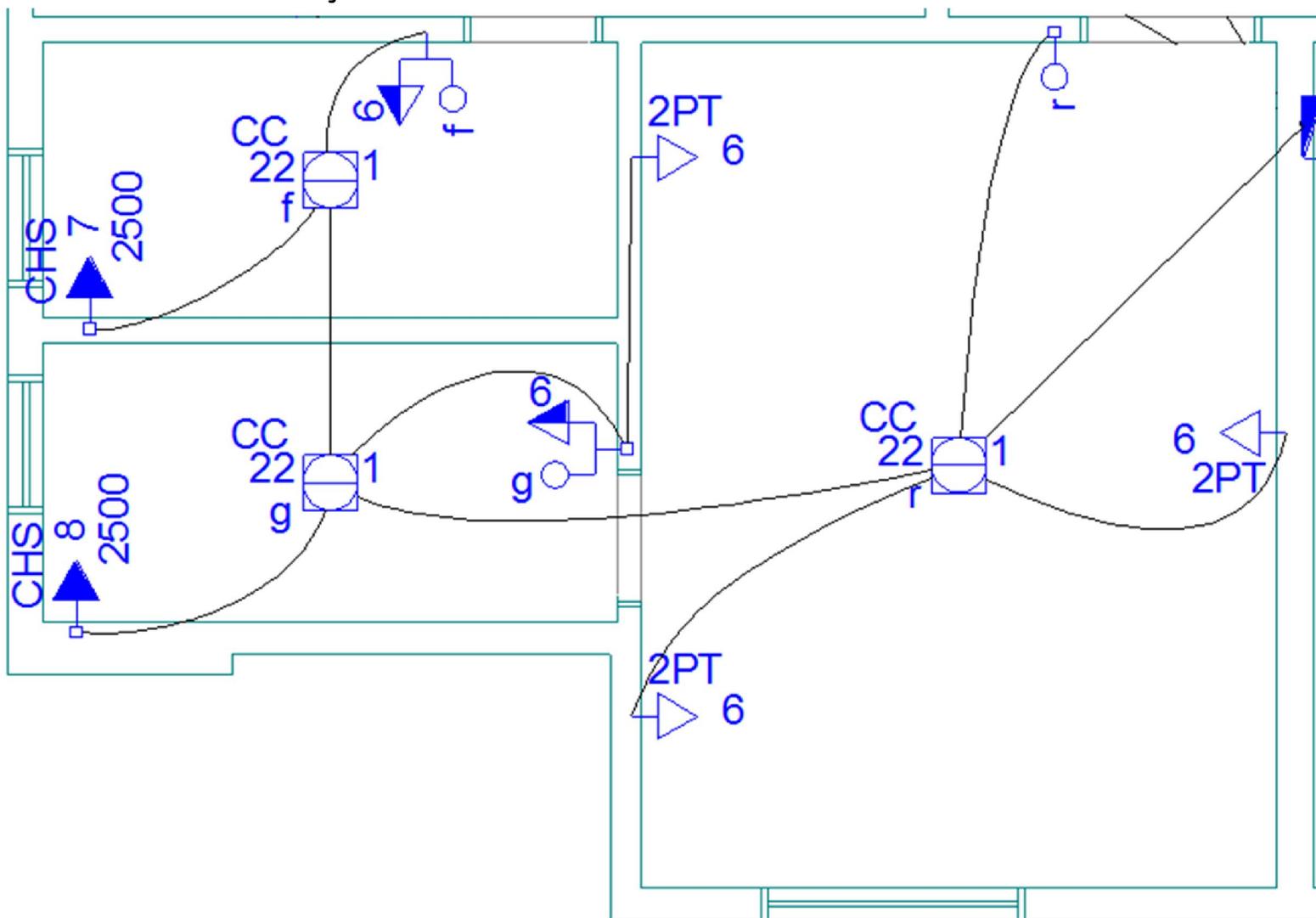
EXERCÍCIO: Passar a fiação do circuito abaixo.

Solução



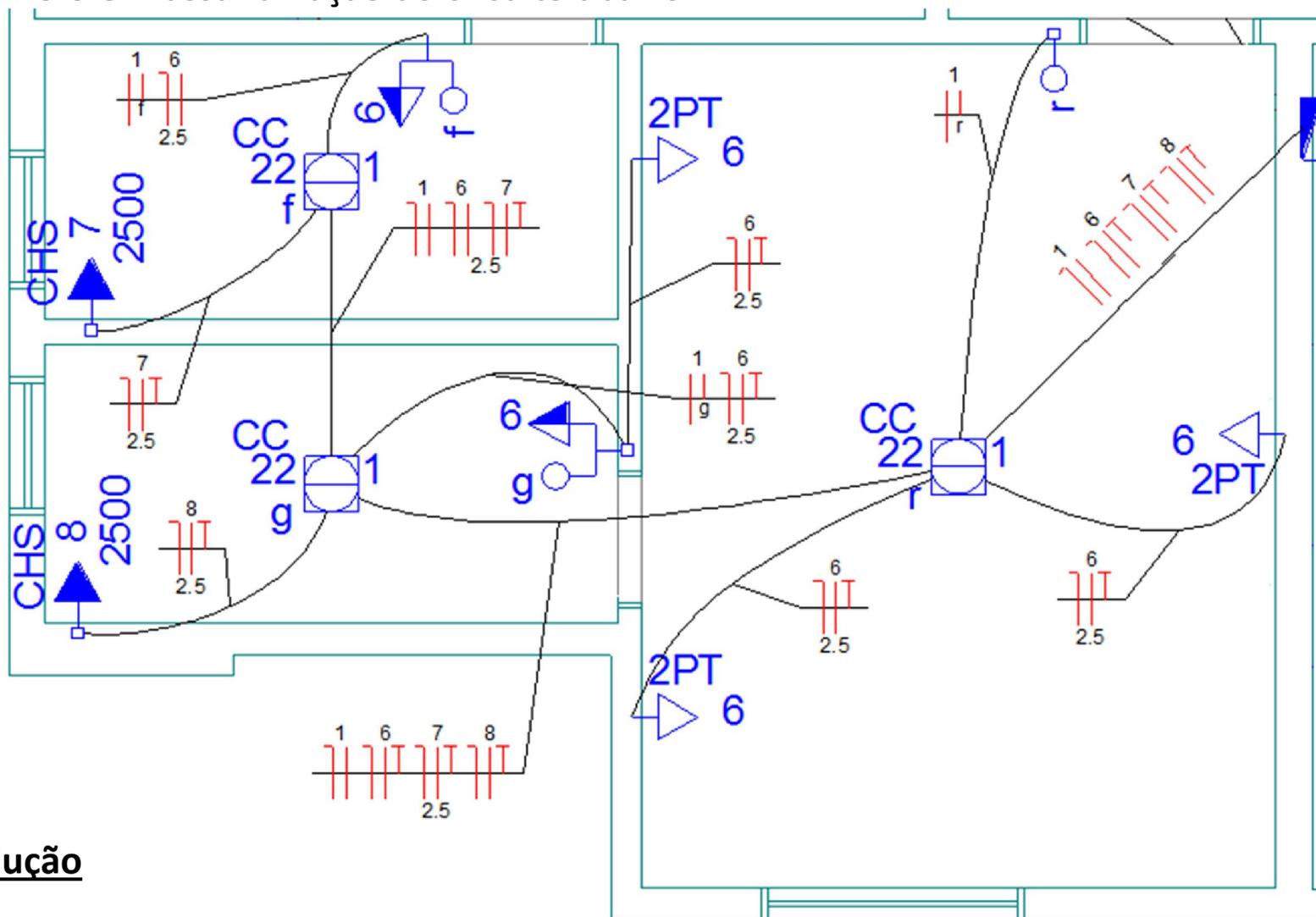
Dispositivos de comando dos circuitos

EXERCÍCIO: Passar a fiação do circuito abaixo.



Dispositivos de comando dos circuitos

EXERCÍCIO: Passar a fiação do circuito abaixo.



Solução

Dispositivos de comando dos circuitos

VISUALIZAÇÃO EM PROJETO DE DISPOSITIVOS DE COMANDO DE CIRCUITOS

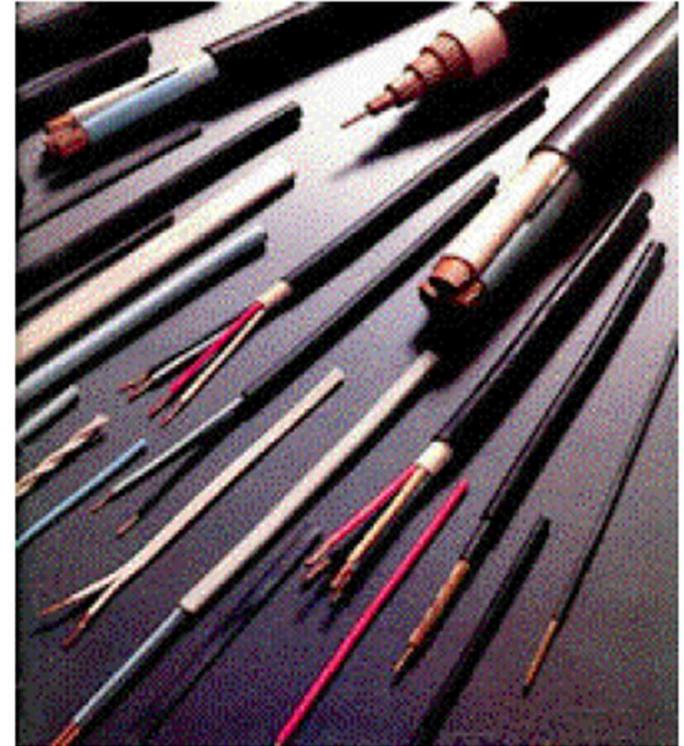
Condutores

Definições Gerais

✓ *Condutor elétrico*: Corpo constituído de material bom condutor, destinado à transmissão de eletricidade. Em geral ele é de cobre e, em certos casos, de alumínio.

✓ *Fio*: É um condutor sólido, maciço, de seção circular, com ou sem cobertura.

✓ *Cabo*: É um conjunto de fios encordoados, não isolados entre si, podendo o conjunto ser isolado ou não.



Condutores

Definições Gerais

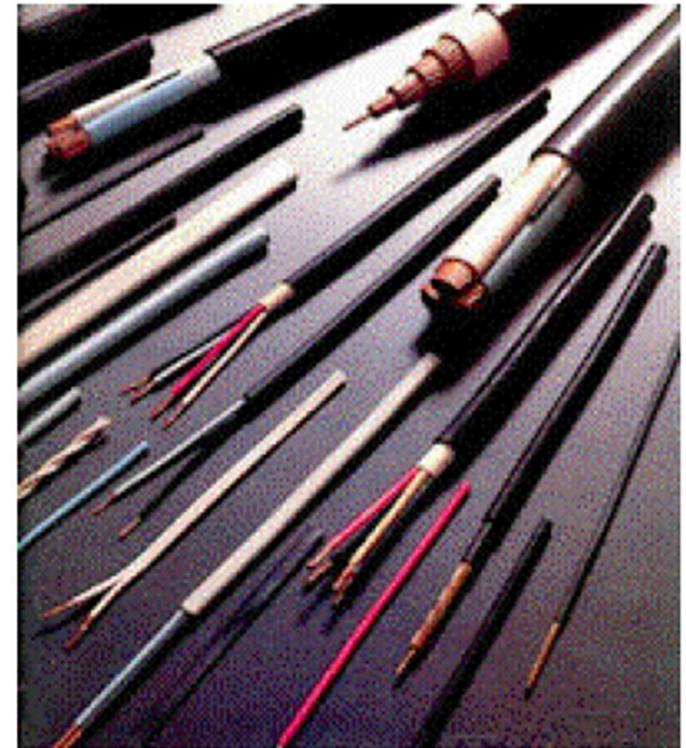
✓ *Isolação*: conjunto de materiais isolantes aplicados sobre o condutor com o objetivo de mantê-lo isolado eletricamente do ambiente que o circunda.

Exemplos de materiais empregados na isolação de condutores: cloreto de polivinila (PVC), polietileno (PE), polietileno reticulado (XLPE), borracha etileno - propileno (EPR).

✓ *Isolamento*: é o termo empregado para definir a isolação quantitativamente. Por exemplo: Tensão de isolamento de 750 V.

✓ *Cobertura*: invólucro externo, não metálico e contínuo, sem função de isolação, destinado a proteger o condutor contra influências externas.

Exemplos de materiais utilizados na cobertura dos condutores: neoprene, polietileno, borracha de silicone, PVC.



Condutores

Definições Gerais

Os cabos podem ser:

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

Condutor: Cobre x Alumínio

- Em **instalações residenciais** só podem ser empregados condutores de cobre, exceto condutores de aterramento e proteção.
- Em **instalações comerciais** é permitido o uso de condutores de alumínio com seções iguais ou superiores a 50mm².
- Em **instalações industriais** podem ser utilizados condutores de alumínio, desde que sejam obedecidas simultaneamente as seguintes condições:
 - Seção nominal dos condutores seja maior ou igual a 16mm².
 - Potência instalada seja igual ou superior a 50kW.
 - Instalação e manutenção por pessoas qualificadas.



- 1 – Condutor flexível formado por fios de cobre nus.
- 2 – Isolação de PVC (70°C) – Composto termoplástico de cloreto de polivinila flexível.
- 3 – Cobertura de PVC – composto termoplástico de cloreto de polivinila flexível.

Condutores

TIPOS DE CONDUTORES

Os condutores de baixa tensão podem ser classificados de acordo com seu comportamento quando submetidos a ação do fogo, em função dos materiais empregados na cobertura e isolamento, podendo ser:

✓ **Propagadores de chama:** são aqueles que entram em combustão sob presença direta da chama e a mantém, mesmo após a retirada da chama. O polietileno reticulado (XLPE) e o etileno propileno (EPR) são materiais propagadores da chama.

✓ **Não-propagadores de chama:** são aqueles nos quais a chama se auto-extingue quando a causa ativadora da mesma é removida. Essa propriedade, no entanto, depende da intensidade e do tempo de exposição do condutor à chama e da quantidade de cabos agrupados. Considera-se o cloreto de polivinila (PVC) e o neoprene como materiais não-propagadores da chama.

Condutores

TIPOS DE CONDUTORES

- ✓ **Resistentes à chama:** Mesmo em caso de exposição prolongada, a chama não se propaga ao longo do material isolante do cabo. É o caso dos cabos Sintenax Antiflam, da Prysmian, e Noflam BWF 750V, da Ficap.

- ✓ **Resistentes ao fogo:** São materiais especiais incombustíveis, que permitem o funcionamento do circuito elétrico mesmo em presença de um incêndio. São usados em circuitos de segurança e sinalizações de emergência.

Condutores

✓ Para que se considere um circuito corretamente dimensionado são necessários seis cálculos. Em princípio, cada um deles pode resultar numa seção diferente, sendo que a seção a ser finalmente adotada é a maior dentre todas as seções obtidas.

✓ Os seis critérios são os seguintes (item 6.2.6.1.2 da NBR 5410:2004):

1. **Seção mínima**
2. **Capacidade de condução de corrente**
3. **Queda de tensão**
4. **Proteção contra sobrecargas**
5. **Proteção contra curtos-circuitos**
6. **Proteção contra contatos indiretos***

* Aplicável apenas quando se usam dispositivos a sobrecorrente na função de seccionamento automático

Condutores

1. Seção mínima – Condutor fase

6.2.6.1.1 A seção dos *condutores de fase*, em circuitos de corrente alternada, e dos condutores vivos, em circuitos de corrente contínua, não deve ser inferior ao valor pertinente dado na tabela 47.

Tabela 47 — Seção mínima dos condutores¹⁾

Tipo de linha		Utilização do circuito	Seção mínima do condutor mm ² - material
Instalações fixas em geral	Condutores e cabos isolados	Circuitos de iluminação	1,5 Cu 16 Al
		Circuitos de força ²⁾	2,5 Cu 16 Al
		Circuitos de sinalização e circuitos de controle	0,5 Cu ³⁾
	Condutores nus	Circuitos de força	10Cu 16 Al
		Circuitos de sinalização e circuitos de controle	4 Cu
	Linhas flexíveis com cabos isolados	Para um equipamento específico	Como especificado na norma do equipamento
Para qualquer outra aplicação		0,75 Cu ⁴⁾	
Circuitos a extrabaixa tensão para aplicações especiais		0,75 Cu	

¹⁾ Seções mínimas ditadas por razões mecânicas

²⁾ Os circuitos de tomadas de corrente são considerados circuitos de força.

³⁾ Em circuitos de sinalização e controle destinados a equipamentos eletrônicos é admitida uma seção mínima de 0,1 mm².

⁴⁾ Em cabos multipolares flexíveis contendo sete ou mais veias é admitida uma seção mínima de 0,1 mm².

Condutores

1. Seção mínima – Condutor neutro

6.2.6.2 Condutor neutro

6.2.6.2.1 O condutor neutro não pode ser comum a mais de um circuito.

Problemas encontrados ao utilizar um condutor neutro comum a vários circuitos:

- Aquecimento, com aparecimento de “pontos quentes” - risco de incêndio
- Perdas elétricas – desperdício de energia
- Sobretensão – acarretando em mau funcionamento de equipamentos
- Disparo de disjuntores diferencial residual (DR)

[SIMULAÇÃO NO EWB](#) – neutro.ewb

Condutores

1. Seção mínima – Condutor neutro

6.2.6.2 Condutor neutro

6.2.6.2.1 O condutor neutro não pode ser comum a mais de um circuito.

6.2.6.2.2 O condutor neutro de um circuito monofásico deve ter a mesma seção do condutor de fase.

6.2.6.2.3 Quando, num circuito trifásico com neutro, a taxa de terceira harmônica e seus múltiplos for superior a 15%, a seção do condutor neutro não deve ser inferior à dos condutores de fase, podendo ser igual à dos condutores de fase se essa taxa não for superior a 33%.

NOTAS

1 Tais níveis de correntes harmônicas são encontrados, por exemplo, em circuitos que alimentam luminárias com lâmpadas de descarga, incluindo as fluorescentes.

2 O caso de taxas superiores a 33% é tratado em 6.2.6.2.5.

6.2.6.2.4 A seção do condutor neutro de um circuito com duas fases e neutro não deve ser inferior à seção dos condutores de fase, podendo ser igual à dos condutores de fase se a taxa de terceira harmônica e seus múltiplos não for superior a 33%.

NOTA O caso de taxas superiores a 33% é tratado em 6.2.6.2.5.

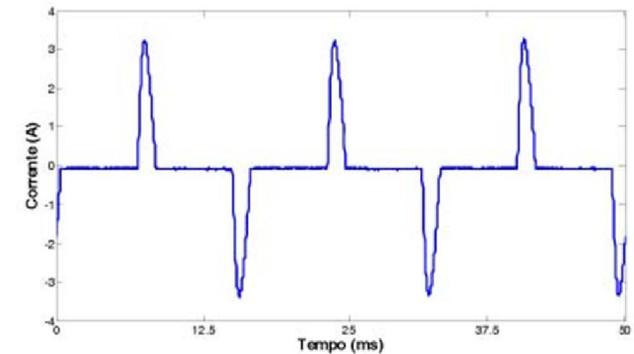


Figura 6: Forma de onda da corrente quando da alimentação de um PC (Computador Pessoal).

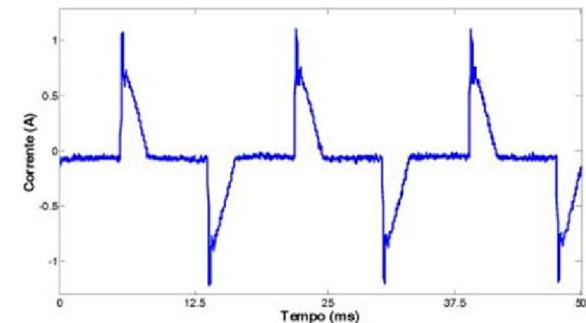


Figura 8: Forma de onda da corrente quando da alimentação de uma Lâmpada Fluorescente Compacta (LFC).

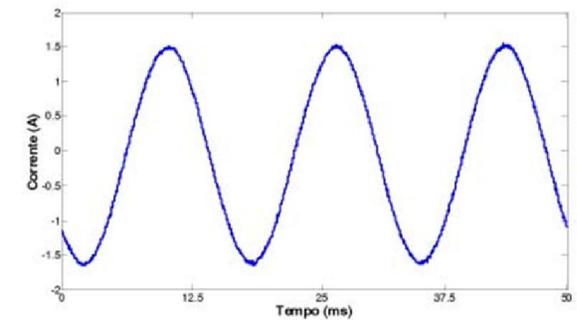


Figura 11: Forma de onda da corrente quando da alimentação de um Ventilador (VE).

Condutores

1. Seção mínima – Condutor neutro

6.2.6.2 Condutor neutro

6.2.6.2.5 Quando, num circuito trifásico com neutro ou num circuito com duas fases e neutro, a taxa de terceira harmônica e seus múltiplos for superior a 33%, pode ser necessário um condutor neutro com seção superior à dos condutores de fase.

NOTAS

1 Tais níveis de correntes harmônicas são encontrados, por exemplo, em circuitos que alimentam principalmente computadores ou outros equipamentos de tecnologia de informação.

2 Para se determinar a seção do condutor neutro, com confiança, é necessária uma estimativa segura do conteúdo de terceira harmônica das correntes de fase e do comportamento imposto à corrente de neutro pelas condições de desequilíbrio em que o circuito pode vir a operar. O anexo F fornece subsídios para esse dimensionamento.

6.2.6.2.6 Num circuito trifásico com neutro e cujos condutores de fase tenham uma seção superior a 25mm², a seção do condutor neutro pode ser inferior à dos condutores de fase, sem ser inferior aos valores indicados na tabela 48, em função da seção dos condutores de fase, quando as três condições seguintes forem simultaneamente atendidas:

- a) o circuito for presumivelmente equilibrado, em serviço normal;
- b) a corrente das fases não contiver uma taxa de terceira harmônica e múltiplos superior a 15%; e
- c) o condutor neutro for protegido contra sobrecorrentes conforme 5.3.2.2.

NOTA Os valores da tabela 48 são aplicáveis quando os condutores de fase e o condutor neutro forem do mesmo metal.

Condutores

1. Seção mínima – Condutor neutro

a) o circuito for presumivelmente equilibrado, em serviço normal;

b) a corrente das fases não contiver uma taxa de terceira harmônica e múltiplos superior a 15%; e

c) o condutor neutro for protegido contra sobrecorrentes conforme 5.3.2.2.

Tabela 48 — Seção reduzida do condutor neutro¹⁾

Seção dos condutores de fase mm ²	Seção reduzida do condutor neutro mm ²
$S \leq 25$	S
35	25
50	25
70	35
95	50
120	70
150	70
185	95
240	120
300	150
400	185

¹⁾ As condições de utilização desta tabela são dadas em 6.2.6.2.6.

Condutores

2. Capacidade de condução de corrente – Corrente de Projeto

No projeto de instalações, para se poder dimensionar os condutores e dispositivos de proteção deve-se calcular previamente a intensidade de corrente que por eles passa. Pode ser calculada pelas seguintes expressões:

□ Circuitos monofásicos (alimentados por *fase e neutro*, com ou sem o *condutor terra*. Por exemplo: circuitos para iluminação e tomadas comuns):

$$I_p = \frac{P_n}{V_f * \eta * \cos \varphi} \qquad \eta = \frac{P_s}{P_e}$$

Sendo:

- P_n – A potência nominal do dispositivo, expressa em *Watts*. Corresponde à **potência de saída do equipamento**.
- V_f – Tensão entre fase e neutro (no Brasil há níveis de 127V e 220V), dada em Volts.
- η – Rendimento, isto é, a relação entre a potência de saída P_s de um equipamento e a de entrada P_e , no mesmo.
- $\cos \varphi$ – Fator de potência.

Condutores

2. Capacidade de condução de corrente – Corrente de Projeto

□ Circuitos bifásicos (a alimentação é feita utilizando-se *duas fases* e o *condutor terra*. Exemplo: alimentação para ar condicionado e chuveiro elétrico):

$$I_p = \frac{P_n}{V_L * \eta * \cos \varphi}$$

Sendo:

- V_L – Tensão de linha, dada em Volts.

$$V_L = V_f * \sqrt{3}$$

Circuitos em baixa tensão (Estrela-Aterrada)

Condutores

2. Capacidade de condução de corrente – Corrente de Projeto

□ Circuitos trifásicos (recebem como alimentação três fases, com ou sem o condutor neutro e o condutor terra. Exemplo: circuito de um motor trifásico, alimentação de bombas) :

- Circuito trifásico em estrela (3F+N) equilibrado:

$$I_P = \frac{P_n}{3 * V_f * \eta * \cos \varphi}$$

- Circuito trifásico em delta (3F):

$$I_P = \frac{P_n}{\sqrt{3} * V_L * \eta * \cos \varphi}$$

Condutores

2. Capacidade de condução de corrente

Fatores que devem ser levados em consideração na determinação da seção nominal de um condutor:

1. Tipo de isolamento e cobertura
2. Número de condutores carregados
3. Método de instalação
4. Fatores de Correção (Proximidade com outros condutores e temperatura do ambiente e/ou do solo)

Condutores

2. Capacidade de condução de corrente

1. Tipo de isolação e cobertura

6.2.5.2.1 A corrente transportada por qualquer condutor, durante períodos prolongados em funcionamento normal, deve ser tal que a temperatura máxima para serviço contínuo dada na tabela 35 não seja ultrapassada. A capacidade de condução de corrente deve determinada conforme 6.2.5.2.2 ou conforme 6.2.5.2.3.

Tabela 35 — Temperaturas características dos condutores

Tipo de isolação	Temperatura máxima para serviço contínuo (condutor) °C	Temperatura limite de sobrecarga (condutor) °C	Temperatura limite de curto-circuito (condutor) °C
Policloreto de vinila (PVC) até 300 mm ²	70	100	160
Policloreto de vinila (PVC) maior que 300 mm ²	70	100	140
Borracha etileno-propileno (EPR)	90	130	250
Polietileno reticulado (XLPE)	90	130	250

Condutores

2. Capacidade de condução de corrente

2. Número de condutores carregados

Tabela 46 — Número de condutores carregados a ser considerado, em função do tipo de circuito

Esquema de condutores vivos do circuito	Número de condutores carregados a ser adotado
Monofásico a dois condutores	2
Monofásico a três condutores	2
Duas fases sem neutro	2
Duas fases com neutro	3
Trifásico sem neutro	3
Trifásico com neutro	3 ou 4 ¹⁾
¹⁾ Ver 6.2.5.6.1.	

Condutores

2. Capacidade de condução de corrente

2. Número de condutores carregados

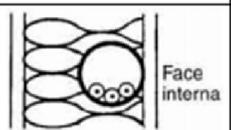
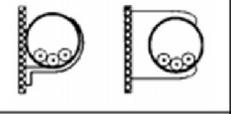
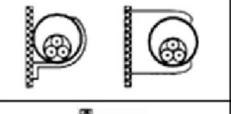
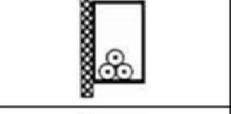
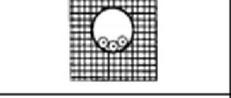
6.2.5.6.1 O número de condutores carregados a ser considerado é aquele indicado na tabela 46, de acordo com o esquema de condutores vivos do circuito. Em particular, no caso de circuito trifásico com neutro, quando a circulação de corrente no neutro não for acompanhada de redução correspondente na carga dos condutores de fase, o neutro deve ser computado como condutor carregado. É o que acontece quando a corrente nos condutores de fase contém componentes harmônicas de ordem três e múltiplos numa taxa superior a 15%.

Nessas condições, o circuito trifásico com neutro deve ser considerado como constituído de quatro condutores carregados e a determinação da capacidade de condução de corrente dos condutores deve ser afetada do “fator de correção devido ao carregamento do neutro”. Tal fator, que em caráter geral é de 0,86, independentemente do método de instalação, é aplicável então às capacidades de condução de corrente válidas para três condutores carregados.

Condutores

2. Capacidade de condução de corrente

Tabela 33 — Tipos de linhas elétricas

Método de instalação número	Esquema ilustrativo	Descrição	Método de referência ¹⁾
1		Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto de seção circular embutido em parede termicamente isolante ²⁾	A1
2		Cabo multipolar em eletroduto de seção circular embutido em parede termicamente isolante ²⁾	A2
3		Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto aparente de seção circular sobre parede ou espaçado desta menos de 0,3 vez o diâmetro do eletroduto	B1
4		Cabo multipolar em eletroduto aparente de seção circular sobre parede ou espaçado desta menos de 0,3 vez o diâmetro do eletroduto	B2
5		Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto aparente de seção não-circular sobre parede	B1
6		Cabo multipolar em eletroduto aparente de seção não-circular sobre parede	B2
7		Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto de seção circular embutido em alvenaria	B1

3. Método de instalação

São 75 métodos de instalação!

6.2.5.1.2 Os métodos de referência são os métodos de instalação, indicados na IEC 60364-5-52, para os quais a capacidade de condução de corrente foi determinada por ensaio ou por cálculo. São eles:

- A1: condutores isolados em eletroduto de seção circular embutido em parede termicamente isolante;
- A2: cabo multipolar em eletroduto de seção circular embutido em parede termicamente isolante;
- B1: condutores isolados em eletroduto de seção circular sobre parede de madeira;
- B2: cabo multipolar em eletroduto de seção circular sobre parede de madeira;
- C: cabos unipolares ou cabo multipolar sobre parede de madeira;
- D: cabo multipolar em eletroduto enterrado no solo;
- E: cabo multipolar ao ar livre;
- F: cabos unipolares justapostos (na horizontal, na vertical ou em trifólio) ao ar livre;
- G: cabos unipolares espaçados ao ar livre.

Condutores

2. Capacidade de condução de corrente

3. Método de instalação – Tabelas 36 a 39 da NBR 5410:2004

Tabela 36 — Capacidades de condução de corrente, em ampères, para os métodos de referência A1, A2, B1, B2, C e D

Condutores: cobre e alumínio

Isolação: PVC

Temperatura no condutor: 70°C

Temperaturas de referência do ambiente: 30°C (ar), 20°C (solo)

Seções nominais mm ²	Métodos de referência indicados na tabela 33											
	A1		A2		B1		B2		C		D	
	Número de condutores carregados											
	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
Cobre												
0,5	7	7	7	7	9	8	9	8	10	9	12	10
0,75	9	9	9	9	11	10	11	10	13	11	15	12
1	11	10	11	10	14	12	13	12	15	14	18	15
1,5	14,5	13,5	14	13	17,5	15,5	16,5	15	19,5	17,5	22	18
2,5	19,5	18	18,5	17,5	24	21	23	20	27	24	29	24
4	26	24	25	23	32	28	30	27	36	32	38	31
6	34	31	32	29	41	36	38	34	46	41	47	39
10	46	42	43	39	57	50	52	46	63	57	63	52
16	61	56	57	52	76	68	69	62	85	76	81	67
25	80	73	75	68	101	89	90	80	112	96	104	86
35	99	89	92	83	125	110	111	99	138	119	125	103
50	119	108	110	99	151	134	133	118	168	144	148	122
70	151	136	139	125	192	171	168	149	213	184	183	151
95	182	164	167	150	232	207	201	179	258	223	216	179
120	210	188	192	172	269	239	232	206	299	259	246	203

Condutores

2. Capacidade de condução de corrente

4. Fatores de correção

- *Fator de Correção de Temperatura (FCT) – K_1* : aplicável para temperaturas ambientes diferentes de 30°C para linhas não-subterrâneas e de 20°C (temperatura do solo) para linhas subterrâneas.

Tabela 40 — Fatores de correção para temperaturas ambientes diferentes de 30°C para linhas não-subterrâneas e de 20°C (temperatura do solo) para linhas subterrâneas

Temperatura °C	Isolação	
	PVC	EPR ou XLPE
Ambiente		
10	1,22	1,15
15	1,17	1,12
20	1,12	1,08
25	1,06	1,04
35	0,94	0,96
40	0,87	0,91
45	0,79	0,87
Do solo		
10	1,10	1,07
15	1,05	1,04
25	0,95	0,96
30	0,89	0,93
35	0,84	0,89
40	0,77	0,85
45	0,71	0,80

Condutores

2. Capacidade de condução de corrente

4. Fatores de correção

- *Fator de Correção de Agrupamento de condutores (FCA) – K₂*: aplicável a condutores agrupados em feixe (em linhas abertas ou fechadas) e a condutores agrupados em um mesmo plano, em camada única.

Tabela 42 — Fatores de correção aplicáveis a condutores agrupados em feixe (em linhas abertas ou fechadas) e a condutores agrupados num mesmo plano, em camada única

Ref.	Forma de agrupamento dos condutores	Número de circuitos ou de cabos multipolares												Tabelas dos métodos de referência
		1	2	3	4	5	6	7	8	9 a 11	12 a 15	16 a 19	≥20	
1	Em feixe: ao ar livre ou sobre superfície; embutidos; em conduto fechado	1,00	0,80	0,70	0,65	0,60	0,57	0,54	0,52	0,50	0,45	0,41	0,38	36 a 39 (métodos A a F)
2	Camada única sobre parede, piso, ou em bandeja não perfurada ou prateleira	1,00	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72	0,72	0,71	0,70				36 e 37 (método C)
3	Camada única no teto	0,95	0,81	0,72	0,68	0,66	0,64	0,63	0,62	0,61				
4	Camada única em bandeja perfurada	1,00	0,88	0,82	0,77	0,75	0,73	0,73	0,72	0,72				38 e 39 (métodos E e F)
5	Camada única sobre leito, suporte etc.	1,00	0,87	0,82	0,80	0,80	0,79	0,79	0,78	0,78				

Condutores

2. Capacidade de condução de corrente

4. Fatores de correção

- *Fator de Correção de Agrupamento de circuitos (FCA) – K_3* : aplicável a agrupamentos consistindo em mais de uma camada de condutores (métodos de referência C, E e F), independentemente da disposição da camada, se horizontal ou vertical

Tabela 43 — Fatores de correção aplicáveis a agrupamentos consistindo em mais de uma camada de condutores – Métodos de referência C (tabelas 36 e 37), E e F (tabelas 38 e 39)

		Quantidade de circuitos trifásicos ou de cabos multipolares por camada				
		2	3	4 ou 5	6 a 8	9 e mais
Quantidade de camadas	2	0,68	0,62	0,60	0,58	0,56
	3	0,62	0,57	0,55	0,53	0,51
	4 ou 5	0,60	0,55	0,52	0,51	0,49
	6 a 8	0,58	0,53	0,51	0,49	0,48
	9 e mais	0,56	0,51	0,49	0,48	0,46

Condutores

2. Capacidade de condução de corrente

4. Fatores de correção

A corrente de projeto corrigida é, então:

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

Com esse valor, entra-se na tabela que contém o tipo de condutor e a maneira de instalar escolhida e escolhe-se um condutor cuja corrente nominal seja maior que I'_p .

Condutores

2. Capacidade de condução de corrente

Exemplo: Um circuito de iluminação monofásico em 220V de 2220W passa no interior de um eletroduto embutido de PVC (método de instalação B1), juntamente com outros dois circuitos monofásicos isolados, PVC = 70°C. A temperatura ambiente é de 35°C. A eficiência é de 0,88 e fator de potência 0,92. Determinar a seção do condutor.

Corrente de Projeto:
$$I_p = \frac{P_n}{V_f * \eta * \cos \varphi}$$

Corrente corrigida:
$$I'_p = \frac{I_p}{K_1 K_2 K_3}$$

FCT – K1: 0,94 ([Tabela 40](#))

$$I_p = 12,46A$$

Segundo a [Tabela 36](#):

FCA – K2: 0,70 ([Tabela 42](#))

#2,5mm² (24A)

FCA – K3: 1

$$I'_p = 18,93A$$

3. Queda de tensão

Ao longo de um circuito, desde o ponto de alimentação até a carga, ocorre uma queda na tensão. É necessário, então, dimensionar os condutores para que essa redução de tensão não ultrapasse os limites estabelecidos pelas normas, que garantem o funcionamento normal dos aparelhos, equipamentos e motores. Esses limites, determinados em valores percentuais da tensão nominal, são os seguintes:

- Em instalações alimentadas a partir da rede de baixa tensão (127/220V ou 220/380V): **5%**
- Em instalações alimentadas por uma subestação de transformação, a partir da rede de média/alta tensão ou que possuam fonte própria: **7%**

Observações:

- Em qualquer dos casos, a queda de tensão parcial nos circuitos terminais deverá ser, no máximo, de 4%;
- Para o cálculo da queda de tensão num circuito deve ser utilizada a corrente de projeto do circuito.

Condutores

3. Queda de tensão

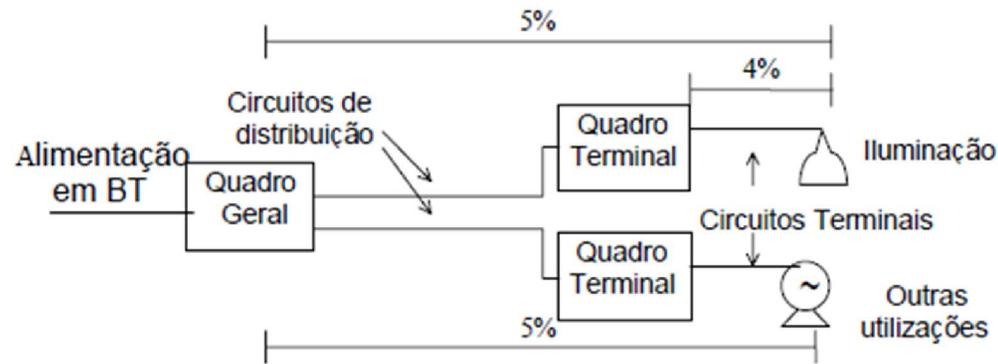


Figura 4.1: Queda de tensão máxima admissível para circuitos alimentados a partir da rede de baixa tensão

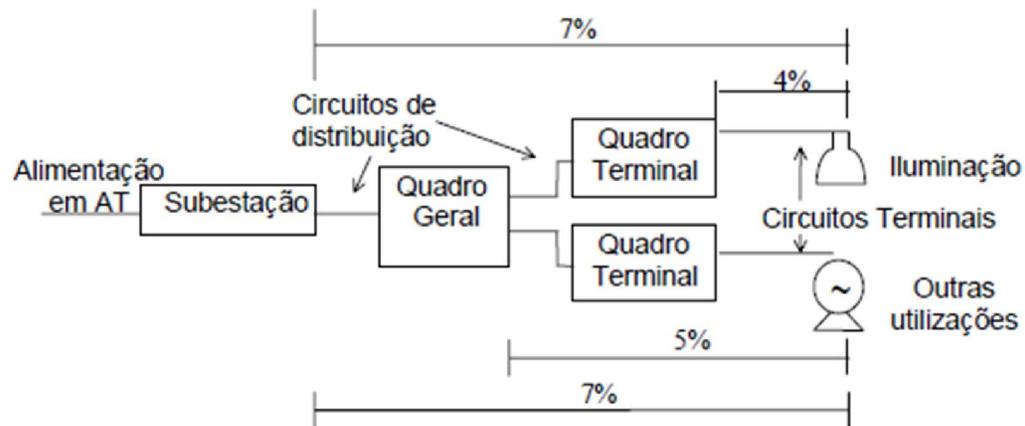


Figura 4.2: Queda de tensão máxima admissível para circuitos alimentados a partir da rede de alta tensão

Condutores

3. Queda de tensão

Para o dimensionamento do condutor pelo critério da queda de tensão deve-se conhecer:

- O material do eletroduto (magnético ou não magnético);
- O tipo de circuito (monofásico ou trifásico) ;
- A corrente de projeto ;
- O tipo de isolamento do condutor;
- A tensão de alimentação do circuito;
- A queda de tensão admissível.
- O fator de potência médio considerado.
- O comprimento do circuito

Calcula-se, então, a queda de tensão unitária, através da seguinte equação:
$$\Delta U = \frac{e(\%)V}{Ll_p} \text{ (V/A x Km)}$$

onde:

ΔU : queda de tensão unitária, em V/A x Km.

e: queda de tensão admissível sobre a tensão de alimentação, em %.

V: tensão de alimentação, em Volts.

L: distância entre o ponto de alimentação e a carga, em Km.

l_p : corrente de projeto, em Ampère.

Condutores

3. Queda de tensão

Tabela 4.18 Quedas de tensão unitárias. Condutores isolados com PVC (Pirastic Ecoflam e Pirastic-Flex Antiflam) em eletroduto ou calha fechada

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

$$\Delta U = \frac{e(\%)V}{Ll_p} \quad (\text{V/A} \times \text{Km})$$

Condutores

3. Queda de tensão

- A equação anterior é válida para cálculo da queda de tensão em circuitos de distribuição e em circuitos terminais que alimentam uma única carga.
- Em circuitos com várias cargas distribuídas deve-se calcular a queda de tensão trecho a trecho ou aplicar o método *watts x metros*.
- Em circuitos de distribuição de residências e apartamentos em geral, **é suficiente o cálculo da bitola dos condutores pelo método da capacidade de condução de corrente.**
- Em circuitos que alimentam grandes áreas industriais, comerciais ou de escritórios, deve-se calcular a seção dos condutores utilizando-se os métodos da capacidade de condução de corrente e de queda de tensão admissível.

Condutores

3. Queda de tensão – Método Watts x Metro

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

ρ = resistividade do cobre = $0,0172 \text{ ohms} \times \text{mm}^2/\text{m} \cong \frac{1}{58} \text{ ohms} \times \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$

U = tensão;

ΔU = queda de tensão percentual.

$$S = \frac{2L * \rho * I_n}{e * V} [mm^2]$$



Condutores

3. Queda de tensão – Método Watts x Metro

Tabela 4.20 Soma dos produtos potências (watt) × distâncias (m)
U = 220 volts

Condutor seção nominal (mm ²) S	% de queda de tensão			
	1%	2%	3%	4%
	$\Sigma(P_{(watt)} \times l_{(m)})$			
1,5	21 054	42 108	63 163	84 216
2,5	35 090	70 180	105 270	140 360
4	56 144	112 288	168 432	224 576
6	84 216	168 432	253 648	336 864
10	140 360	280 720	421 080	561 440
16	224 576	449 152	673 728	898 304
25	350 900	701 800	1 052 700	1 403 600
35	491 260	982 520	1 473 780	1 965 040
50	701 800	1 403 600	2 105 400	2 807 200
70	982 520	1 965 040	2 947 560	3 930 080
95	1 333 420	2 666 840	4 000 260	5 333 680
120	1 684 320	3 368 640	5 052 960	6 737 280
150	2 105 400	4 210 800	6 316 200	8 421 600
185	2 596 660	5 193 320	7 789 980	10 360 640
240	3 368 640	6 737 280	10 105 920	13 474 560
300	4 210 800	8 421 600	12 632 400	16 843 200
400	5 614 400	11 228 800	16 843 200	22 457 600
500	7 018 000	14 036 000	21 054 000	28 072 000

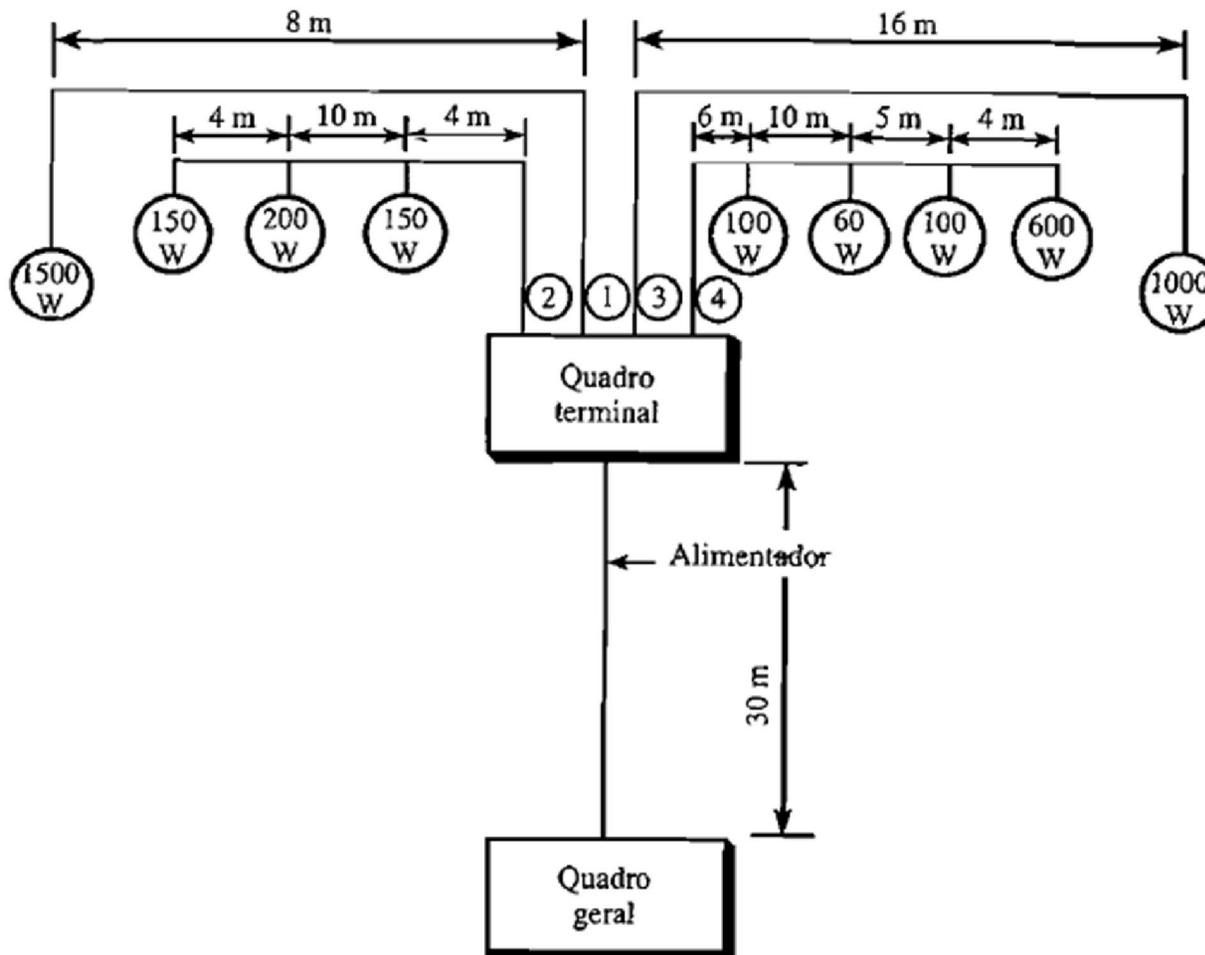
MUDAR FIGURA

Tabela 4.19 Soma dos produtos potências (watt) × distâncias (m)
U = 110 volts

Condutor série métrica (mm ²) S	% de queda de tensão			
	1%	2%	3%	4%
	$\Sigma(P_{(watt)} \times l_{(m)})$			
1,5	5 263	10 526	15 789	21 052
2,5	8 773	17 546	26 319	35 092
4	14 036	28 072	42 108	56 144
6	21 054	42 108	63 162	84 216
10	35 090	70 100	105 270	140 360
16	56 144	112 288	168 432	224 576
25	87 725	175 450	263 175	350 900
35	122 815	245 630	368 445	491 260
50	175 450	350 900	526 350	701 800
70	245 630	491 260	736 890	982 520
95	333 355	666 710	1 000 065	1 333 420
120	421 080	842 160	1 263 240	1 604 320
150	526 350	1 052 700	1 579 050	2 105 400
185	649 165	1 298 330	1 947 495	2 596 660
240	842 160	1 684 320	2 526 480	3 368 640
300	1 052 700	2 105 400	3 158 100	4 210 800
400	1 403 600	2 807 200	4 210 800	5 614 400
500	1 754 500	3 509 000	5 263 500	7 018 000

Condutores

3. Queda de tensão – Método Watts x Metro



Condutores

3. Queda de tensão – Método Watts x Metro

Solução

A queda de tensão permitida nos ramais é de 2%, como vemos no item 4.6.2.

A tensão nos circuitos dos ramais é de 110 V.

Calculemos, para cada circuito, o produto *potências* \times *distâncias* ($P \times l$).

Circuito 1

$$1.500 \text{ W} \times 8 \text{ m} = 12.000 \text{ watts} \times \text{metros.}$$

Vemos na Tabela 4.19 que, para queda de tensão de 2% e produto $P \times l = 17.546$, o condutor deverá ser o de 2,5 mm², pois o de 1,5 mm² só atende ao valor $P \times l = 10.526 \text{ W} \times \text{m}$.

Circuito 2

$$150 \times 4 = 600$$

$$200 \times 14 = 2.800$$

$$150 \times 18 = \underline{2.700}$$

$$6.100 \text{ (watts} \times \text{metros).}$$

Na Tabela 4.19, obtemos condutor de 1,5 mm².

Circuito 3

$$1.000 \times 16 = 16.000 \text{ (watts} \times \text{metros).}$$

Condutor de 2,5 mm².

Condutores

3. Queda de tensão – Método Watts x Metro

Circuito 4

$$\begin{array}{r} 100 \times 6 = 600 \\ 60 \times 16 = 960 \\ 100 \times 21 = 2.100 \\ 600 \times 25 = 15.000 \\ \hline 18.660 \text{ (watts} \times \text{ metros).} \end{array}$$

Condutor de 4 mm².

Alimentador geral.

A carga total no quadro terminal é de:

$$1.500 + 150 + 200 + 150 + 100 + 60 + 100 + 600 + 1.000 = 3.860 \text{ W.}$$

O alimentador deverá ser trifásico.

Admitindo que haja um equilíbrio de carga entre as três fases, podemos dividir o total por 3 e aplicar a mesma Tabela 4.19, usando a coluna referente à queda de tensão de 2%.

Assim, teremos $3.860 \div 3 = 1.286,6 \text{ W}$.

$$P \times l = 1.286,6 \times 30 = 38.600 \text{ (watts} \times \text{ metros).}$$

O condutor a usar será o de 6 mm². Pela Tabela 4.1b, vemos que o neutro deverá ser de mesma seção. Portanto, teremos como condutores (3 × 6 mm² + 1 × 6 mm²).

Proteção dos circuitos

Dispositivos de proteção

➤ Os dispositivos de proteção contra sobrecargas devem interromper os circuitos antes que a corrente possa provocar um aquecimento prejudicial à isolação dos condutores, aos terminais de ligação ou aos equipamentos.



Disjuntor DR



Disjuntor Termomagnético

DPS

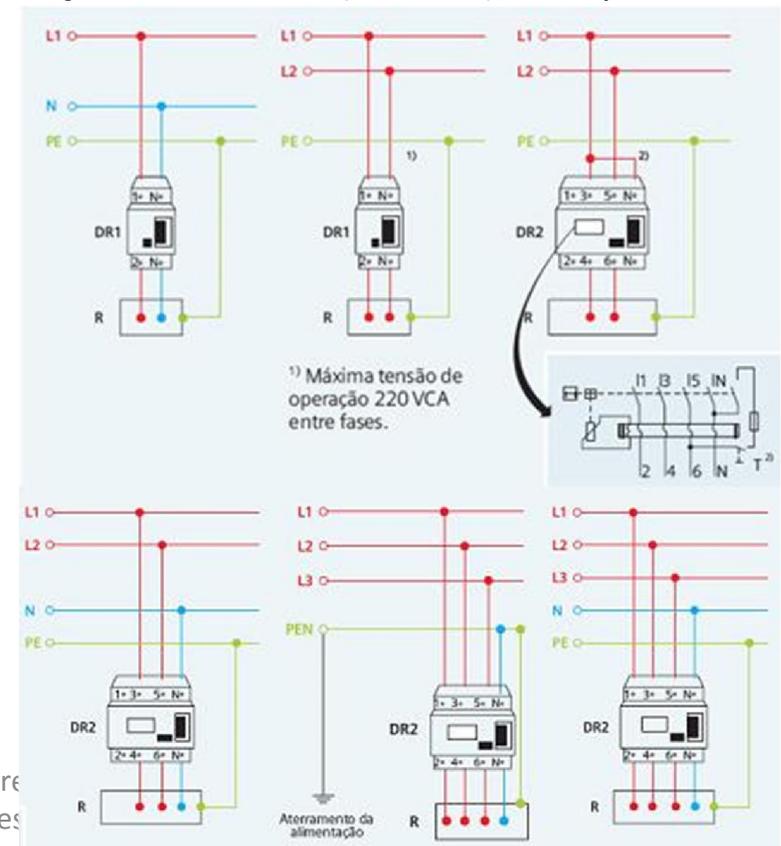
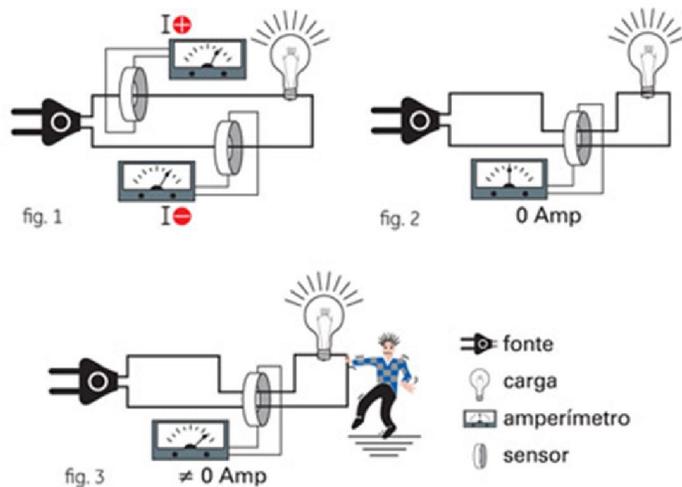


Proteção dos circuitos

Dispositivos de proteção

Proteção contra fuga de corrente

➤ **Disjuntor Diferencial Residual (DR):** Este dispositivo tem por finalidade a proteção de vidas humanas contra acidentes provocados por choques, no contato acidental com redes ou equipamentos elétricos energizados. A prática mostra que não se pode evitar que ocorra uma certa corrente de fuga natural para a terra, apesar do isolamento da instalação. Quando a corrente de fuga atinge valor que possa comprometer a segurança para seres humanos (30 mA) e instalações industriais (500 mA), o dispositivo atua, desligando o circuito.

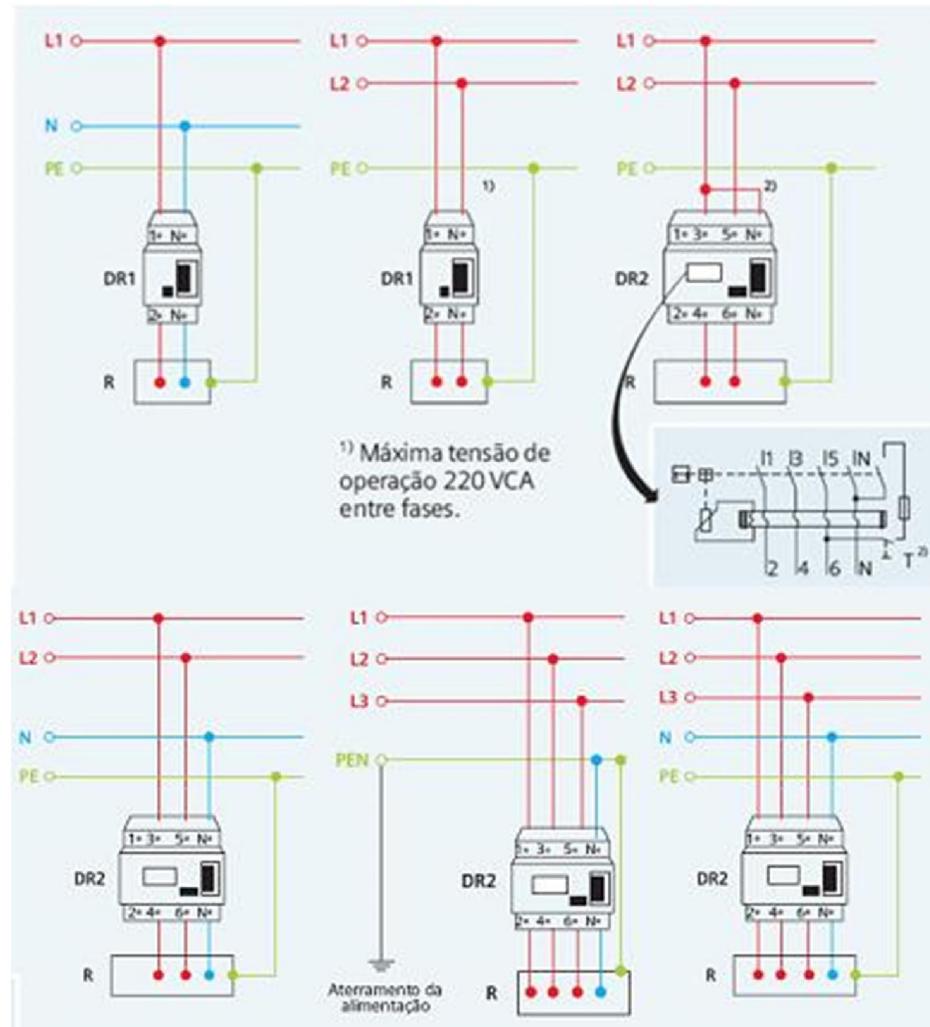
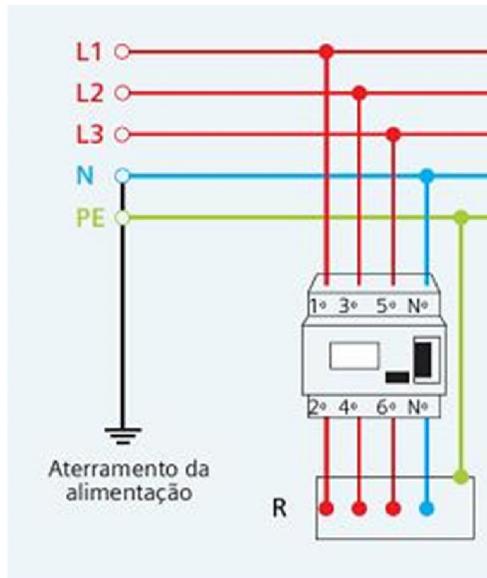


Proteção dos circuitos

Dispositivos de proteção

Proteção contra fuga de corrente

➤ Disjuntor Diferencial Residual (DR):



Proteção dos circuitos

Dispositivos de proteção

Proteção contra fuga de corrente

5.1.3.2 Uso de dispositivo diferencial-residual de alta sensibilidade

5.1.3.2.1 Generalidades

5.1.3.2.1.1 O uso de dispositivos de proteção a corrente diferencial-residual com corrente diferencial-residual nominal I_n igual ou inferior a 30 mA é reconhecido como proteção adicional contra choques elétricos.

NOTA A proteção adicional provida pelo uso de dispositivo diferencial-residual de alta sensibilidade visa casos como os de falha de outros meios de proteção e de descuido ou imprudência do usuário.

5.1.3.2.1.2 A utilização de tais dispositivos não é reconhecida como constituindo em si uma medida de proteção completa e não dispensa, em absoluto, o emprego de uma das medidas de proteção estabelecidas em 5.1.2.2 a 5.1.2.5 (aterramento e equipotencialização).

Proteção dos circuitos

Dispositivos de proteção

Proteção contra fuga de corrente

5.1.3.2.2 Casos em que o uso de dispositivo diferencial-residual de alta sensibilidade como proteção adicional é obrigatório:

Além dos casos especificados na seção 9, e qualquer que seja o esquema de aterramento, devem ser objeto de proteção adicional por dispositivos a corrente diferencial-residual com corrente diferencial-residual nominal I_n igual ou inferior a 30 mA:

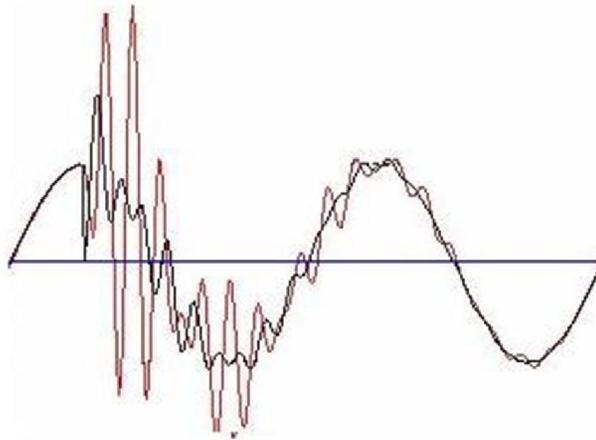
- a) os circuitos que sirvam a pontos de utilização situados em locais contendo banheira ou chuveiro (ver 9.1);
- b) os circuitos que alimentem tomadas de corrente situadas em áreas externas à edificação;
- c) os circuitos de tomadas de corrente situadas em áreas internas que possam vir a alimentar equipamentos no exterior;
- d) os circuitos que, em locais de habitação, sirvam a pontos de utilização situados em cozinhas, copas cozinhas, lavanderias, áreas de serviço, garagens e demais dependências internas molhadas em uso normal ou sujeitas a lavagens;
- e) os circuitos que, em edificações não-residenciais, sirvam a pontos de tomada situados em cozinhas, copas-cozinhas, lavanderias, áreas de serviço, garagens e, no geral, em áreas internas molhadas em uso normal ou sujeitas a lavagens.

Proteção dos circuitos

Dispositivos de proteção

Proteção contra Sobretensão

➤ **Dispositivo de Proteção contra Surto (DPS):** Os DPS foram desenvolvidos para a proteção de equipamentos e instalações contra surtos e sobretensões provenientes de descargas diretas ou indiretas na rede elétrica, mais comumente causadas por raios e/ou manobras no sistema elétrico. Independentemente do tipo ou da origem, as descargas geram um aumento repentino na tensão da rede – os surtos e sobretensões momentâneas – que danificam equipamentos eletrônicos e a própria instalação, trazendo muitos prejuízos.

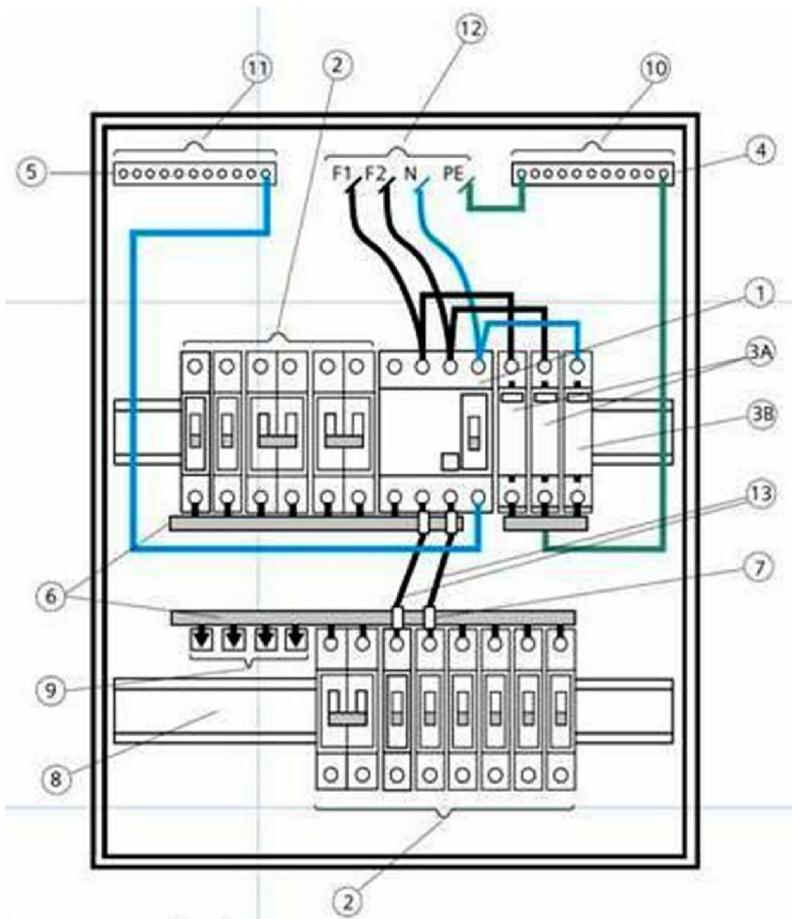


Proteção dos circuitos

Dispositivos de proteção

Proteção contra Sobretensão

➤ **Dispositivo de Proteção contra Surto (DPS):**



1 - Dispositivo DR tetrapolar de 30 mA

2 - Circuitos de saídas protegidos por disjuntores

Dispositivo de proteção contra surtos - DPS, instalados entre fase (F) e terra (PE)

3A/3B - Dispositivo de proteção contra surtos - DPS, instalados entre neutro (N) e terra (PE). Nos casos onde a separação do condutor neutro (N) e terra (PE) ocorre dentro do Quadro de Distribuição, não é necessária aplicação desse módulo.

4 - Barramento para condutores de proteção - terra (PE)

5 - Barramento para condutores neutro (N)

6 - Barramento bifásico isolado para alimentação dos circuitos

7 - Terminal para derivação

8 - Trilho de fixação rápida

9 - Isolador terminal (reserva)

10 - Circuitos de saída dos cabos terra

11 - Circuitos de saída dos cabos neutro

12 - Cabos de entrada

13 - Cabos de interligações internas do quadro



Proteção dos circuitos

Dispositivos de proteção

Proteção contra Sobretensão

5.4.2 Proteção contra sobretensões transitórias

5.4.2.1 Proteção contra sobretensões transitórias em linhas de energia

5.4.2.1.1 Deve ser provida proteção contra sobretensões transitórias, com o uso dos meios indicados em 5.4.2.1.2, nos seguintes casos:

- a) quando a instalação for alimentada por linha total ou parcialmente aérea, ou incluir ela própria linha aérea, e se situar em região sob condições de influências externas AQ2 (mais de 25 dias de trovoadas por ano);
- b) quando a instalação se situar em região sob condições de influências externas AQ3 (ver tabela 15).

5.4.2.1.2 A proteção contra sobretensões requerida em 5.4.2.1.1 deve ser provida:

- a) por dispositivos de proteção contra surtos (DPS), conforme 6.3.5.2; ou
- b) por outros meios que garantam uma atenuação das sobretensões no mínimo equivalente àquela obtida conforme a alínea a).

Proteção dos circuitos

Dispositivos de proteção

Proteção contra Sobretensão

6.3.5 Dispositivos de proteção contra surtos (DPS)

6.3.5.1 Generalidades

Esta subseção trata da seleção e instalação de dispositivos destinados a prover proteção contra sobretensões transitórias nas instalações de edificações, cobrindo tanto as linhas de energia quanto as linhas de sinal.

6.3.5.2 Proteção em linhas de energia

6.3.5.2.1 Uso e localização dos DPS

Nos casos em que for necessário o uso de DPS, como previsto em 5.4.2.1.1, e nos casos em que esse uso for especificado, independentemente das considerações de 5.4.2.1.1, a disposição dos DPS deve respeitar os seguintes critérios:

- a) quando o objetivo for a proteção contra sobretensões de **origem atmosférica transmitidas pela linha externa de alimentação, bem como a proteção contra sobretensões de manobra**, os DPS devem ser instalados junto ao ponto de **entrada da linha na edificação ou no quadro de distribuição principal**, localizado o mais próximo possível do ponto de entrada; ou
- b) quando o objetivo for a proteção contra sobretensões **provocadas por descargas atmosféricas diretas sobre a edificação ou em suas proximidades**, os DPS devem ser instalados **no ponto de entrada da linha na edificação**.

Proteção dos circuitos

Dispositivos de proteção

Proteção contra Sobrecargas

➤ Disjuntor Termomagnético: Estes dispositivos de proteção contra sobrecargas e curtos-circuitos devem interromper os circuitos antes que a corrente possa provocar um aquecimento prejudicial à isolação dos condutores, aos terminais de ligação ou aos equipamentos.

Podem ser:

- Monopolar
- Bipolar
- Tripolar

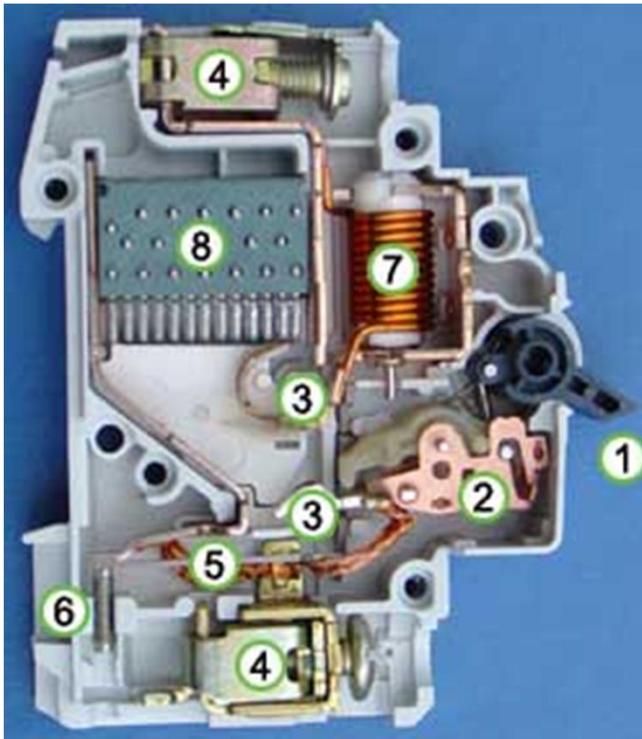


Proteção dos circuitos

Dispositivos de proteção

Proteção contra Sobrecargas

➤ Disjuntor Termomagnético: Estrutura



1 - Atuador: Utilizado para desligar ou resetar manualmente o disjuntor. Também indica o estado do disjuntor (Ligado/Desligado ou desarmado). A maioria dos disjuntores são projetados de forma que o disjuntor desarme mesmo que o atuador seja segurado ou travado na posição "liga".

2 - Mecanismo atuador: Junta ou separa o sistema da rede elétrica.

3 - Contatos: Permitem que a corrente flua quando o disjuntor está ligado e seja interrompida quando desligado.

4 - Terminais

5 - Trip bimetálico

6 - Parafuso calibrador: Permite que o fabricante ajuste precisamente a corrente de trip do dispositivo após montagem.

7 - Solenóide

8 - Extintor de arco

Proteção dos circuitos

Dispositivos de proteção

Proteção contra Sobrecargas

➤ Esses dispositivos devem ser dimensionados de forma a satisfazer as seguintes condições:

I_P : corrente de projeto do circuito.

I_N : corrente nominal de operação do dispositivo de proteção.

I_z : capacidade máxima de condução de corrente do condutor.

I_2 : corrente que assegura efetivamente a atuação do dispositivo de proteção, sendo normalmente considerada igual à corrente convencional de atuação, no caso de disjuntores, ou à corrente convencional de fusão, para os fusíveis.

Nota: A condição b) é aplicável quando for possível assumir que a temperatura limite de sobrecarga dos condutores não seja mantida por um tempo superior a 100 h durante doze meses consecutivos ou por 500 h ao longo da vida útil do condutor. Quando isso não ocorrer a condição b) deve ser substituída por:

$$I_2 \leq I_z$$

$$a) I_P \leq I_N \leq I_z$$

$$b) I_2 \leq 1,45 I_z$$

Proteção dos circuitos

Dispositivos de proteção

Proteção contra Sobrecargas

➤ O valor da Corrente Convencional de Atuação I_2 para disjuntores termomagnéticos em geral pode ser obtido utilizando-se a tabela a seguir (tabela 5.2).

Tabela 5.2: Tempos e correntes convencionais de atuação (I_2) para disjuntores termomagnéticos

(I_N)	Corrente Convencional de Não-Atuação	(I_2)	Tempo Convencional (h)	Temperatura Ambiente de Referência
$I_N \leq 63 \text{ A}$	1,05	1,35	1	25°C
$I_N > 63 \text{ A}$	1,05	1,25	2	25°C

Proteção dos circuitos

Dispositivos de proteção

Proteção contra Curto-circuito

➤ Os dispositivos de proteção contra curto-circuito devem interromper as correntes antes que os efeitos térmicos e mecânicos provocados pelas mesmas possam se tornar perigosos aos condutores, às ligações e aos equipamentos. Esses dispositivos devem ser dimensionados obedecendo as seguintes recomendações:

$$a) I_R \geq I_{cs}$$

I_R : corrente de ruptura do dispositivo de proteção.

I_{cs} : corrente de curto-circuito presumida no ponto da instalação do dispositivo.

$$b) T_{dd} \leq t$$

T_{dd} : tempo de disparo do dispositivo de proteção para o valor de I_{cs} .

t : tempo limite de atuação do dispositivo de proteção, em segundos.

Proteção dos circuitos

Dispositivos de proteção

Proteção contra Curto-circuito

➤ Para curtos-circuitos simétricos ou assimétricos com duração inferior a cinco segundos, o tempo limite de atuação do dispositivo de proteção pode ser calculado pela seguinte expressão:

$$t = \frac{K^2 S^2}{I_{cs}^2}$$

S: seção nominal do condutor, em mm²

K: constante relacionada ao material do condutor e a sua isolação, sendo admitidos os seguintes valores para condutores de seção nominal entre 10mm² e 300mm²:

K = 115 para condutores de cobre com isolação em PVC;

K = 143 para condutores de cobre com isolação em EPR ou XLPE;

K = 76 para condutores de alumínio com isolação em PVC;

K = 94 para condutores de alumínio com isolação em EPR ou XLPE;

Proteção dos circuitos

Dispositivos de proteção

Proteção contra Sobrecargas

➤ **QUADRO DE DISTRIBUIÇÃO**

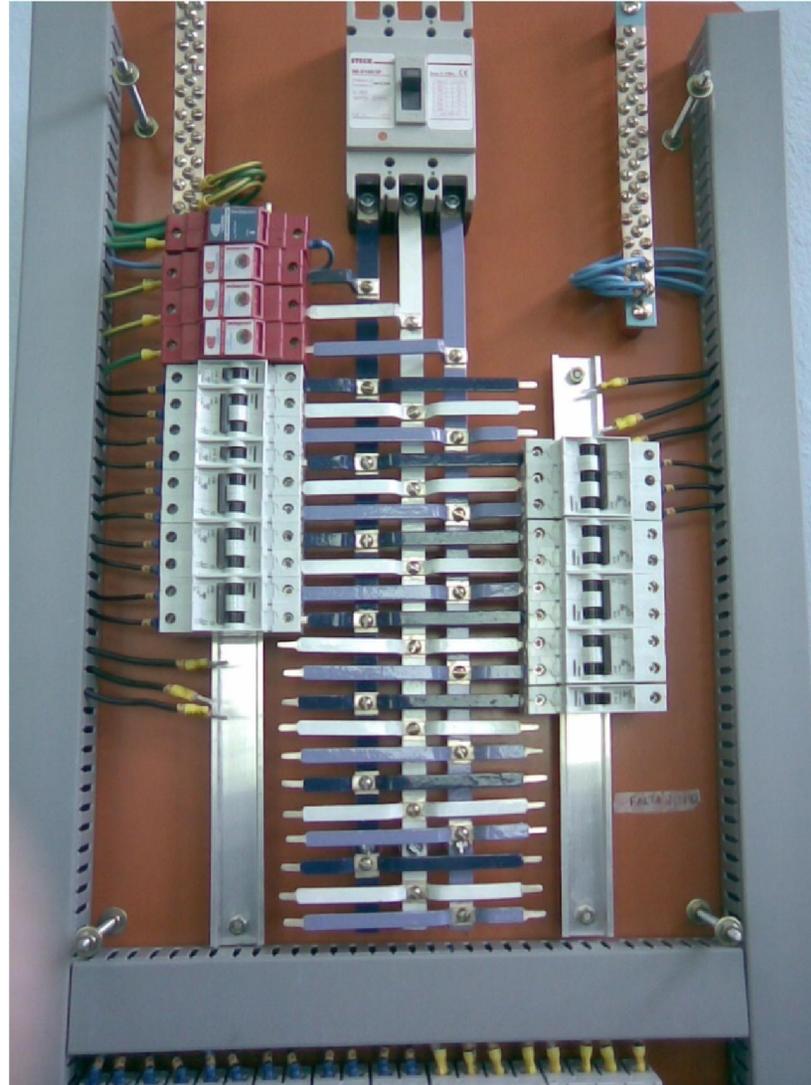


Proteção dos circuitos

Dispositivos de proteção

Proteção contra Sobrecargas

➤ **QUADRO DE DISTRIBUIÇÃO**

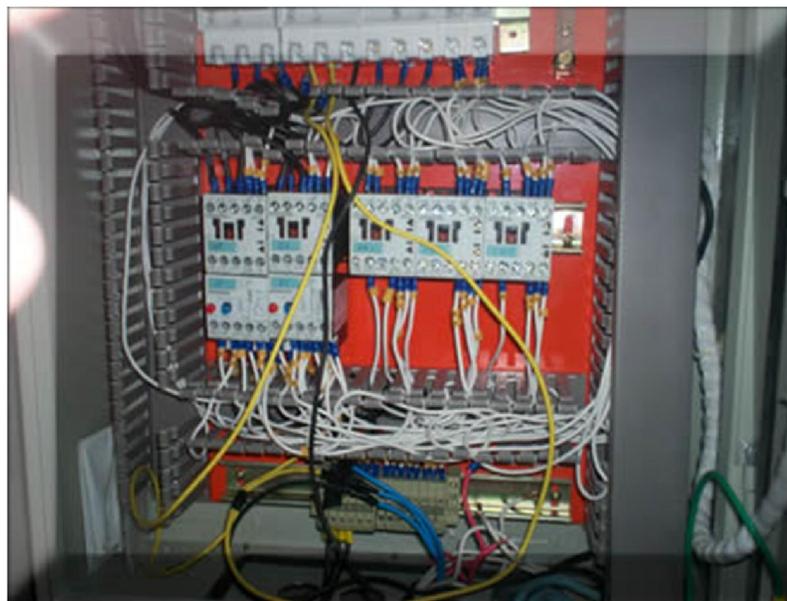
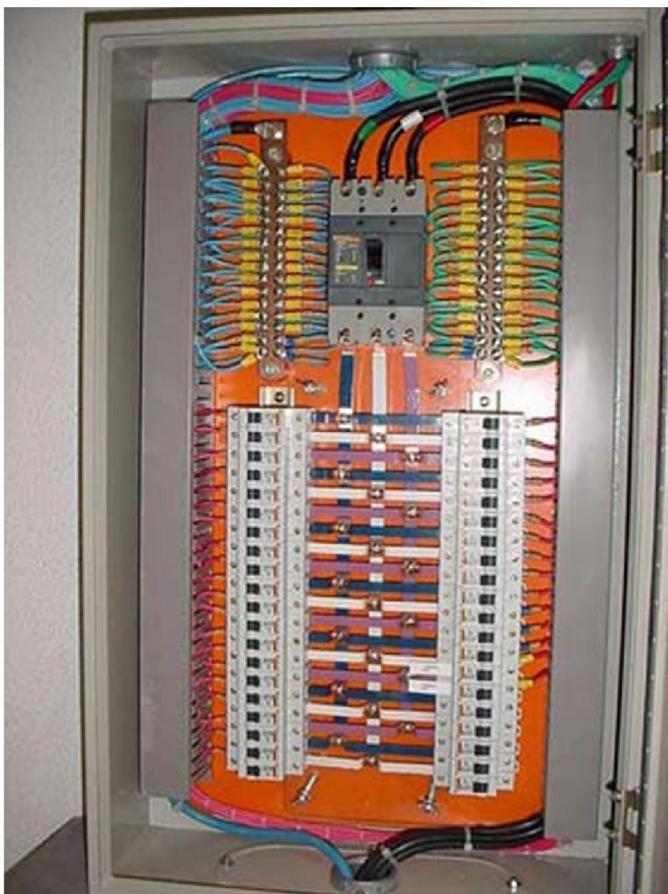


Proteção dos circuitos

Dispositivos de proteção

Proteção contra Sobrecargas

➤ QUADRO DE DISTRIBUIÇÃO



Proteção dos circuitos

Dispositivos de proteção

Proteção contra Sobrecargas

➤ **Aplicação:** *Suponha que um pequeno hotel possua as seguintes cargas:*

Carga	Potência (W)	Qtde	Total (W)	Cos ϕ	Total (VA)
Split 9000 Btu	1350	12	16200	0,9	18000
Chuveiro Elétrico Simples	3200	12	38400	1	38400
TV LCD 19"	90	12	1080	0,8	1350
Frigobar	80	12	960	0,8	1200
Iluminação	50	12	600	0,8	750
TUG	600	12	7200	0,8	9000
TOTAL			64440		68700

➤ *Imagine que você foi convocado para dimensionar o ramal de entrada, o qual se estende por 30 metros desde o quadro geral até o quadro de distribuição da instalação. Logo, qual deverá ser o disjuntor (Trifásico) de entrada e as bitolas dos condutores?*

Proteção dos circuitos

Dispositivos de proteção

Proteção contra Sobrecargas

➤ *Passo 1 - Capacidade de condução de corrente:*

$$I_p = \frac{68700}{3} * \frac{1}{220} = 104,09A$$

Bitolas

#16mm²: 68A

#25mm²: 89A

#35mm²: 110A

#50mm²: 134A

➤ *Passo 2 - Queda de tensão:*

$$S = 2\rho \frac{1}{e(\%)*V^2} * \sum P * L$$

$$35 = 2 * \frac{1}{58} * \frac{1}{e(\%)*220^2} * \sum 21480 * 30 = 0,0131 = 1,31\%$$

Proteção dos circuitos

Dispositivos de proteção

Proteção contra Sobrecargas

- *Passo 3 - Dimensionamento do Disjuntor:*

$$I_p < I_N < I_z$$

$$104,09A < I_N < 110A \text{ (Impossível)}$$

- *Logo, deve-se aumentar a bitola do condutor para #50mm²:*

$$104,09A < I_N < 134A$$



3P-125A

- *Nova queda de tensão: 0,92%*

$$50 = 2 * \frac{1}{58} * \frac{1}{e(\%) * 220^2} * \sum 21480 * 30 = 0,00918 \approx 0,92\%$$

Disjuntores comerciais:

3P-10

3P-13

3P-16

3P-20

3P-25

3P-30

3P-40

3P-50

3P-63

3P-70

3P-80

3P-90

3P-100

3P-125

3P-150

3P-175

3P-200

3P-225

3P-250

Proteção dos circuitos

Dispositivos de proteção

Proteção contra Sobrecargas

➤ *Resumo:*

- ***Demanda: 68700VA (64440W)***

- ***Corrente de Projeto: 104,09A***

- ***Queda de tensão: 0,92%***

- ***Condutor: 50(50)25 (3F+N+T)***

- ***Disjuntor: 3P-125A***

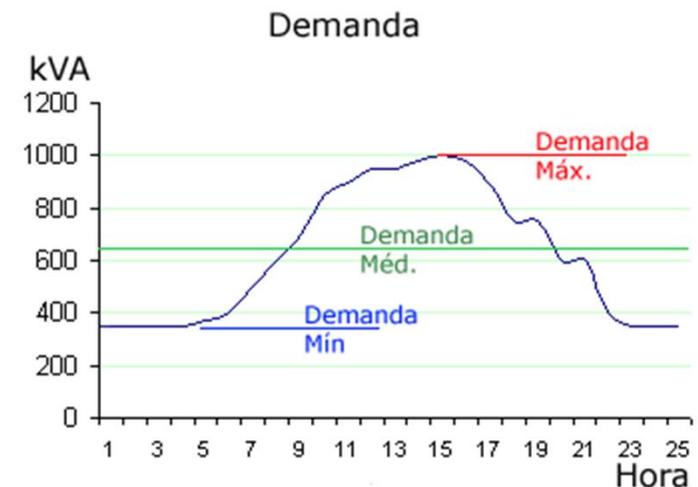
Fator de Demanda

➤ **Demanda:** A demanda representa a carga realmente absorvida por um aparelho ou sistema de uma dada potência nominal em um determinado período de tempo. A demanda de um equipamento ou de um sistema de utilização de determinada potência nominal, num instante t_0 , é a potência média absorvida por este durante os próximos Δt minutos, isto é

$$D = \frac{1}{\Delta t} \int_{T_0}^{T_0 + \Delta t} p(t) dt$$

Δt é o intervalo de demanda, cujo valor mais comum é 15 minutos (pode ser 1, 10, 15, 30 minutos, 1 hora, 1 dia, etc), e $p(t)$ é a potência instantânea em kW (pode também ser dada em kVA).

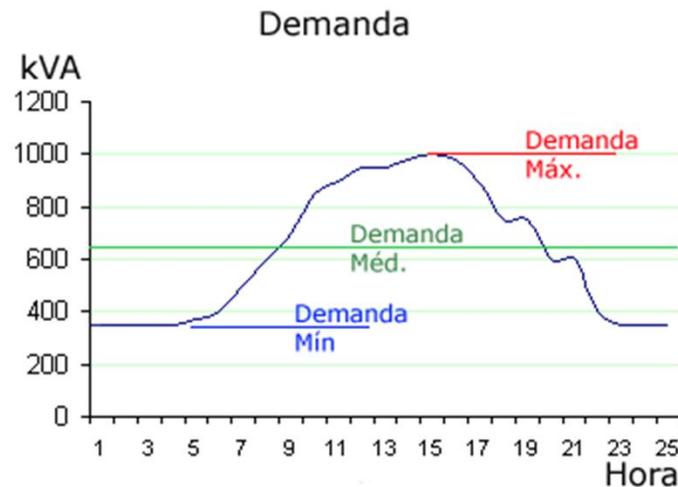
➤ **Demanda Média:** Para efeitos práticos é mais importante a demanda média, que como o próprio nome diz, é a média das demandas verificadas num período. A demanda média diária por exemplo, pode ser obtida dividindo-se a energia kWh consumida no dia por 24 (esta energia corresponde à área sob a curva de carga).



$$D_{\text{méd}} = \text{kWh/h}$$

Fator de Demanda

- **Demanda máxima:** É a maior de todas as demandas ocorridas em um período de tempo especificado. A maior demanda verificada num dia, mês ou Ano se denomina demanda máxima diária, mensal ou anual. A demanda máxima é também chamada de *ponta de carga*.
- **Demanda mínima:** É a menor de todas as demandas ocorridas em um período de tempo especificado. A menor demanda verificada num dia, mês ou ano se denomina demanda mínima diária, mensal ou anual. A demanda mínima é também chamada de *carga leve*.



Fator de Demanda

➤ **Fator de demanda:** O fator de demanda determina o percentual da carga instalada que um consumidor ou sistema poderá solicitar do sistema supridor. Fator de demanda de um sistema de utilização é a relação entre a *demanda máxima* e sua *potência (carga) instalada (CI)*:

$$F_d = D_{m\acute{a}x} / CI$$

➤ Através desse fator se leva em conta o fato dos equipamentos não funcionarem necessariamente a plena carga e simultaneamente. A não ser condições de sobrecarga, o fator de demanda é menor que um e depende do tipo e tamanho do consumidor, número de equipamentos, época do ano e de vários outros fatores.

Fator de Demanda

➤ EXEMPLO: Normas Técnica de Distribuição da CELTINS (NTD-01)

FATORES DE DEMANDA PARA CONDICIONADORES DE AR TIPO JANELA			Tabela – 05
NÚMEROS DE APARELHOS			FATOR DE DEMANDA %
1	a	10	100
11	a	20	86
21	a	30	80
31	a	40	78
41	a	50	75
51	a	75	70
76	a	100	65
Acima	de	100	60

NOTA:

- 1) Quando se tratar de unidade central de condicionamento de ar, deve-se tomar o fator de demanda igual a 100%.

Fator de Demanda

➤ EXEMPLO: Normas Técnica de Distribuição da CELTINS (NTD-01)

FATORES DE DEMANDA PARA ILUMINAÇÃO E TOMADAS DE USO GERAL UNIDADES CONSUMIDORAS NÃO RESIDENCIAIS		Tabela - 2.1
DESCRIÇÃO	FATOR DE DEMANDA (%)	
Auditórios, salões p/exposições e semelhantes.	100	
Bancos, lojas e semelhantes.	100	
Barbearias, salões de beleza e semelhantes.	100	
Clubes e semelhantes	100	
Escolas e semelhantes	100 para os primeiros 12 KVA 50 para o que exceder de 12 KVA	
Escritórios	100 para os primeiros 20 KVA 70 para o que exceder de 20 KVA	
Garagens comerciais e semelhantes	100	
Hospitais e semelhantes	40 para os primeiros 50 KVA 20 para o que exceder de 50 KVA	
Hotéis e semelhantes	50 para os primeiros 20 KVA 40 para os seguintes 80 KVA 30 para o que exceder de 100 KVA	
Igrejas e semelhantes	100	
Oficinas e Indústrias	100 para os primeiros 20 KVA 80 para o que exceder de 20 KVA	
Restaurantes e semelhantes	100	

NOTAS:

- 1) É recomendável que a previsão de cargas de iluminação e tomada feita pelo consumidor atenda as prescrições da NBR 5410.
- 2) Para lâmpadas incandescentes e halógenas, considerar $kVA = kW$ (fator de potência unitária).
- 3) Para lâmpadas de descarga (fluorescente, vapor de mercúrio/sódio metálico) considerar $kVA = kW/0,92$.
- 4) Tomadas específicas (aparelhos especiais) devem ser consideradas a parte, utilizando outros fatores de demanda.

Fator de Demanda

➤ EXEMPLO: Normas Técnica de Distribuição da CELTINS (NTD-01)

FATORES DE DEMANDA PARA ILUMINAÇÃO DE UNIDADES CONSUMIDORAS RESIDENCIAIS ISOLADAS (CASAS E APARTAMENTOS)		Tabela – 2.2
CARGA INSTALADA CI (KW)	FATOR DE DEMANDA	
CI < 1	0,86	
1 < CI ≤ 2	0,81	
2 < CI ≤ 3	0,76	
3 < CI ≤ 4	0,72	
4 < CI ≤ 5	0,68	
5 < CI ≤ 6	0,64	
6 < CI ≤ 7	0,60	
7 < CI ≤ 8	0,57	
8 < CI ≤ 9	0,54	
9 < CI ≤ 10	0,52	
CI > 10	0,45	

NOTAS:

- 1) É recomendável que a previsão de cargas de iluminação feita pelo consumidor atenda as prescrições da NBR 5410.
- 2) Para lâmpadas incandescentes, considerar $kVA=kW$ (fator de potência unitária).
- 3) Para lâmpadas fluorescente, considerar $kVA=kW/0,92$.
- 5) Esta tabela pode ser usada para tomadas de uso geral quando não forem conhecidos os aparelhos a serem ligados.

Fator de Demanda

➤ CÁLCULO DE DEMANDA PARA LIGAÇÕES TRIFÁSICAS (NTD-01)

A demanda de instalações consumidoras atendidas em tensão secundária será calculada através da seguinte soma:

$$D(KVA) = d1 + d2 + d3 + d4 + d5 + d6$$

Sendo:

- d1 (KW) = demanda de iluminação e tomadas, calculada com base nos fatores de demanda das Tabelas 2.1 e 2.2.
- d2 (KW) = demanda dos aparelhos para aquecimento de água (chuveiros, aquecedores, fornos, torneiras, etc.), calculadas conforme as Tabelas 03 e 04.
- d3 (KVA) = demanda dos aparelhos de ar condicionado tipo janela, calculada conforme as Tabelas 1.2 e 05, para residências e escritórios. Para outros tipos de utilização, tais como bancos, lojas, etc., o fator de demanda deverá ser considerado igual a 100%.
- d4 (KVA) = demanda das unidades centrais de condicionamento de ar, calculada a partir das respectivas correntes máximas totais - valores a serem fornecidos pelos fabricantes – considerando o fator de demanda de 100%.
- d5 (KVA) = demanda dos motores elétricos e máquinas de solda tipo motor gerador, calculada conforme as Tabelas 06 e 07.
- d6 (KW ou KVA) = demanda das máquinas de solda a transformador e aparelhos de raio X, calculados conforme a Tabela 08.

Fator de Demanda

➤ CÁLCULO DE DEMANDA PARA LIGAÇÕES TRIFÁSICAS (NTD-01)

Observações importantes:

1. *Aparelhos de reserva não devem ter suas demandas computadas.*
2. *Deverão ser consideradas as ampliações de carga previstas pelo consumidor.*
3. *Os valores tabelados na NTD-01 são médios, o projetista deve verificar se eles se aplicam no caso particular.*
4. *O cálculo da demanda é próprio para cada caso e de inteira responsabilidade do projetista.*

Fator de Demanda

➤ EXEMPLO 1: Extraído da NTD-01 (CELTINS)

a) Exemplo n.º 1 Residência

QUANT.	DESCRIÇÃO	UNIT.	CARGA (W)	
				TOTAL
15	Lâmpadas incandescentes	60 W		900 W
05	Lâmpadas incandescentes	100 W		500 W
02	Aquecedores de água por acumulação 8 litros	1.500 W		3.000 W
01	Freezer 1 porta	250 W		250 W
02	Condicionador de ar (8.500 BTU)	1.300 W		2.600 W
01	Geladeira	250 W		250 W
01	Batedeira	100 W		100 W
03	TV	100 W		300 W
01	Ferro de passar	1.000 W		1.000 W
01	Exaustor	100 W		100 W
01	Máquina de lavar roupa s/ aquecimento	400 W		400 W
01	Máquina de secar roupa	3.500 W		3.500 W
01	Máquina de lavar louças	1.500 W		1.500 W
01	Enceradeira	300 W		300 W
01	Equipamento de som	50 W		50 W
01	Aspirador de pó	700 W		700 W
03	Chuveiros	4.200 W		12.600 W
TOTAL CI				28.050 W

Fator de Demanda

➤ EXEMPLO 1: Extraído da NTD-01 (CELTINS)

Cálculo da Demanda Provável (D, VA).

$$D = a + b + c$$

a) Demanda de iluminação - Tabela 2.2 [Tabela 2.2 \(Pág. 19\)](#)

$$a = 81\% \text{ CI} = 0,81 \times 1.400 = 1130 \text{ VA}$$

b) Demanda de aparelhos eletrodomésticos e de aquecimento - Tabela 4 [Tabela 4 \(Pág. 20\)](#)

$$b = b1 + b2 + b4 + b5$$

Fator de demanda para $b1 = 0,84$ (3 chuveiros)

$$b1 = 12.600 \times 0,84 = 10.584 \text{ W}$$

Fator de demanda para $b2 = 0,92$ (2 aquecedores)

$$b2 = 3.000 \times 0,92 = 2.760 \text{ W}$$

Fator de Demanda

➤ EXEMPLO 1: Extraído da NTD-01 (CELTINS)

Fator de demanda para $b_4 = 0,76$ (4 aparelhos: uma máq. lavar louça, um ferro automático, uma máq. lavar roupa, uma máq. secar roupa).

$$b_4 = 0,76 (1.500 + 1.000 + 400 + 3.500) = 4.864 \text{ W} \quad \text{Tabela 4 (Pág. 20)}$$

Fator de demanda para $b_5 = 0,52$ (dez aparelhos - demais eletrodomésticos)

$$b_5 = 0,52 (250 + 250 + 300 + 300 + 100 + 100 + 50 + 700) = 1.066 \text{ W} \quad \text{Tabela 4 (Pág. 20)}$$

$$\begin{aligned} b &= b_1 + b_2 + b_4 + b_5 \\ b &= 10.584 + 2.760 + 4.864 + 1.066 = 19.274 \text{ W} \end{aligned}$$

c) Demanda de condicionadores de ar - Tabela 5 (dois aparelhos)

$$c = 100\% \text{ de } 2 \times 1550 = 3.100 \text{ VA} - \text{Tabela 1.2}$$

d) Demanda Total

$$\begin{aligned} D &= a + b + c \\ D &= 1.130 + 19.274 + 3.100 = 23.504 \text{ VA} \end{aligned}$$

Observações da Tabela 4:

- 1) Aplicar os fatores de demanda a carga instalada determinada por grupo de aparelhos, separadamente.
- 2) Considerar $KW = KVA$ (fator de potência unitário).
- 3) No caso de hotéis, o consumidor deve verificar a conveniência de aplicação desta tabela ou de fator de demanda igual a 100%.

Fator de Demanda

➤ EXEMPLO 1: Extraído da NTD-01 (CELTINS)

- Categoria de Atendimento

Para D até 26 KVA o consumidor deve instalar (ver tabela 10) → padrão trifásico.

a) Proteção → Disjuntor Tripolar de 40 A.

b) Ramal de entrada

Condutor de cobre 750 V: # 10 mm²

Eletroduto: 32 mm ou 1.1/4" de PVC

c) Aterramento

Condutor de cobre nu: # 16 mm²

Eletroduto: 20 mm ou 1/2" de PVC

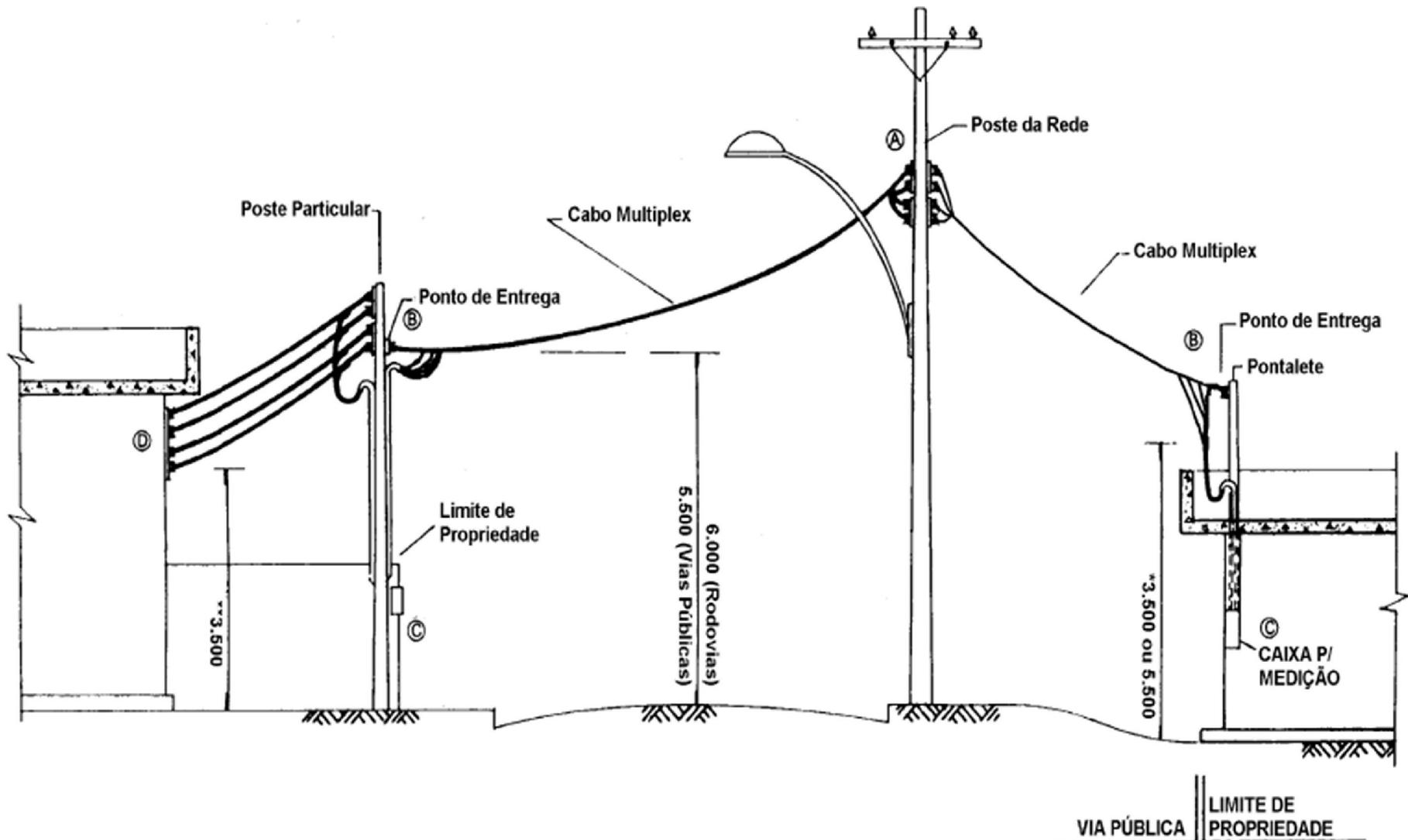
d) Caixa de medição → polifásica (FP)

[Tabela 10 \(Pág. 23\)](#)



Fator de Demanda

➤ EXEMPLO 1: Extraído da NTD-01 (CELTINS)



Eletrodutos

Definições gerais

✓ Conduto elétrico: é a canalização destinada a conter os condutores elétricos. Existem vários tipos de condutos, entre os quais: **eletrodutos**, **eletrocalhas**, **canaletas**, **bandejas**, entre outros.

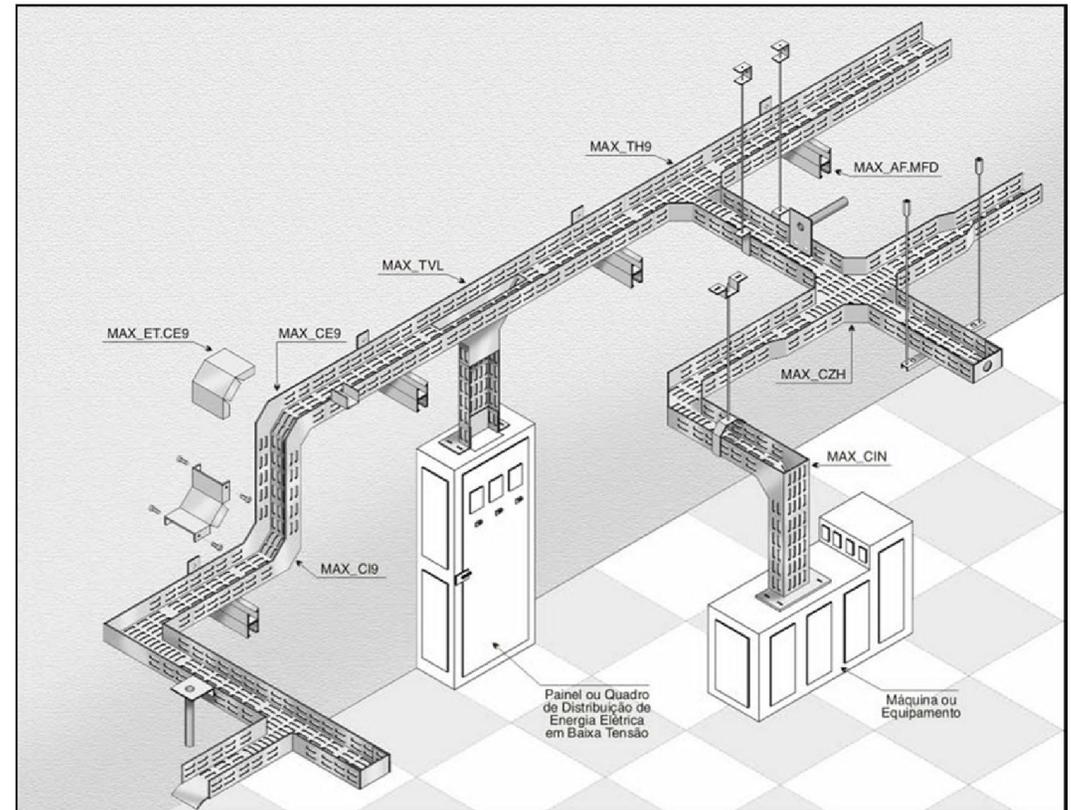
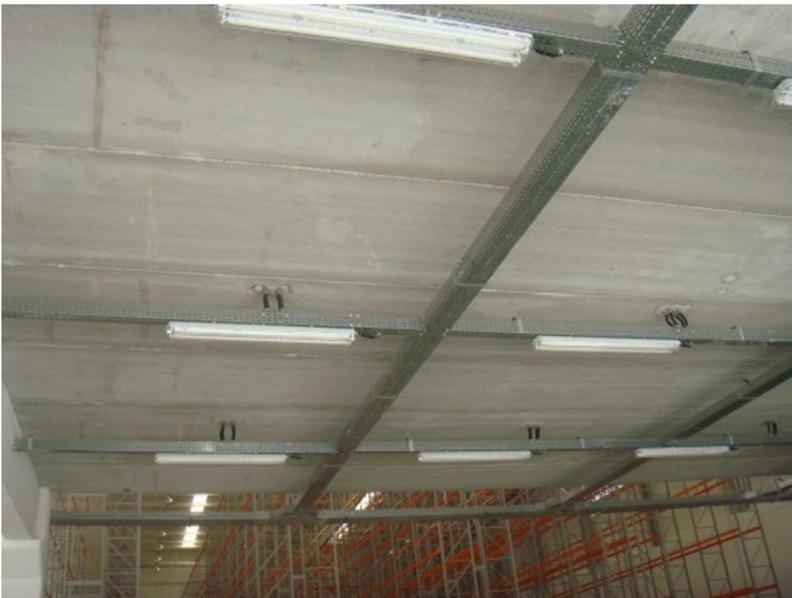
✓ ELETRODUTOS: são canalizações metálicas (aço, alumínio) ou de material isolante (PVC, polietileno, fibrocimento e outros) utilizadas em instalações elétricas embutidas ou aparentes. Os eletrodutos podem ainda ser magnéticos ou não magnéticos (em função do material utilizado na sua confecção); rígidos ou flexíveis; roscáveis ou soldáveis; leves, semipesados ou pesados.



Eletrodutos

Definições gerais

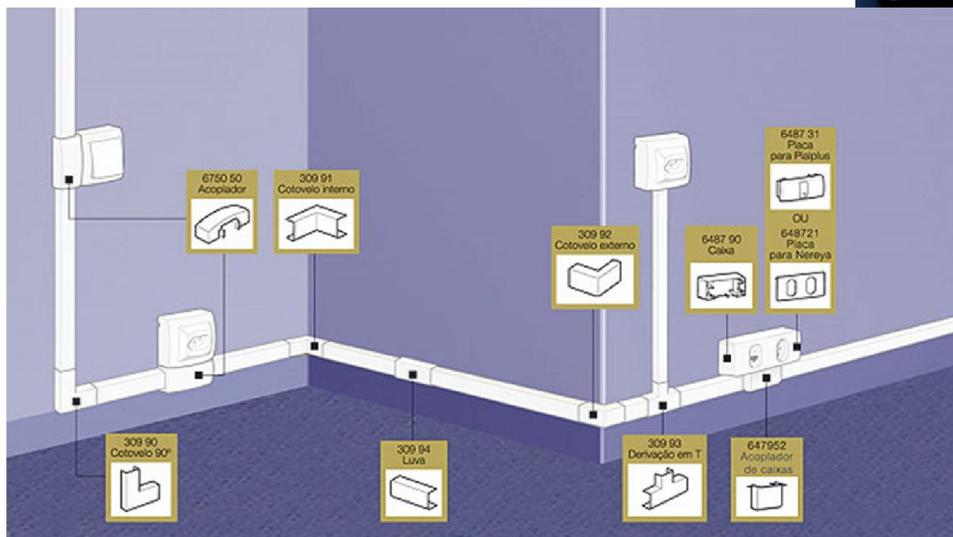
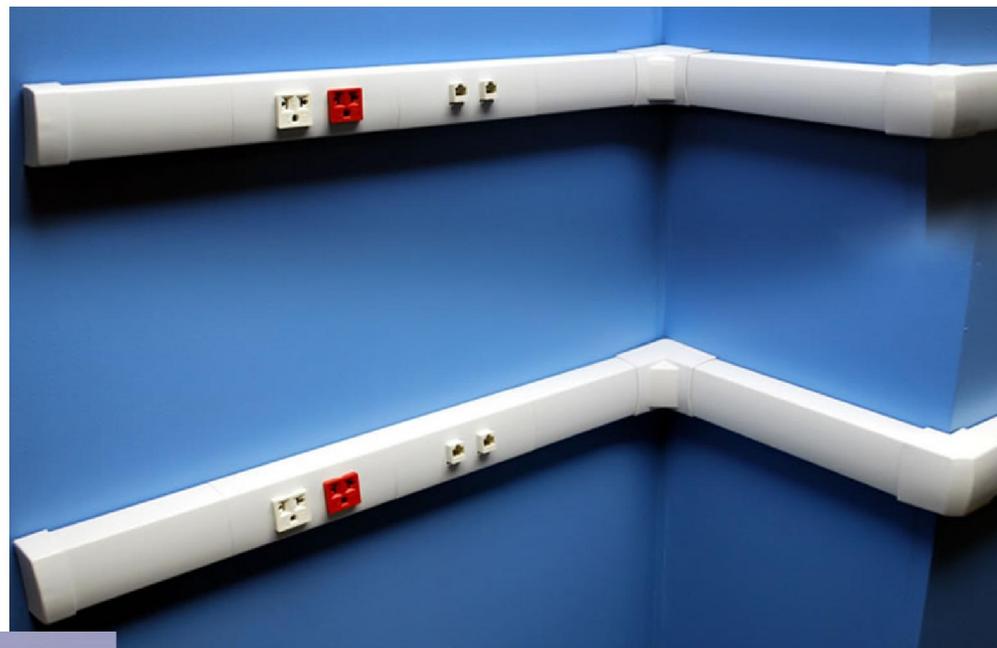
✓ ELETROCALHAS: são condutos fechados utilizados em instalações aparentes. Podem ser de material metálico (aço, alumínio) ou isolante (plástico), com paredes maciças ou perfuradas. As tampas são desmontáveis, podendo ser simplesmente encaixadas ou fixadas com auxílio de ferramentas.



Eletrodutos

Definições gerais

✓ CANALETAS: condutos com tampas removíveis, ventiladas ou maciças, instalados ao nível do solo. Os condutores podem ser instalados diretamente ou em eletrodutos.



Parte 3 – Instalações Elétricas Prediais
Prof. Alex Vilarindo Menezes

Eletrodutos

Definições gerais

✓ BANDEJAS: suporte de cabos sem cobertura, podendo ser perfuradas ou não. São constituídas, geralmente, de material metálico.



Eletrodutos

Taxa máxima de ocupação dos eletrodutos

✓ A taxa máxima de ocupação dos eletrodutos é definida em relação a área da seção transversal dos mesmos, não devendo ser superior a:

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



✓ Para dimensionar os eletrodutos determina-se a seção total ocupada pelos condutores utilizando as dimensões fornecidas pelos fabricantes e entrando com o valor total nas tabelas fornecidas pelos fabricantes de eletrodutos.

✓ Caso os condutores instalados em um eletroduto sejam do mesmo tipo e tenham a mesma seção nominal, pode-se determinar o diâmetro externo nominal dos eletrodutos diretamente em tabelas específicas, em função da quantidade e seção dos condutores.

Eletrodutos

Taxa máxima de ocupação dos eletrodutos

Eletroduto corrugado	Diâm. Interno (mm)	Área total (mm ²)	Área útil* (mm ²)	Seção (mm ²)	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	
3/8" (16mm)	11,7	107,51	35,48	Quantidade	5	3	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	
1/2" (20mm)	15,4	186,27	61,47		9	6	4	3	2	1	1	0	0	0	0	0	0
3/4" (25mm)	19	283,53	93,56		15	10	7	5	3	2	1	1	0	0	0	0	0
1" (32mm)	25	490,88	161,99		26	17	12	10	6	4	2	2	1	1	0	0	0
Eletroduto PVC rígido	Diâm. Interno (mm)	Área total (mm ²)	Área útil* (mm ²)														
1/2"	16,4	211,24	69,71		11	7	5	4	2	1	1	0	0	0	0	0	0
3/4"	21,3	356,33	117,59		19	12	9	7	4	3	1	1	1	0	0	0	0
1"	27,5	593,96	196,01		31	21	15	12	7	5	3	2	1	1	1	0	0
1.1/4"	36,1	1023,54	337,77		54	37	26	21	12	8	5	4	3	2	1	1	1
1.1/2"	41,4	1346,14	444,23		72	48	35	27	16	11	7	5	3	3	2	1	1
2"	52,8	2189,57	722,56		117	79	57	45	27	18	12	9	6	5	3	3	3
2.1/2"	67,1	3536,19	1166,94		189	128	92	73	44	30	19	15	10	8	6	4	4
3"	79,6	4976,42	1642,22		266	180	130	103	62	42	27	21	14	11	8	6	6
4"	103,1	8348,50	2755,00		447	303	219	173	104	71	46	36	24	19	14	11	11
Eletrodutos: Tigre					*Considerando apenas 33% de ocupação do eletroduto												

Seção do condutor (mm ²)	Diâmetro externo (mm)	Área total (mm ²)	Iz (A) - 2CC	Iz (A) - 3CC
1,5	2,8	6,16	17,5	15,5
2,5	3,4	9,08	24,0	21
4	4	12,57	32,0	28
6	4,5	15,90	41,0	36
10	5,8	26,42	57,0	50
16	7	38,48	76,0	68
25	8,7	59,45	101,0	89
35	9,8	75,43	125,0	110
50	11,9	111,22	151,0	134
70	13,5	143,14	192,0	171
95	15,3	183,85	232,0	207
120	17,4	237,79	269,0	239
Condutor: Cabo FlexSil 750V				

Deve-se frisar, no entanto, que quando a área ocupada pelos condutores for igual ou inferior a 33% da área útil do eletroduto não é necessário aplicar nenhum fator de correção de agrupamento.

Eletrodutos

Taxa máxima de ocupação dos eletrodutos

✓ Se os condutores instalados em um eletroduto possuírem seções transversais diferentes, pode-se utilizar a equação a seguir para calcular a seção ocupada pelos condutores:

$$S_{cond.} = \frac{N_{cf} \times \pi \times D_{cf}^2}{4} + \frac{N_{cn} \times \pi \times D_{cn}^2}{4} + \frac{N_{cp} \times \pi \times D_{cp}^2}{4}$$

- ✓ S_{cond} : seção ocupada pelos condutores (mm²)
- ✓ N_{cf} ; N_{cn} ; N_{cp} : número de condutores fase, neutro e de proteção, respectivamente.
- ✓ D_{cf} ; D_{cn} ; D_{cp} : diâmetro dos condutores fase, neutro e de proteção, respectivamente.
- ✓ Determina-se, então, o tamanho do eletroduto a ser utilizado entrando-se com o valor de S_{cond} na tabela a seguir (tabela 4.8, onde, para efeitos práticos, foram consideradas iguais as áreas úteis dos eletrodutos rígidos metálicos e de PVC), para o número de condutores pretendidos.

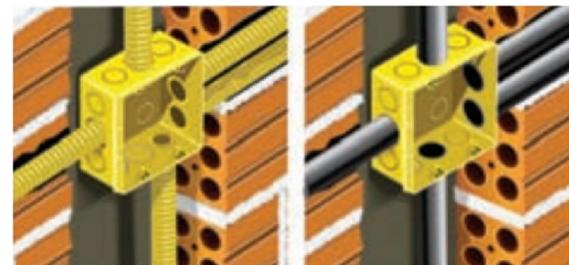
Caixas de derivação

Objetivos:

- ❑ Abrigar equipamentos
- ❑ Abrigar emendas de condutores
- ❑ Limitar o comprimento de trechos da tubulação
- ❑ Limitar o comprimento de curvas entre os trechos da tubulação

Recomendações estabelecidas pela NBR-5410

- ✓ Os trechos contínuos retilíneos de tubulação (sem interposição de caixas ou equipamentos) não devem exceder 15 metros. Nos trechos com curvas, a distância deve ser reduzida de 3 metros para cada curva de 90°.



Caixas de derivação

Recomendações estabelecidas pela NBR-5410

Obs: Caso o ramal de eletrodutos seja obrigado a passar por locais onde não é possível o emprego de caixas de derivação, a distância prescrita no item anterior pode ser aumentada desde que:

- a) Seja calculada a distância máxima permissível (levando-se em conta o número de curvas de 90° necessárias);
 - b) Para cada 6 metros ou fração de aumento da distância seja utilizado um eletroduto de tamanho nominal imediatamente superior ao do eletroduto que seria empregado normalmente.
- ✓ Em cada trecho de tubulação, entre duas caixas, entre extremidades ou entre extremidade e caixa, podem ser previstas, no máximo, três curvas de 90° ou equivalente até, no máximo, 270°. Em nenhuma hipótese podem ser previstas curvas com deflexão superior a 90°.

Caixas de derivação

Recomendações estabelecidas pela NBR-5410

✓ Devem se previstas caixas de derivação:

a) Em todos os pontos de entrada ou de saída da tubulação, com exceção para os pontos de transição ou de passagem de linhas abertas para linhas em eletrodutos, que devem ser arrematados com buchas.

b) Em todos os pontos de emenda ou de derivação de condutores.

c) Para dividir a tubulação em trechos não maiores que os especificados anteriormente.

Seção dos condutores em circuitos com harmônicos

Corrente de projeto

$$I_P = \sqrt{I_1^2 + I_2^2 + I_3^2 + \dots + I_N^2}$$

onde:

I_P : valor eficaz total da corrente de projeto do circuito (A)

I_1 : valor eficaz da componente fundamental ou componente de 60Hz (A)

I_2, I_3, \dots, I_N : valores eficazes das componentes harmônicas presentes na corrente de fase (A)

✓ Esse é o valor de I_P que deve ser utilizado para o dimensionamento dos condutores pelos critérios de capacidade de condução de corrente e queda de tensão.

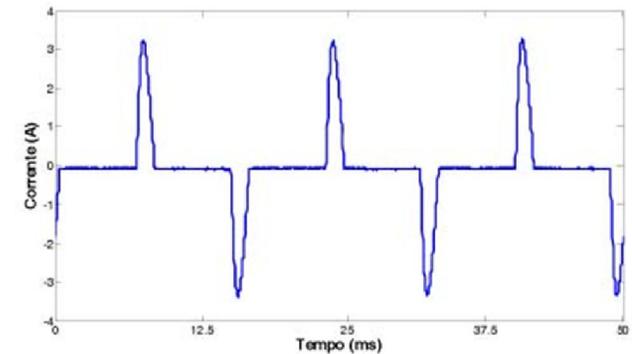


Figura 6: Forma de onda da corrente quando da alimentação de um PC (Computador Pessoal).

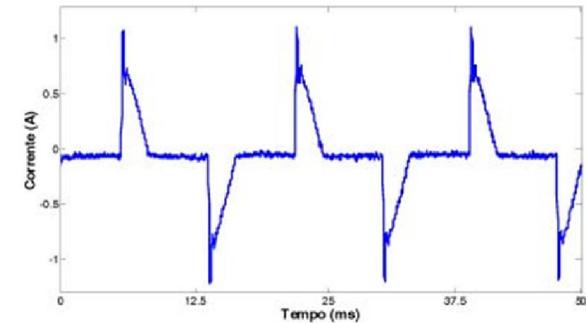


Figura 8: Forma de onda da corrente quando da alimentação de uma Lâmpada Fluorescente Compacta (LFC).

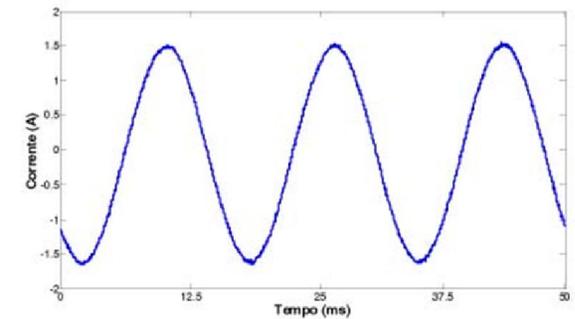


Figura 11: Forma de onda da corrente quando da alimentação de um Ventilador (VE).

Seção dos condutores em circuitos com harmônicos

Corrente de projeto

✓ A fim de estabelecer quanto uma forma de onda se apresenta deformada em relação a uma onda perfeitamente senoidal é calculada a Taxa de Distorção Harmônica (THD), de acordo com:

$$THD = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} I_h^2}}{I_1}$$

$$I_1^2 \cdot THD^2 = I_2^2 + I_3^2 + \dots + I_N^2$$

Que substituído na equação de I_P resulta em:

$$I_P = \sqrt{I_1^2 + I_2^2 + I_3^2 + \dots + I_N^2}$$

$$I_P = \sqrt{I_1^2 + I_1^2 \cdot THD^2} = I_1 \sqrt{1 + THD^2}$$

Seção dos condutores em circuitos com harmônicos

Cálculo da seção do condutor neutro

✓ Quando, em um circuito trifásico com neutro ou em um circuito com duas fases e neutro a taxa de 3ª harmônica e seus múltiplos for superior a 15%, no cálculo da corrente de projeto pelo critério da capacidade de condução de corrente deve-se utilizar um “fator de correção devido ao carregamento do neutro”. Esse fator, em geral igual a 0,86, é aplicável independentemente do método de instalação e vale para o caso de três condutores carregados.

✓ Alternativamente, em circuitos trifásicos com neutro, pode-se considerar quatro condutores carregados, assumindo-se que os mesmos correspondem a dois circuitos com dois condutores carregados cada um. Nesse caso, o fator de correção devido ao carregamento do neutro corresponde ao fator de agrupamento válido para dois circuitos, de acordo com o método de instalação considerado.

Seção dos condutores em circuitos com harmônicos

Cálculo da seção do condutor neutro

Seção do Condutor Neutro quando o Conteúdo de Terceira Harmônica das Correntes de Fase for Superior a 33%

✓ Nesse caso, a corrente que circula pelo neutro é superior à corrente das fases, podendo ser determinada de acordo com a equação:

f_h : fator pertinente dado pela tabela 4.9

$$I_N = f_h I_P$$

Tabela 4.9: Fator f_h para determinação da corrente de neutro

Taxa de terceira harmônica	f_h	
	Circuito trifásico com neutro	Circuito com duas fases e neutro
33% a 35%	1,15	1,15
36% a 40%	1,19	1,19
41% a 45%	1,24	1,23
46% a 50%	1,35	1,27
51% a 55%	1,45	1,30
56% a 60%	1,55	1,34
61% a 65%	1,64	1,38
≥ 66%	1,73	1,41

Obs.: Na falta de uma estimativa mais precisa da taxa de terceira harmônica, recomenda-se adotar $f_h = 1,73$ para os circuitos trifásicos com neutro e $f_h = 1,41$ no caso de circuitos com duas fases e neutro.