

# 1. Introdução às Instalações Elétricas de Baixa Tensão

## 1.1. Generalidades

É imprescindível que o projetista saiba onde se situa a sua instalação dentro de um sistema elétrico mais complexo, a partir do gerador, até os pontos de utilização em baixa tensão. O sistema elétrico compreende produção, transmissão e distribuição, conforme ilustra a Fig. 1.1.

As instalações elétricas de baixa tensão são regulamentadas pela norma NBR-5410, da ABNT, que estabelece de 1000 volts como o limite para a baixa tensão em corrente alternada e de 1500 volts para a corrente contínua. A frequência máxima de aplicação desta norma é de 400 Hz.

Toda a energia gerada para atender a um sistema elétrico é sob a forma trifásica, alternada, tendo sido fixada a frequência de 60 ciclos/segundo para uso em todo o território brasileiro, por decreto governamental.

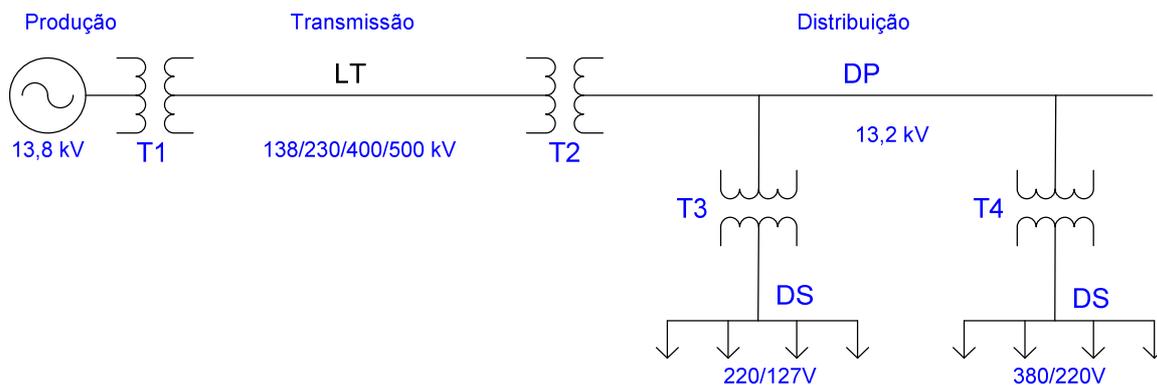


Fig. 1.1. Diagrama de um sistema elétrico

## 1.2. Produção

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

No Brasil, cerca de 90% da energia gerada são através de hidrelétricas, porque o nosso País possui um rico potencial hidráulico, estimado em mais de 150 milhões de kW.

As termoelétricas existentes no Brasil utilizam combustíveis fósseis (petróleo, carvão mineral etc.), combustíveis não-fósseis (madeira, bagaço de cana, etc.), combustível nuclear (urânio enriquecido).

Os geradores industriais de eletricidade necessitam de energia mecânica (energia cinética) para fazerem girar os rotores das turbinas, nos quais estão acoplados, no mesmo eixo, os rotores dos geradores de eletricidade. Então a geração necessita de uma turbina (hidráulica ou térmica) e de um gerador síncrono, montados no mesmo eixo, em geral vertical.

### 1.3. Transmissão

Transmissão significa o transporte de energia elétrica gerada até os centros consumidores. Para que seja economicamente viável, a tensão gerada nos geradores trifásicos de corrente alternada normalmente de 13,8 kV deve ser elevada a valores padronizados em função da potência a ser transmitida e das distâncias aos centros consumidores.

As tensões mais usuais em corrente alternada nas linhas de transmissão são 69, 138, 230, 400 e 500 kV. A partir de 500 kV, somente um estudo econômico vai decidir se deve ser usada a tensão alternada ou contínua, como é o caso da linha de transmissão de Itaipu, com 600 kV em corrente contínua. Neste caso, a instalação necessita de uma subestação retificadora, ou seja, que transforma a tensão alternada em contínua, transmitindo a energia elétrica em tensão contínua e, próxima aos centros consumidores, de uma estação inversora para transformar a tensão contínua em tensão alternada outra vez, antes de distribuir aos consumidores.

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

### 1.4. Distribuição

A distribuição é a parte do sistema elétrico já dentro dos centros de utilização (cidades, bairros, indústrias).

A distribuição começa na subestação abaixadora, onde a tensão da linha de transmissão é baixada para valores padronizados nas redes de distribuição primária (11 kV; 13,8 kV; 15 kV; 34,5 kV etc.).

Das subestações de distribuição primária partem as redes de distribuição secundária ou de baixa tensão. As redes de distribuição primária podem ser: radial, em anel ou radial seletivo.

A parte final de um sistema elétrico é a subestação abaixadora para a baixa tensão, ou seja, a tensão de utilização (380/220 V, 220/127V – Sistema trifásico e 220/110V – sistema monofásico com tape).

No Brasil há cidades onde a tensão fase-neutro é de 220 V (Brasília, Nordeste, etc.) e outras em 127 V (Rio de Janeiro, São Paulo, Sul etc.).

As redes de distribuição dentro dos centros urbanos podem ser aéreas ou subterrâneas. Nas redes aéreas, os transformadores podem ser montados em postes ou em subestações abrigadas; nas redes subterrâneas, os transformadores deverão ser montados em câmaras subterrâneas. Os transformadores-abaixadores nas redes de distribuição de energia elétrica podem ser monofásicos, bifásicos (iluminação pública) ou trifásicos.

As redes de distribuição primária e secundária, normalmente, são trifásicas, e as ligações aos consumidores poderão ser monofásicas, bifásicas ou trifásicas, de acordo com a sua carga<sup>1</sup>, conforme ilustra a Fig. 1.2.

A entrada de energia dos consumidores finais é denominada de ramal de entrada (aérea ou subterrânea). A ligação da rede de distribuição secundária ao consumidor (ramal) poderá ser feita por cabos subterrâneos ou aéreos, com entrada única para luz e força. Chamamos “luz” a todo circuito destinado unicamente a fins de iluminação ou pequenos motores monofásicos (geladeiras, máquinas de lavar, aparelhos eletrodomésticos, ventiladores etc.). Chamamos “força” a todo circuito destinado à força motriz, aquecimento, solda ou outros fins industriais. Em edifícios residenciais, usamos força nas bombas, elevadores, incineradores etc. É quase sempre trifásica.

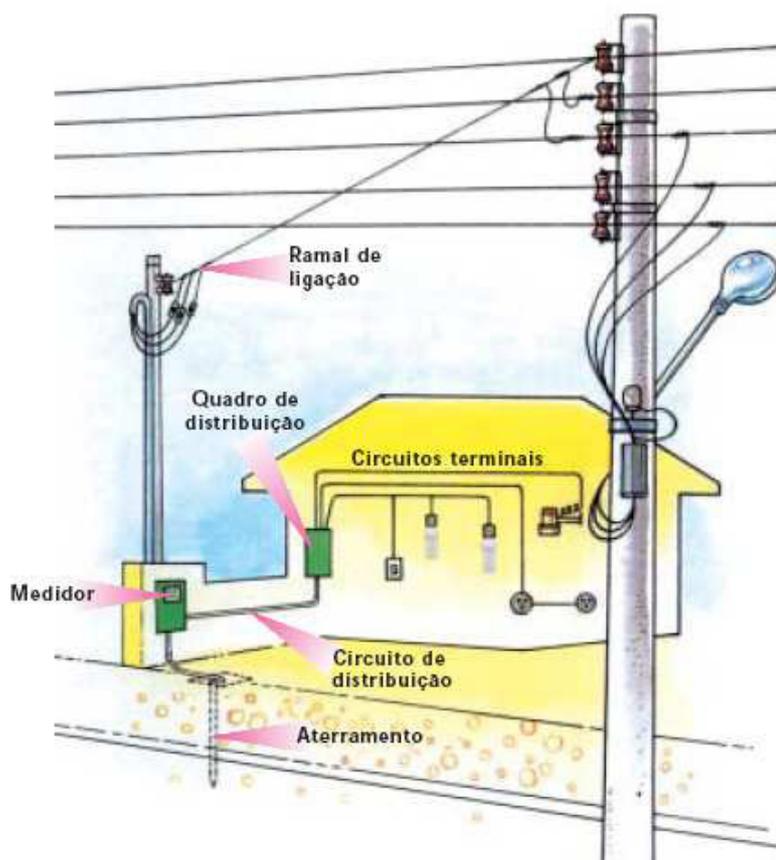


Fig. 1.2. (c) Rede pública de baixa tensão

<sup>1</sup> Os valores de carga para as faixas monofásica, bifásica ou trifásica são estabelecidos pelas normas das concessionárias.

Quando numa instalação existem cargas mono, bi e trifásicas procura-se equilibrar pelas três fases toda a carga instalada.

Foi estabelecida pela Portaria no. 84, de 27-04-67, do Departamento Nacional de Águas e Energia do Ministério de Minas e Energia, a adoção do ramal único de ligação, isto é, luz e força juntos num único alimentador.

### 1.5.O Conceito de Projeto

Projetar, no sentido mais geral do termo, é apresentar soluções possíveis de serem implementadas para a resolução de determinados problemas. Para o projetista, a solução procurada visa atender a uma necessidade, um resultado desejado, um objetivo. Assim, por exemplo, "definir de que forma a energia elétrica será conduzida da rede de distribuição até os pontos de utilização em um determinado edifício", abrangendo todos os aspectos envolvidos, é o enunciado geral do problema que será o objeto do estudo do projetista de instalações elétricas residenciais (único e coletivo).

O projeto é, portanto, uma mediação entre duas situações ou dois estados, conforme ilustra a Fig. 1.3. **É importante ter em mente que a solução não é única.** Frequentemente, existirão diversas alternativas de soluções possíveis. O projetista deverá examiná-las, avaliar as possibilidades de cada uma delas, e finalmente inclinar-se por aquela que julgar a mais adequada. Nem sempre esta escolha é tranqüila, isto é, direta e inquestionável. A maioria das vezes ela envolve aspectos contraditórios, pois estarão sob o julgamento pessoal do projetista, as mediações entre o atendimento indispensável às normas técnicas, à segurança das instalações e dos usuários, à operacionalidade, à racionalidade, e aos aspectos econômicos envolvidos na questão. Projetar pressupõe capacidade de criação, para elaborar as soluções possíveis dentro de um determinado contexto, e capacidade de discernimento, para compará-las e selecioná-las.



Fig. 1.3. Conceito de projeto como transição entre dois estados

O "projeto" é, em essência, uma antecipação detalhada de uma solução que será implementada para satisfazer determinado objetivo. Por esta razão, o projetista deve preocupar-se com a sua viabilidade, tanto do ponto de vista técnico (**poderá mesmo ser executado?**), como do ponto de vista econômico (**poderá ser executado a um custo razoável?**).

Outro aspecto de fundamental importância é a qualidade da solução apresentada. Tendo em mente que em boa parte das ocasiões o projetista não estará presente na implantação do projeto, ele deve questionar-se objetivamente: **o projeto é perfeitamente compreensível e esclarecedor?, o projeto apresenta um nível de detalhamento tal que garanta aos seus executores e aos seus usuários que aquilo que está sendo executado na realidade corresponde ao que foi idealizado no projeto?**

O projeto representa uma solução da engenharia para problemas da necessidade humana. Um projeto é o resultado de uma interação dos sujeitos envolvidos: cliente, profissional projetista e entidades normatizadoras (associações normatizadoras, órgãos do poder público, concessionárias, etc.). Esta interação é dinâmica e pode ser representada pela Fig. 1.4.

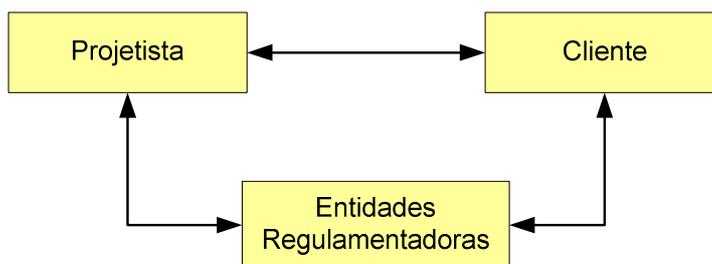


Fig. 1.4. O projeto como interação dos sujeitos envolvidos

Um projeto é dinâmico, portanto, pode sofrer revisões (alterações), entretanto o ideal é que as revisões ocorram ainda na fase de projeto. Qualquer revisão quer na fase de projeto ou na fase de execução, deve ser devidamente analisada, aprovada pelo projetista e registrada. É importante observar que uma revisão que ocorra na fase de execução é frequentemente mais onerosa do que se houvesse ocorrido na fase de projeto, uma vez que poderá implicar em desperdício de recursos materiais, recursos humanos e tempo. Além disso, os projetos têm um prazo de execução e custo de implantação definidos. A frequência de revisões na fase de execução certamente será responsável por alterações, em geral, prejudiciais, aos cronogramas e orçamentos iniciais.

O projetista é um solucionador de problemas, um criador de soluções. Para ele a realização é ver os seus projetos serem implantados como foram concebidos, ou o mais próximo possível disto. Por outro lado, a frustração é ver os seus projetos abandonados nas gavetas, ou implantados com tantas modificações que o fizeram perder a identidade.

### 1.6.A Dimensão Ética do Trabalho do Projetista

No desempenho de suas tarefas, o projetista assume uma atitude profissional de dimensão ética. Sendo um técnico, um especialista, estará sob sua responsabilidade a análise de problemas complexos para os quais a sociedade espera soluções. Sendo um cidadão, terá em mente o fato de que, em geral, os seus projetos poderão afetar a qualidade de vida de uma comunidade inteira ou parte dela. Daí, espera-se que as suas atividades se realizem no mais elevado nível ético e moral, com objetivos voltados para a segurança e benefício da humanidade.

O bom projetista é movido por senso de responsabilidade que envolve os seguintes aspectos:

- Desejo de prosseguir até o fim, buscando levar a sua solução ao bom êxito;
- Disposição para inovar sempre, buscando os melhores métodos e as melhores técnicas, visando ao aperfeiçoamento e à constante atualização;
- Companheirismo e solidariedade para com os colegas, através do intercâmbio de informações técnicas;
- Acompanhamento da implantação e do desempenho das soluções, visando comprovar sua eficácia e auferir experiência;
- Responsabilidade profissional para manter confidenciais, as idéias, processos, técnicas ou conhecimentos, que sejam objetos de contratos específicos, sobre os quais o cliente ou empregador solicite sigilo;
- Ter a perspectiva de, através de suas criações, contribuir para melhorar as condições de vida da humanidade;

Atualmente, as atividades no âmbito da engenharia já estão contempladas pelo Código de Ética Profissional publicado pelo sistema CONFEA e CREA's.

### 1.7.A Responsabilidade Profissional do Projetista

Para o desempenho profissional de suas atividades, o projetista deverá obter habilitação específica através de formação em centros educacionais especializados (universidades, faculdades de engenharia, centros de educação tecnológica, escolas técnicas etc.) e registro no respectivo Conselho Profissional.

O registro profissional, no caso de cursos superiores e cursos técnicos da área de engenharia, junto ao CREA - Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia, confere ao profissional a habilitação necessária, especificando as áreas e os limites de suas atribuições profissionais.

Segundo definição do próprio CREA, a função deste é atuar em defesa da sociedade contra os maus profissionais, e não como associação de classe, como poderia nos parecer a princípio. Para a defesa dos interesses dos técnicos e engenheiros existem as Associações e Sindicatos

Para garantir aos profissionais registrados nos CREAs um meio de cadastrar suas obras e serviços, cargos ou funções, cursos e prêmios, foi criada, em 1977, a Anotação de Responsabilidade Técnica – ART, através da Lei nº 6.496/77.

A ART define, para efeitos legais, os responsáveis técnicos pelo empreendimento, obra ou serviço, tendo valor de um contrato. Mas para isso, ela deve ser registrada no CREA onde for executada a atividade técnica. O CREA-MG somente registra a ART se o profissional ou a empresa estiverem registrados e/ou visados no Conselho e com a anuidade em dia.

Cada projeto terá o seu respectivo registro junto ao CREA, através da ART. Nesta ocasião, o Conselho verificará se o profissional está habilitado para aquela especialidade, fazendo a respectiva anotação que passará a constar do acervo técnico do profissional.

A ART descreve o objeto do projeto, o qual, na forma da legislação em vigor, estará sob a responsabilidade do técnico.

#### Objetivos da ART:

- a) **Garantia da qualidade dos serviços prestados:** Por ser um documento de fiscalização da atividade profissional, a ART impede a atividade de leigos nas áreas de engenharia, arquitetura e agronomia. O resultado é uma maior qualidade e maior segurança nos serviços prestados nessas áreas. Se mesmo assim houver algum problema na obra/serviço ou em decorrência delas, a ART é um documento que comprova a participação de um profissional em um empreendimento, e pode ser usada para que ele responda, legalmente, por suas ações.
- b) **Formação de currículo:** Toda a experiência adquirida pelo profissional na realização de seu trabalho, pode fazer parte de seu currículo - Acervo Técnico - desde que anotadas as respectivas ARTs nos CREAs. As Certidões de Acervo Técnico - CATs, emitidas pelo Conselho sempre que o profissional precisar, atestam essa sua bagagem profissional, pois elas funcionam como um currículo oficial e tem fé pública.
- c) **Acervo técnico:** Acervo Técnico é o conjunto dos registros de ARTs relativas a obras/serviços concluídos do profissional. Vale informar que, mesmo sendo empregado e realizando o projeto/obra para uma empresa, o acervo é do profissional, uma vez que é ele quem detém o conhecimento técnico e é o cérebro do empreendimento, no que se refere à tecnologia.
- d) **Garantia de mercado de trabalho:** Para que uma empresa se mantenha tecnicamente habilitada, no que diz respeito à qualificação de Acervo Técnico, é necessário que, ao substituir um profissional de seu quadro funcional por outro, o novo contratado possua, no

mínimo, um histórico de Acervo Técnico condizente com o objetivo social da empresa. Desse modo, a ART contribui para preservar o mercado de trabalho para o profissional, valorizando a autoria e a qualificação do trabalho intelectual.

- e) **Garantia de honorários/salários:** Quando não existir contrato escrito, a ART, registrada corretamente no CREA, tem validade legal, inclusive para prova em Juízo.
- f) **Licitações:** Com o advento da Lei 8.666/93, que instituiu normas para licitações e contratos de administração pública, tornou-se ainda maior a importância da Anotação de Responsabilidade Técnica - ART. Desde então, é obrigatória a apresentação da certidão emitida pelos CREAs na documentação exigida nas licitações, para a comprovação de acervo técnico.
- g) **Aposentadoria:** A ART e a CAT (Certidão de Acervo Técnico), com as datas de recolhimento e especificações corretas das atividades técnicas desenvolvidas, são documentos válidos para caracterizar a atividade profissional e comprovação de tempo de serviço junto à Previdência Social.
- h) **Salário Mínimo Profissional – SMP:** A ART de Desempenho de Cargo ou Função é, para os assalariados, um documento legal que poderá comprovar, junto ao Ministério do Trabalho, o cumprimento do Salário Mínimo Profissional, por parte do empregador (Lei Federal 4.950-A e art. 82 da Lei Federal 5.194/66).
- i) **Delimitação de responsabilidade profissional:** A definição dos limites da responsabilidade técnica e legal de cada profissional, em determinada atividade ou empreendimento que inclui participação de vários outros profissionais, é possível através da ART. Neste caso, a ART caracteriza a responsabilidade de cada um, bem como a 'solidariedade' prevista no Código de Defesa do Consumidor. Para que isso seja possível, cada atividade deve ficar bem caracterizada na ART.
- j) **Fiscalização de honorários:** A ART serve também como um instrumento de fiscalização do cumprimento das tabelas básicas de honorários profissionais, elaboradas pelas entidades de classe e registradas nos CREAs. Com isso, permite uma maior uniformização do mercado e coíbe a concorrência desleal.

## 1.8. Competência Profissional

Os Profissionais habilitados para as atividades de elaboração e execução de projetos de instalação de energia elétrica são os Engenheiros e os Técnicos Industriais de Nível Médio, conforme atribuições específicas definidas para cada categoria profissional.

No que se refere aos Engenheiros, a situação é controversa, porém a maioria dos CREA's tem adotado resoluções semelhantes ao CREA - MG, que estabelece duas categorias de atribuições (Decisão Normalizadora NQ 2 de 24/08/89 do CREA - MG):

1ª Categoria: Elaboração e execução de projetos de instalações de energia elétrica, sem restrições quanto à carga, tensão ou condição de trabalho.

Esta categoria abrange os Engenheiros Eletricistas ou Mecânicos-Eletricistas, ou ainda, outra especialidade profissional com as atribuições da alínea "h" do artigo 32 do Decreto Federal N2 23.569/33 de 11/12/33.

2ª Categoria: Elaboração e execução de projetos de instalações de energia elétrica, em baixa tensão, para fins residenciais, com carga total instalada não superior a 50 kW, desde que a força motriz, já incluída neste limite, não ultrapasse 10 cv, excluídas as instalações que:

- a) Destinem-se ao suprimento de energia elétrica a locais que exigem a utilização de material especial de segurança e proteção, como hospitais, postos de gasolina e afins;

- b) Sejam dotadas de sistema de geração de energia, como centros de processamento de dados e afins;
- c) Destinem-se ao suprimento de recintos para reuniões, como teatros, cinemas, templos ginásios, hotéis, "shopping-centers", mercados, escolas e afins;
- d) Pela natureza dos materiais empregados ou dos trabalhos executados possa ser verificada a presença de gases ou vapores inflamáveis, assim como poeiras, fibras, combustíveis etc.

Esta categoria abrange, além dos profissionais citados na 1ª categoria, todos os demais profissionais diplomados em curso superior de Engenharia Civil ou Arquitetura, que possuam as atribuições dos artigos 28 e 30 do Decreto Federal Nº 23.569/33 de 11 /12/33.

Muito embora exista tal regulamentação, a posição que se tenta fortalecer na sociedade civil, é que estejam habilitados para desenvolver as atividades de projetos e de execução de instalações elétricas apenas aqueles profissionais que tenham obtido formação específica na área de eletrotécnica.

## 2. Projeto de Instalações Elétricas

---

### 2.1. Conceito

É 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 manobra, carga de cada circuito, carga total, etc. Ou seja, projetar uma instalação elétrica de um edifício consiste basicamente em:

- quantificar, determinar os tipos e localizar os pontos de utilização de energia elétrica;
- dimensionar, definir o tipo e o caminhamento dos condutores e condutos;
- dimensionar, definir o tipo e a localização dos dispositivos de proteção, de comando, de medição de energia elétrica e demais acessórios.

O objetivo de um projeto de instalações elétricas é garantir a transferência de energia desde uma fonte, em geral a rede de distribuição da concessionária ou geradores particulares, até os pontos de utilização (pontos de luz, tomadas, motores, etc). Para que isto se faça de maneira segura e eficaz é necessário que o projeto seja elaborado, observando as prescrições das diversas normas técnicas aplicáveis.

O projeto de instalações elétricas pode ser dividido em categorias:

- a) Residencial (único e coletivo);
- b) Comercial;
- c) Industrial;

### 2.2. Partes Componentes de um Projeto

Sendo a representação escrita de uma instalação, o projeto consiste basicamente em desenhos e documentos. De uma maneira geral, em um projeto de instalações elétricas de edifícios de uso coletivo, temos as seguintes partes:

- ART;
- Carta de solicitação de aprovação à concessionária;
- Memorial descritivo;
- Memorial de cálculo (cálculo da demanda, dimensionamento dos condutores, dimensionamento dos condutos, dimensionamento das proteções);

- Plantas (planta de situação, planta de pavimentos);
- Esquemas verticais (prumadas);
- Quadros (quadros de distribuição de cargas, diagramas multifilares ou unifilares);
- Detalhes (entrada de serviço, caixa seccionadorea, centros de medição, caixas de passagem, aterramentos, outros);
- Convenções;
- Especificações;
- Lista de materiais.

## 2.3. Normatização

### 2.3.1. Simbologia

A fim de facilitar a execução do projeto e a identificação dos diversos pontos de utilização, lança-se não de símbolos gráficos.

Os símbolos gráficos utilizados nos projetos de instalações elétricas são padronizados pela ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, através das seguintes normas:

- NBR-5444: símbolos gráficos para instalações prediais;
- NBR-5446: símbolos gráficos de relacionamento usados na confecção de esquemas;
- NBR-5453: sinais e símbolos para eletricidade;

Na Fig. 2.1 temos os símbolos gráficos para os projetos de instalações elétricas. Foram deixadas uma coluna para a simbologia mais usual e uma coluna para a simbologia normalizada pela ABNT, ficando a critério de cada projetista a simbologia a adotar.

| Designação   | Usual           | Atual (NBR-5444) | Designação                                   | Usual | Atual (NBR-5444) |
|--|-----------------|------------------|--|-------|------------------|
| c.4) Quadro geral embutido (luz e força)                     |                 |                  | e.2) Tomada média (1 300 mm do piso)         |       |                  |
| c.5) Caixa de telefone                                       |                 |                  | e.3) Tomada alta (2 000 mm do piso)          |       |                  |
| c.6) Caixa para medidor                                      |                 |                  | e.4) Tomada de luz no piso                   |       |                  |
| d) Interruptores   |                 |                  | e.5) Tomada para rádio e tv                  |       |                  |
| d.1) Uma seção   | S               |                  | e.6) Relógio elétrico no teto                |       |                  |
| d.2) Duas seções   | S <sub>2</sub>  |                  | e.7) Idem na parede                          |       |                  |
| d.3) Três seções   | S <sub>3</sub>  |                  | e.8) Saída de som no teto                    |       |                  |
| d.4) Paralelo ou three-way                                   | S <sub>3w</sub> |                  | e.9) Idem na parede                          |       |                  |
| d.5) Intermediário ou four-way                               | S <sub>4w</sub> |                  | e.10) Cigarra                                |       |                  |
| d.6) Botão de minuteria                                      |                 |                  | e.11) Campainha                              |       |                  |
| d.7) Botão com campainha na parede                           |                 |                  | e.12) Quadro anunciador (4 chamadas)         |       |                  |
| d.8) Botão de campainha no piso                              |                 |                  | e.13) Tomada de telefone na parede (externa) |       |                  |
| d.9) Fusível   |                 |                  | e.14) Tomada de telefone na parede (interna) |       |                  |
| d.10) Chave seccionadora com fusível (abertura sem carga)    |                 |                  | e.15) Tomada de telefone no piso (externa)   |       |                  |
| d.11) Chave seccionadora com fusível (abertura em carga)     |                 |                  | e.16) Tomada de telefone no piso (interna)   |       |                  |
| d.12) Chave seccionadora (abertura sem carga)                |                 |                  | f) Motores e transformadores                 |       |                  |
| d.13) Chave seccionadora (abertura em carga)                 |                 |                  | f.1) Gerador (indicar as características)    |       |                  |
| d.14) Disjuntor a óleo                                       |                 |                  | f.2) Motor                                   |       |                  |
| d.15) Disjuntor a seco                                       |                 |                  | f.3) Transformador de potência               |       |                  |
| d.16) Chave reversora  |                 |                  | f.4) Transformador de corrente               |       |                  |
| e) Tomadas   |                 |                  | f.5) Transformador de potencial              |       |                  |
| e.1) Tomada de luz na parede, baixa (300 mm do piso acabado) |                 |                  | Observações                                  |       |                  |

(\*) a é a indicação do ponto de comando; -4- é o circuito correspondente.  
 (\*\*) Significa 3 condutores de 2 vezes de 25 mm<sup>2</sup> por fase.

Fig. 2.1. (a) Simbologia

| Designação  | Usual | Atual (NBR-5444) | Designação                                       | Usual | Atual (NBR-5444) | Designação   |
|---|-------|------------------|--|-------|------------------|--|
| a) Luminárias, refletores e lâmpadas                |       |                  | b.8) Condutor de retorno no duto                 |       |                  | c.4) Quadro embutido                                   |
| a.1) Luz incandescente no teto                      |       |                  | b.9) Condutor terra no duto                      |       |                  | c.5) Caixa telefone                                    |
| a.2) Luz incandescente na parede                    |       |                  | b.10) Cordoalha de terra                         |       |                  | c.6) Caixa medidor                                     |
| a.3) Luz incandescente no teto (embutido)           |       |                  | b.11) Leito de cabos                             |       |                  | d) Interrupção   |
| a.4) Luz fluorescente no teto                       |       |                  | b.12) Caixa de passagem no piso                  |       |                  | d.1) Uma   |
| a.5) Luz fluorescente na parede                     |       |                  | b.13) Caixa de passagem no teto                  |       |                  | d.2) Duas  |
| a.6) Luz fluorescente no teto (embutido)            |       |                  | b.14) Caixa de passagem na parede                |       |                  | d.3) Três  |
| a.7) Luz incandescente no teto (vigia/emergência)   |       |                  | b.15) Eletroduto que sobe                        |       |                  | d.4) Paralelo three-way                                |
| a.8) Luz fluorescente no teto (vigia/emergência)    |       |                  | b.16) Eletroduto que desce                       |       |                  | d.5) Intermitente four-way                             |
| a.9) Sinalização de tráfego (rampas, entradas etc.) |       |                  | b.17) Eletroduto que passa descendo              |       |                  | d.6) Botão de emergência                               |
| a.10) Sinalização                                   |       |                  | b.18) Eletroduto que passa subindo               |       |                  | d.7) Botão de campainha                                |
| a.11) Refletor                                      |       |                  | b.19) Sistema de calhas no piso:                 |       |                  | d.8) Botão de campainha no teto                        |
| a.12) Poste com duas luminárias (externa)           |       |                  | I - Luz e força                                  |       |                  | d.9) Fusível   |
| a.13) Lâmpada obstáculo                             |       |                  | II - Telefone                                    |       |                  | d.10) Chave seletora com carga (abertura e fechamento) |
| a.14) Minuteria                                     |       |                  | III - Telefone (PABX, KS, ramais)                |       |                  | d.11) Chave seletora com carga (abertura e fechamento) |
| a.15) Luz de emergência na parede (independente)    |       |                  | IV - Especiais (COMUNICAÇÕES)                    |       |                  | d.12) Chave seletora com carga (abertura e fechamento) |
| a.16) Exaustor                                      |       |                  | b.20) Condutor de 1,0 mm² fase para campainha    |       |                  | d.13) Chave seletora com carga (abertura e fechamento) |
| b) Dutos e distribuição                             |       |                  | b.21) Condutor de 1,0 mm² neutro para campainha  |       |                  | d.14) Disjuntor óleo                                   |
| b.1) Embutido no teto ou parede                     |       |                  | b.22) Condutor de 1,0 mm² retorno para campainha |       |                  | d.15) Disjuntor seco                                   |
| b.2) Embutido no piso                               |       |                  | c) Quadros de distribuição                       |       |                  | d.16) Chave seletora                                   |
| b.3) Telefone no teto                               |       |                  | c.1) Quadro parcial aparente (luz e força)       |       |                  | e) Tomada  |
| b.4) Telefone no piso                               |       |                  | c.2) Quadro parcial embutido (luz e força)       |       |                  | e.1) Tomada na parede (300 mm de acabamento)           |
| b.5) Campainha, som, anunciador                     |       |                  | c.3) Quadro geral aparente (luz e força)         |       |                  |  |
| b.6) Condutor-fase no duto                          |       |                  |  |       |                  |  |
| b.7) Condutor neutro no duto                        |       |                  |  |       |                  |  |

Fig. 2.2. (b) Simbologia

2.3.2.

### 2.3.3. Normas Técnicas

Um projeto de instalações elétricas prediais de baixa tensão deve obedecer as seguintes normas técnicas:

ABNT:

- NBR-5410: Instalações Elétricas de Baixa Tensão;

Concessionária local:

O projetista deverá atentar para as normas técnicas da concessionária local em que será executado o projeto. No caso do estado de Minas Gerais, temos:

- ND-5.1: Fornecimento em Tensão Secundária a Edificações Individuais (Companhia Energética de Minas Gerais -CEMIG);
- NTD-003: Fornecimento de Energia Elétrica em Tensão Secundária (Companhia Força e Luz Cataguazes-Leopoldina - CFLCL);

## 2.4. Critérios para Elaboração do Projeto de Instalações Elétricas

Na concepção do projeto de instalações elétricas prediais, o projetista deve estar atento a pelo menos três critérios, no que se refere à utilização das instalações projetadas:

Acessibilidade: Todos os pontos de utilização projetados, bem como os dispositivos de manobra e proteção, deverão estar em locais perfeitamente acessíveis, que permitam manobra adequada e eventuais manutenções.

Flexibilidade e Reserva de Carga: A instalação deve ser projetada de forma a permitir certa reserva, para acréscimos de cargas futuras e alguma flexibilidade para pequenas alterações.

Confiabilidade: As instalações devem ser projetadas em estreito atendimento às normas técnicas, visando garantir o perfeito funcionamento dos componentes do sistema e a integridade física dos seus usuários.

## 2.5. Etapas da Elaboração de um Projeto de Instalações Elétricas

### 2.5.1. Informações Preliminares

Esta é uma das etapas de maior importância para o sucesso da elaboração de um bom projeto. Nesta etapa, o projetista procurará obter das diversas fontes todas as informações necessárias para a formação da concepção geral do projeto a ser desenvolvido, através de:

- a) Planta de situação: localização dos acessos ao edifício, bem como da rede de energia elétrica da concessionária que atende ao local, verificando a existência, tipo de fornecimento, localização da mesma em relação ao edifício e possíveis pontos de derivação para o atendimento.
- b) Projeto arquitetônico: plantas, cortes, detalhes, fachadas, etc. Obtem-se a partir daí todas as dimensões, inclusive pé-direito, de todos os recintos e áreas externas, bem como a sua respectiva utilização.
- c) Projetos complementares: projeto estrutural, projetos de instalações sanitárias, de águas pluviais, de combate a incêndio, de sonorização e outros. Neste ponto, devem ser observadas possíveis restrições e interferências com vigas, pilares, espessura de lajes, cruzamento de tubulações, localização de prumadas e quadros. Devemos ter em mente que o projeto de instalações elétricas deve ser elaborado em harmonia com os demais projetos de utilidades do edifício.

- d) Informações obtidas com o proprietário, arquiteto ou responsável: localização preferencial dos pontos de utilização conforme as necessidades do proprietário; previsão de cargas ou aparelhos especiais como de ar-condicionado, aquecedor etc; previsão de utilização de determinadas linhas de materiais e sistemas de instalações; previsão para futuros acréscimos de cargas e sistemas; previsão para utilização de alimentação elétrica de segurança e/ou de substituição para determinadas situações, locais ou cargas.

#### 2.5.2. Quantificação do Sistema

Com os dados obtidos nas informações preliminares, e de posse das normas técnicas aplicáveis, no caso a NBR-5410, o projetista estará em condições de fazer um levantamento da previsão de cargas do projeto, tanto em termos da quantidade de pontos de utilização, quanto da potência nominal dos mesmos.

- a) Previsão de tomadas;
- b) Previsão de iluminação;
- c) Previsão de cargas especiais: elevadores, bombas de recalque d'água, bombas de drenagem, bombas de combate a incêndio, etc.

#### 2.5.3. Determinação do Padrão de Atendimento

Concluída a etapa anterior, e tendo às mãos as normas técnicas da concessionária local, o projetista determinará a demanda de cada consumidor do edifício e a sua respectiva categoria de atendimento conforme os padrões da concessionária. Determinará igualmente a provável Demanda do edifício e o padrão da sua entrada de serviço.

- a) Determinação da demanda e da categoria de atendimento de cada consumidor;
- b) Determinação da provável demanda do edifício e classificação da entrada de serviço.

#### 2.5.4. Desenho das Plantas

Esta etapa compreende basicamente:

- a) Desenho dos pontos de utilização;
- b) Localização dos quadros de distribuição de luz (QL's) e quadros de força (QF's);
- c) Divisão das cargas em circuitos terminais;
- d) Desenho das tubulações dos circuitos terminais;
- e) Traçado da fiação dos circuitos terminais;
- f) Localização das caixas de passagem dos pavimentos e prumadas;
- g) Localização do quadro geral de baixa tensão, centros de medidores, da caixa seccionadora, do ramal alimentador e do ponto de entrega;
- h) Desenho das tubulações dos circuitos alimentadores;
- i) Desenho do esquema vertical (prumada);
- j) Traçado da fiação dos circuitos alimentadores.

#### 2.5.5. Dimensionamento

Nesta etapa, serão feitos os dimensionamentos de todos os componentes do projeto, calculados com base nos dados registrados nas etapas anteriores, nas normas técnicas aplicáveis a cada caso e nas tabelas de fabricantes.

- a) Dimensionamento dos condutores;

- b) Dimensionamento das tubulações;
- c) Dimensionamento dos dispositivos de proteção;
- d) Dimensionamento dos quadros.

#### 2.5.6. Quadros de Distribuição e Diagramas

Nesta etapa, serão elaborados os quadros de distribuição de carga (tabela), que têm a função de representar a distribuição e o dimensionamento dos circuitos.

- a) Quadros de distribuição de carga;
- b) Diagramas unifilares (ou multifilares) dos QL's;
- c) Diagramas de força e comando dos motores (QF's);
- d) Diagrama unifilar geral.

#### 2.5.7. Elaboração dos Detalhes Construtivos

O objetivo da elaboração dos detalhes construtivos é facilitar a interpretação do projeto, permitindo, desta maneira, que o mesmo seja fielmente executado. Vale lembrar que quanto melhor detalhado está um projeto, melhor poderá ser a sua execução.

#### 2.5.8. Memorial Descritivo

O memorial descritivo tem por objetivo fazer uma descrição sucinta do projeto, justificando, quando necessário, as soluções adotadas. Ele é composto basicamente dos seguintes itens:

- a) Dados básicos de identificação do projeto;
- b) Dados quantitativos do projeto;
- c) Descrição geral do projeto;
- d) Documentação do projeto;

#### 2.5.9. Memorial de Cálculo

Neste documento, serão apresentados o resumo dos principais cálculos e dimensionamentos:

- a) Cálculos das previsões de cargas;
- b) Determinação da provável demanda;
- c) Dimensionamento de condutores;
- d) Dimensionamento de eletrodutos;
- e) Dimensionamento dos dispositivos de proteção.

#### 2.5.10. Elaboração das Especificações Técnicas

As especificações técnicas detalham os tipos de materiais que serão empregados, cegando ao nível de especificação do fabricante, prevendo, porém, o uso de similares com a mesma qualificação técnica. Neste documento, também, em alguns projetos, relacionam-se os serviços a executar, bem como os procedimentos de sua execução, com a citação das respectivas normas técnicas.

#### 2.5.11. Elaboração da Lista de Material

Listagem de todos os materiais que serão empregados na execução do projeto, com as suas respectivas especificações e quantidades.

### 2.5.12. ART

Anotação de Responsabilidade Técnica do Responsável Técnico pelo projeto junto à jurisdição do CREA local.

### 2.5.13. 1ª Análise da Concessionária

Análise, pelo órgão técnico da concessionária local, da adequação do projeto às normas técnicas e padrões de fornecimento. Em geral, esta análise fica limitada ao cálculo da demanda, ao padrão de fornecimento, à entrada de serviço e à rede de alimentadores até a chegada nos quadros terminais (prumada). É importante observar que, em hipótese alguma, a análise e posterior aprovação por parte da concessionária exime o projetista de sua responsabilidade técnica.

### 2.5.14. Revisão do Projeto (se necessário)

Possíveis adequações ou modificações para atender à padronização e normas técnicas da concessionária.

### 2.5.15. Aprovação da Concessionária

Termo técnico que atesta que o projeto das instalações está de acordo com os padrões e normas técnicas da concessionária, e com o qual o consumidor poderá efetivar o pedido de ligação das instalações à rede de distribuição de energia.

Nota Importante: O roteiro descrito anteriormente é em geral seguido por uma boa parcela de projetistas. Muitas vezes esta ordem pode ser alterada, em função da complexidade de cada projeto e conforme a composição numérica e qualitativa da equipe que o elabora. Conforme a necessidade, algumas etapas poderão ser acrescidas de outros níveis, suprimidas ou fundidas duas ou mais delas em uma só.

## 2.6. Fluxograma de Elaboração de um Projeto de Instalações Elétricas

A Fig. 2.3 Representa o fluxograma de elaboração de um projeto. Observe que o anteprojeto contém apenas as diretrizes gerais que serão seguidas no projeto. Ele é o resultado do estudo preliminar feito pelo projetista com base nas solicitações gerais do cliente e das condições locais. A partir daí, haja concordância do cliente, inicia-se a fase de projeto propriamente dita.

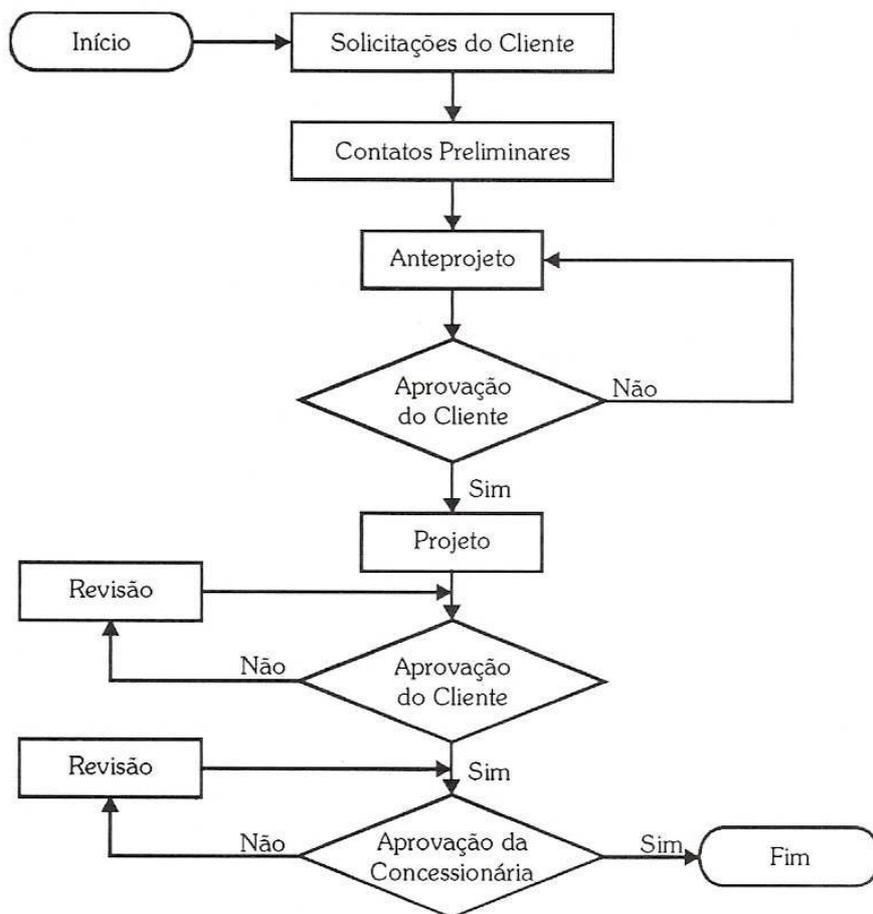


Fig. 2.3. Fluxograma da Elaboração de um Projeto

## 2.7. Previsão de Cargas da Instalação Elétrica Conforme a NBR-5410/97

### 2.7.1. Objetivo

A Norma Brasileira NBR-5410/97 estabelece as condições mínimas que devem ser adotadas para a quantificação, localização e determinação das potências dos pontos de iluminação e tomadas em habitações (casas, apartamentos, acomodações de hotéis, motéis, ou similares).

Cada aparelho de utilização (lâmpadas, aparelhos de aquecimento d'água, aparelhos eletrodomésticos, motores para máquinas diversas) solicita da rede elétrica uma determinada potência. A carga a considerar para um equipamento de utilização é a sua potência nominal absorvida, dada pelo fabricante ou calculada a partir da tensão nominal, da corrente nominal e do fator de potência. Nos casos em que dada a potência nominal fornecida pelo equipamento (potência da saída), e não a absorvida, devem ser considerados o rendimento e o fator de potência.

O objetivo da previsão de cargas é a determinação de todos os pontos de utilização de energia elétrica (pontos de consumo ou cargas) que farão parte da instalação. Ao final da previsão de cargas, estarão definidas a potência, a quantidade e a localização de todos os pontos de consumo de energia elétrica da instalação.

### 2.7.2. Previsão da Carga de Iluminação

Os principais requisitos para o cálculo da iluminação são com a quantidade e qualidade da iluminação de uma determinada área, quer seja de trabalho, lazer ou simples circulação.

Existem vários métodos para o cálculo da iluminação, os quais são:

1. Pela carga mínima exigida pela norma NBR – 5410/97;
2. Pelo método dos lúmens;
3. Pelo método das cavidades zonais;
4. Pelo método do ponto por ponto;
5. Pelos métodos dos fabricantes: PHILIPS, GE, etc.

Neste capítulo vamos nos limitar somente ao que diz a norma NBR - 5410/97, sobre iluminação residencial. Alguns outros métodos serão vistos depois no capítulo específico sobre Luminotécnica.

A NBR 5410/97 estabelece os seguintes critérios para iluminação interna em residências, hotéis, motéis e similares:

### 1. Condições para se estabelecer a quantidade mínima de pontos de luz.



### 2. Condições para se estabelecer a potência mínima de iluminação.

A carga de iluminação é feita em função da área do cômodo da residência.



#### NOTAS:

- a) A NBR 5410/97 não estabelece critérios para iluminação de áreas externas em residências, ficando a decisão por conta do projetista e do cliente.
- b) Os valores apurados correspondem à potência destinada à iluminação para efeito de dimensionamento dos circuitos, e não necessariamente à potência nominal das lâmpadas.
- c) Para aparelhos fixos de iluminação a descarga (luminárias fluorescentes, por exemplo), a potência a ser considerada deverá incluir a potência das lâmpadas, as perdas e o fator de potência dos equipamentos auxiliares (reatores).

#### Exemplo de Dimensionamento:

Determinar as potências das lâmpadas para cada uma das dependências da planta baixa (Fig. 2.4) conforme estabelecidos pela norma NBR 5410/97. Para facilitar o dimensionamento, faremos uma tabela.

Tabela 2.1 – Previsão da carga de iluminação.

| Dependência    | Dimensões<br>Área<br>(m <sup>2</sup> ) | Potência de iluminação<br>(VA)  |        |
|----------------|--|---|--------|
| sala de estar  | A = 6,00 x 4,00 = 24,00                | $24,00 \text{ m}^2 = \frac{6 + 4 + 4 + 4 + 4 + 4}{100} + 4 \times 60$ | 340 VA |
| sala de jantar | A = 3,00 x 3,10 = 9,30                 | $9,30 = \frac{6 + 3,30}{100}$   | 100 VA |
| dormitório     | A = 3,00 x 3,40 = 10,20                | $10,20 = \frac{6 + 4 + 3,20}{100}$                                    | 160 VA |
| banheiro       | A = 2,50 x 2,50 = 6,25                 | $6,25 = \frac{6 + 0,25}{100}$   | 100 VA |
| despensa       | A = 0,70 x 1,75 = 1,22                 | 1,22 = 100 VA   | 100 VA |
| hall           | A = 0,70 x 1,20 = 0,84                 | 0,84 = 100 VA   | 100 VA |
| cozinha        | A = 3,00 x 3,10 = 9,30                 | $9,30 = \frac{6 + 3,30}{100}$   | 100 VA |
| a.serviço      | A = 4,15 x 1,90 = 7,88                 | $7,88 = \frac{6 + 1,88}{100}$   | 100 VA |
| circulação     | A = 3,10 x 1,00 = 3,10                 | 3,10 = 100 VA   | 100 VA |
| garagem        | A = 5,15 x 5,50 = 28,32                | $28,32 = \frac{6 + 4 + 4 + 4 + 4 + 4 + 2,32}{100} + 5 \times 60$      | 400 VA |

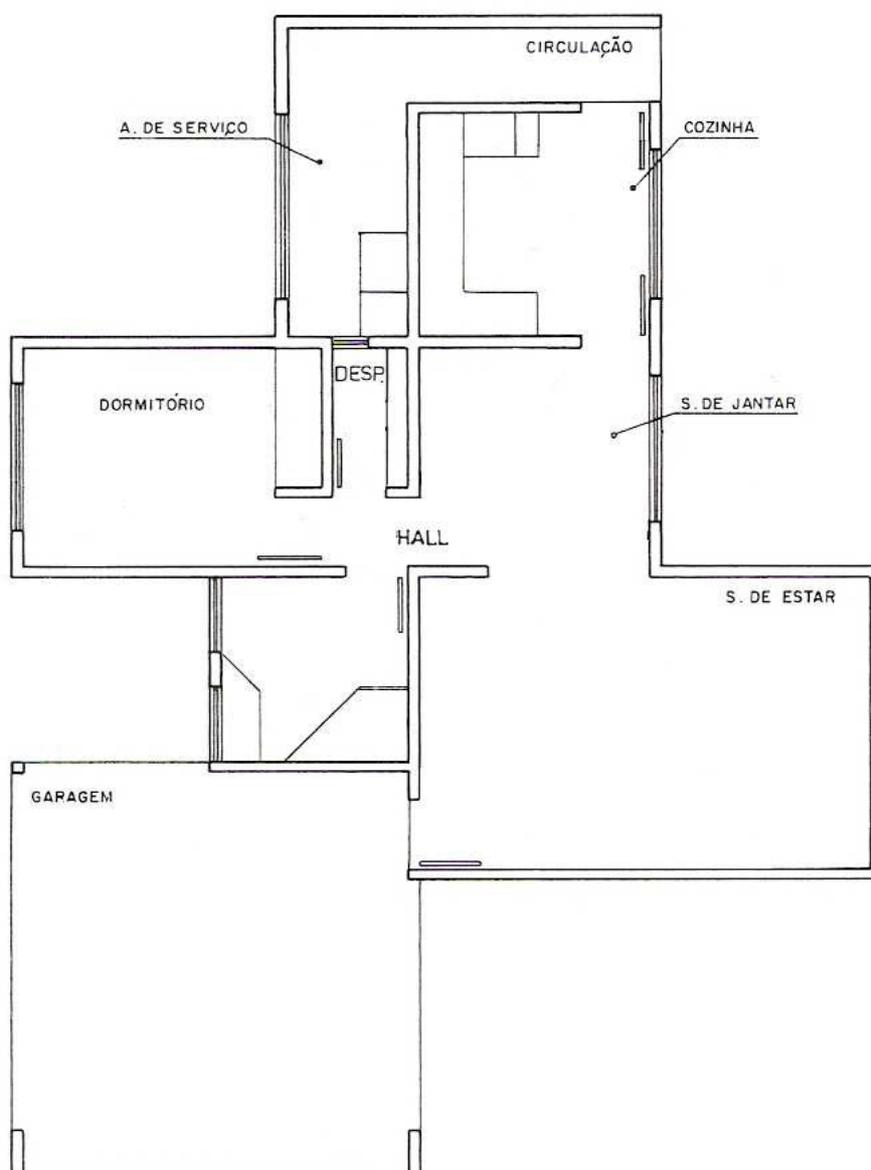


Fig. 2.4. Planta baixa do exemplo

Com os valores das potências da iluminação obtidos, em VA, procede-se da seguinte forma:

1. Transferem-se as potências calculadas para a planta baixa;
2. As potências calculadas acima são a mínima adotada, podendo, quando for o caso, ser arredondada para maior, de modo que corresponda a lâmpadas com potências iguais;
3. Nas dependências, como cozinha, área de serviço, banheiros, garagens, etc., as lâmpadas incandescentes podem ser substituídas pelas fluorescentes, observando as devidas equivalências com relação ao fluxo luminoso, em lumens, (*lm*) entre elas.
4. Em ambientes com grandes dimensões, ou quando o ambiente é estreito e longo, é necessário a instalação de mais de um ponto de iluminação, como é o caso da sala de estar e garagem.

### 2.7.3. Previsão da Carga de Tomadas

#### TOMADAS DE USO GERAL (TUG's)

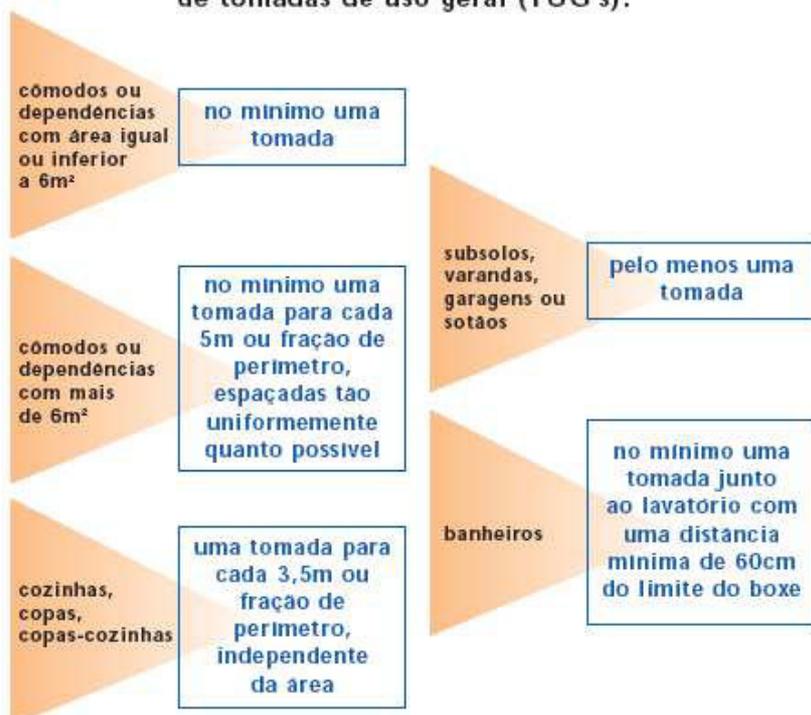
Não se destinam à ligação de equipamentos específicos e nelas são sempre ligados: aparelhos móveis ou aparelhos portáteis.



Fig. 2.5. Tomadas de uso geral

Nas unidades residenciais e nas acomodações de hotéis, motéis e similares, o número de tomadas de uso geral deve ser fixado de acordo com o seguinte critério:

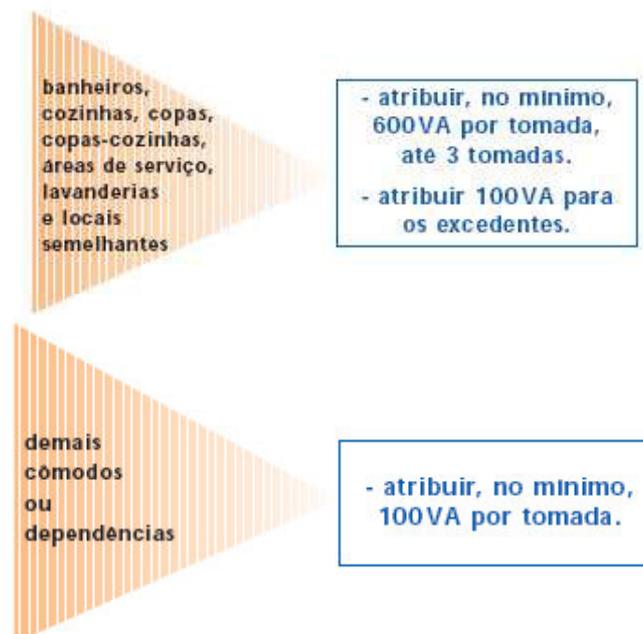
#### 1. Condições para se estabelecer a quantidade mínima de tomadas de uso geral (TUG's).



## NOTAS:

- a) No caso de cozinhas, copas, copas-cozinhas, áreas de serviço, lavanderias e locais análogos todas as tomadas devem ser médias (1,30 m), e deve ser prevista pelo menos um tomada acima de cada bancada (balcão);
- b) Em diversas aplicações é recomendável prever uma quantidade de tomadas de uso geral maior do que o mínimo calculado, evitando-se, assim, o emprego de extensões e benjamins (tês), que além de desperdiçarem energia, podem comprometer a segurança da instalação;
- c) Para efeito de cálculo as tomadas duplas e triplas são contadas em número e potência como uma só;
- d) É recomendável ter como distância máxima entre tomadas deve ser de 1,50 m para cada lado (3 m);
- e) No caso de varandas, quando não for possível a instalação de tomada no próprio local, esta deverá ser instalada próxima ao seu acesso;
- f) Em halls de escadaria, salas de manutenção e sala de localização de equipamentos tais como casas de máquinas, salas de bombas, e locais análogos, deverá ser prevista no mínimo uma tomada.

## 2. Condições para se estabelecer a potência mínima de tomadas de uso geral (TUG's).



### TOMADAS DE USO ESPECÍFICO (TUE's)

São destinadas a ligação de equipamentos fixos e estacionários, como é o caso de:

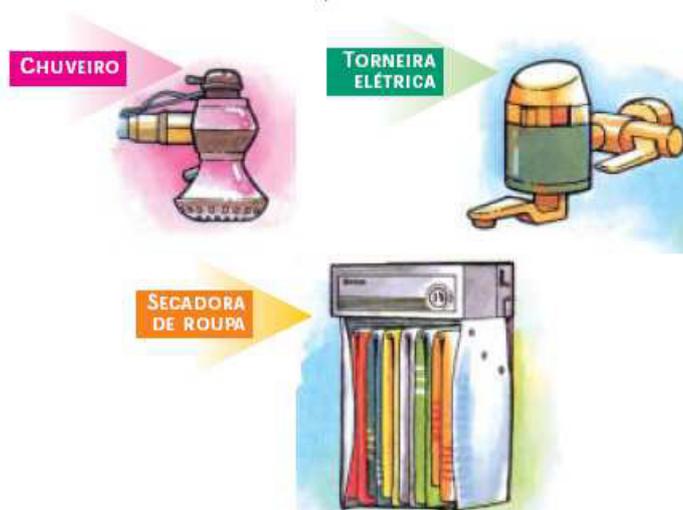


Fig. 2.6. Tomadas de uso específico

### 3. Condições para se estabelecer a quantidade de tomadas de uso específico (TUE's).

A quantidade de TUE's é estabelecida de acordo com o número de aparelhos de utilização que sabidamente vão estar fixos em uma dada posição no ambiente.

A quantidade de TUE's é estabelecida de acordo com o número de aparelhos de utilização, com corrente nominal superior a 10 A.

### 4. Condições para se estabelecer a potência de tomadas de uso específico (TUE's).

**Atribuir a potência nominal do equipamento a ser alimentado.**

Conforme o que foi visto:

Para se prever a carga de tomadas é necessário, primeiramente, prever a sua quantidade. Essa quantidade, segundo os critérios, é estabelecida a partir do cômodo em estudo, fazendo-se necessário ter:

- ou o valor da área
- ou o valor do perímetro
- ou o valor da área e do perímetro

Tabela 2.2 - Potências Médias dos Aparelhos Elétricos em Watts

| Aparelho                     | Potência (W) | Aparelho               | Potência (W) |
|------------------------------|--------------|------------------------|--------------|
| Aquecedor de ambiente        | 1000         | Geladeira comum        | 200          |
| Aquecedor tipo boiler        | 1500         | Geladeira duplex       | 500          |
| Aspirador de pó              | 200          | Grill                  | 1000         |
| Barbeador                    | 50           | Liquidificador         | 200          |
| Batedeira                    | 100          | Máquina de costura     | 100          |
| Chuveiro                     | 2500         | Máquina de lavar roupa | 500          |
| Circulador de ar             | 150          | Projeter de slides     | 100          |
| Aparelho de som              | 300          | Rádio                  | 50           |
| Enceradeira                  | 300          | Relógio                | 5            |
| Esterilizador                | 200          | Secador de cabelo      | 1000         |
| Exaustor                     | 300          | Secador de roupa       | 600          |
| Ferro de engomar – comum     | 500          | Televisor              | 200          |
| Ferro de engomar - regulável | 1000         | Torneira térmica       | 2500         |
| Fogão elétrico com 4 chapas  | 5000         | Torradeira             | 1000         |
| Fogão elétrico com 2 chapas  | 2500         | Ventilador             | 150          |
| Forno de microondas          | 1200         |                        |              |

## NOTAS:

- a) Quando utilizamos o termo “tomada” de uso específico, não necessariamente queremos dizer que a ligação do equipamento à instalação elétrica irá utilizar uma tomada. Em alguns casos, a ligação poderá ser feita, por exemplo, por uma ligação direta (emenda) de fios ou por uso de conectores.

## Exemplo de Dimensionamento:

Determinar a quantidade e a potências das tomadas de uso geral e uso específico para cada uma das dependências da planta baixa (Fig. 2.4) conforme estabelecidos pela norma NBR 5410/97. Para facilitar o dimensionamento, utilizaremos tabelas.

| Dependência    | Dimensões              |  | Quantidade                                    |       |
|----------------|------------------------|--|---|-------|
|                | Área (m <sup>2</sup> ) | Perímetro (m)                          | TUG's   | TUE's |
| sala de estar  | 24,00                  | $6 \times 2 + 4 \times 2 = 20$         | $\frac{5+5+5+5}{(1 \ 1 \ 1 \ 1)} = 4$         | -     |
| sala de jantar | 9,30                   | $3 \times 2 + 3,10 \times 2 = 12,2$    | $\frac{5+5+2,2}{(1 \ 1 \ 1)} = 3$             | -     |
| dormitório     | 10,20                  | $3 \times 2 + 3,40 \times 2 = 12,8$    | $\frac{5+5+2,8}{(1 \ 1 \ 1)} = 3$             | -     |
| banheiro       | 6,25                   | -                                      | 1   | 1     |
| despensa       | 1,22                   | -                                      | 1   | -     |
| hall           | 0,84                   | -                                      | 1   | -     |
| cozinha        | 9,30                   | $3 \times 2 + 3,10 \times 2 = 12,2$    | $\frac{3,5+3,5+3,5+1,7}{(1 \ 1 \ 1 \ 1)} = 4$ | 1     |
| a. serviço     | 7,88                   | $4,15 \times 2 + 1,90 \times 2 = 12,1$ | $\frac{3,5+3,5+3,5+1,6}{(1 \ 1 \ 1 \ 1)} = 4$ | -     |
| circulação     | 3,10                   | -                                      | 1   | -     |
| garagem        | 28,32                  | -                                      | 1   | -     |

Tabela 2.3 – Previsão da quantidade de tomadas de uso geral.

| Dependência    | Dimensões              |               | Quantidade |       | Previsão de carga        |            |
|----------------|------------------------|---------------|------------|-------|--------------------------|------------|
|                | Área (m <sup>2</sup> ) | Perímetro (m) | TUG's      | TUE's | TUG's                    | TUE's      |
| sala de estar  | 24,00                  | 20            | 4          | -     | 4 x 100 VA               |            |
| sala de jantar | 9,30                   | 12,2          | 3          | -     | 3 x 100 VA               |            |
| dormitório     | 10,20                  | 12,8          | 3          | -     | 3 x 100 VA               |            |
| banheiro       | 6,25                   | -             | 1          | 1     | 1 x 600 VA               | 1 x 4400 w |
| despensa       | 1,22                   | -             | 1          | -     | 1 x 100 VA               |            |
| hall           | 0,84                   | -             | 1          | -     | 1 x 100 VA               |            |
| cozinha        | 9,30                   | 12,2          | 4          | 1     | 3 x 600 VA<br>1 x 100 VA | 1 x 4400 w |
| a. serviço     | 7,88                   | 12,1          | 4          | -     | 3 x 600 VA<br>1 x 100 VA |            |
| circulação     | 3,10                   | -             | 1          | -     | 1 x 100 VA               |            |
| garagem        | 28,32                  | -             | 1          | -     | 1 x 100 VA               |            |

Tabela 2.4 – Previsão das cargas das tomadas de uso geral e específico.

#### 2.7.4. Previsão de Cargas Especiais

Será necessário fazer a previsão das diversas cargas especiais que atendem aos sistemas de utilidades dos edifícios. Podemos citar como exemplos os motores para elevadores, as bombas para recalque d'água, bombas para drenagem de águas pluviais e esgotos, bombas para combate a incêndio, sistemas de aquecimento central etc. Em geral, estas cargas são de uso comum, e portanto chamadas cargas do condomínio.

A determinação da potência destas cargas depende de cada caso específico, e, geralmente, é definida pelos fornecedores especializados dos diversos sistemas, cabendo ao projetista prever a potência solicitada pelos mesmos.

#### 2.7.5. Previsão para Cargas em Áreas Comerciais e Escritórios

Muitas vezes, partes do pavimento térreo de um edifício residencial, ou pavimentos específicos (sobrelojas) são utilizados para fins comerciais. Para instalações comerciais e industriais a NBR-5410 não estabelece critérios para previsão de cargas. Para isto, devemos levar em conta a utilização do ambiente e as necessidades do cliente.

O cálculo da iluminação para estas áreas é feito de modo diferente do processo utilizado para a determinação da iluminação em áreas residenciais. Dependendo do caso, para áreas de lojas e escritórios, podem-se empregar diversos métodos para determinar o tipo e a potência da iluminação adequada. Dentre estes métodos, destacam-se o Método dos Lumens, o método das Cavidades Zonais e o Método Ponto por Ponto. A Norma Brasileira NBR-5413 – Iluminação de Interiores define os critérios a serem seguidos, especificando o nível de iluminamento de acordo com a utilização do recinto.

A Tabela 2.5 mostra os valores que podem ser adotados para pequenas áreas.

Tabela 2.5 – Densidade de carga para iluminação Watts/m<sup>2</sup>

| Uso do Local    | Iluminação Incandescente | Iluminação Fluorescente |
|-----------------|--------------------------|-------------------------|
| Residencial     | 20                       | 8                       |
| Não-Residencial | 30                       | 12                      |

Para a previsão de tomadas de uso geral em áreas comerciais e de escritórios, pode-se adotar o seguinte critério:

- Escritórios comerciais (ou análogos) com área igual ou inferior a 40 m<sup>2</sup>: 1 tomada para cada 3m, ou fração de perímetro; ou 1 tomada para cada 4 m<sup>2</sup>, ou fração de área (adotar o que conduzir ao maior número).
- Escritórios comerciais (ou análogos) com área superior a 40 m<sup>2</sup>: 10 tomadas para os primeiros 40 m<sup>2</sup> e 1 tomada para cada 10 m<sup>2</sup>, ou fração, de área restante;
- Em lojas: 1 tomada para cada 30 m<sup>2</sup>, ou fração de área, não computadas as tomadas destinadas a vitrines e à demonstração de aparelhos;
- A potência das tomadas de uso geral em escritórios e lojas será 200 VA.

#### 2.7.6. Locação dos Pontos Elétricos

Tendo sido definidos todos os pontos de utilização de energia elétrica da instalação, a sua locação em planta será feita, utilizando-se a simbologia gráfica definida na norma NBR-5444: Símbolos Gráficos para Instalações Elétricas Prediais.

Ao fazer a locação dos pontos em planta, o projetista deverá estar atento às seguintes recomendações:

1. Fazer o desenho utilizando um gabarito específico para projetos de instalações elétricas, a simbologia apropriada para cada ponto de utilização e colocando ao lado de cada ponto a sua respectiva potência;
2. Observar o projeto arquitetônico, o projeto estrutural e os demais projetos de utilidades do edifício, evitando locar pontos elétricos sobre elementos estruturais (pilares ou vigas de concreto) ou em interferência com outras instalações (por exemplo, com pontos dos projetos de instalações telefônicas, hidráulicas, sanitárias, de combate a incêndio, de segurança patrimonial etc.);
3. Observar o layout detalhado no projeto de ambientação, ou, na ausência deste, manter uma interlocução com o cliente, visando localizar os pontos de maneira a:
  - Distribuir uniformemente os pontos de iluminação geral e prever pontos de iluminação para destaques específicos;
  - Distribuir uniformemente as tomadas de uso geral;
  - Prever a localização de tomadas sobre as eventuais bancadas existentes em copas, cozinhas, áreas de serviço e banheiros (recomenda-se que sobre cada bancada seja previsto no mínimo uma tomada de uso geral a 0,30 m de altura da mesma);
  - Prever a localização das tomadas de uso específico a no máximo 1,50 m dos aparelhos de utilização;
  - Localizar de maneira apropriada os comandos dos pontos de iluminação, prevendo interruptores simples, duplos, triplos, paralelos, intermediários ou outros dispositivos de comando onde se fizer necessário
4. No que se refere às instalações do condomínio, definir:
  - A localização dos motores para elevadores, bombas de recalque d'água, bombas de drenagem, bombas do sistema de combate a incêndio, bombas para piscinas, portões de acesso, etc., bem como a localização dos seus respectivos quadros de comando, observando as áreas específicas destinadas a estes fins e as recomendações dos fabricantes destes equipamentos;

- Prever a utilização de minuterias e/ou interruptores temporizados para o comando dos pontos de iluminação de escadas, hall's e circulações;
- Prever a utilização de interruptores diversos e/ou comandos nos próprios quadros para os pontos de iluminação do subsolo, pavimento térreo, portaria, áreas externas, jardins, piscinas, quadras esportivas, etc;
- Prever a utilização de porteiros eletrônicos, sinalizadores para acesso de veículos, sinalizadores de obstáculos, alarmes, etc.

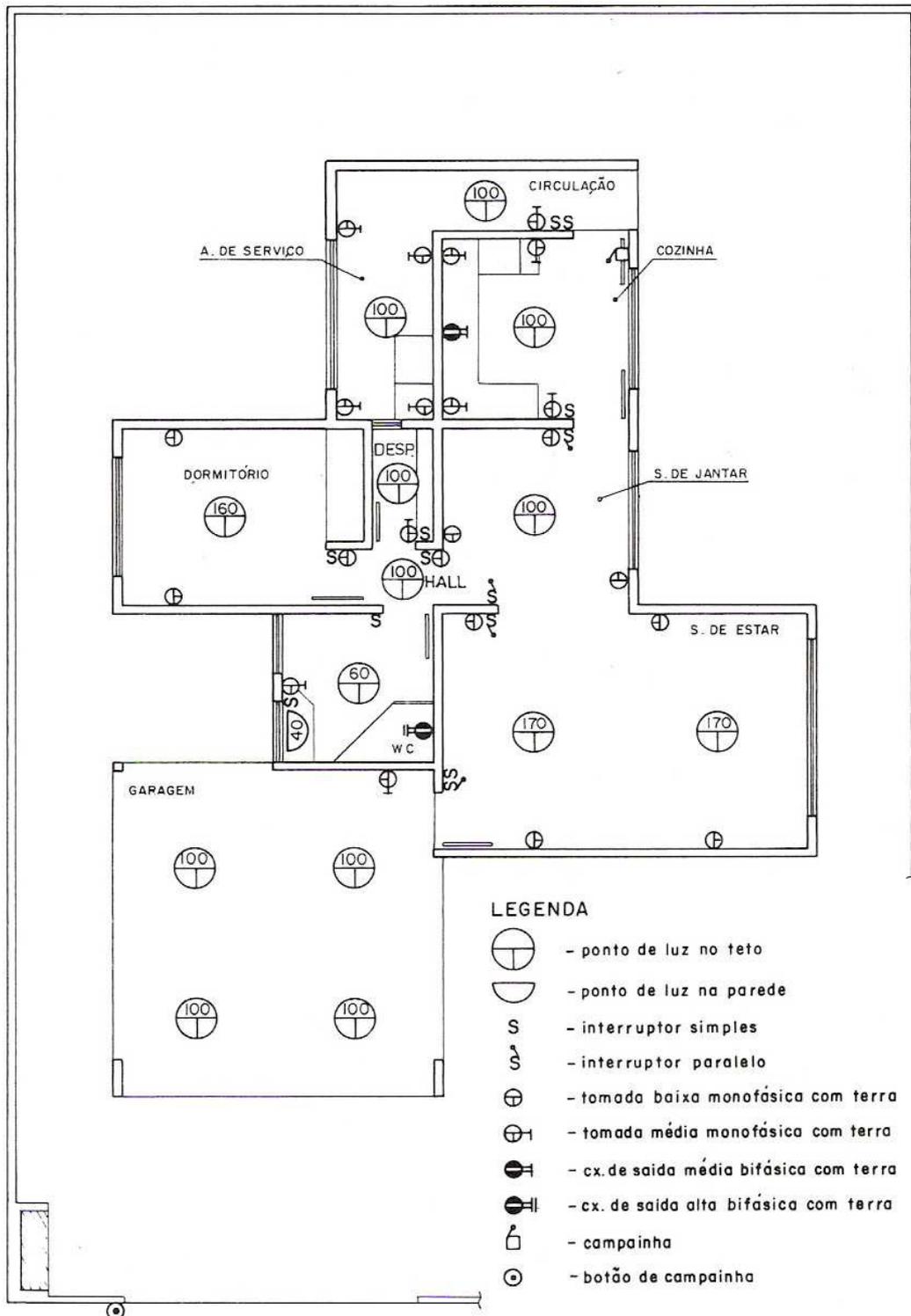


Fig. 2.7. Planta baixa do exemplo com a localização dos pontos elétricos

Tendo sido definidos todos os pontos de utilização de energia elétrica da instalação, a sua localização em planta será feita, utilizando-se para isto a simbologia gráfica definida na norma NBR-5444: Símbolos Gráficos para Instalações Elétricas Prediais (ver Fig. 2.1).

A Tabela 2.6 ilustra a definição de todos os pontos de luz e tomadas para a planta baixa do exemplo.

| Dependência    | Dimensões              |               | Potência de iluminação (VA) | TUG's |               | TUE's         |              |
|----------------|------------------------|---------------|-----------------------------|-------|---------------|---------------|--------------|
|                | Área (m <sup>2</sup> ) | Perímetro (m) |                             | qtde  | potência (VA) | discriminação | potência (W) |
| sala de estar  | 24,00                  | 20            | 340                         | 4     | 400           | -             | -            |
| sala de jantar | 9,30                   | 12,2          | 100                         | 3     | 300           | -             | -            |
| dormitório     | 10,20                  | 12,8          | 160                         | 3     | 300           | -             | -            |
| banheiro       | 6,25                   | -             | 100                         | 1     | 600           | chuveiro      | 4400         |
| despensa       | 1,22                   | -             | 100                         | 1     | 100           | -             | -            |
| hall           | 0,84                   | -             | 100                         | 1     | 100           | -             | -            |
| cozinha        | 9,30                   | 12,2          | 100                         | 4     | 1900          | torneira      | 4400         |
| a.serviço      | 7,88                   | 12,1          | 100                         | 4     | 1900          | -             | -            |
| circulação     | 3,10                   | -             | 100                         | 1     | 100           | -             | -            |
| garagem        | 28,32                  | -             | 400                         | 1     | 100           | -             | -            |
| Total          | -                      | -             | 1600VA                      | -     | 5800VA        | -             | 8800w        |

Tabela 2.6 – Definição dos pontos de luz e tomadas.

## 2.8. Determinação do Padrão de Entrada

### 2.8.1. Introdução

O fornecimento de energia elétrica é determinado em função das limitações estabelecidas pelas normas técnicas da concessionária local (onde se situa a unidade consumidora) em função da potência (carga) instalada ou potência de demanda e tipo de carga ou de fornecimento. *Consideraremos, por hipótese, que nos exemplos seguintes as edificações estejam na área de atuação da concessionária CEMIG.*

*Normas Técnicas da CEMIG:*

*ND 5.1 Fornecimento de Energia Elétrica em Tensão Secundária - Rede de Distribuição Aérea, Edificações Individuais.*

*ND 5.2 Fornecimento de Energia Elétrica em Tensão Secundária - Rede de Distribuição Aérea Edificações Coletivas.*

*ND 5.3 Fornecimento de Energia Elétrica em Tensão Primária de 13.8 kV Rede de Distribuição Aérea.*

*ND 5.4 Fornecimento de Energia Elétrica em Tensão Primária de 23.1 kV Rede de Distribuição Aérea.*

*ND 5.5 Fornecimento de Energia Elétrica em Tensão Secundária Rede de Distribuição Subterrânea.*

Inicialmente serão descritas as terminologias e definições que permitem uma compreensão mais detalhada dos termos técnicos utilizados para o fornecimento de energia elétrica às instalações de consumidores.

Consumidor: É a pessoa física ou jurídica a qual solicita à concessionária e assume a responsabilidade pelo pagamento das contas e pelas demais obrigações regulamentares e contratuais.

Unidade consumidora: São as instalações de um único consumidor, caracterizadas pela entrega de energia elétrica em um só ponto, com medição individualizada.

Edificação Individual: É toda e qualquer construção, reconhecida pelos poderes públicos, contendo uma única unidade consumidora.

Edificação de Uso Coletivo: É toda e qualquer construção, reconhecida pelos poderes públicos, constituída por duas ou mais unidades consumidoras, cujas áreas comuns, com consumo de energia sejam juridicamente de responsabilidade do condomínio.

Limite de Propriedade: São as demarcações e delimitações evidentes que separam a propriedade do consumidor da via pública e dos terrenos adjacentes de propriedade de terceiros, no alinhamento designado pelos poderes públicos.

Ponto de Entrega: É o ponto até o qual a concessionária se obriga a fornecer energia elétrica, com participação nos investimentos necessários, bem como, responsabilizando-se pela execução dos serviços de operação e de manutenção do sistema, não sendo necessariamente o ponto de medição.

Entrada de Serviço: É o conjunto constituído pelos condutores, equipamentos e acessórios instalados entre o ponto de derivação da rede secundária e a medição, inclusive. A entrada de serviço abrange, portanto, o ramal de ligação e o padrão de entrada da unidade consumidora.

Ramal de Ligação: É o conjunto de condutores e acessórios instalados pela concessionária entre o ponto de derivação da rede secundária e o ponto de entrega.

Padrão de Entrada: É a instalação compreendendo o ramal de entrada, poste ou pontalete particular, caixas, dispositivo de proteção, aterramento e ferragens, de responsabilidade do consumidor, preparada de forma a permitir a ligação da unidade consumidora à rede da concessionária.

Ramal de Entrada: É o conjunto de condutores e acessórios instalados pelo consumidor entre o ponto de entrega e a medição ou proteção.

Ramal Interno do Consumidor: É o conjunto de condutores e acessórios instalados internamente na unidade consumidora, a partir da medição ou proteção do padrão de entrada.

Carga ou Potência Instalada (kW): É o somatório das potências nominais dos equipamentos elétricos de uma unidade consumidora.

Demanda (kVA): É a potência elétrica realmente absorvida em um determinado instante por um equipamento ou sistema. A demanda média é potência elétrica absorvida durante um intervalo de tempo determinado, usualmente 15 minutos. A demanda máxima é a maior de todas as demandas ocorridas em um intervalo de tempo. A demanda provável (ou potência de alimentação ou potência de demanda ou simplesmente demanda) é a demanda máxima da instalação. Este é o valor que será utilizado para o dimensionamento dos condutores alimentadores e dos respectivos dispositivos de proteção.

O fator de demanda é a razão entre a demanda máxima e a potência instalada:

$$FD = \frac{D_{\max}}{P_{\text{inst}}}$$

### 2.8.2. Escolha do Padrão de Entrada

O Padrão de Entrada e os tipos de fornecimento são definidos em função da carga instalada, da demanda, do tipo de rede e local onde estiver situada a unidade consumidora.

#### 2.8.2.1. Levantamento da Carga Instalada

Para definição do tipo de fornecimento, o projetista deve determinar a carga instalada, somando-se a potência em kW, dos aparelhos de iluminação, aquecimento, eletrodomésticos, refrigeração, motores e máquina de solda que possam ser ligados em sua unidade consumidora.

Os aparelhos com previsão de serem adquiridos e instalados futuramente, podem também ser computados no cálculo. Não é necessário considerar a potência dos aparelhos de reserva.

Quando o projetista não dispuser das potências de seus aparelhos, podem ser considerados os valores médios indicados em tabelas (CEMIG ND 5.1. Tabelas 10 e 11)

#### Exemplo:

a) O cálculo da potência ativa de iluminação e tomadas de uso geral (TUG's)

|   |
|---|
| Potência de iluminação: 1600 VA<br>Fator de potência a ser adotado = 1.0<br>$1600 \text{ VA} \times 1,0 = 1600 \text{ W}$                   |
| Potência de tomadas de uso geral (TUG's): 5800 VA<br>Fator de potência a ser adotado = 0,8<br>$5800 \text{ VA} \times 1,0 = 4640 \text{ W}$ |

b) Cálculo da potência ativa total:

|                              |         |
|------------------------------|---------|
| potência ativa de iluminação | 1600 W  |
| potência ativa de TUG's      | 4640 W  |
| potência ativa de TUE's      | 8800 W  |
| Total                        | 15040 W |

Para a CEMIG, no caso de consumidores individuais com carga inferior a 15 kW e que atendam aos demais requisitos (conforme especificados no item 'Tipos de Fornecimento' da ND 5.1) o dimensionamento é feito pela carga instalada.

Neste exemplo, o fornecimento deve ser a 3 fios, sendo a entrada de serviço dimensionada pelas faixa B ou C1 ( $10,1 < CI < 15 \text{ kW}$ ) de acordo com a determinação do tipo de consumidor.

No caso da faixa B: 3 fios (2 fases + 1 neutro); disjuntor geral 60 A; ramal de entrada 16 mm<sup>2</sup>; eletroduto PVC 32 mm ou Aço 25 mm; etc.

Segundo a ND 5.1 o dimensionamento da entrada de serviço das unidades consumidoras urbanas com carga instalada superior a 15 kW deve ser feito pela demanda provável da edificação, cujo valor pode ser igual ou inferior à sua carga instalada.

#### 2.8.2.2. Cálculo da Demanda

Se observarmos o funcionamento de uma instalação elétrica, seja residencial, comercial ou industrial; poderemos constatar que a potência elétrica consumida pela mesma é variável a cada instante. Esta variação ocorre também ao longo dos dias da semana e até mesmo das estações do ano. Tal fato ocorre porque as diversas cargas que compõem a instalação não estarão todas em funcionamento simultâneo. A potência total solicitada pela instalação à rede

a cada instante, será, portanto, função da quantidade de cargas em operação e da potência elétrica absorvida por cada uma delas.

Caso a especificação da entrada de energia fosse feita pela carga (potência) instalada, em vez da demanda, haveria um superdimensionamento de todos os elementos (disjuntores, condutores, poste, etc.) que compõem a **entrada de energia** e, conseqüentemente, em vez de se adotar uma categoria adequada passar-se-ia para uma categoria superior, tendo como conseqüência os custos maiores, sem necessidade.

O cálculo da demanda é um método estatístico, e suas tabelas foram elaboradas em função de estudos e experiências dos projetistas.

A demanda, por ser um método estatístico, não pode ter o seu valor considerado como único e verdadeiro, por isso é chamado de “provável demanda máxima” ou “demanda máxima prevista”. Para simplificar, chamaremos somente de Demanda (D).

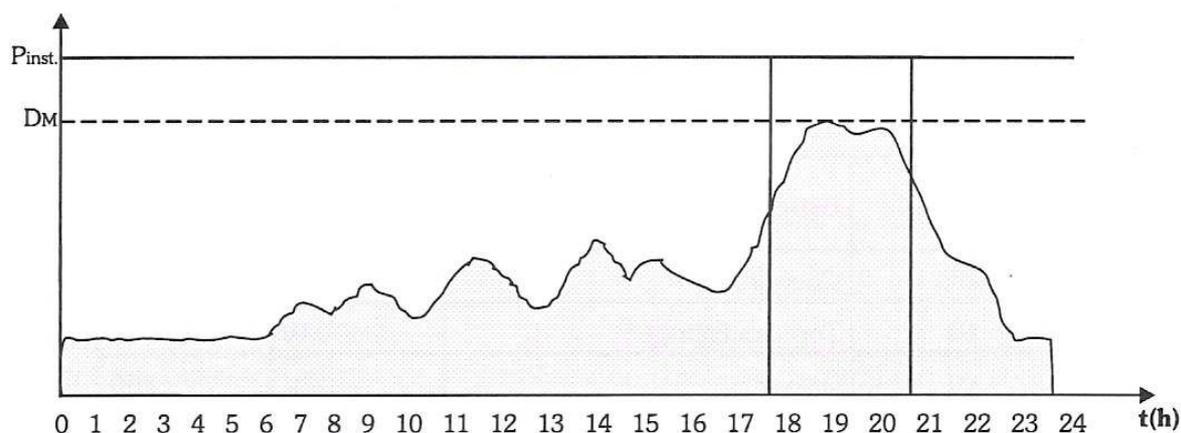


Fig. 2.8. Exemplo de curva de solicitação diária de um consumidor residencial.

O projetista pode determinar a demanda de sua edificação, considerando o regime de funcionamento de suas cargas, ou alternativamente, solicitar à CEMIG o cálculo da demanda de acordo com o critério apresentado na norma ND 5.1.

Expressão para o Cálculo da Demanda (CEMIG ND 5.1)

$$D = a + b + c + d + e + f \text{ (kVA)}$$

Onde:

a = demanda referente a iluminação e tomadas, dada pelas Tabelas 12 e 13. (ND 5.1);

b = demanda relativa aos aparelhos eletrodomésticos e de aquecimento. Os fatores de demanda, dados pelas Tabelas 14 e 15 (ND 5.1), devem ser aplicados, separadamente, à carga instalada dos seguintes grupos de aparelhos:

- b1: chuveiros, torneiras e cafeteiras elétricas;
- b2: aquecedores de água por acumulação e por passagem;
- b3: fornos, fogões e aparelhos tipo "Grill";
- b4: máquinas de lavar e secar roupas, máquinas de lavar louças e ferro elétrico;
- b5: demais aparelhos (TV, conjunto de som, ventilador, geladeira, freezer, torradeira, liquidificador, batedeira, exaustor, ebulidor, etc.).

c = demanda dos aparelhos condicionadores de ar, determinada por:

- 100%, para os primeiros 5 aparelhos;
- 86 %, para os demais.

No caso de condicionador central de ar, utilizar fator de demanda igual a 100%.

d = demanda de motores elétricos, dada pelas Tabelas 16 e 17 (ND 5.1).

e = demanda de máquinas de solda e transformador, determinada por:

- 100% da potência do maior aparelho;
- 70% da potência do segundo maior aparelho;
- 40% da potência do terceiro maior aparelho;
- 30% da potência dos demais aparelhos.

No caso de máquina de solda a transformador com ligação V-v invertida, a potência deve ser considerada em dobro.

f = demanda dos aparelhos de Raios-X, determinada por:

- 100% da potência do maior aparelho;
- 10% da potência dos demais aparelhos.

#### Exemplo do Cálculo de Demanda de uma Residência:

| Qt. | Descrição                                 | Potência (W) |              |
|-----|---|--------------|--------------|
|     |   | Unitária     | Total        |
| 15  | Lâmpada incandescente                     | 60           | 900          |
| 05  | Lâmpada incandescente                     | 100          | 500          |
| 02  | Aquecedor água p/acumul. de 80l           | 1500         | 3000         |
| 01  | Freezer vertical                          | 300          | 300          |
| 01  | Geladeira                                 | 250          | 250          |
| 03  | TV a cores                                | 300          | 900          |
| 01  | Ferro de passar roupas                    | 1000         | 1000         |
| 02  | Condicionador ar tipo janela (8500 BTU/h) | 1300         | 2600         |
| 01  | Máquina de lavar roupas                   | 1000         | 1000         |
| 01  | Máquina de seca roupas                    | 3500         | 3500         |
| 01  | Máquina de lavar louças                   | 1500         | 1500         |
| 01  | Enceradeira                               | 300          | 300          |
| 01  | Exaustor                                  | 150          | 150          |
| 01  | Conjunto de som                           | 100          | 100          |
| 01  | Aspirador de pó                           | 600          | 600          |
|     | <b>TOTAL GERAL</b>                        |              | <b>16600</b> |

O fornecimento deve ser a 4 fios, sendo o dimensionamento da entrada de serviço feito pela demanda provável.

#### 2) Cálculo da demanda - D

$$D = a + b + c$$

\* demanda de iluminação - ver Tabela 12

$$a = 81\% \text{ CI} = 0,81 \times 1,4 = 1,13 \text{ kVA}$$

\* demanda de condicionador de ar - ver Tabela 11

$$c = 100\% \text{ CI} = 2,6 \text{ kW ou } 3,1 \text{ kVA}$$

\* demanda de aparelhos eletrodomésticos e de aquecimento - ver Tabela 15

$$b = b_2 + b_4 + b_5$$

- fator de demanda para  $b_2 = 0,92$   
( 2 aparelhos - aquecedor de água)

$$b_2 = 0,92 \times 3000 = 2,76 \text{ kVA}$$

- fator de demanda para  $b_4 = 0,76$   
( 4 aparelhos - máquinas de lavar, secar e ferro elétrico)

$$b_4 = 0,76 \times 7000 = 5,32 \text{ kVA}$$

- fator de demanda para  $b_5 = 0,54$   
( 9 aparelhos - demais eletrodomésticos)

$$b_5 = 0,54 \times 2600 = 1,40 \text{ kVA}$$

$$b = 2,76 + 5,32 + 1,40 = 9,48 \text{ kVA}$$

\* demanda total

$$D = a + b + c \\ = 1,13 + 9,48 + 3,1 = 13,71 \text{ kVA}$$

A entrada de serviço deve ser dimensionada pela faixa D1 ( $D < 15,0 \text{ kVA}$ )

## 2.9. Divisão da Instalação em Circuitos

### 2.9.1. Setores de uma Instalação Elétrica

#### 2.9.1.1. Quadro de Distribuição (QD) ou Quadro de Luz (QL)

Componente de uma instalação elétrica destinado a abrigar um ou mais dispositivos de proteção e/ou de manobra e a conexão de condutores elétricos interligados aos mesmos, com o fim de distribuir a energia elétrica aos diversos circuitos. Recebe os condutores (Ramal de Alimentação) que vêm do medidor ou centro de medição.



Fig. 2.9. Quadro de distribuição

As partes componentes de um quadro de distribuição são:

- Disjuntor Geral;
- Barramento de Interligação das Fases;
- Disjuntores dos Circuitos Terminais;
- Barramento de Neutro;
- Barramento de Proteção;
- Estrutura: Composta de caixa metálica, chapa de montagem dos componentes, isoladores, tampa e sobretampa.

A Fig. 2.10 ilustra um exemplo de um quadro de distribuição para fornecimento bifásico.

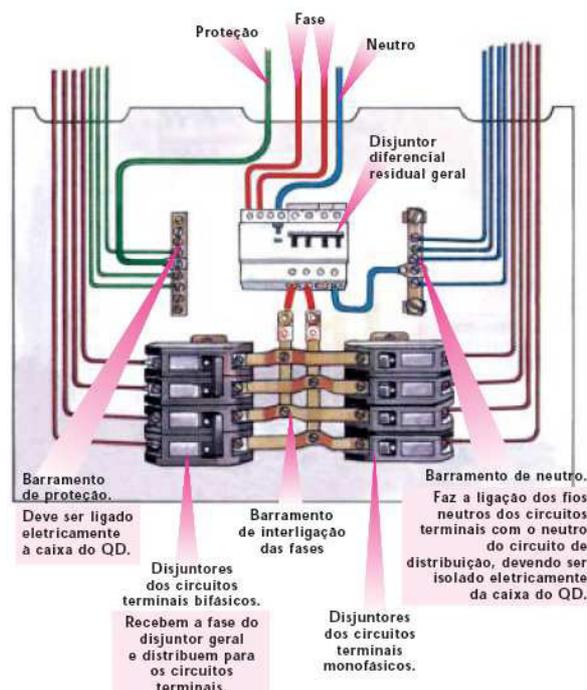


Fig. 2.10 Exemplo de quadro de distribuição para fornecimento bifásico.

### 2.9.1.2. Dispositivo de Proteção

É um equipamento elétrico que atua automaticamente pela ação de dispositivos sensíveis, quando o circuito elétrico ao qual está conectado se encontra submetido a determinadas condições anormais, com o objetivo de evitar ou limitar os danos a um sistema ou equipamento elétrico. Os principais dispositivos de proteção utilizados em instalações prediais são os disjuntores termomagnéticos, ou disjuntores diferenciais e os fusíveis.

#### a) Disjuntor Termomagnético: características (Fig. 2.11)



Fig. 2.11. Características do disjuntor termomagnético

Os tipos de disjuntores termomagnéticos existentes no mercado são: monopolares, bipolares e tripolares.

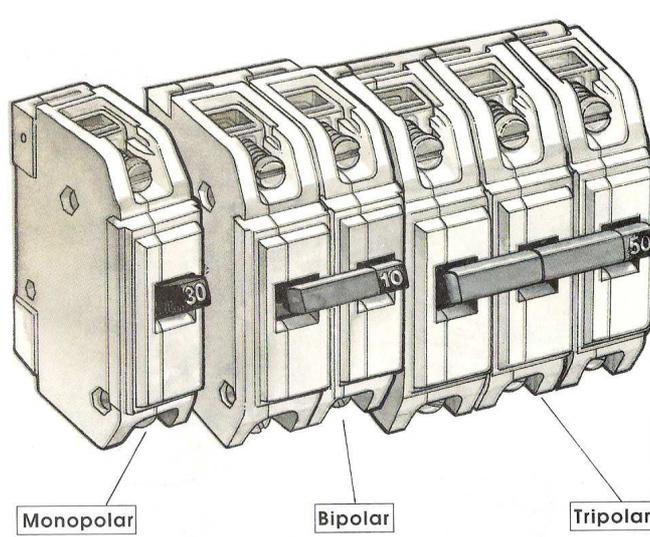


Fig. 2.12. Tipos de disjuntores termomagnéticos

Os disjuntores termomagnéticos somente devem ser ligados aos condutores fase dos circuitos.

b) Disjuntor Diferencial Residual (Fig. 2.13): é um dispositivo constituído de um disjuntor termomagnético acoplado a um outro dispositivo: o diferencial residual. Desta forma o disjuntor diferencial é um dispositivo que protege os fios do circuito contra sobrecarga e curto-circuito e as pessoas contra choques elétricos.

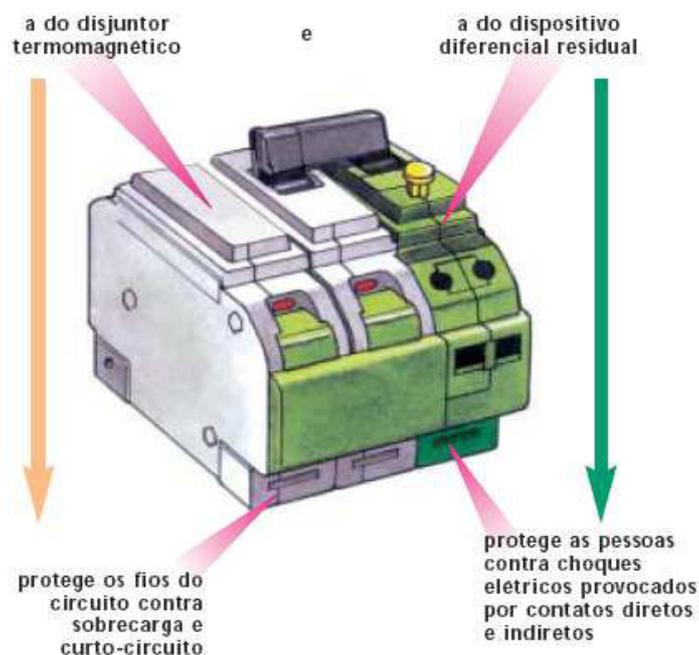


Fig. 2.13. Disjuntor diferencial residual

c) Interruptor Diferencial Residual (Fig. 2.14): é um dispositivo constituído de um interruptor acoplado a um outro dispositivo: o diferencial residual. O interruptor diferencial residual é um dispositivo que liga e desliga, manualmente, o circuito e protege as pessoas contra choques elétricos.

Sendo assim, ele conjuga duas funções:

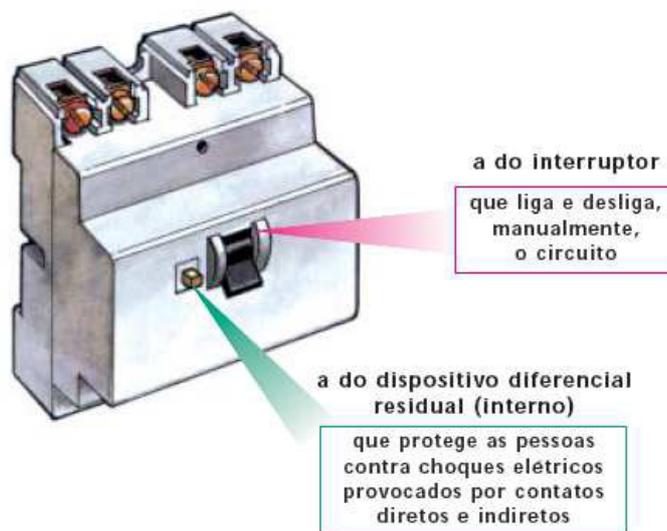


Fig. 2.14. Interruptor diferencial residual

### 2.9.1.3. Circuito Elétrico

#### CIRCUITO ELÉTRICO

É o conjunto de equipamentos e fios, ligados ao mesmo dispositivo de proteção.

**Em uma instalação elétrica residencial, encontramos dois tipos de circuito: o de distribuição e os circuitos terminais.**

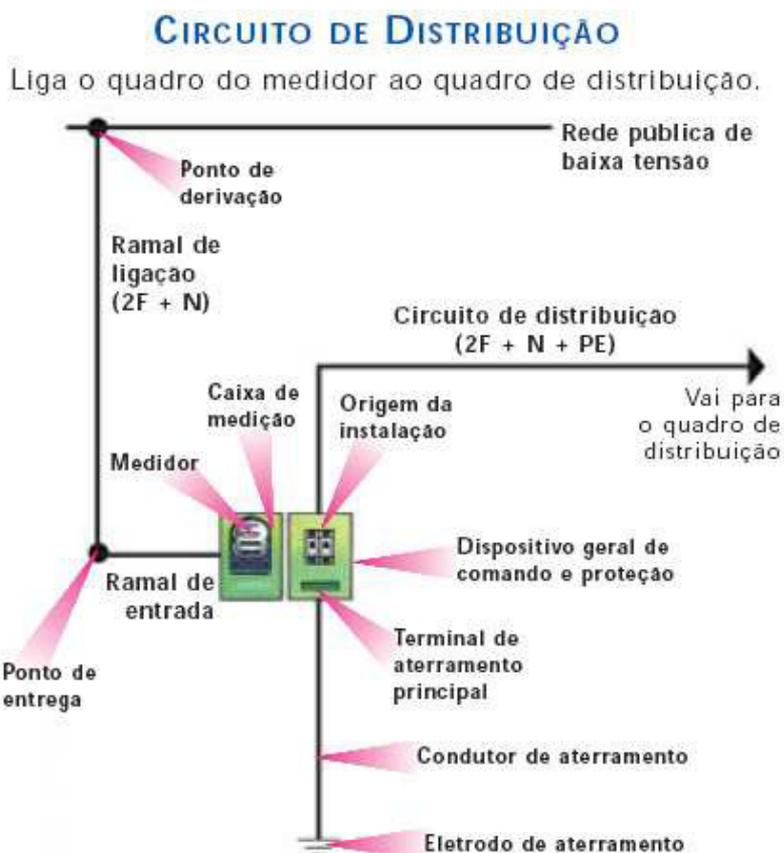
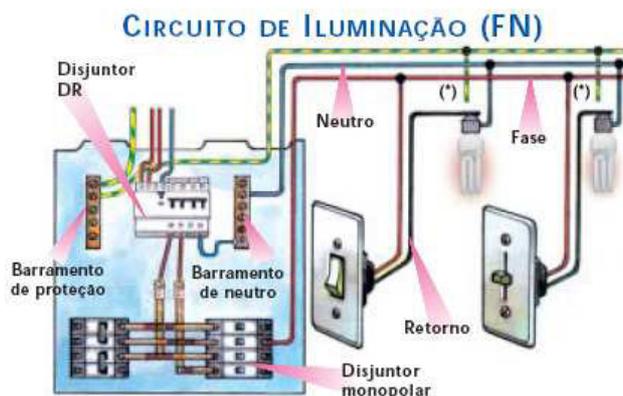


Fig. 2.15. Circuito de distribuição, caixa de medição e quadro de distribuição.

### CIRCUITOS TERMINAIS

Partem do quadro de distribuição e alimentam diretamente lâmpadas, tomadas de uso geral e tomadas de uso específico.

A Fig. 2.16 ilustra um exemplo de circuitos terminais protegidos por disjuntores termomagnéticos:



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

Fig. 2.16 Circuito de iluminação fase-neutro

Exemplo de circuitos terminais protegidos por disjuntores DR (Fig. 2.17):

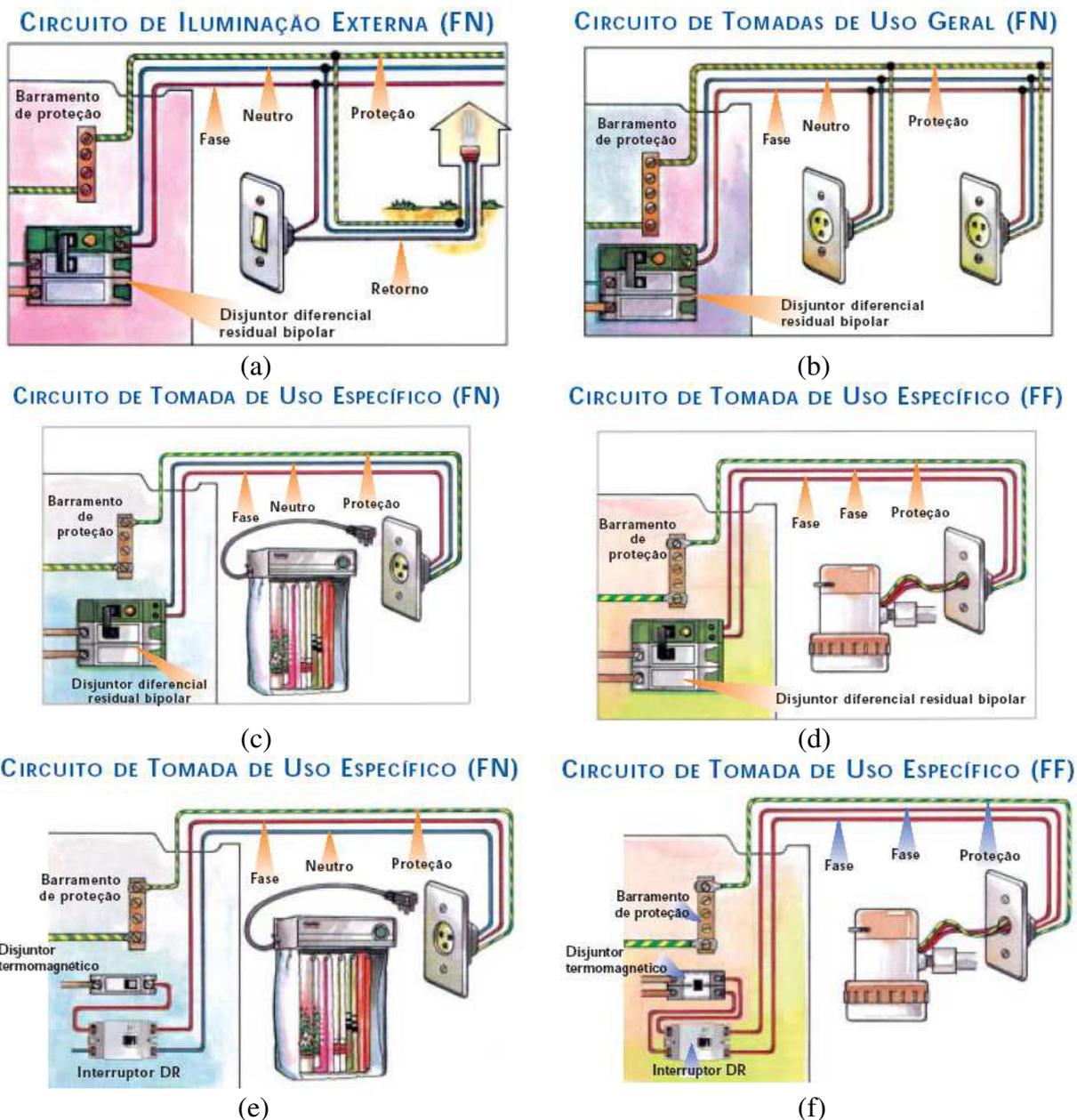


Fig. 2.17 Circuitos terminais protegidos por DR.

#### 2.9.1.4. Quadros Terminais

São quadros elétricos que alimentam exclusivamente circuitos terminais.

#### 2.9.1.5. Circuitos Alimentadores

São os circuitos que alimentam um ou mais quadros terminais e/ou quadros de distribuição (alimentadores). Os termos: circuitos de distribuição principal, circuito de distribuição divisionário e circuito subalimentador são também empregados para designar circuitos alimentadores.

Os circuitos alimentadores podem ser monofásicos, bifásicos ou trifásicos.

Os circuitos alimentadores partem de uma fonte de energia (rede pública, transformador ou gerador) ou de um quadro de distribuição e alimentam um ou mais quadros.

### 2.9.1.6. Quadros Alimentadores ou Quadros de Distribuição

São os quadros dos quais partem um ou mais circuitos alimentadores, podendo também partir dos mesmos, circuitos terminais.

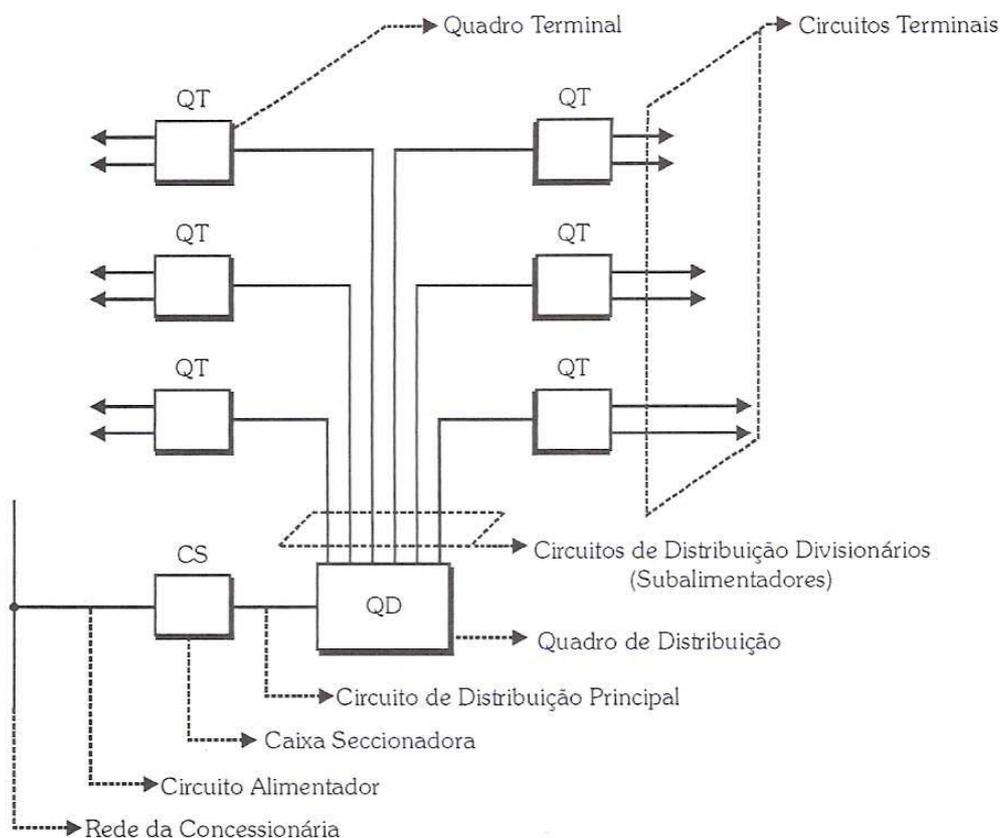


Fig. 2.18 Circuitos de distribuição e circuitos terminais.

## 2.9.2. Recomendações para Localização dos Quadros Elétricos

### 2.9.2.1. Cálculo do Centro de Cargas

Os quadros terminais e quadros de distribuição deverão ser localizados preferencialmente no Centro de Carga da instalação, que deverá ser definido como o ponto ou região onde se concentram as maiores potências.

Considerando-se apenas o aspecto do dimensionamento elétrico dos circuitos, esta afirmação é válida. Se o quadro estiver situado no ponto central das cargas às quais atende, considerando-se as potências individuais das cargas e as suas distâncias em relação ao quadro, pode-se obter uma razoável economia nos condutores, haja vista que serão reduzidos os comprimentos dos circuitos terminais, reduzindo-se em conseqüência as quedas de tensão e possivelmente, a bitola dos condutores.

Para encontrar o Centro de Cargas de uma instalação que contem 'n' cargas de potências nominais  $P_1, P_2, \dots, P_n$  utiliza-se o processo do Baricentro. O Baricentro de Cargas é o ponto X e Y calculadas pelas expressões ilustradas na Fig. 2.19.

Entretanto, a localização dos quadros deve também atender a outros critérios, tais como facilidade de acesso, funcionalidade e segurança, que deverão ser considerados conjuntamente para obter-se a melhor solução, conforme ilustrado na Fig. 2.20.

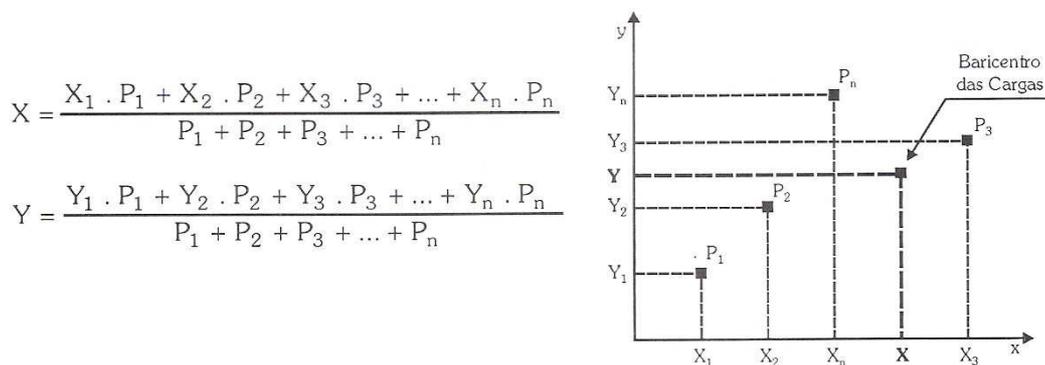


Fig. 2.19 Cálculo do centro das cargas.

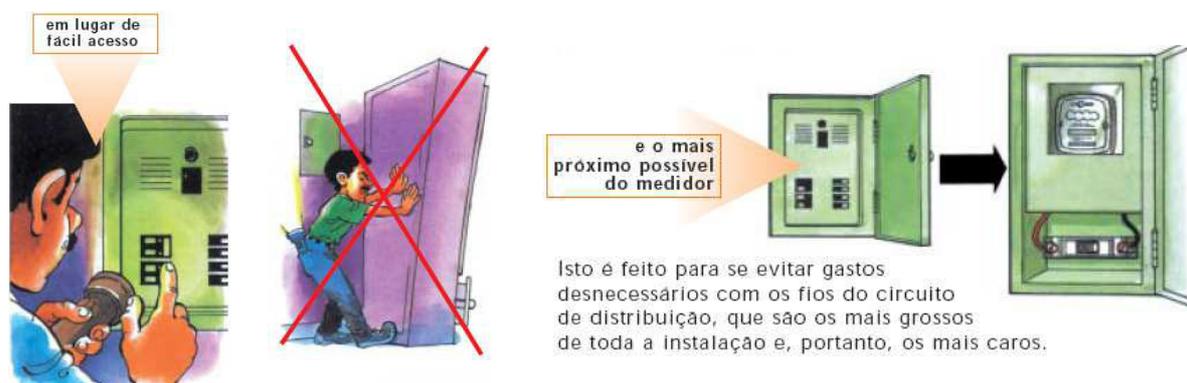


Fig. 2.20 Localização do quadro de distribuição.

### 2.9.2.2. Quadros Terminais de Residências (Apartamentos e Casas)

Não obstante as colocações feitas acima, o quadro de distribuição terminal em residências (casas e apartamentos) deve estar localizado:

- Próximo ao centro de carga, ou seja, locais onde haja maior concentração de cargas de potências elevadas, como por exemplo, cozinhas, áreas de serviço, banheiros e ambientes onde possam existir aparelhos de ar condicionado;
- Em local de fácil acesso, ou seja, ambiente de serviço ou circulação. Exemplo: cozinha, área de serviço, corredores;
- Em local visível e seguro e de preferência o mais próximo do medidor.

Nos cômodos como cozinha e áreas de serviço, observar para que a instalação do QD ou QL não atrapalhe a colocação de armários. A sugestão para a sua instalação é atrás de portas, desde que não seja porta de correr.

O QD ou QL não deverá ser instalado em locais onde existe a possibilidade de, por determinados períodos, ficarem fechados com chave ou ser de alguma forma impossibilitado o acesso, como por exemplo: quartos, sótãos, depósitos, porões e banheiro.

### 2.9.2.3. Quadros Terminais de Instalações de Serviço (Condomínio)

A determinação e localização dos diversos quadros terminais das instalações de serviço (condomínio) de edifícios de uso coletivo devem atender, além do exposto anteriormente, às seguintes recomendações:

- Devem-se prever tantos quadros terminais, quantos forem os sistemas de utilidades do edifício. Por exemplo: Quadro Terminal de Iluminação e Tomadas do Pavimento Térreo, Circulações e Escadas, Quadro Terminal de Iluminação e Tomadas do Subsolo,

Quadro Terminal de Elevadores, Quadro Terminal de Bombas de Recalque d'água, Quadro Terminal da Piscina e Quadras Esportivas, etc.

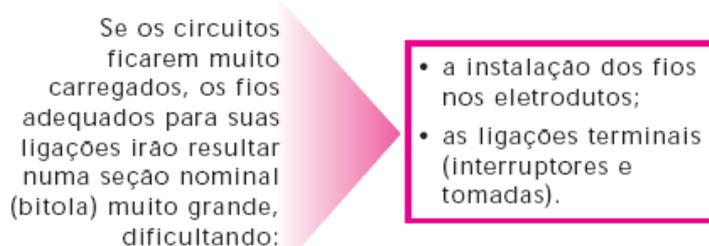
b) Os quadros terminais devem situar-se nas proximidades das suas cargas.

### 2.9.3. Divisão da Instalação em Circuitos Terminais

#### 2.9.3.1. Introdução

É de fundamental importância que toda instalação elétrica seja dividida, de acordo com as necessidades, em vários circuitos, devendo cada circuito ser concebido de forma a poder ser seccionado sem risco de realimentação inadvertida, através de outros circuitos.

Deve-se evitar projetar circuitos terminais muito carregados (de elevada potência nominal), pois isto resulta em condutores de seção nominal muito grande, o que dificulta a execução da instalação dos fios nos eletrodutos e as ligações dos mesmos aos terminais dos aparelhos de utilização (interruptores, tomadas e luminárias). Para que isto não ocorra é usual prever mais de um circuito de iluminação e tomadas de uso geral, de tal forma que a seção nominal dos fios não fique maior que  $4,0 \text{ mm}^2$ .



A divisão em circuitos terminais facilitará a operação e manutenção da instalação, além de reduzir a interferência entre os pontos de utilização. Como consequência, os circuitos terminais individualizados terão reduzidas a queda de tensão e a corrente nominal, o que possibilitará o dimensionamento de condutores e dispositivos de proteção de menor seção e capacidade nominal.

Cada circuito terminal será ligado a um dispositivo de proteção. No caso das instalações residências, poderão ser utilizados disjuntores termomagnéticos ou disjuntores residuais diferenciais (DR).

Em instalações de alto padrão técnico deve haver circuitos normais e circuitos de segurança. Os circuitos normais estão ligados apenas a uma fonte, em geral, à concessionária local. Em caso de falha da rede, haverá interrupção no abastecimento. Estes circuitos são muitas vezes chamados de “não-essenciais”.

Os circuitos de segurança são aqueles que garantirão o abastecimento, mesmo quando houver falha da concessionária. Como por exemplo, de circuitos de segurança, podem-se citar os circuitos de alarme e de proteção contra incêndio, abastecidos simultaneamente pela concessionária ou por fonte própria (baterias, geradores de emergência etc.). Os circuitos de segurança são muitas vezes chamados de “essenciais”.

#### 2.9.3.2. Objetivos

A divisão da instalação em circuitos terminais tem os seguintes objetivos:

- Limitar as consequências de uma falta, a qual provocará apenas o seccionamento do circuito defeituoso;
- Facilitar as verificações, os ensaios e a manutenção;

- Evitar os perigos que possam resultar da falha de um circuito único, como no caso de iluminação.

### 2.9.3.3. Critérios para a Divisão da Instalação em Circuitos Terminais

- Os circuitos terminais devem ser individualizados pela função dos equipamentos de utilização que alimentam. Em particular, devem ser previstos circuitos terminais distintos para iluminação e tomadas. Em unidades residenciais, hotéis, motéis ou similares são permitidos pontos de iluminação e tomadas em um mesmo circuito, exceto nas cozinhas, copas e áreas de serviço, que devem constituir um ou mais circuitos independentes.
- Devem ser previstos circuitos independentes para as tomadas de uso geral da cozinha, copa e área de serviço;
- Equipamentos que absorvam corrente igual ou superior a 10 A (como aquecedores de água, fogões e fornos elétricos, máquinas de lavar, aparelhos de aquecimento, aparelhos de ar-condicionado etc.) devem possuir circuitos independentes, sendo permitida a alimentação de mais de um aparelho do mesmo tipo através de um só circuito;
- As proteções dos circuitos de aquecimento ou condicionamento de ar de uma residência podem ser agrupadas no quadro de distribuição da instalação elétrica geral ou num quadro separado;
- Quando um mesmo alimentador abastece vários aparelhos individuais de ar-condicionado, deve haver uma proteção para o alimentador geral e uma proteção junto a cada aparelho, caso este não possua proteção interna própria;
- Cada circuito deverá ter seu próprio condutor neutro. Em lojas, residências e escritórios, os circuitos de distribuição devem obedecer às seguintes prescrições mínimas:
  - a) residências: 1 circuito para cada 60 m<sup>2</sup> ou fração;
  - b) lojas e escritórios: 1 circuito para cada 50 m<sup>2</sup> ou fração;
- A potência dos circuitos, com exceção de circuitos exclusivos para TUE's, deve estar limitada a 1270 VA em 127 V, ou 2200 VA em 220 V.
- Em instalações com duas ou três fases, as cargas devem ser distribuídas uniformemente entre as fases de modo a obter-se o maior equilíbrio possível.

- 
- prever circuitos de iluminação separados dos circuitos de tomadas de uso geral (TUG's).
  - prever circuitos independentes, exclusivos para cada equipamento com corrente nominal superior a 10A. Por exemplo, equipamentos ligados em 127V com potências acima de 1270VA (127V x 10A) devem ter um circuito exclusivo para si.

## 2.9.3.4. Quadro de Distribuição de Cargas

Para facilitar a obtenção de informações relativas às cargas dos circuitos terminais de uma instalação elétrica, elabora-se um “Quadro de Distribuição de Cargas” (Fig. 2.9), o qual sintetizará todos os dados, tais como:

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

Tabela 2.7 – Divisão da instalação em circuitos.

| Circuito       |                  | Tensão<br>(V) | Local   | Potência  |               | Corrente<br>(A) | f | Corrente<br>Corrigida<br>(A) | Seção de<br>Condutores<br>(mm <sup>2</sup> ) | Proteção |                            |                     |
|----------------|------------------|---------------|---|---|---------------|-----------------|---|------------------------------|--|----------|----------------------------|---------------------|
| n <sup>o</sup> | tipo             |               |   | Qtde x Pot<br>(VA)  | Total<br>(VA) |                 |   |                              |  | tipo     | n <sup>o</sup> de<br>pólos | corrente<br>nominal |
| 1              | Ilum.<br>social  | 127           | sala estar<br>sala jantar<br>dorm.<br>banheiro<br>hall<br>despensa            | 2 x 170<br>1 x 100<br>1 x 160<br>1 x 60<br>1 x 40<br>1 x 100<br>1 x 100   | 900           |                 |   |                              |  |          |                            |                     |
| 2              | Ilum.<br>serviço | 127           | cozinha<br>a. serviço<br>circulação<br>garagem                                | 1 x 100<br>1 x 100<br>1 x 100<br>4 x 100                                  | 700           |                 |   |                              |  |          |                            |                     |
| 3              | TUG's            | 127           | sala estar<br>sala jantar<br>dorm.<br>banheiro<br>despensa<br>hall<br>garagem | 4 x 100<br>3 x 100<br>3 x 100<br>1 x 600<br>1 x 100<br>1 x 100<br>1 x 100 | 1900          |                 |   |                              |  |          |                            |                     |
| 4              | TUG's            | 127           | cozinha   | 3 x 600<br>1 x 100  | 1900          |                 |   |                              |  |          |                            |                     |
| 5              | TUG's            | 127           | a. serviço<br>circulação  | 3 x 600<br>1 x 100<br>1 x 100   | 2000          |                 |   |                              |  |          |                            |                     |
| 6              | TUE              | 220           | chuveiro  | 1 x 4400  | 4400          |                 |   |                              |  |          |                            |                     |
| 7              | TUE              | 220           | torneira  | 1 x 4400  | 4400          |                 |   |                              |  |          |                            |                     |
| Distrib.       |                  | 220           | QD  |   |               |                 |   |                              |  |          |                            |                     |
|                |                  |               | QM  |   |               |                 |   |                              |  |          |                            |                     |

Concluída a divisão das cargas em circuitos terminais, será identificado na planta, ao lado de cada ponto de luz ou tomada, o número do seu respectivo circuito.

#### 2.9.3.5. Tensão dos Circuitos

De acordo com o número de fases e a tensão secundária de fornecimento, devemos observar as seguintes recomendações quanto à determinação da tensão de ligação dos circuitos terminais:

- Quando a instalação for monofásica, todos os circuitos terminais terão ligação fase-neutro, na tensão de fornecimento padronizada da concessionária local;
- Quando a instalação tiver duas ou três fases, deve-se ter os circuitos de iluminação e tomadas de uso geral no menor valor de tensão, isto é, estes circuitos serão monofásicos (ligação fase-neutro);
- Quando a instalação tiver duas ou três fases, e a maior das tensões (fase-fase) for até 230 V, pode-se ter circuitos de tomadas de uso específico ligados em duas fases (circuitos bifásicos) ou circuitos entre uma fase e o neutro (circuitos monofásicos). Nestes casos, geralmente utilizam-se circuitos bifásicos (220 V, por exemplo) para os aparelhos de uso específico de maior potência, tais como chuveiros elétricos, torneiras elétricas e aparelhos de ar-condicionado.

A Fig. 2.21 mostra a divisão de uma instalação elétrica residencial em diversos circuitos terminais.

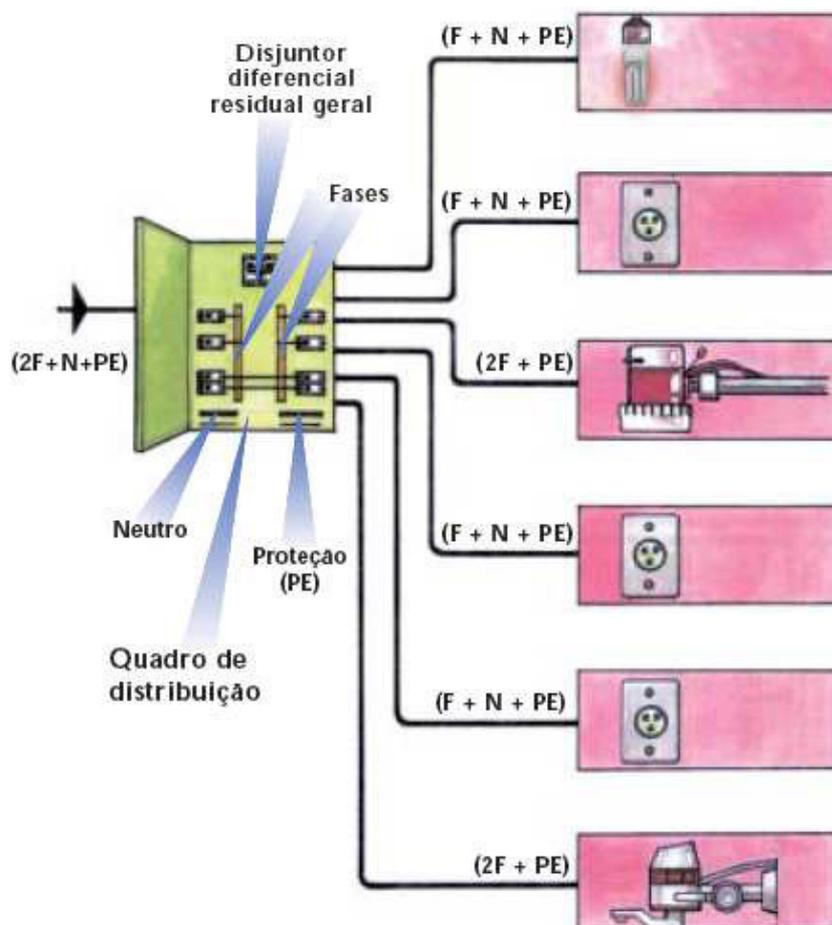


Fig. 2.21 Circuitos terminais de uma instalação residencial.

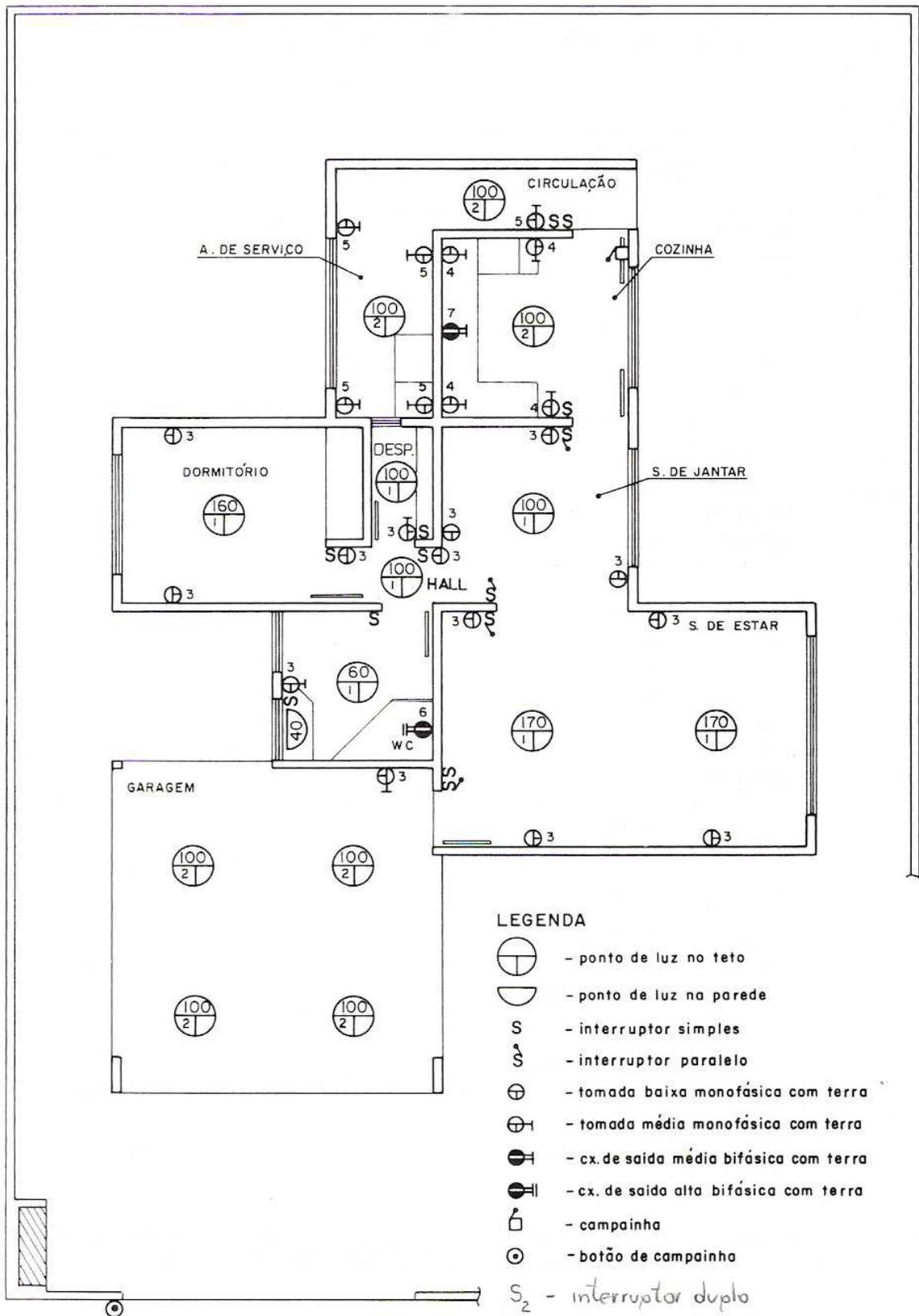


Fig. 2.22 Indicando na planta o número do circuito.

#### 2.9.4. Desenho das Tubulações e Traçado dos Condutores dos Circuitos Terminais

Uma vez concluída a locação dos pontos na planta baixa e identificados os circuitos terminais conforme mostrado na Fig. 2.22, é hora de interligar os mesmos, ou seja, representar o sistema de tubulação e fiação correspondente.

Algumas recomendações devem ser seguidas:

##### 2.9.4.1. Orientações para o Traçado de Tubulações

- i. Inicialmente, deve-se locar o Quadro de Distribuição, seguindo as recomendações do item 2.9.2;
- ii. A partir do Quadro de Distribuição, iniciar o traçado dos eletrodutos, procurando os caminhamentos mais curtos e evitando, sempre que possível, o cruzamento de tubulações;
- iii. Para isto devemos interligar inicialmente os pontos de luz (tubulações embutidas no teto), percorrendo e interligando assim todos os recintos;
- iv. Interligar os interruptores e tomadas ao(s) ponto(s) de luz de cada recinto (tubulações embutidas nas paredes);
- v. Devemos evitar que as caixas embutidas no teto (caixas octogonais 4" x 4" x 4" fundo móvel, ou octogonais 3" x 3" x 2" fundo fixo) estejam interligadas a mais de 6 eletrodutos, e que as caixas retangulares 4" x 4" x 2" ou 4" x 2" x 2" embutidas nas paredes se conectem com mais de quatro eletrodutos, pois um número maior de conexões poderia vir a causar uma grande ocupação das referidas caixas com emendas ou passagem de condutores;
- vi. Devemos, igualmente, procurar evitar que em cada trecho de eletroduto passe uma quantidade elevada de circuitos (limitar até um máximo de 5 circuitos, preferencialmente), pois, do contrário, poderemos vir a ter diâmetros elevados para os eletrodutos, além da influência de elevação da seção nominal dos condutores, devido ao Fator de Correção de Agrupamento (ver item sobre dimensionamento de condutores). Esta recomendação é válida principalmente para o trecho inicial das tubulações (saída dos Quadros), onde devemos prever uma certa quantidade de saídas de eletrodutos, conforme o número de circuitos existentes no projeto;
- vii. Em algumas ocasiões, é recomendável a utilização de tubulações embutidas no piso, para o atendimento de circuitos de tomadas baixas e médias;
- viii. Deverão ser indicados os respectivos diâmetros nominais das tubulações (ver item sobre dimensionamento de eletrodutos).



Fig. 2.23 Caixas de derivação

2.9.4.2. Orientações para a Representação dos Condutores

Concluído o traçado de tubulações, passamos à representação da fiação, que tem por objetivo:

- i. Representar os condutores que passam em cada trecho de eletroduto, utilizando a simbologia gráfica normatizada;
- ii. Identificar a que circuitos pertencem os condutores representados;
- iii. Identificar as suas seções nominais, em mm<sup>2</sup>;

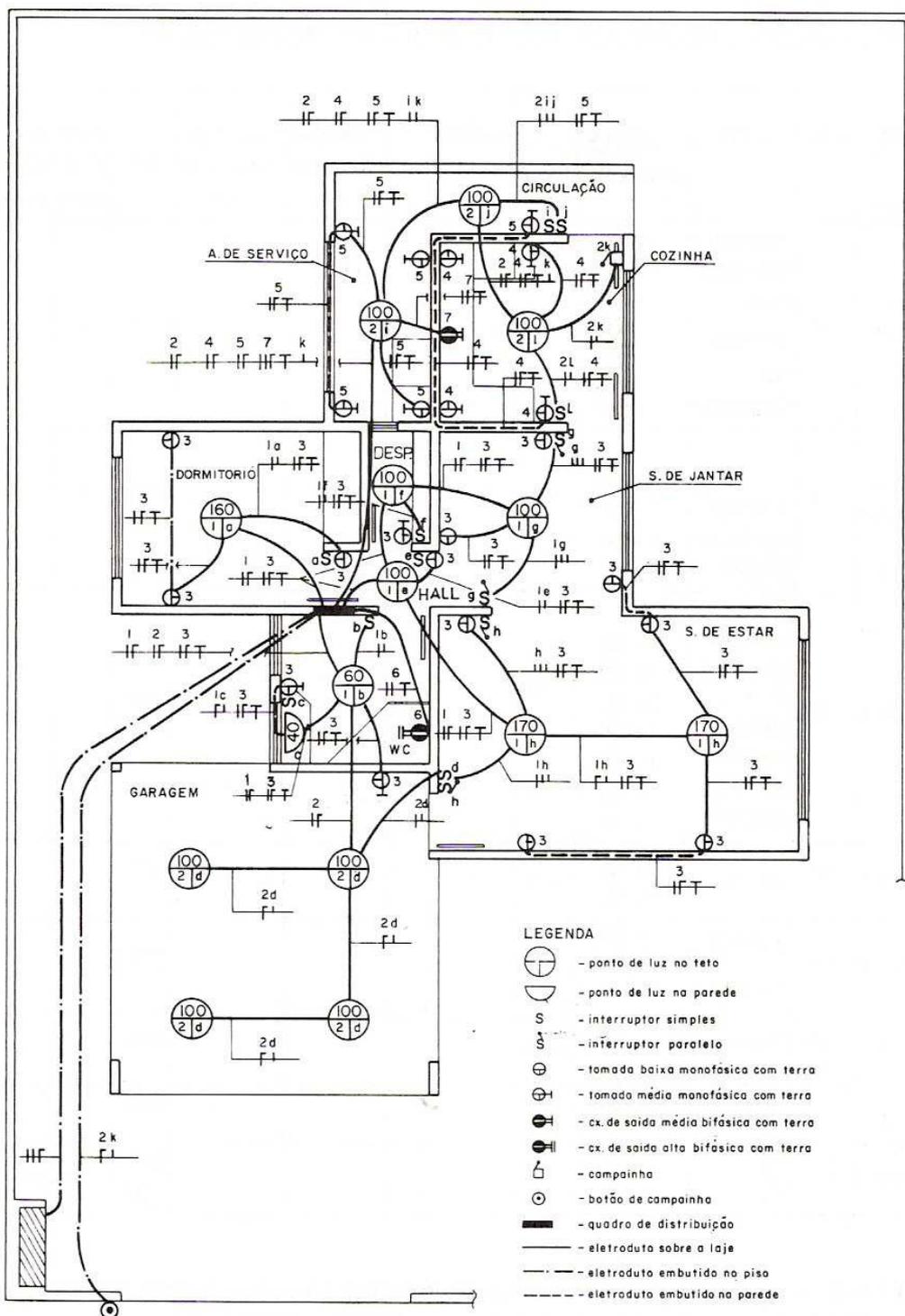


Fig. 2.24 Indicando na planta o caminhamento dos eletrodutos e fiação.

## 2.9.5. Estudo dos Condutores Usados nas Instalações Elétricas

### 2.9.5.1. Conceitos Básicos sobre Condutores

Condutor elétrico é todo material que possui a propriedade de conduzir ou transportar a energia elétrica, ou ainda, transmitir sinais elétricos.

Os condutores devem ser analisados sobre os seguintes aspectos:

- a. Material a ser utilizado como condutor;
- b. Forma geométrica do condutor;
- c. Isolação e isolamento;
- d. Blindagem;
- e. Seção nominal.

a) **Material:** Os materiais são classificados segundo dois grandes grupos: (i) materiais de elevada resistividade; (ii) materiais de elevada condutividade;

Os materiais de elevada resistividade destinam-se às aplicações de transformação de energia elétrica em térmica em equipamentos elétricos tais como fornos, chuveiros, aquecedores, ferros e soldadores; aplicações de transformação de energia elétrica em energia luminosa através de filamentos para iluminação em geral (tungstênio); aplicações com o intuito de criar condições destinadas a provocar quedas de tensão tais como resistores e reatores.

Os materiais de elevada condutividade destinam-se a todas as aplicações em que a corrente elétrica deve circular com as menores perdas possíveis, como por exemplo, em ligações de aparelhos, equipamentos e em transformações da energia elétrica em outras formas de energia (ex.: bobinas eletromagnéticas).

Dentre os materiais condutores de elevada condutividade e que possuem maior diversidade de utilização na área elétrica e eletrônica, e também por questões econômicas, podemos citar: cobre, chumbo, bronze, alumínio, platina, latão, prata e mercúrio.

**Cobre:** conhecido desde os tempos pré-históricos (neolítico – idade do cobre) cuja metalurgia foi iniciada por volta do ano 6000 a.C., o cobre é originário do Chipre, ilha de onde foi extraído na Antiguidade. É um metal de coloração avermelhada e brilhante, muito maleável e dúctil. Os principais produtores são: Estados Unidos, Rússia, Chile, Canadá, Austrália e Bolívia. O Brasil produz menos de 10 % do que consome.

O cobre, que é um metal não ferroso de relevante importância na atualidade, ao longo dos anos tem sido o mais utilizado devido ao seu comportamento quanto à condutividade elétrica e térmica. A utilização do cobre em larga escala se deve ao fato de apresentar as propriedades e características que lhe garantem posição de destaque entre os metais condutores.

Características:

|   |                             |
|---|-----------------------------|
| densidade   | 8,95 g/cm <sup>3</sup>      |
| ponto de fusão  | 1083 °C                     |
| ponto de ebulição   | 2595 °C                     |
| condutividade em ambientes sem oxigênio                             | 61 m/W.mm <sup>2</sup>      |
| condutividade do cobre eletrolítico (utilizado em escala comercial) | 58 m/W.mm <sup>2</sup>      |
| pureza mínima do cobre eletrolítico                                 | 99,9 %                      |
| baixa resistividade (laminado)                                      | 0,0179 W mm <sup>2</sup> /m |
| características mecânicas – resistência à tração (laminado)         | 20 a 26 kgf/mm <sup>2</sup> |
| fácil deformação a frio e a quente                                  |                             |
| permite fácil soldagem  |                             |

**Alumínio:** metal de coloração branco-prateada, extremamente maleável e dúctil. As primeiras notícias que se tem da sua utilização foi há 4000 anos, usado pelos egípcios e babilônicos sob a forma de compostos, provavelmente como produto de algum tipo de medicamento e algumas soluções químicas.

O estado elementar foi reconhecido por Oersted, em 1824, e isolado pelo químico alemão Friedrich Wöhler (1800-1882) em 1827. O químico francês Henri Sainte - Claire Devile (1818 - 1881) idealizou em 1855, primeiro projeto para o uso do alumínio em escala industrial. No entanto, somente a partir de 1886, após a descoberta do processo eletrolítico para reduzir o alumínio ao metal, pelos químicos Charles Martin HALL (1864 – 1914) norte-americano e Paul Louis Toussaint HÉROULT (1863 - 1914), francês - conhecido como processo HALL/HÉROULT, permitiu-se que o alumínio fosse efetivamente produzido em escala industrial.

Os minerais dos quais é extraído são a bauxita e a criolita. O nome bauxita originou-se de uma cidade francesa, Lês Baux, onde em 1821, foi encontrado um depósito.

Os principais produtores são EUA, Rússia, países independentes, Japão, Alemanha, Canadá, Noruega, França e Reino-Unido. O Brasil produz 70 % do que consome, e suas principais jazidas encontram-se em Minas Gerais (Poços de Caldas), no Pará (Serra Carajás e ao norte do Rio Trombetas).

O alumínio é o metal mais abundante na crosta terrestre, e na escala de utilização encontra-se em 2º lugar, tanto na indústria como na área elétrica (indústria: 1º lugar – ferro e aço; e na área elétrica: 1º lugar – cobre).

#### Características:

|   |                             |
|---|-----------------------------|
| densidade (é preferido ao cobre na produção de cabos destinados a MT, AT, EAT)  | 2,7cm <sup>3</sup>          |
| ponto de fusão  | 660,2 °C                    |
| ponto de ebulição   | 2467 °C                     |
| condutividade (recozido)  | 38,2 m/W.mm <sup>2</sup>    |
| em eletrotécnica utiliza-se com pureza  | 99,5 %                      |
| baixa resistividade (recozido)  | 0,0262 W mm <sup>2</sup> /m |
| características mecânicas – resistência à tração (recozido)   | 3,5 a 6 kgf/mm <sup>2</sup> |
| para melhor condutibilidade da corrente elétrica, ligas do tipo Al-Mg-Si oferecem maior resistência à tração e aumentam a condutividade |                             |
| exige processo especial para soldagem   |                             |

**Comparação entre Ambos os Materiais:** cobre é utilizável em qualquer tipo de instalação, principalmente naquelas em interiores de edificações (distribuição interna). O alumínio, de acordo com a NBR-5410/90 pode ser utilizado nas seguintes condições:

- Uso em instalações industriais;
- Seção nominal igual ou superior a 10 mm<sup>2</sup>;
- Potência instalada igual ou superior a 50 kW;
- Instalação e manutenção feitas por pessoas qualificadas.

Observando as características do cobre e do alumínio, vamos fazer uma comparação entre ambos os materiais.

Associando as expressões para o cálculo das resistências a 20 °C (Lei de Ohm) e efetuando-se as devidas simplificações, temos:  $R_{cu} = \rho_{cu} \frac{l}{S_{cu}} = R_{al} = \rho_{al} \frac{l}{S_{al}}$ , ou seja:

$$\rho_{cu} S_{al} = \rho_{al} S_{cu}$$

Substituindo-se na expressão anterior os valores respectivos à resistividade, temos:

$$\frac{S_{al}}{S_{cu}} = \frac{\rho_{al}}{\rho_{cu}} = \frac{0,0290}{0,0175} = 1,65$$

Quanto ao diâmetro, temos:  $\frac{\phi_{al}}{\phi_{cu}} = \sqrt{1,65} = 1,28$

Por outro lado, comparando a densidade ou peso específico ( $\text{kg/cm}^3$ ) entre os materiais, temos:  $\frac{\gamma_{cu}}{\gamma_{al}} = \frac{8,95}{2,7} = 3,32$ .

Estabelecendo uma relação entre massas, permite-nos concluir:  $\frac{M_{cu}}{M_{al}} = \frac{3,32}{1,65} \approx 2$

Simbologia:

R = resistência ôhmica do condutor, em ohm;

r = resistividade do material condutor ( $\text{ohms.mm}^2/\text{m}$ );

S = seção do condutor, em  $\text{mm}^2$ ;

$\phi$  = diâmetro do condutor, em milímetros;

$\gamma$  = densidade ou peso específico, em  $\text{kg/cm}^3$ ;

M = massa, em kg.

Analisando os resultados obtidos acima, podemos observar que o transporte de uma mesma corrente, o condutor de alumínio deverá ter um diâmetro 28 % maior do que o de cobre, porém pesará metade deste.

b) **Forma Geométrica:** Os condutores, quer sejam de cobre ou alumínio, são construídos de diversas formas e cada uma delas possui um determinado tipo de aplicação, e segundo as alternativas possíveis, podem ser:

**Redondo Sólido (fio):** é formado por um único fio de metal sólido, sendo sua construção limitada às seções menores (até  $16 \text{ mm}^2$ ). Comercialmente é denominado condutor rígido.

Aplicação em instalações de iluminação e força e na formação de cabos.

**Cabo:** é um condutor constituído por vários fios encordoados, isolados uns dos outros ou não. O conjunto pode ser isolado ou nu. O cabo é denominado comercialmente, para seções até  $10 \text{ mm}^2$ , condutor flexível.

Segundo as suas diversas aplicações, os cabos são classificados em:

(i) **Redondo Normal:** também denominado condutor de formação concêntrica, ou de formação regular. É composto basicamente de um fio longitudinal, em torno do qual é colocada, em forma espiral (encordoamento), uma ou mais coroas de fios redondos sólidos de mesmo diâmetro do fio central. Pode apresentar diversas formações padronizadas, tais como 7 fios (1 + 6); 19 fios (1 + 6 + 12); 37 fios (1 + 6 + 12 + 18); 61 fios (1 + 6 + 12 + 18 + 24); 91 fios (1 + 6 + 12 + 18 + 24 + 30). É utilizado em instalações elétricas industriais e prediais, que exigem seções acima de  $10 \text{ mm}^2$  e pode ser singelo ou múltiplo com qualquer tipo de isolamento.

(ii) **Redondo Compacto:** trata-se de um tipo de cabo cuja construção é feita da mesma forma que o redondo normal, no entanto, após o encordoamento, o conjunto é compactado

através da passagem do cabo por um perfil, reduzindo seu diâmetro original com a deformação das coroas de fios elementares. Esse procedimento faz com que haja uma redução do diâmetro externo, ficando praticamente eliminados os espaços vazios entre os fios, tornando mais uniforme a superfície externa. Devido a essa compactação reduz-se a sua flexibilidade. É utilizado em cabos de baixa e média tensões, com seção de 10 a 500 mm<sup>2</sup>.

(iii) Setorial Compacto: é fabricado de forma semelhante ao redondo compacto, sendo que a formatação setorial é obtida pela compactação dos fios elementares de um cabo redondo normal, através da passagem por jogos de calandras. Consegue-se com isso economia de materiais de enchimento e proteção, devido à redução do diâmetro externo do cabo. É utilizado em cabos múltiplos (tripolares e tetrapolares) para instalações industriais.

(iv) Flexível e Extraflexível: é fabricado de forma semelhante ao redondo normal, porém o encordoamento é obtido através de grande número de fios redondos sólidos de diâmetro reduzido. É utilizado em alimentadores de máquinas móveis (escavadeiras, dragas, pontes rolantes, etc.), aparelhos portáteis (máquinas de solda, aparelhos eletrodomésticos, aspiradores industriais e domésticos, etc.) e de uso rotineiro em iluminação como pendentês (spots, lustres, etc.).

iv) Conci: é um condutor anular cujo núcleo é oco, formando um canal para o óleo impregnante. É formado por uma ou várias camadas de coroas anulares, encordoalhas helicoidalmente.

A NBR-6880 estabelece, para condutores de cobre, seis classes de encordoamento, numeradas de 1 a 6 com graus crescentes de flexibilidade, sendo:

*Classe 1:* condutores sólidos;

*Classe 2:* condutores encordoados, compactados ou não;

*Classe 3:* condutores encordoados, não compactados;

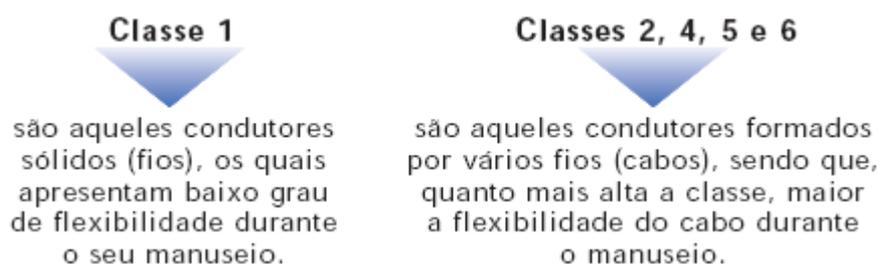
*Classe 4, 5 e 6:* condutores flexíveis;

Por exemplo: para um condutor de 10 mm<sup>2</sup>, temos:

classe 1: fio sólido – 1 único condutor;

classe 2: cabo sólido – 7 condutores;

classe 5: cabo flexível – mínimo de 72 fios;



A flexibilidade do condutor empregado em instalações residenciais é muito importante pois geralmente estes são enfiados no interior de eletrodutos e passam por curvas e caixas de passagem até chegar ao seu destino final, que é, quase sempre, uma caixa de ligação 5 x 10 cm ou 10 x 10 cm instalada nas paredes ou uma caixa octógona situada no teto ou forro. Além disso, em muitas ocasiões, há vários condutores de diferentes circuitos no interior do mesmo eletroduto, o que torna trabalho de enfição mais difícil ainda.

Nestas situações, a experiência internacional vem comprovando há muitos anos que o uso de cabos flexíveis, com classe 5, no mínimo, reduz significativamente o esforço de enfição dos condutores nos eletrodutos, facilitando também a eventual retirada dos mesmos.

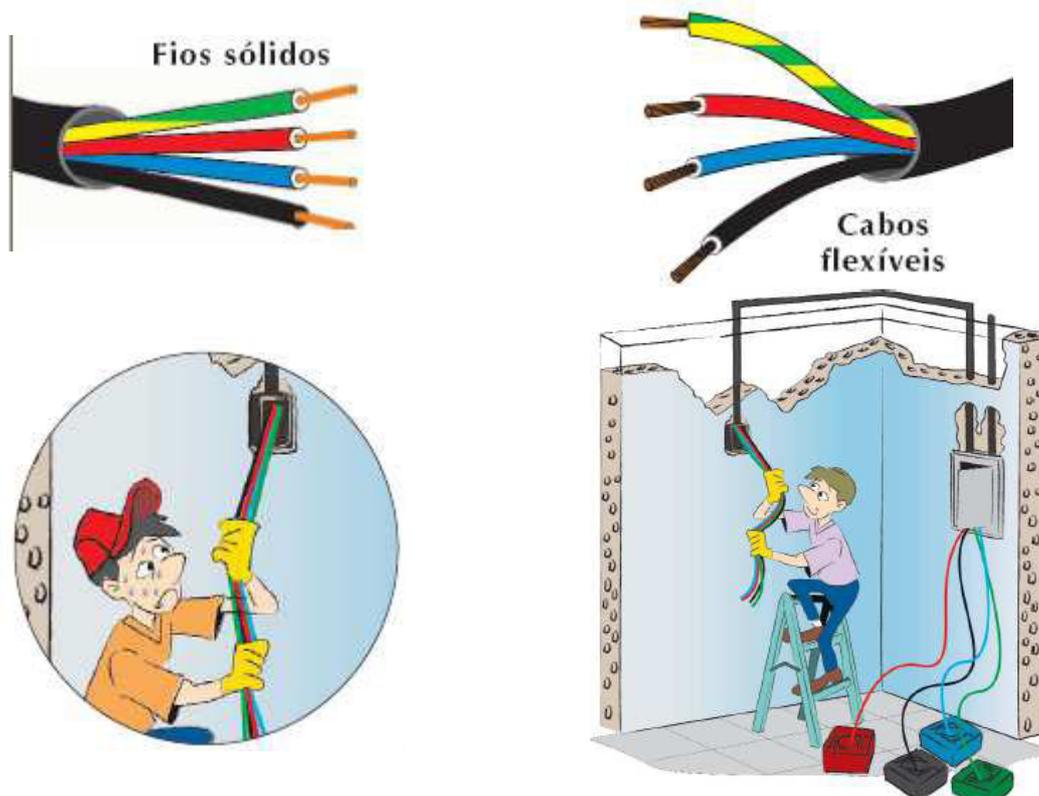


Fig. 2.25 Destaque na facilidade para a enfição utilizando cabos flexíveis.

c) **Isolação**: trata-se de um conjunto de materiais isolantes aplicados sobre o condutor, cuja finalidade é isolá-lo eletricamente do ambiente que o circunda, como por exemplo, de outros condutores e a terra e contra contatos acidentais. Serve também para proteger o condutor contra ações mecânicas, como no caso da enfição nos eletrodutos.

Não se deve confundir isolação com isolamento. Isolação define o aspecto qualitativo, como por exemplo, isolação de PVC, isolação de polivinil antitlam, polietileno, etc.

Os materiais utilizados como isolação devem possuir também, além de alta resistividade, alta rigidez dielétrica, principalmente para tensões superiores a 1 kV.

Os isolantes termoplásticos amolecem com o aumento de temperatura, enquanto os isolantes termofixos não amolecem com o aumento de temperatura.

Isolamento se refere ao aspecto quantitativo, ou seja, condutor com tensão de isolamento para 750 V, 1 kV, resistência de isolamento de 12  $M\Omega$ , 5  $M\Omega$ , etc.

A isolação dos fios e cabos é sempre feita para uma determinada “Classe de Isolamento”, relacionada com a espessura da isolação e com as características da instalação. A tensão de isolamento é indicada por dois valores  $V_0/V$ ;  $V_0$  refere-se à tensão fase-terra e  $V$  à tensão fase-fase. A tabela a seguir mostra valores normalizados de tensão nominais.

Em instalações elétricas prediais de um modo geral, são utilizados condutores (fios e cabos) com isolação de PVC, tipo BWF (resistentes à chama), conforme as normas brasileiras NBR 6148, NBR 6245 e NBR 6812.

A Tabela 2.8 apresenta as características quanto à variação de temperatura dos diversos materiais usados na isolação dos condutores para instalações elétricas.

Tabela 2.8 – Temperaturas características dos condutores.

| Tipo de isolamento               | Temperatura máxima para serviço contínuo (Condutor) - °C | Temperatura limite de sobrecarga (Condutor) - °C | Temperatura limite de curto-circuito (Condutor) - °C |
|----------------------------------|--|--|--|
| Cloreto de polivinila (PVC)      | 70   | 100  | 160  |
| Borracha etileno-propileno (EPR) | 90   | 130  | 250  |
| Polietileno-reticulado (XLPE)    | 90   | 130  | 250  |

A isolamento do condutor pode conter uma ou mais camadas dos materiais isolantes acima citados. Quando o condutor possui duas ou mais camadas, a camada externa é chamada de cobertura, destinada especialmente para suportar a resistência à abrasão.

d) **Blindagem:** são camadas de materiais semicondutores, aplicadas sobre o condutor, ou partes metálicas aplicadas sobre a 2ª camada semicondutora que recobre a isolamento, cuja finalidade é concentrar o campo elétrico ou facilitar o escoamento das correntes de curto-circuito e das correntes induzidas.

A blindagem é necessária e aplicada em cabos de média e alta tensões. De acordo com as finalidades a que se destinam e a forma de execução são descritas abaixo:

**Blindagem Sobre o Condutor:** é a camada de material semicondutor aplicado diretamente sobre o condutor, pelos processos de extrusão e vulcanização, e tem as seguintes finalidades: (i) uniformizar a distribuição das linhas de campo elétrico e (ii) impedir a ionização.

**Blindagem Sobre a Isolação (Blindagem Externa):** é constituída de uma parte não metálica e de uma parte metálica, cujas funções e construções são descritas a seguir:

(i) Parte não-metálica: trata-se de uma camada de material semicondutor aplicado sobre a isolamento pelos processos de extrusão e vulcanização. A aplicação dessa camada semicondutora possibilita uma distribuição uniforme e radial do campo elétrico na isolamento, e eliminar os espaços vazios ionizáveis entre as camadas (isolamento e blindagem metálica).

(ii) Parte metálica: é formada por uma camada concêntrica de fios ou fita de cobre nu (não estanhado) aplicada helicoidalmente sobre a camada semicondutora da isolamento, e tem como finalidade confinar o campo elétrico nos limites da isolamento. Tem as seguintes vantagens: - em situação de curto-circuito, propicia um caminho de baixa impedância para o retorno da corrente, devido ao baixo valor da resistência elétrica; - quando é convenientemente aterrado, proporciona maior segurança, eliminando os riscos de choques elétricos em caso de contato direto ou com a cobertura do cabo

e) **Seção Nominal:** os condutores (fios e cabos) são caracterizados pela seção nominal, referente à grandeza do condutor respectivo. No entanto, a seção nominal não corresponde a um valor estritamente geométrico (área da seção transversal do condutor) e, sim, a um valor determinado por uma medida de resistência, denominada “seção elétrica efetiva”.

As seções nominais são dadas em milímetros quadrados, de acordo com uma série definida pela IEC (International Electrotechnical Commission) e internacionalmente aceita, conforme ilustrado na tabela abaixo.

Nos países de língua inglesa é usada a escala americana de fios American Wire Gage – AWG: 60 ... 40 ... 20, 18, 16, 14, 12, ... 4, 2, 1/0, 2/0, 3/0, 4/0

Acima de 4/0 AWG, as seções maiores passam a ser dadas em “Mil Circular Mil” MCM, derivada de: 1 MIL = 1 milésimo da polegada =  $1''/1000 = 25,5 \text{ mm}/1000$ ;

1 Square MIL: 1 MIL quadrado = área do quadrado de 1 MIL de lado =  $(25,4/1000)^2 \text{ mm}^2$

1 Circular MIL = 1CM = área do círculo de 1 MIL de diâmetro =  $\frac{\pi \left(\frac{25,4}{1000}\right)^2}{4} \text{ mm}^2 = 0,406728 \text{ mm}^2$ .

Os condutores elétricos no Brasil seguem a série milimétrica conforme a NBR-6880, sendo que no passado utilizava-se o padrão AWG. A Tabela 2.9 serve como orientação para a conversão entre os padrões.

Tabela 2.9 – Tabela de conversão AWG para mm<sup>2</sup>.

| Bitola<br>(AWG/<br>MCM) | Capaci-<br>dade de<br>Condução<br>de<br>Corrente<br>(A) | Seção<br>Nominal<br>(mm <sup>2</sup> ) | Capaci-<br>dade de<br>Condução<br>de<br>Corrente<br>(A) |
|-------------------------|---|--|---|
| 14                      | 15  | 1,5                                    | 15,5  |
| 12                      | 20  | 2,5                                    | 21  |
| 10                      | 30  | 4                                      | 28  |
| 8                       | 40  | 6                                      | 36  |
| 6                       | 55  | 10                                     | 50  |
| 4                       | 70  | 16                                     | 68  |
| 2                       | 95  | 25                                     | 89  |
| 1                       | 110   | 35                                     | 111   |
| 1/0                     | 125   | 50                                     | 134   |
| 2/0                     | 145   | 70                                     | 171   |
| 3/0                     | 165   | 95                                     | 207   |
| 4/0                     | 195   | 120                                    | 239   |
| 250                     | 215   | 150                                    | 275   |
| 300                     | 240   | 185                                    | 314   |
| 350                     | 260   | 240                                    | 369   |
| 400                     | 280   | 300                                    | 420   |
| 500                     | 320   |  |   |
| 600                     | 355   |  |   |
| 700                     | 385   |  |   |
| 750                     | 400   |  |   |
| 800                     | 410   |  |   |

#### 2.9.5.2. Seções Mínimas dos Condutores

A NBR-5410/90 define os valores mínimos das seções para condutores fase, neutro e condutor de proteção (PE).

#### **Seção Mínima do Condutor Fase**

A tabela abaixo define as seções mínimas dos condutores fase, em circuitos em corrente alternada, e dos condutores vivos em circuitos C. C.

Tabela 2.10 – Seções mínimas dos condutores fase.

| Tipo de instalação         | Utilização do circuito                                   | Seção mínima do condutor isolado (mm <sup>2</sup> ) |
|----------------------------|--|---|
| Instalações fixas em geral | Circuitos de iluminação                                  | 1,5   |
|                            | Circuitos de força (incluem tomadas)                     | 2,5   |
|                            | Circuitos de sinalização e circuitos de controle         | 0,5   |
| Ligações flexíveis         | Para um equipamento específico                           | Como especificado na norma do equipamento           |
|                            | Para qualquer outra aplicação                            | 0,75  |
|                            | Circuitos a extra baixa tensão para aplicações especiais | 0,75  |

(\*) De acordo com a tabela 46 da NBR 5410/2004.

Notas:

1. Em circuitos de sinalização e controle destinados a equipamentos eletrônicos, são admitidas seções de até 0,1 mm<sup>2</sup>.
2. Em cabos multipolares flexíveis contendo sete ou mais veias, são admitidas seções de até 0,1 mm<sup>2</sup>.
3. Os circuitos de tomadas de corrente são considerados como circuitos de força.

### Seção do Condutor Neutro

O condutor neutro, se existir, deve possuir a mesma seção que o(s) condutor(es) fase nos seguintes casos:

- a. Em circuitos monofásicos a 2 ou 3 condutores e bifásicos a 3 condutores, qualquer que seja a seção;
- b. Em circuitos trifásicos, quando a seção dos condutores fase for inferior ou igual a 25 mm<sup>2</sup>, em cobre ou alumínio;
- c. Em circuitos trifásicos, quando for prevista a presença de harmônicos, qualquer que seja a seção.

A tabela a seguir define as seções mínimas do condutor neutro, em função do(s) condutor(es) fase. Os valores da tabela são aplicáveis quando os condutores fase e neutro forem constituídos do mesmo metal.

Em nenhuma circunstância o condutor neutro pode ser comum a vários circuitos.

Nos circuitos trifásicos, a seção do condutor neutro pode ser inferior à dos condutores fase sem ser inferior aos valores indicados na Tabela 2.11, em função da seção dos condutores fase, quando as duas condições forem simultaneamente atendidas:

- a. A soma das potências absorvidas pelos equipamentos de utilização alimentados entre cada fase e o neutro não seja superior a 10 % da potência total transportada pelo circuito;
- b. A máxima corrente susceptível de percorrer o condutor neutro, em serviço normal, incluindo harmônicos, seja inferior à capacidade de condução de corrente correspondente à seção reduzida do condutor neutro.

Tabela 2.11 – Seções mínimas do condutor neutro

| Seção dos condutores fase (mm <sup>2</sup> ) | Seção mínima do condutor neutro (mm <sup>2</sup> ) |
|--|--|
| S ≤ 25                                       | S  |
| 35   | 25   |
| 50   | 25   |
| 70   | 35   |
| 95   | 50   |
| 120  | 70   |
| 150  | 70   |
| 185  | 95   |
| 240  | 120  |
| 300  | 150  |
| 400  | 240  |
| 500  | 240  |
| 630  | 400  |
| 800  | 400  |
| 1.000  | 500  |

(\*) De acordo com a tabela 48 da NBR 5410/2004.

### **Seção do Condutor de Proteção (PE)**

Em um circuito terminal, o condutor de proteção liga as massas dos equipamentos de utilização e, se for o caso, o terminal “terra” das tomadas de corrente ao terminal de aterramento do quadro de distribuição respectivo.

Em um circuito de distribuição, o condutor de proteção interliga o terminal de aterramento do quadro de onde parte o circuito de distribuição, ao quadro alimentado pelo circuito.

O dimensionamento do condutor de proteção deve atender a aspectos elétricos e mecânicos.

A tabela abaixo apresenta a seção do condutor de proteção em função da seção dos condutores fase. Neste caso, os condutores fase e de proteção têm que ser do mesmo material condutor.

A seção de qualquer condutor de proteção que não faça parte do mesmo cabo ou do mesmo invólucro que os condutores vivos, deve ser, em qualquer caso, não inferior a:

- a. 2,5 mm<sup>2</sup>, se possuir proteção mecânica;
- b. 4 mm<sup>2</sup>, se não possuir proteção mecânica.

Um condutor de proteção pode ser comum a vários circuitos.

Tabela 2.12 – Seções mínimas do condutor de proteção.

| Seção dos condutores fase (mm <sup>2</sup> ) | Seção do condutor de proteção (mm <sup>2</sup> ) |
|--|--|
| 1,5  | 1,5  |
| 2,5  | 2,5  |
| 4  | 4  |
| 6  | 6  |
| 10   | 10   |
| 16   | 16   |
| 25   | 16   |
| 35   | 16   |
| 50   | 25   |
| 70   | 35   |
| 95   | 50   |
| 120  | 70   |
| 150  | 95   |
| 185  | 95   |
| 240  | 120  |
| 300  | 150  |
| 400  | 240  |
| 500  | 240  |
| 630  | 400  |
| 800  | 400  |
| 1.000  | 500  |

(\*) De acordo com a tabela 58 da NBR 5410/2004.

### **Seção do Condutor de Aterramento**

Em toda instalação, deve ser previsto um terminal (ou barra) de aterramento principal e os seguintes condutores devem ser a ele interligados: (i) condutores de aterramento; (ii) condutores de proteção.

A localização do terminal de aterramento principal, bem como o valor limite da resistência de malha de aterramento está definida nas Normas das Concessionárias fornecedoras de energia elétrica, de acordo com o tipo e padrão de fornecimento.

## 2.9.6. Dimensionamento dos Condutores dos Circuitos

### 2.9.6.1. Introdução

Dimensionar os condutores de um circuito é determinar a seção padronizada (bitola) dos fios deste circuito, de forma a garantir que a corrente calculada para ele possa circular pelos fios, por um tempo ilimitado, sem que ocorra superaquecimento e que a queda de tensão seja mantida dentro dos limites normalizados. Além disso, os condutores devem satisfazer às seguintes condições;

- Limite de temperatura, em função da capacidade de condução de corrente;
- Limite de queda de tensão;
- Capacidade dos dispositivos de proteção e contra sobrecarga;
- Capacidade de condução de corrente de curto-circuito por tempo limitado.

Os condutores devem ser dimensionados pelos seguintes critérios;

- a. Capacidade de condução de corrente (ampacidade);
- b. Limite de queda de tensão.

Inicialmente, determina-se as seções dos condutores conforme os critérios estabelecidos no parágrafo anterior. Posteriormente, quando do dimensionamento dos dispositivos de proteção, verifica-se a capacidade dos condutores com relação às sobrecargas e curto-circuitos.

É necessário haver uma coordenação entre os diversos componentes de uma instalação. O tempo de atuação dos dispositivos de proteção para eventuais sobrecargas e para os níveis presumidos de curto-circuito deverá ser estabelecido de forma a garantir que as temperaturas admissíveis estabelecidas em norma para os condutores anteriormente dimensionados não sejam ultrapassadas.

Uma vez determinadas as seções dos condutores pelos critérios da Capacidade de Corrente e do Limite de Queda de Tensão, adota-se como resultado a maior seção, e escolhe-se o condutor padronizado comercialmente, cuja seção nominal seja igual ou superior à seção calculada.

### 2.9.6.2. Critério da Capacidade de Condução de Corrente (Ampacidade)

O condutor, ao ser submetido a uma diferença de potencial, faz surgir em suas extremidades uma corrente elétrica. Essa corrente, ao passar pelo condutor, produz uma determinada quantidade de calor, que segundo a Lei de Joule, tende a elevar a temperatura do condutor, cuja dissipação térmica depende da natureza dos materiais constituintes e do meio (maneira de instalar o condutor).

Esse critério tem por objetivo garantir condições satisfatórias de operação aos condutores e às suas isolações, submetidos aos efeitos térmicos produzidos pela circulação da corrente elétrica de forma a evitar danificar o condutor.

#### **Roteiro para Dimensionamento pela Capacidade de Corrente**

O roteiro descrito a seguir, determinará a seção nominal dos condutores Fase. O condutor Neutro e o condutor de Proteção (PE) serão determinados em função dos condutores fase.

#### 1. Tipo de Isolação:

Devemos inicialmente escolher o tipo de isolação dos condutores. O tipo de isolação determinará a temperatura máxima a que os condutores poderão estar submetidos em regime contínuo, em sobrecarga ou em condição de curto-circuito.

Os valores de temperatura para condutores com isolamento em PVC – Cloreto de Polivinila, EPR – Borracha Etileno Propileno e XLPE – Polietileno Reticulado estão definidos na Tabela 2.8. Os condutores com isolamento em PVC são os mais comuns em Instalações Elétricas Residenciais e Prediais.

## 2. Maneira de Instalar

A maneira segundo a qual os condutores estarão instalados (em eletrodutos embutidos ou aparentes, em canaletas ou bandejas, subterrâneos, diretamente enterrados ou ao ar livre, em cabos unipolares ou multipolares, etc.) influenciará na capacidade de troca térmica entre os condutores e o ambiente, e em conseqüência, na capacidade de condução de corrente elétrica dos mesmos.

A Tabela 2.13 define as diversas Maneiras de Instalar, codificando-as conforme uma letra e um número.

Tabela 2.13 – Maneiras de instalar os condutores.

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

Por exemplo, a referência “B5” corresponde a “Condutores isolados, cabos unipolares ou cabo multipolar em eletroduto embutido em alvenaria”. Esta é a maneira mais usual encontrada em instalações residenciais e prediais.

Se um determinado circuito apresentar, ao longo de seus diversos trechos, mais de uma maneira de instalação, devemos considerar, para efeito de dimensionamento, aquela que apresente a condição mais desfavorável de troca térmica com o meio ambiente.

### 3. Corrente Nominal ou Corrente de Projeto ( $I_p$ )

É a corrente do circuito, levando-se em consideração as características nominais do mesmo. Será calculada por uma das equações a seguir:

a. Circuitos monofásicos (fase e neutro):  $I_p = \frac{P_n}{v \cdot \cos \varphi \cdot \eta}$

b. Circuitos bifásicos (2 fases):  $I_p = \frac{P_n}{V \cdot \cos \varphi \cdot \eta}$

c. Circuitos trifásicos (3 fases + neutro):  $I_p = \frac{P_n}{3 \cdot v \cdot \cos \varphi \cdot \eta}$

d. Circuitos trifásicos equilibrados (3 fases):  $I_p = \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \varphi \cdot \eta}$

Onde:

$I_p$  : corrente de projeto do circuito, em ampéres (A);

$P_n$  : potência nominal do circuito, em watts (W);

$v$  : tensão entre fase e neutro, em volts (V);

$V$  : tensão entre fases, em volts (V);

$\cos \varphi$  : fator de potência;

$\eta$  : rendimento, isto é, a relação entre a potência de saída  $P_s$  e a potência de entrada  $P_e$  de um equipamento:  $\eta = P_s / P_e$  ;

Para circuitos puramente resistivos, compostos apenas por lâmpadas incandescentes e resistências, por exemplo, temos  $\eta = 1$  e  $\cos \varphi = 1$ , daí:  $I_p = P_n / v$  ;

### 4. Número de Condutores Carregados

Considera-se condutor carregado aquele que efetivamente é percorrido pela corrente elétrica no funcionamento normal do circuito. Neste caso, consideram-se os condutores fase e neutro. O condutor de proteção equipotencial, PE, não é considerado condutor carregado.

Podemos ter:

- Circuito trifásico com neutro: 4 condutores carregados (c.c.) ou 3 c.c. se o circuito for equilibrado. Enquadram-se como 4 c.c. os alimentadores gerais de quadros trifásicos;
- Circuito trifásico sem neutro: 3 c.c. Ex.: circuitos terminais para motores trifásicos;
- Circuito bifásico com neutro: 3 c.c. Ex.: alimentadores gerais de quadros bifásicos;
- Circuito bifásico sem neutro: 2 c.c. Ex.: circuitos terminais para chuveiros, ligados F-F, 220 V, onde a tensão F-N é 127 V;
- Circuito monofásico a 3 condutores: 3 c. c. Ex.: circuitos derivados de transformadores monofásicos com tap (derivação) central no secundário.

- Circuito monofásico a 2 condutores: 2 c. c.; Ex.: caso geral de circuitos terminais monofásicos F-N.

### 5. Seleção da Bitola do Condutor

Tendo-se definido os itens anteriores, isto é, o Tipo de Isolação dos Condutores, a Maneira de Instalar do Circuito, a Corrente de Projeto, e o Número de Condutores Carregados do Circuito, deve-se verificar nas tabelas seguintes qual será a bitola do condutor.

Tabela 2.14 – Capacidade de condução de corrente em Ampéres, para maneiras de instalar A, B, C e D.  
 - Condutores e cabos isolados de PVC; cobre ou alumínio;  
 - Temperatura no condutor 70 °C;  
 - Temperatura ambiente: 30°C para instalação não enterrada e 20°C para instalação enterrada.

| Seções Nominiais (mm <sup>2</sup> ) | A                       |                         | B                       |                         | C                       |                         | D                       |                         |
|-------------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
|                                     | 2 condutores carregados | 3 condutores carregados |
| <b>Cobre</b>                        |                         |                         |                         |                         |                         |                         |                         |                         |
| 1,0                                 | 11                      | 10,5                    | 13,5                    | 12                      | 15                      | 13,5                    | 17,5                    | 14,5                    |
| 1,5                                 | 14,5                    | 13                      | 17,5                    | 15,5                    | 19,5                    | 17,5                    | 22                      | 18                      |
| 2,5                                 | 19,5                    | 18                      | 24                      | 21                      | 26                      | 24                      | 29                      | 24                      |
| 4                                   | 26                      | 24                      | 32                      | 28                      | 35                      | 32                      | 38                      | 31                      |
| 6                                   | 34                      | 31                      | 41                      | 36                      | 46                      | 41                      | 47                      | 39                      |
| 10                                  | 46                      | 42                      | 57                      | 50                      | 63                      | 57                      | 63                      | 52                      |
| 16                                  | 61                      | 56                      | 76                      | 68                      | 85                      | 76                      | 81                      | 67                      |
| 25                                  | 80                      | 73                      | 101                     | 89                      | 112                     | 96                      | 104                     | 86                      |
| 35                                  | 99                      | 89                      | 125                     | 111                     | 138                     | 119                     | 125                     | 103                     |
| 50                                  | 119                     | 108                     | 151                     | 134                     | 168                     | 144                     | 148                     | 122                     |
| 70                                  | 151                     | 136                     | 192                     | 171                     | 213                     | 184                     | 183                     | 151                     |
| 95                                  | 182                     | 164                     | 232                     | 207                     | 258                     | 223                     | 216                     | 179                     |
| 120                                 | 210                     | 188                     | 269                     | 239                     | 299                     | 259                     | 246                     | 203                     |
| 150                                 | 240                     | 216                     | 309                     | 275                     | 344                     | 294                     | 278                     | 230                     |
| 185                                 | 273                     | 248                     | 353                     | 314                     | 392                     | 341                     | 312                     | 257                     |
| 240                                 | 320                     | 286                     | 415                     | 369                     | 461                     | 403                     | 360                     | 297                     |
| 300                                 | 367                     | 328                     | 472                     | 420                     | 530                     | 464                     | 407                     | 336                     |
| <b>Alumínio</b>                     |                         |                         |                         |                         |                         |                         |                         |                         |
| 10                                  | 36                      | 32                      | 44                      | 39                      | 49                      | 44                      | 48                      | 40                      |
| 16                                  | 48                      | 43                      | 59                      | 53                      | 66                      | 59                      | 62                      | 52                      |
| 25                                  | 63                      | 57                      | 79                      | 69                      | 83                      | 73                      | 80                      | 66                      |
| 35                                  | 77                      | 70                      | 98                      | 86                      | 103                     | 91                      | 96                      | 80                      |
| 50                                  | 93                      | 84                      | 118                     | 105                     | 125                     | 110                     | 113                     | 94                      |
| 70                                  | 118                     | 107                     | 150                     | 133                     | 160                     | 140                     | 140                     | 117                     |
| 95                                  | 142                     | 129                     | 181                     | 161                     | 195                     | 170                     | 166                     | 138                     |
| 120                                 | 164                     | 149                     | 210                     | 186                     | 226                     | 197                     | 189                     | 157                     |
| 150                                 | 189                     | 170                     | 241                     | 215                     | 261                     | 227                     | 213                     | 178                     |
| 185                                 | 215                     | 194                     | 274                     | 246                     | 298                     | 259                     | 240                     | 200                     |
| 240                                 | 252                     | 227                     | 323                     | 289                     | 352                     | 305                     | 277                     | 230                     |
| 300                                 | 289                     | 261                     | 361                     | 332                     | 406                     | 351                     | 313                     | 260                     |

Tabela 2.15 – Capacidade de condução de corrente em Ampéres, para maneiras de instalar A, B, C e D.  
 - Condutores e cabos isolados de XLPE ou EPR; cobre ou alumínio;  
 - Temperatura no condutor 90 °C;  
 - Temperatura ambiente: 30°C para instalação não enterrada e 20°C para instalação enterrada.

| Seções<br>Nominais<br>(mm <sup>2</sup> ) | A                             |                               | B                             |                               | C                             |                               | D                             |                               |
|--|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
|  | 2<br>condutores<br>carregados | 3<br>condutores<br>carregados | 2<br>condutores<br>carregados | 3<br>condutores<br>carregados | 2<br>condutores<br>carregados | 3<br>condutores<br>carregados | 2<br>condutores<br>carregados | 3<br>condutores<br>carregados |
| <b>Cobre</b>                             |                               |                               |                               |                               |                               |                               |                               |                               |
| 1,0                                      | 15                            | 13,5                          | 18                            | 16                            | 19                            | 17                            | 21                            | 17,5                          |
| 1,5                                      | 19                            | 17                            | 23                            | 20                            | 24                            | 22                            | 26                            | 22                            |
| 2,5                                      | 26                            | 23                            | 31                            | 27                            | 33                            | 30                            | 34                            | 29                            |
| 4  | 35                            | 31                            | 42                            | 37                            | 45                            | 40                            | 44                            | 37                            |
| 6  | 45                            | 40                            | 54                            | 48                            | 58                            | 52                            | 56                            | 46                            |
| 10                                       | 61                            | 54                            | 74                            | 66                            | 80                            | 71                            | 73                            | 61                            |
| 16                                       | 81                            | 73                            | 100                           | 89                            | 107                           | 96                            | 95                            | 79                            |
| 25                                       | 106                           | 95                            | 133                           | 117                           | 138                           | 119                           | 121                           | 101                           |
| 35                                       | 131                           | 117                           | 164                           | 144                           | 171                           | 147                           | 146                           | 122                           |
| 50                                       | 158                           | 141                           | 198                           | 175                           | 210                           | 179                           | 173                           | 144                           |
| 70                                       | 200                           | 179                           | 254                           | 222                           | 269                           | 229                           | 213                           | 178                           |
| 95                                       | 241                           | 216                           | 306                           | 269                           | 328                           | 278                           | 252                           | 211                           |
| 120                                      | 278                           | 249                           | 354                           | 312                           | 282                           | 322                           | 287                           | 240                           |
| 150                                      | 318                           | 285                           | 412                           | 367                           | 441                           | 371                           | 324                           | 271                           |
| 185                                      | 362                           | 324                           | 470                           | 418                           | 506                           | 424                           | 363                           | 304                           |
| 240                                      | 424                           | 380                           | 553                           | 492                           | 599                           | 500                           | 419                           | 351                           |
| 300                                      | 486                           | 435                           | 636                           | 565                           | 693                           | 576                           | 474                           | 396                           |
| <b>Alumínio</b>                          |                               |                               |                               |                               |                               |                               |                               |                               |
| 10                                       | 48                            | 43                            | 58                            | 52                            | 62                            | 57                            | 56                            | 47                            |
| 16                                       | 64                            | 58                            | 79                            | 71                            | 84                            | 76                            | 73                            | 61                            |
| 25                                       | 84                            | 76                            | 105                           | 93                            | 101                           | 90                            | 93                            | 78                            |
| 35                                       | 103                           | 94                            | 131                           | 116                           | 126                           | 112                           | 112                           | 94                            |
| 50                                       | 125                           | 113                           | 158                           | 140                           | 154                           | 136                           | 132                           | 112                           |
| 70                                       | 158                           | 142                           | 200                           | 179                           | 198                           | 174                           | 163                           | 138                           |
| 95                                       | 191                           | 171                           | 242                           | 216                           | 241                           | 211                           | 193                           | 164                           |
| 120                                      | 220                           | 197                           | 281                           | 250                           | 280                           | 245                           | 220                           | 186                           |
| 150                                      | 253                           | 226                           | 321                           | 286                           | 324                           | 238                           | 249                           | 210                           |
| 185                                      | 288                           | 256                           | 366                           | 327                           | 371                           | 323                           | 279                           | 236                           |
| 240                                      | 338                           | 300                           | 430                           | 384                           | 439                           | 382                           | 321                           | 272                           |
| 300                                      | 387                           | 345                           | 495                           | 442                           | 507                           | 440                           | 364                           | 308                           |

Tabela 2.16 – Capacidade de condução de corrente em Ampères, para maneiras de instalar E, F, e G.  
 - Condutores e cabos isolados de PVC; cobre ou alumínio;  
 - Temperatura no condutor 70 °C;  
 - Temperatura ambiente: 30°C.

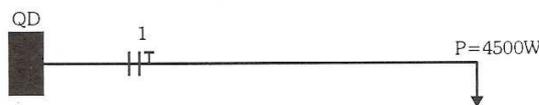
| Seções Nominais (mm <sup>2</sup> ) | Cabos Multipolares |                                 | Cabos Unipolares                       |   |   |     |     |
|------------------------------------|--------------------|---------------------------------|--|---|---|-----|-----|
|                                    | E                  | E                               | F                                      | F   | F   | G   | G   |
|                                    | Cabos bipolares    | Cabos Tripolares e Tetrapolares | 2 Cond. isolados ou 2 cabos unipolares | 3 Cond. isol. ou cabos unipolares em trifólio | 3 Condutores isolados ou 3 cabos unipolares |     |     |
|                                    |                    |                                 |  |   |   |     |     |
|                                    | 1                  | 2                               | 3                                      | 4   | 5   | 6   | 7   |
| <b>COBRE</b>                       |                    |                                 |  |   |   |     |     |
| 1,5                                | 22                 | 18,5                            | 23                                     | 19  | 19  | 26  | 22  |
| 2,5                                | 30                 | 25                              | 31                                     | 26  | 26  | 35  | 30  |
| 4                                  | 40                 | 34                              | 42                                     | 35  | 36  | 47  | 41  |
| 6                                  | 51                 | 43                              | 53                                     | 45  | 46  | 60  | 52  |
| 10                                 | 70                 | 60                              | 71                                     | 60  | 62  | 81  | 70  |
| 16                                 | 94                 | 80                              | 95                                     | 81  | 83  | 108 | 94  |
| 25                                 | 119                | 101                             | 131                                    | 110   | 114   | 146 | 130 |
| 35                                 | 148                | 126                             | 162                                    | 137   | 143   | 181 | 162 |
| 50                                 | 181                | 153                             | 196                                    | 167   | 174   | 219 | 197 |
| 70                                 | 232                | 196                             | 251                                    | 216   | 225   | 281 | 254 |
| 95                                 | 282                | 238                             | 304                                    | 364   | 275   | 341 | 311 |
| 120                                | 328                | 276                             | 352                                    | 307   | 320   | 396 | 362 |
| 150                                | 379                | 319                             | 406                                    | 356   | 371   | 456 | 419 |
| 185                                | 434                | 364                             | 463                                    | 407   | 426   | 521 | 480 |
| 240                                | 513                | 430                             | 546                                    | 482   | 504   | 615 | 569 |
| 300                                | 594                | 497                             | 629                                    | 556   | 582   | 709 | 659 |
| <b>ALUMÍNIO</b>                    |                    |                                 |  |   |   |     |     |
| 10                                 | 54                 | 45                              | 54                                     | 46  | 47  | 62  | 54  |
| 54                                 | 73                 | 61                              | 73                                     | 62  | 65  | 84  | 73  |
| 25                                 | 89                 | 78                              | 98                                     | 84  | 87  | 112 | 99  |
| 35                                 | 111                | 96                              | 122                                    | 105   | 109   | 139 | 124 |
| 50                                 | 135                | 117                             | 149                                    | 128   | 133   | 169 | 152 |
| 70                                 | 173                | 150                             | 192                                    | 166   | 173   | 217 | 196 |
| 95                                 | 210                | 182                             | 253                                    | 203   | 212   | 265 | 241 |
| 120                                | 244                | 212                             | 273                                    | 237   | 247   | 308 | 282 |
| 150                                | 282                | 245                             | 316                                    | 274   | 287   | 356 | 326 |
| 185                                | 322                | 280                             | 363                                    | 315   | 330   | 407 | 376 |
| 240                                | 380                | 330                             | 430                                    | 375   | 392   | 482 | 447 |
| 300                                | 439                | 381                             | 497                                    | 434   | 455   | 557 | 519 |

Tabela 2.17 – Capacidade de condução de corrente em Ampères, para maneiras de instalar E, F, e G.  
 - Condutores e cabos isolados de EPR ou XLPE; cobre ou alumínio;  
 - Temperatura no condutor 90 °C;  
 - Temperatura ambiente: 30°C.

| Seções Nominais (mm <sup>2</sup> ) | Cabos Multipolares |                                 | Cabos Unipolares                       |   |   |     |     |
|------------------------------------|--------------------|---------------------------------|--|---|---|-----|-----|
|                                    | E                  | E                               | F                                      | F   | F   | G   | G   |
|                                    | Cabos bipolares    | Cabos Tripolares e Tetrapolares | 2 Cond. isolados ou 2 cabos unipolares | 3 Cond. isol. ou cabos unipolares em trifólio | 3 Condutores isolados ou 3 cabos unipolares |     |     |
|                                    |                    |                                 |  |   |   |     |     |
|                                    | 1                  | 2                               | 3                                      | 4   | 5   | 6   | 7   |
| <b>COBRE</b>                       |                    |                                 |  |   |   |     |     |
| 1,5                                | 26                 | 23                              | 27                                     | 21  | 22  | 30  | 25  |
| 2,5                                | 36                 | 32                              | 37                                     | 29  | 31  | 41  | 35  |
| 4                                  | 49                 | 42                              | 50                                     | 40  | 42  | 56  | 48  |
| 6                                  | 63                 | 54                              | 65                                     | 52  | 55  | 73  | 63  |
| 10                                 | 86                 | 75                              | 90                                     | 74  | 77  | 101 | 88  |
| 16                                 | 115                | 100                             | 121                                    | 101   | 105   | 137 | 120 |
| 25                                 | 149                | 127                             | 161                                    | 135   | 141   | 182 | 161 |
| 35                                 | 185                | 157                             | 200                                    | 169   | 176   | 226 | 201 |
| 50                                 | 225                | 192                             | 242                                    | 207   | 215   | 275 | 246 |
| 70                                 | 289                | 246                             | 310                                    | 268   | 279   | 353 | 318 |
| 95                                 | 352                | 298                             | 377                                    | 328   | 341   | 430 | 389 |
| 120                                | 410                | 346                             | 437                                    | 382   | 395   | 500 | 454 |
| 150                                | 473                | 399                             | 504                                    | 443   | 462   | 577 | 527 |
| 185                                | 542                | 456                             | 575                                    | 509   | 531   | 661 | 605 |
| 240                                | 641                | 538                             | 679                                    | 604   | 631   | 781 | 719 |
| 300                                | 741                | 620                             | 783                                    | 699   | 731   | 902 | 833 |
| <b>ALUMÍNIO</b>                    |                    |                                 |  |   |   |     |     |
| 10                                 | 67                 | 58                              | 66                                     | 56  | 58  | 75  | 65  |
| 16                                 | 91                 | 77                              | 90                                     | 76  | 79  | 103 | 80  |
| 25                                 | 108                | 97                              | 121                                    | 103   | 107   | 138 | 122 |
| 35                                 | 135                | 120                             | 150                                    | 129   | 135   | 172 | 153 |
| 50                                 | 164                | 147                             | 184                                    | 159   | 165   | 310 | 188 |
| 70                                 | 211                | 187                             | 237                                    | 209   | 215   | 351 | 246 |
| 95                                 | 257                | 227                             | 289                                    | 253   | 264   | 332 | 300 |
| 120                                | 300                | 263                             | 337                                    | 296   | 308   | 387 | 351 |
| 150                                | 346                | 302                             | 389                                    | 343   | 358   | 448 | 408 |
| 185                                | 397                | 346                             | 447                                    | 395   | 413   | 515 | 470 |
| 240                                | 470                | 409                             | 530                                    | 471   | 492   | 611 | 561 |
| 300                                | 543                | 471                             | 613                                    | 547   | 571   | 708 | 652 |

Exemplos:

(1) Dimensionar os condutores para um circuito terminal (F-F) de um chuveiro elétrico, dados:  $P_n = 4500 \text{ W}$ ;  $V = 220 \text{ V}$ ; condutores de isolamento PVC; eletroduto de PVC embutido em alvenaria; temperatura ambiente de  $30 \text{ }^\circ\text{C}$ .

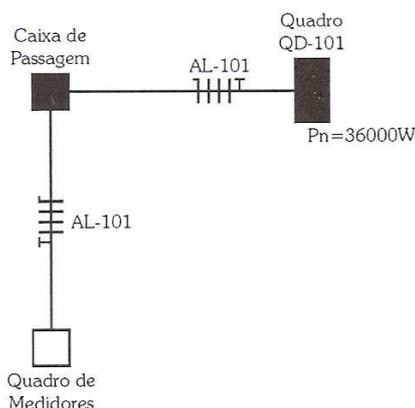


*Solução:*

1. Tipo de isolamento: PVC
2. Maneira de instalar: B5
3. Corrente de projeto:  $I_p = 4500/220.1.1 \Rightarrow 20,45 \text{ A}$
4. Número de condutores carregados: 2

**Entrando com estes dados na coluna B, 2 c.c., da Tabela 2.14, teremos o valor de 24 A (por excesso) que corresponde ao condutor de cobre de bitola  $2,5 \text{ mm}^2$ .**

(2) Dimensionar os condutores para um circuito alimentador trifásico equilibrado de um quadro de distribuição de uma instalação de iluminação industrial, dados:  $P_n = 36000 \text{ W}$  (iluminação fluorescente);  $V = 220 \text{ V}$ ;  $f. p. = 0,90$  e rendimento de  $0,92$ ; condutores com isolamento de polietileno reticulado; condutores unipolares instalados em canaleta fechada; temperatura ambiente de  $30 \text{ }^\circ\text{C}$ .



*Solução:*

1. Tipo de isolamento: XLPE
2. Maneira de instalar: D3
3. Corrente de projeto:  $I_p = \frac{36000}{\sqrt{3} * 220 * 0,90 * 0,92} = 114,10 \text{ A}$
4. Número de condutores carregados: 3

**Entrando com estes dados na coluna D, 3 c.c., da Tabela 2.15, teremos o valor de 122 A (por excesso) que corresponde ao condutor de cobre de bitola  $35 \text{ mm}^2$ .**

## 6. Fatores de Correção para o Dimensionamento dos Condutores

Ao efetuarmos o dimensionamento dos condutores, será necessário aplicar fatores de correção, de forma a adequar cada caso específico às condições para as quais foram

elaboradas as tabelas de capacidade de condução de corrente. São, basicamente, duas as correções a fazer, correspondendo a cada uma delas um fator de correção:

**Fator de Correção de Temperatura FCT:** Aplicável para temperaturas ambientes diferentes de 30 °C para cabos não enterrados e diferentes de 20 °C (temperatura do solo) para cabos enterrados.

Tabela 2.18 – Fatores de correção de temperatura (FCT) para temperaturas ambientes diferentes de 30 °C para cabos não enterrados e de 20 °C (temperatura do solo) para cabos enterrados.

| Temperatura °C | ISOLAÇÃO |             |         |             |
|----------------|----------|-------------|---------|-------------|
|                | PVC      | EPR ou XLPE | PVC     | EPR ou XLPE |
|                | Ambiente |             | do Solo |             |
| 10             | 1,22     | 1,15        | 1,10    | 1,07        |
| 15             | 1,17     | 1,12        | 1,05    | 1,04        |
| 20             | 1,12     | 1,08        | 1,00    | 1,00        |
| 25             | 1,06     | 1,04        | 0,95    | 0,96        |
| 30             | 1,00     | 1,00        | 0,89    | 0,93        |
| 35             | 0,94     | 0,96        | 0,84    | 0,89        |
| 40             | 0,87     | 0,91        | 0,77    | 0,85        |
| 45             | 0,79     | 0,87        | 0,71    | 0,80        |
| 50             | 0,71     | 0,82        | 0,63    | 0,76        |
| 55             | 0,61     | 0,76        | 0,55    | 0,71        |
| 60             | 0,50     | 0,71        | 0,45    | 0,65        |
| 65             | -        | 0,65        | -       | 0,60        |
| 70             | -        | 0,58        | -       | 0,53        |
| 75             | -        | 0,50        | -       | 0,46        |
| 80             | -        | 0,41        | -       | 0,38        |

**Fator de Correção de Agrupamento FCA:** Aplicável para circuitos que estejam instalados em conjunto com outros circuitos em um mesmo eletroduto, calha, bloco alveolado, bandeja, agrupados sobre uma superfície, ou ainda para cabos em eletrodutos enterrados, ou cabos diretamente enterrados no solo.

A Fig. 2.26 e Fig. 2.27 apresentam os desenhos esquemáticos das diversas maneiras de instalar às quais aplicam-se os fatores de correção citados.

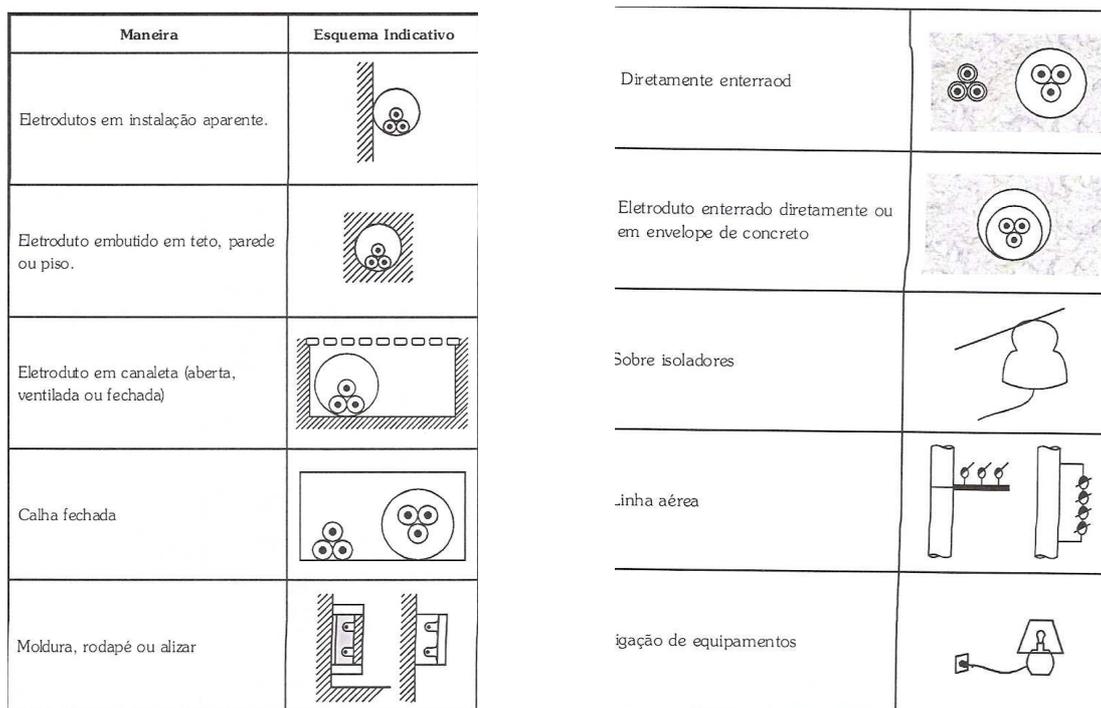


Fig. 2.26 Esquemas indicativos de maneiras de instalação.

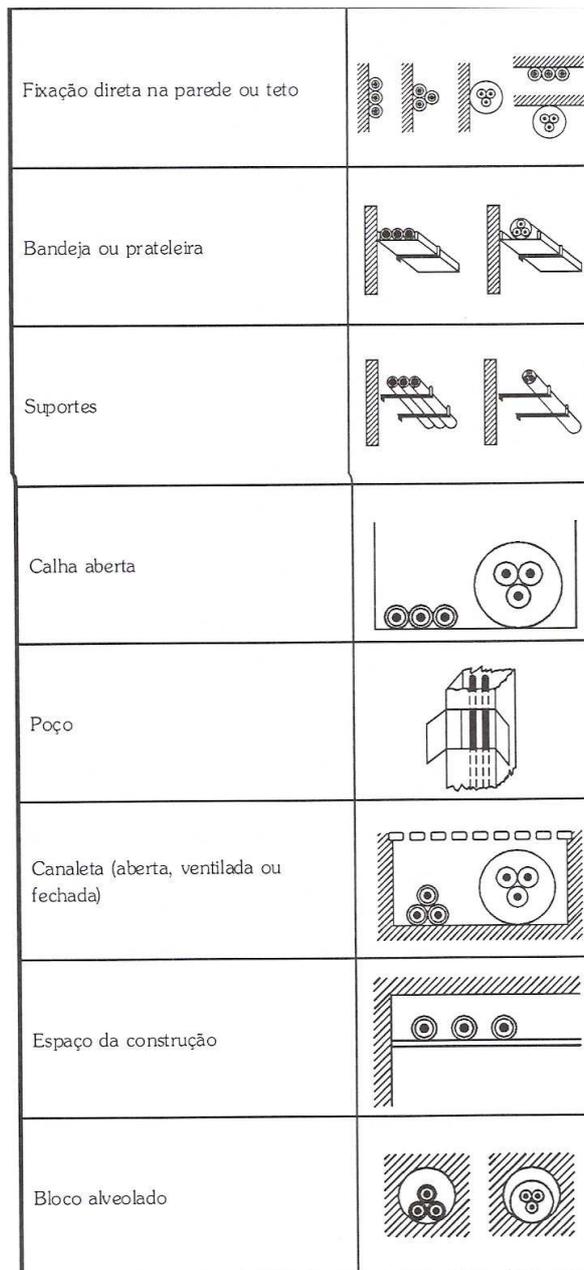


Fig. 2.27 Esquemas indicativos de maneiras de instalação.

As tabelas apresentadas a seguir fornecem os valores do Fator de Correção de Agrupamento (FCA) aplicáveis às diversas situações do projeto.

Tabela 2.19 – Fatores de correção para agrupamento (FCA) de mais de um circuito ou mais de um cabo multipolar instalados em eletroduto ou calha ou bloco alveolado ou agrupados sobre uma superfície.

| Disposição dos Cabos   |           | Fatores de Correção                       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|--|-----------|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|  |           | Número de Circuitos ou Cabos Multipolares |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|  |           | 1   | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 12   | 14   | ≥16  |
| Agrupados sobre uma superfície ou contidos em eletroduto, calha ou bloco alveolado |           | 1   | 0,8  | 0,7  | 0,65 | 0,6  | 0,55 | 0,55 | 0,5  | 0,5  | 0,5  | 0,45 | 0,45 | 0,4  |
| Camada única em parede ou piso   | Contíguos | 1   | 0,85 | 0,8  | 0,75 | 0,75 | 0,7  | 0,7  | 0,7  | 0,7  | 0,7  | 0,7  | 0,7  | 0,65 |
|  | Espaçados | 1   | 0,95 | 0,9  | 0,9  | 0,9  | 0,9  | 0,9  | 0,9  | 0,9  | 0,9  | 0,9  | 0,9  | 0,9  |
| Camada única ou teto   | Contíguos | 0,95                                      | 0,8  | 0,7  | 0,7  | 0,65 | 0,65 | 0,65 | 0,6  | 0,6  | 0,6  | 0,6  | 0,6  | 0,55 |
|  | Espaçados | 0,95                                      | 0,85 | 0,85 | 0,85 | 0,85 | 0,85 | 0,85 | 0,85 | 0,85 | 0,85 | 0,85 | 0,85 | 0,85 |

**Notas:**

- a) Esses fatores são aplicáveis a grupos uniformes de cabos, uniformemente carregados.
- b) Quando a distância horizontal entre cabos adjacentes for superior ao dobro de seu diâmetro externo, não é necessário aplicar nenhum fator redutor.
- c) A indicação **espaçados** significa igual a um diâmetro externo entre superfícies adjacentes.
- d) Os mesmos fatores de correção são aplicáveis a: (i) grupos de 2 ou 3 condutores isolados ou cabos unipolares; (ii) cabos multipolares.
- e) Se um sistema é constituído tanto de cabos bipolares como de cabos tripolares, o número total de cabos é aplicado às tabelas de 2 condutores carregados, para os cabos bipolares, e às tabelas de 3 condutores carregados, para os cabos tripolares.
- f) Se um agrupamento consiste de N condutores isolados ou cabos unipolares, podem-se considerar tanto N/2 circuitos com 2 condutores carregados, como N/3 circuitos com 3 condutores carregados.
- g) Os valores indicados são médios para faixa usual de seções nominais e para as maneiras de instalar indicadas na Tabela 2.13.

Tabela 2.20 – Fatores de correção para agrupamento (FCA) para mais de um circuito – cabos unipolares ou cabos multipolares ou cabos diretamente enterrados (maneiras de instalar D da Tabela 2.13).

| Número de Circuitos | Distância entre cabos (A) (a) |                    |        |       |      |
|---------------------|-------------------------------|--------------------|--------|-------|------|
|                     | Nula                          | 1 Diâmetro de cabo | 0,125m | 0,25m | 0,5m |
| 2                   | 0,75                          | 0,80               | 0,85   | 0,90  | 0,90 |
| 3                   | 0,65                          | 0,70               | 0,75   | 0,80  | 0,85 |
| 4                   | 0,60                          | 0,60               | 0,70   | 0,75  | 0,80 |
| 5                   | 0,55                          | 0,55               | 0,65   | 0,70  | 0,80 |
| 6                   | 0,50                          | 0,55               | 0,60   | 0,70  | 0,80 |

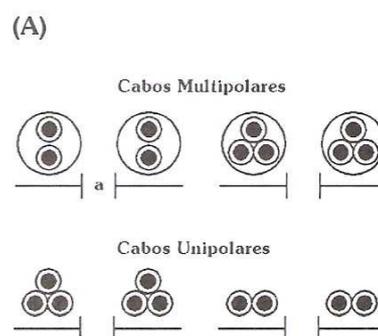
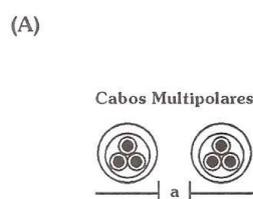


Tabela 2.21 – Fatores de correção para agrupamento (FCA) para mais de um circuito – cabos em eletrodutos diretamente enterrados.

a) Cabos multipolares em eletrodutos; 1 cabo por eletroduto.

| Número de Circuitos | Espaçamento entre Dutos (A) (a) |       |      |      |
|---------------------|---------------------------------|-------|------|------|
|                     | Nulo                            | 0,25m | 0,5m | 1,0m |
| 2                   | 0,85                            | 0,90  | 0,95 | 0,95 |
| 3                   | 0,75                            | 0,85  | 0,90 | 0,95 |
| 4                   | 0,70                            | 0,80  | 0,85 | 0,90 |
| 5                   | 0,65                            | 0,80  | 0,85 | 0,90 |
| 6                   | 0,60                            | 0,80  | 0,80 | 0,90 |



b) Condutores isolados ou cabos unipolares em eletrodutos;

| Número de Circuitos (2 ou 3 cabos) | Espaçamento entre Dutos (A) (a) |       |      |      |
|------------------------------------|---------------------------------|-------|------|------|
|                                    | Nulo                            | 0,25m | 0,5m | 1,0m |
| 2                                  | 0,80                            | 0,90  | 0,90 | 0,95 |
| 3                                  | 0,70                            | 0,80  | 0,85 | 0,90 |
| 4                                  | 0,65                            | 0,75  | 0,80 | 0,90 |
| 5                                  | 0,60                            | 0,70  | 0,80 | 0,90 |
| 6                                  | 0,60                            | 0,70  | 0,80 | 0,90 |

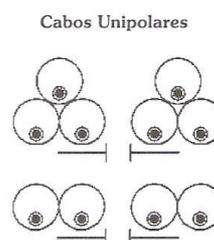


Tabela 2.22 – Fatores de correção para agrupamento (FCA) para mais de cabo multipolar em bandeja, prateleira ou suporte.

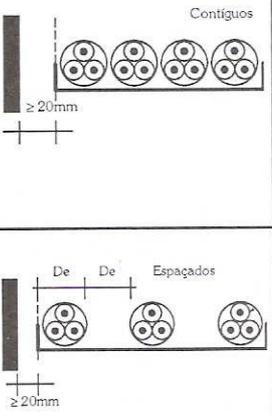
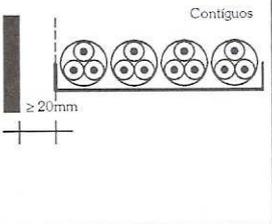
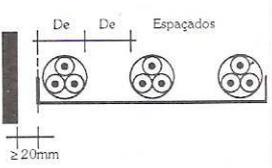
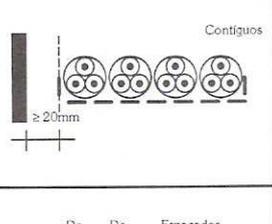
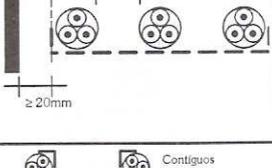
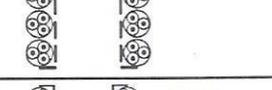
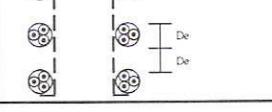
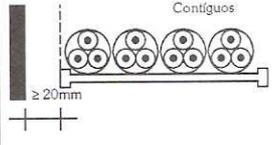
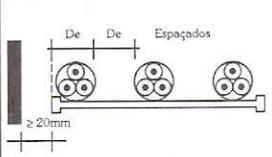
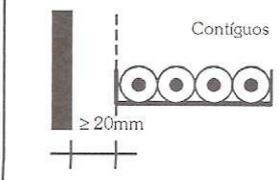
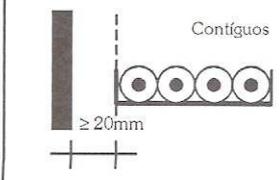
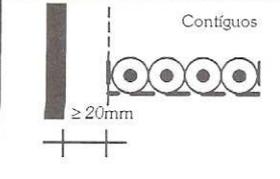
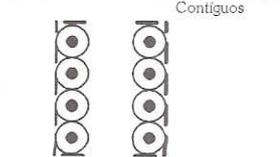
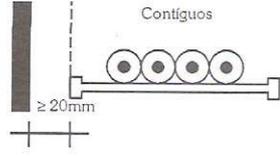
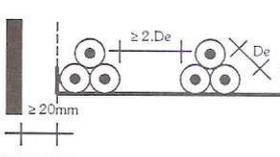
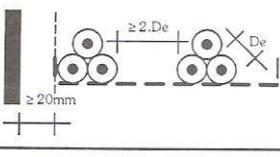
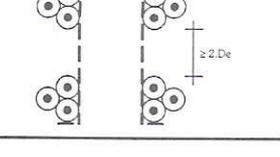
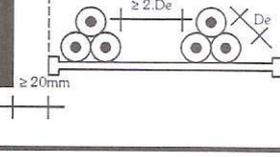
|  |   |    | Nº de bandejas, prateleiras ou camadas de suportes | Número de Cabos |      |      |      |      |      |
|--|---|---|--|-----------------|------|------|------|------|------|
|  |   |   |  | 1               | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    |
| Bandejas não perfuradas ou prateleiras | H |    | 1  | 0,95            | 0,85 | 0,8  | 0,75 | 0,7  | 0,7  |
|  |   |   | 2  | 0,95            | 0,85 | 0,75 | 0,75 | 0,7  | 0,65 |
|  |   |   | 3  | 0,95            | 0,85 | 0,75 | 0,7  | 0,65 | 0,6  |
|  | H |    | 1  | 1               | 0,95 | 0,95 | 0,95 | 0,9  | -    |
|  |   |   | 2  | 0,95            | 0,95 | 0,9  | 0,9  | 0,85 | -    |
|  |   |   | 3  | 0,95            | 0,95 | 0,9  | 0,9  | 0,85 | -    |
| Bandejas Perfuradas                    | J |   | 1  | 1               | 0,9  | 0,8  | 0,8  | 0,75 | 0,75 |
|  |   |   | 2  | 1               | 0,85 | 0,8  | 0,75 | 0,75 | 0,7  |
|  |   |   | 3  | 1               | 0,85 | 0,8  | 0,75 | 0,7  | 0,65 |
|  | J |  | 1  | 1               | 1    | 0,95 | 0,9  | -    |      |
|  |   |   | 2  | 1               | 1    | 0,95 | 0,9  | 0,85 | -    |
|  |   |   | 3  | 1               | 1    | 0,95 | 0,9  | 0,85 | -    |
| Bandejas Verticais Perfuradas          | K |  | 1  | 1               | 0,9  | 0,8  | 0,75 | 0,75 | 0,7  |
|  |   |   | 2  | 1               | 0,9  | 0,8  | 0,75 | 0,7  | 0,7  |
|  | K |  | 1  | 1               | 0,9  | 0,9  | 0,9  | 0,85 | -    |
|  |   |   | 2  | 1               | 0,9  | 0,9  | 0,85 | 0,85 | -    |
| Escadas para Cubos ou Suportes         | L |  | 1  | 1               | 0,85 | 0,8  | 0,8  | 0,8  | 0,8  |
|  |   |   | 2  | 1               | 0,85 | 0,8  | 0,8  | 0,75 | 0,75 |
|  |   |   | 3  | 1               | 0,85 | 0,8  | 0,75 | 0,75 | 0,7  |
|  | L |  | 1  | 1               | 1    | 1    | 1    | -    |      |
|  |   |   | 2  | 1               | 1    | 1    | 0,95 | 0,95 | -    |
|  |   |   | 3  | 1               | 1    | 1    | 0,95 | 0,95 | -    |

Tabela 2.23 – Fatores de correção para agrupamento (FCA) de mais de um circuito com cabos unipolares em bandeja, prateleira ou suporte.

|  |   |    | Nº de bandejas, prateleiras ou camadas de suportes | Número de Circuitos Trifásicos |      |      | Usar como multiplicador para:                   |
|--|---|---|--|--------------------------------|------|------|---|
|  |   |   |  | 1                              | 2    | 3    |   |
| Bandejas não perfuradas ou prateleiras | M |    | 1  | 0,95                           | 0,9  | 0,85 | Coluna 5<br>Tabelas 04 e 05<br>da NBR - 5410/90 |
|  |   |   | 2  | 0,92                           | 0,85 | 0,8  |   |
|  |   |   | 3  | 0,9                            | 0,8  | 0,75 |   |
| Bandejas Perfuradas                    | N |    | 1  | 0,95                           | 0,9  | 0,85 | Idem  |
|  |   |   | 2  | 0,95                           | 0,85 | 0,8  |   |
|  |   |   | 3  | 0,9                            | 0,85 | 0,8  |   |
| Bandejas perfuradas na vertical        | P |    | 1  | 0,95                           | 0,85 | -    | Idem  |
|  |   |   | 2  | 0,9                            | 0,85 | -    |   |
| Escadas para cabos ou suportes         | Q |   | 1  | 1                              | 0,95 | 0,95 | Idem  |
|  |   |   | 2  | 0,95                           | 0,9  | 0,9  |   |
|  |   |   | 3  | 0,95                           | 0,9  | 0,85 |   |
| Bandejas não perfuradas ou prateleiras | M |  | 1  | 1                              | 0,95 | 0,95 | Idem  |
|  |   |   | 2  | 0,95                           | 0,9  | 0,85 |   |
|  |   |   | 3  | 0,95                           | 0,9  | 0,85 |   |
| Bandejas perfuradas                    | N |  | 1  | 1                              | 1    | 0,95 | Idem  |
|  |   |   | 2  | 0,95                           | 0,95 | 0,9  |   |
|  |   |   | 3  | 0,95                           | 0,9  | 0,85 |   |
| Bandejas perfuradas na vertical        | P |  | 1  | 1                              | 0,9  | 0,9  | Idem  |
|  |   |   | 2  | 1                              | 0,9  | 0,85 |   |
| Escadas para cabos ou suportes         | Q |  | 1  | 1                              | 1    | 1    | Idem  |
|  |   |   | 2  | 0,95                           | 0,95 | 0,95 |   |
|  |   |   | 3  | 0,95                           | 0,95 | 0,9  |   |

### 7. Corrente Corrigida

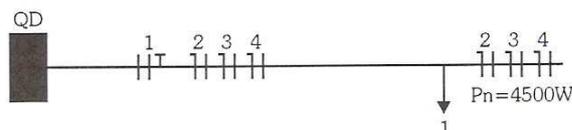
É um valor fictício da corrente do circuito, obtida pela aplicação dos fatores de correção FCT e FCA à corrente de projeto.

Como o valor da corrente corrigida calculado pela expressão abaixo, entramos nas tabelas de dimensionamento para determinar a bitola do condutor.

$$I'_p = \frac{I_p}{FCT \cdot FCA}$$

### Exemplos:

(1) Consideremos, agora, que o circuito terminal do chuveiro do exemplo 1 do item 5 anterior, esteja instalado em um eletroduto, no qual, em certo trecho, também contenha mais três circuitos monofásicos (F-N). Determine qual será a nova bitola do condutor do circuito que alimenta o chuveiro.



### Solução:

1. Tipo de isolamento: PVC
2. Maneira de instalar: B5
3. Corrente de projeto:  $I_p = 4500/220.1.1 \Rightarrow 20,45 \text{ A}$

Fator de Correção de Temperatura:  $FCT = 1,00$

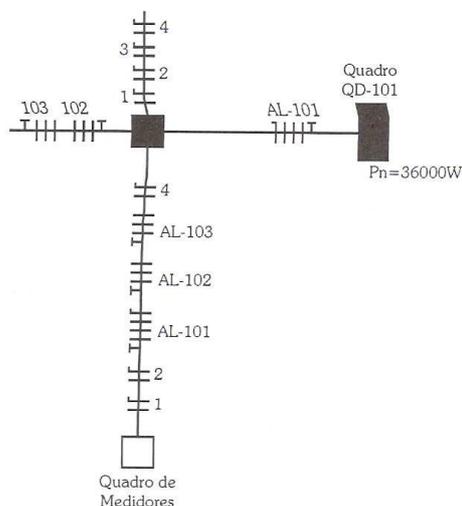
Fator de Correção de Agrupamento: Neste caso, temos quatro circuitos com dois condutores carregados um ( $8/2 = 4$ ). Então, na tabela Tabela 2.19, para quatro circuitos contidos em eletroduto, encontramos o valor de  $FCA = 0,65$ .

Corrente corrigida:  $20,45/1,00 * 0,65 = 31,46 \text{ A}$

4. Número de condutores carregados: 2

**Entrando com estes dados na coluna B, 2 c.c., da Tabela 2.14, teremos o valor de 32 A (por excesso) que corresponde ao condutor de cobre de bitola  $4 \text{ mm}^2$ .**

(2) Tomemos, agora, o circuito alimentador do exemplo 2 do item 5 anterior. Consideremos que a temperatura ambiente seja de  $35 \text{ }^\circ\text{C}$  e que na mesma calha estejam passando outros circuitos, conforme ilustrado na figura abaixo. Determine a nova seção do alimentador do exemplo anterior.



*Solução:*

1. *Tipo de isolamento: XLPE*
2. *Maneira de instalar: D3*
3. *Corrente de projeto:* 
$$I_p = \frac{36000}{\sqrt{3} * 220 * 0,90 * 0,92} = 114,10 \text{ A}$$

*Fator de correção de temperatura: entramos na Tabela 2.18 com isolamento XLPE e temperatura de 35 °C e encontramos FCT = 0,96.*

*Fator de correção de agrupamento: ao todo teremos 15 condutores carregados, equivalentes a 15/3 = 5 circuitos com três condutores carregados (os PE não são considerados). A Tabela 2.19 fornecerá o valor de FCA = 0,60.*

*Corrente corrigida: 114,10/0,96\*0,60 = 191,21 A*

4. *Número de condutores carregados: 3*

***Entrando com estes dados na coluna D, 3 c.c., da Tabela 2.15, teremos o valor de 211 A (por excesso) que corresponde ao condutor de cobre de bitola 95 mm<sup>2</sup>.***

### 2.9.6.3. Critério do Limite de Queda de Tensão

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

Os efeitos de uma queda de tensão acentuada nos circuitos alimentadores e terminais de uma instalação levarão os equipamentos a receber em seus terminais, uma tensão inferior aos valores nominais. Isto é prejudicial ao desempenho dos equipamentos, que além de não funcionarem satisfatoriamente (redução de iluminância em circuitos de iluminação, redução de torque ou impossibilidade de partida de motores etc.) poderão ter sua vida útil reduzida.

A queda de tensão em uma instalação, considerada desde a origem da mesma até o último ponto de utilização de qualquer circuito terminal, deverá estar dentro dos limites prefixados pela Tabela 2.24. A referida tabela fixa os valores percentuais máximos admissíveis para a queda de tensão, em função do valor da tensão nominal, para os diversos tipos de instalação e cargas.

Notas:

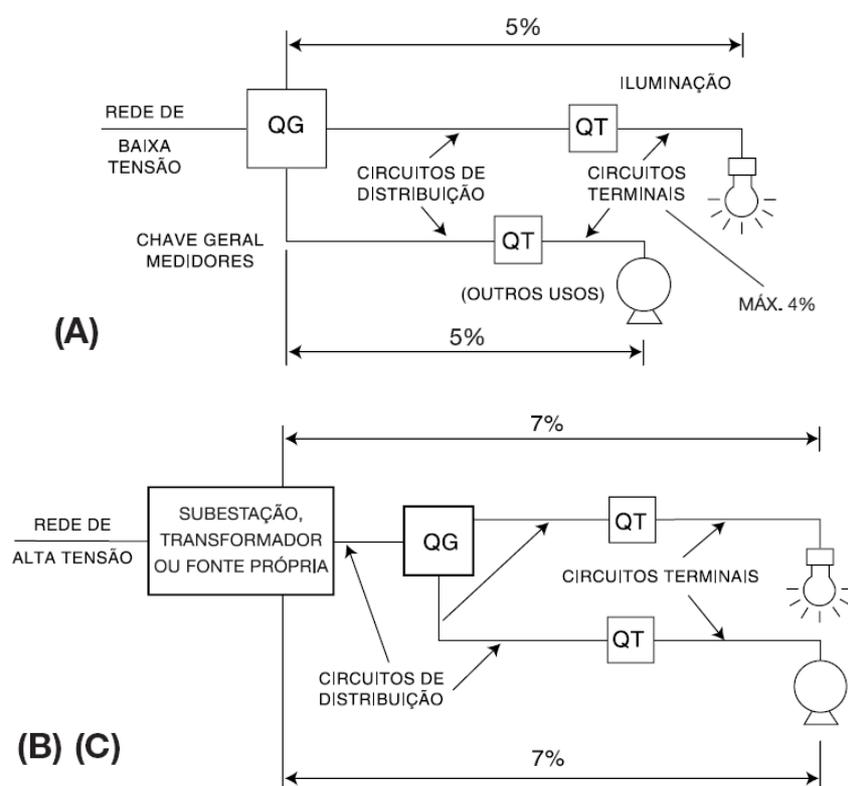
1. Nos casos B e C, as quedas de tensão nos circuitos terminais não devem ser superiores aos valores indicados em A;
2. Nos casos B e C, quando as linhas principais de instalação tiverem um comprimento superior a 100 m, as quedas de tensão podem ser aumentadas de 0,005 % por metro de linha superior a 100m, sem que, no entanto, essa suplementação seja superior a 0,5 %.
3. Quedas de tensão maiores que as da tabela acima, são permitidas para equipamentos com corrente de partida elevada, durante o período de partida, desde que dentro dos limites permitidos em suas normas respectivas.

Tabela 2.24 – Limites de queda de tensão.

|   |   | Valor máximo |
|---|---|--------------|
| A | Calculados a partir dos terminais secundários do transformador MT/BT, no caso de transformador próprio.   | 7%           |
| B | Calculados a partir dos terminais secundários do transformador MT/BT, da empresa distribuidora de eletricidade quando o ponto de entrega for aí localizado. | 7%           |
| C | Calculados a partir do ponto de entrega, nos demais casos com fornecimento em tensão secundária de distribuição.  | 5%           |
| D | Calculados a partir dos terminais de saída do gerador, no caso de grupo gerador próprio.  | 7%           |

(\*) De acordo com 6.2.7 da NBR 5410/2004.

A NBR-5410/90 estabelece o limite máximo de 7% para queda de tensão, em instalações que tenham subestação ou transformador próprio. Este valor é tomado desde a origem da instalação (transformador) até o final do circuito terminal (carga). Muitas vezes as concessionárias estabelecem limites mais rigorosos.



Notas:

(A) Em nenhum caso a queda de tensão nos circuitos terminais pode ser superior a 4%;

(B) Nos casos A, B e D, quando as linhas principais da instalação tiverem um comprimento superior a 100 m, as quedas de tensão podem ser aumentadas de 0,005% por metro de linha superior a 100 m, sem que, no entanto, essa suplementação seja superior a 0,5%.

### Roteiro para Dimensionamento pela Queda de Tensão

O roteiro descrito a seguir, determinará a seção nominal dos condutores Fase. O condutor Neutro e o condutor de Proteção (PE) serão determinados em função dos condutores fase.

#### 1. Dados Necessários:

- Maneira de instalar do circuito;
- Material do eletroduto (magnético ou não-magnético);
- Tipo do circuito (monofásico ou trifásico);
- Corrente de projeto em ampères;
- Fator de potência médio do circuito;
- Comprimento do circuito em quilômetros;
- Tipo de isolamento do condutor;
- Tensão do circuito em volts;
- Queda de tensão admissível.

## 2. Cálculo da Queda de Tensão Unitária:

A queda de tensão unitária, em volts/ampère\*km, do circuito é calculada pela expressão:

$$\Delta V_{unit} = \frac{e(\%) \cdot V}{I_p \cdot l}$$

## 3. Escolha do Condutor:

Com o valor da queda de tensão unitária calculado, entramos em uma das tabelas de queda de tensão para condutores que apresente as condições de instalação indicadas no item 1, e nesta encontramos o valor cuja queda de tensão seja igual ou imediatamente inferior à queda calculada, encontrando daí a bitola nominal do condutor correspondente.

Notas:

1. O processo de cálculo indicado acima é usado para circuitos de distribuição e para circuitos terminais que servem a uma única carga, sendo  $l$  o comprimento do circuito, desde a origem até a carga (ou ao quadro de distribuição).
2. Em circuitos com várias cargas distribuídas, teremos que calcular a queda de tensão trecho a trecho, ou aplicar o Método Simplificado Watts\*metros, conforme veremos adiante.

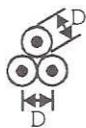
Tabela 2.25 – Queda de tensão unitária, em Volts/Ampère\*km, condutores com isolamento de PVC.

| Seção Nominal (mm <sup>2</sup> ) | Eletroduto e calha fechada (material magnético) a) | Eletroduto, calha fechada, bloco alveolado (material não magnético) | Instalação ao ar livre c) |      |          |      |          |      |                   |      |          |      |          |      | Cabo Chumbo BWF              |      |                   |      |      |      |      |      |      |      |   |   |   |   |
|----------------------------------|--|---|---------------------------|------|----------|------|----------|------|-------------------|------|----------|------|----------|------|------------------------------|------|-------------------|------|------|------|------|------|------|------|---|---|---|---|
|                                  |  |   | Cabos unipolares d)       |      |          |      |          |      | Sistema trifásico |      |          |      |          |      | Cabo Chumbo BWF 2 condutores |      | Sistema trifásico |      |      |      |      |      |      |      |   |   |   |   |
|                                  |  |   | Sistema monofásico        |      | S = 20cm |      | S = 10cm |      | S = 20cm          |      | S = 10cm |      | S = 20cm |      | S = 10cm                     |      | F.P.              | F.P. |      |      |      |      |      |      |   |   |   |   |
|                                  |  |   | F.P.                      | F.P. | F.P.     | F.P. | F.P.     | F.P. | F.P.              | F.P. | F.P.     | F.P. | F.P.     | F.P. | F.P.                         | F.P. | F.P.              | F.P. |      |      |      |      |      |      |   |   |   |   |
| 1,5                              | 23   | 27,4  | 23,3                      | 27,6 | 20,2     | 23,9 | 27,8     | 23,4 | 27,6              | 20,5 | 24,1     | 20,3 | 23,9     | 20,2 | 23,9                         | 27,6 | 20,2              | 23,9 | 23,3 | 27,6 | 20,8 | 24,2 |      |      |   |   |   |   |
| 2,5                              | 14   | 16,8  | 14,3                      | 16,9 | 12,4     | 14,7 | 17,1     | 14,4 | 17                | 12,7 | 14,8     | 12,5 | 14,7     | 12,4 | 14,7                         | 14,3 | 16,9              | 12,4 | 14,7 | 14,3 | 16,9 | 12,9 | 14,9 |      |   |   |   |   |
| 4                                | 9  | 10,5  | 8,96                      | 10,6 | 7,79     | 9,15 | 10,7     | 9,35 | 10,6              | 8,02 | 9,27     | 8,08 | 9,3      | 7,86 | 9,19                         | 7,79 | 9,15              | 7,79 | 9,15 | 8,96 | 10,6 | 7,76 | 9,14 | 8,96 |   |   |   |   |
| 6                                | 5,87   | 7   | 6,03                      | 7,07 | 5,25     | 6,14 | 6,3      | 7,18 | 6,41              | 7,18 | 6,11     | 7,09 | 5,47     | 6,25 | 5,32                         | 6,17 | 5,25              | 6,14 | 6,03 | 7,07 | 5,22 | 6,12 | 6,02 | 7,07 |   |   |   |   |
| 10                               | 3,54   | 4,2   | 3,63                      | 4,23 | 3,17     | 3,67 | 3,88     | 4,35 | 3,95              | 4,36 | 3,71     | 4,26 | 3,38     | 3,79 | 3,44                         | 3,81 | 3,24              | 3,71 | 3,63 | 4,23 | 3,14 | 3,66 | -    | -    | - |   |   |   |
| 16                               | 2,27   | 2,7   | 2,32                      | 2,68 | 2,03     | 2,33 | 2,56     | 2,79 | 2,64              | 2,82 | 2,4      | 2,72 | 2,42     | 2,44 | 2,29                         | 2,47 | 2,1               | 2,37 | 2,03 | 2,32 | 2,68 | 2,01 | 2,32 | -    | - | - |   |   |
| 25                               | 1,5  | 1,72  | 1,51                      | 1,71 | 1,33     | 1,49 | 1,73     | 1,83 | 1,8               | 1,86 | 1,59     | 1,76 | 1,52     | 1,6  | 1,57                         | 1,62 | 1,4               | 1,53 | 1,33 | 1,49 | 1,51 | 1,71 | 1,31 | 1,48 | - | - | - |   |
| 35                               | 1,12   | 1,25  | 1,12                      | 1,25 | 0,98     | 1,09 | 1,33     | 1,36 | 1,39              | 1,39 | 1,39     | 1,2  | 1,29     | 1,17 | 1,19                         | 1,22 | 1,06              | 1,13 | 0,98 | 1,12 | 1,25 | 0,97 | 1,08 | -    | - | - | - |   |
| 50                               | 0,86   | 0,95  | 0,85                      | 0,94 | 0,76     | 0,82 | 1,05     | 1,04 | 1,12              | 1,08 | 0,93     | 0,98 | 0,93     | 0,91 | 0,99                         | 0,94 | 0,83              | 0,86 | 0,76 | 0,85 | 0,94 | 0,74 | 0,81 | -    | - | - | - |   |
| 70                               | 0,64   | 0,67  | 0,62                      | 0,67 | 0,55     | 0,59 | 0,81     | 0,76 | 0,87              | 0,8  | 0,7      | 0,71 | 0,72     | 0,67 | 0,77                         | 0,7  | 0,63              | 0,62 | 0,55 | 0,62 | 0,67 | 0,54 | 0,58 | -    | - | - | - |   |
| 95                               | 0,5  | 0,51  | 0,48                      | 0,5  | 0,43     | 0,44 | 0,65     | 0,59 | 0,71              | 0,62 | 0,56     | 0,54 | 0,58     | 0,52 | 0,64                         | 0,55 | 0,5               | 0,47 | 0,43 | 0,48 | 0,5  | 0,42 | 0,43 | -    | - | - | - |   |
| 120                              | 0,42   | 0,42  | 0,4                       | 0,41 | 0,36     | 0,36 | 0,57     | 0,49 | 0,63              | 0,52 | 0,48     | 0,44 | 0,51     | 0,43 | 0,56                         | 0,46 | 0,43              | 0,39 | 0,36 | 0,4  | 0,41 | 0,35 | 0,35 | -    | - | - | - |   |
| 150                              | 0,37   | 0,35  | 0,35                      | 0,34 | 0,31     | 0,3  | 0,5      | 0,42 | 0,56              | 0,45 | 0,42     | 0,38 | 0,45     | 0,37 | 0,51                         | 0,4  | 0,38              | 0,34 | 0,31 | 0,3  | 0,35 | 0,34 | 0,3  | 0,3  | - | - | - | - |
| 185                              | 0,32   | 0,3   | 0,3                       | 0,29 | 0,27     | 0,25 | 0,44     | 0,36 | 0,51              | 0,39 | 0,37     | 0,32 | 0,4      | 0,32 | 0,46                         | 0,35 | 0,34              | 0,29 | 0,27 | 0,25 | 0,3  | 0,29 | 0,26 | 0,25 | - | - | - | - |
| 240                              | 0,29   | 0,25  | 0,26                      | 0,24 | 0,23     | 0,21 | 0,39     | 0,3  | 0,45              | 0,33 | 0,33     | 0,27 | 0,35     | 0,27 | 0,41                         | 0,3  | 0,3               | 0,24 | 0,23 | 0,21 | 0,26 | 0,24 | 0,22 | 0,2  | - | - | - | - |
|                                  | 0,27   | 0,22  | 0,23                      | 0,2  | 0,21     | 0,18 | 0,35     | 0,26 | 0,41              | 0,29 | 0,3      | 0,23 | 0,32     | 0,23 | 0,37                         | 0,26 | 0,28              | 0,21 | 0,21 | 0,18 | 0,23 | 0,2  | 0,2  | 0,17 | - | - | - | - |

Notas:

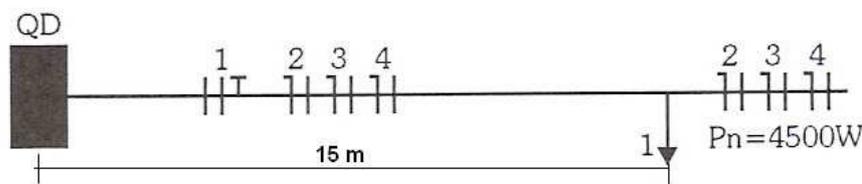
- As dimensões do eletroduto e da calha fechada adotadas, são tais que a área dos fios ou cabos não ultrapasse 40% da área interna dos mesmos (taxa de ocupação de 40%).
- Nos blocos alveolados, só devem ser usados cabos vinil 0,6/1kV.
- Aplicável à fixação direta à parede ou teto, calha aberta, ventilada ou fechada, poço, espaço de construção, bandeja, prateleira, suportes sobre isoladores e linha aérea.
- Aplicável também aos condutores isolados.
- Os valores tabelados são para fios e cabos com condutores de cobre.

Tabela 2.26 – Queda de tensão unitária, em Volts/Ampère\*km, condutores com isolação EPR.

| Seção Nominal (mm <sup>2</sup> ) | Cabos unipolares  |           |   |         | Cabos Tripolares<br>Cabos Quadripolares   |   |
|----------------------------------|---|-----------|---|---------|---|---|
|                                  |  |           |  |         |  |  |
|                                  | FP = 0,80   | FP = 0,90 | FP = 0,80   | FP=0,90 | FP = 0,80   | FP = 0,90   |
| 1,5                              | 21,54   | 24,16     | 21,52   | 24,15   | 21,49   | 24,12   |
| 2,5                              | 13,25   | 14,84     | 13,23   | 14,82   | 13,20   | 14,80   |
| 4                                | 8,30  | 9,27      | 8,28  | 9,26    | 8,26  | 9,23  |
| 6                                | 5,59  | 6,22      | 5,57  | 6,21    | 5,55  | 6,20  |
| 10                               | 3,38  | 3,74      | 3,36  | 3,72    | 3,33  | 3,71  |
| 16                               | 2,17  | 2,38      | 2,15  | 2,37    | 2,13  | 2,35  |
| 25                               | 1,42  | 1,54      | 1,40  | 1,53    | 1,38  | 1,51  |
| 35                               | 1,06  | 1,14      | 1,04  | 1,12    | 1,02  | 1,11  |
| 50                               | 0,81  | 0,86      | 0,80  | 0,85    | 0,78  | 0,84  |
| 70                               | 0,60  | 0,62      | 0,58  | 0,61    | 0,57  | 0,60  |
| 95                               | 0,46  | 0,47      | 0,45  | 0,46    | 0,43  | 0,45  |
| 120                              | 0,39  | 0,39      | 0,38  | 0,38    | 0,36  | 0,37  |
| 150                              | 0,34  | 0,33      | 0,32  | 0,32    | 0,31  | 0,32  |
| 185                              | 0,30  | 0,29      | 0,28  | 0,27    | 0,27  | 0,27  |
| 240                              | 0,25  | 0,24      | 0,24  | 0,23    | 0,23  | 0,22  |
| 300                              | 0,22  | 0,21      | 0,21  | 0,20    | 0,20  | 0,19  |
| 400                              | 0,20  | 0,18      | 0,19  | 0,17    | -   | -   |
| 500                              | 0,18  | 0,16      | 0,17  | 0,16    | -   | -   |

Exemplos:

(1) Consideremos que o circuito terminal do chuveiro do exemplo 1 do item anterior tenha um comprimento de 15 metros (distância do Quadro de Distribuição do apartamento à tomada de ligação do chuveiro). Dimensione o circuito.



*Solução:*

- Maneira de instalar: eletroduto embutido em alvenaria;*
- Eletroduto: PVC (não-magnético);*
- Circuito: bifásico;*
- Corrente de projeto:  $I_p = 4500/220.1.1 \Rightarrow 20,45 \text{ A};$*
- Fator de potência: 1,0;*
- Comprimento do circuito:  $l = 15\text{m} \Rightarrow 0,015 \text{ km};$*
- Tipo de isolamento do condutor: PVC (não-magnético)*
- Tensão do circuito: 220 V*
- Queda de tensão admissível: 2 % (ver Tabela 2.24);*
- Queda de tensão unitária:  $\Delta V_{\text{unit}} = 0,02 \cdot 220 / 20,45 \cdot 0,015 \Rightarrow 14,34 \text{ V/A.km}$*

*Com este valor, entre na Tabela 2.25, eletroduto PVC, circuito. monofásico, fator de potência 0,95, e encontraremos o valor de 10,6 V/A.km, imediatamente inferior ao calculado, que determina a bitola do condutor de cobre de 4 mm<sup>2</sup>.*

### Conclusão:

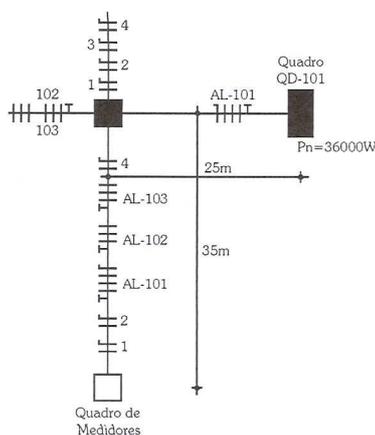
***Dimensionamento do condutor fase pela capacidade de corrente: 4 mm<sup>2</sup>.***

***Dimensionamento do condutor fase pela queda de tensão: 4 mm<sup>2</sup>.***

***Condutor fase adotado: 4 mm<sup>2</sup> (caso encontrem-se valores diferentes entre o critério da capacidade de corrente e o critério do limite da queda de tensão, adota-se sempre a maior seção nominal).***

***Condutor de proteção adotado: 4 mm<sup>2</sup> (determinado a partir da seção nominal do condutor fase, conforme Tabela 2.12).***

(2) Consideremos agora que o circuito alimentador do exemplo 2 do item anterior tenha um comprimento de 60 metros (distância do Quadro de Medição ao QL-101) e que a calha seja de perfis metálicos. Dimensione o circuito.



*Solução:*

1. *Maneira de instalar: calha fechada;*
2. *Material: magnético;*
3. *Tipo do circuito: trifásico;*
4. *Corrente de projeto:  $I_p = 114,10$ ;*
5. *Fator de potência:  $f.p. = 0,90$ ;*
6. *Comprimento do circuito:  $l = 60\text{ m} = 0,06\text{ km}$ ;*
7. *Tensão do circuito: 220 V;*
8. *Isolação do condutor: XLPE;*
9. *Queda de tensão admissível: 2 %;*
10. *Queda de tensão unitária:  $0,02 \cdot 220 / 114,10 \cdot 0,06 \Rightarrow 0,64\text{ V/A.km}$*
11. *Número de condutores carregados: 3*

***Com este valor entramos na Tabela 2.26 e encontramos o valor de 0,62 V/A.km (imediatamente inferior ao calculado), que leva ao condutor de cobre bitola nominal de 70 mm<sup>2</sup>.***

**Conclusão:**

***Dimensionamento do condutor fase pela capacidade de corrente: 95 mm<sup>2</sup>.***

***Dimensionamento do condutor fase pela queda de tensão: 70 mm<sup>2</sup>.***

***Condutor fase adotado: 95 mm<sup>2</sup> (adota-se o maior valor).***

***Condutor neutro adotado: 50 mm<sup>2</sup> (o condutor neutro é dimensionado a partir do condutor fase, conforme a tabela Tabela 2.11).***

***Condutor de proteção adotado: 50 mm<sup>2</sup> (o condutor de proteção é dimensionado a partir do condutor fase, conforme tabela Tabela 2.12).***

### **Cálculo da Queda de Tensão pelo Método dos Watts . metros**

Podemos utilizar um método simplificado para calcular a queda de tensão em circuitos com pequenas cargas. Este método pode ser aplicado a circuitos terminais de instalações de casas e apartamentos, nos quais temos diversas cargas (lâmpadas e tomadas) distribuídas ao longo dos mesmos.

O método tem por base o emprego das Tabelas Watts\*metros referentes respectivamente às tensões de 110 V e 220 V. O valor,  $\sum(P(\text{Watts}).l(\text{metros}))$  representa o somatório do produto entre a potência da carga  $P$ , em Watts, e a distância  $l$ , em metros, da carga ao quadro que alimenta a mesma.

Este método considera apenas a resistência ôhmica dos condutores, não considerando a reatância indutiva, que também influi na queda de tensão. Também parte do princípio de que a corrente elétrica distribui-se de forma homogênea pelo condutor, o que não ocorre na realidade, devido ao efeito pelicular, criado pelo campo magnético gerado pela própria corrente elétrica que passa pelo condutor. Como consequência do efeito pelicular, a densidade de corrente é maior na periferia do condutor. Para condutores com diâmetros relativamente pequenos, a reatância indutiva e o efeito pelicular têm influência limitada e este método produz uma aproximação aceitável.

Fundamento do método:

- A queda de tensão percentual pode ser expressa por:  $\Delta V_{\%} = \frac{R.I}{V} . 100$  ;
- Para circuitos a dois condutores temos:  $R = \frac{2.l}{\sigma.S}$  ;
- Substituindo I e R na primeira equação, teremos:  $\Delta V_{\%} = \frac{2.l}{\sigma.S} \cdot \frac{P}{V} . 100 = \frac{200.l.P}{\sigma.S.V^2}$  ;
- Logo:  $P.l = \frac{\sigma.S.V^2 . \Delta V_{\%}}{200}$  é a equação utilizada para a elaboração das tabelas de produtos Watts.metros apresentadas a seguir. Considerou-se a condutividade do cobre, na temperatura de trabalho do condutor, como:  $\sigma = 58 S.m / mm^2$

Tabela 2.27 – Soma dos produtos potências (Watts) x distâncias (metros) para circuitos a 2 condutores em 110 V

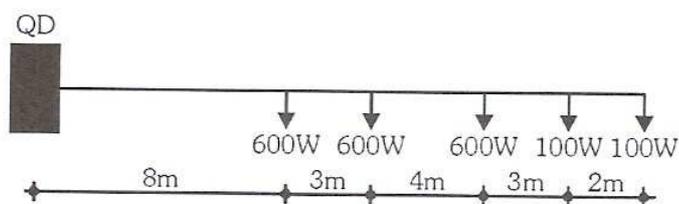
| Condutor<br>Série<br>Métrica<br>(mm <sup>2</sup> ) S | % de queda de tensão                          |        |        |        |
|--|---|--------|--------|--------|
|  | 1%  | 2%     | 3%     | 4%     |
|  | $\Sigma (P_{\text{Watts}} \times \ell_{(m)})$ |        |        |        |
| 1,5  | 5263  | 10526  | 15789  | 21052  |
| 2,5  | 8773  | 17546  | 26319  | 35092  |
| 4  | 14036   | 28072  | 42108  | 56144  |
| 6  | 21054   | 42108  | 63162  | 84216  |
| 10   | 35090   | 70100  | 105270 | 140360 |
| 16   | 56144   | 112288 | 168432 | 224576 |
| 25   | 87725   | 175450 | 263175 | 350900 |

Tabela 2.28 – Soma dos produtos potências (Watts) x distâncias (metros) para circuitos a 2 condutores em 220 V

| Condutor<br>Série<br>Métrica<br>(mm <sup>2</sup> ) S | % de queda de tensão                          |        |         |         |
|--|---|--------|---------|---------|
|  | 1%  | 2%     | 3%      | 4%      |
|  | $\Sigma (P_{\text{Watts}} \times \ell_{(m)})$ |        |         |         |
| 1,5  | 21054   | 42108  | 63163   | 84216   |
| 2,5  | 35090   | 70180  | 105270  | 140360  |
| 4  | 56144   | 112288 | 168432  | 224576  |
| 6  | 84216   | 168432 | 253648  | 336864  |
| 10   | 140360  | 280720 | 421080  | 561440  |
| 16   | 224576  | 449152 | 673728  | 898304  |
| 25   | 350900  | 701800 | 1052700 | 1403600 |

### Exemplo:

(1) Dimensionar o circuito terminal de um apartamento, cujas cargas estão representadas na figura a seguir. A instalação é em eletroduto de PVC embutido em alvenaria; temperatura ambiente de 30 °C; isolamento de PVC; tensão de 127 V.



Solução A: (Critério de Queda de Tensão pelo Método Simplificado Watts.metros)

a) Critério de Capacidade de corrente:

$$I_p = 2000W/127V = 15,7 \text{ A (FCT e FCA = 1,00);}$$

Pela Tabela 2.14 =>  $1,5 \text{ mm}^2$ . Usaremos  $2,5 \text{ mm}^2$  para circuitos de tomadas, conforme a NBR-5410/90.

b) Critério da Queda de Tensão (Watts.metro):

$$\sum (P(\text{Watts}) \cdot l(\text{metros})) = 600 \cdot 8 + 600 \cdot 11 + 600 \cdot 15 + 100 \cdot 18 + 100 \cdot 20 = 24200 \text{ W.m.}$$

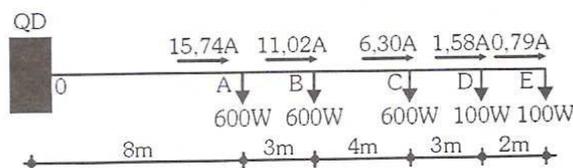
Utilizando a Tabela 2.27, para  $e = 110 \text{ V}$  e a coluna % de queda de tensão 2% (circuito terminal), teremos condutor de  $4 \text{ mm}^2$ .

c) Conclusão:

Será adotado para fase, neutro e proteção o condutor de  $4 \text{ mm}^2$ .

Solução B: (Critério de Queda de Tensão por Trecho a Trecho)

Calculando a corrente em cada trecho do circuito, teremos a seguinte representação:



a) Critério de Capacidade de corrente:

Mesma solução anterior:  $2,5 \text{ mm}^2$ .

b) Critério da Queda de Tensão:

Maneira de instalar: eletroduto de PVC embutido em alvenaria;

Material: não-magnético;

Condutor calculado pela capacidade de condução de corrente:  $2,5 \text{ mm}^2$ .

Fator de potência: 0,80 (considera-se para eletrodomésticos);

Queda de tensão unitária: valor da Tabela 2.25 para condutor de  $2,5 \text{ mm}^2$ :  $14 \text{ V/A.km}$

$$\text{Queda por trecho: } \Delta V = \Delta V_{\text{unit}} \cdot I(\text{trecho, A}) \cdot l(\text{trecho, km})$$

$$\text{OA: } 14 \cdot 15,74 \cdot 0,008 = 1,78 \text{ Volts}$$

$$\text{AB: } 14 \cdot 11,02 \cdot 0,003 = 0,46 \text{ Volts}$$

$$\text{BC: } 14 \cdot 6,30 \cdot 0,004 = 0,35 \text{ Volts}$$

$$CD: 14 \cdot 1,58 \cdot 0,003 = 0,07 \text{ Volts}$$

$$DE: 14 \cdot 0,79 \cdot 0,003 = 0,03 \text{ Volts}$$

$$\text{Queda acumulada: } 2,67 \text{ Volts}$$

$$\text{Queda Total (percentual) do circuito: } e(\%) = \frac{\Delta V \cdot 100}{V} = \frac{2,67 \cdot 100}{127} = 2,10\%$$

*Observação: como este valor é maior que os 2% estabelecidos como limite máximo, então teremos que calcular as quedas por trecho, considerando o condutor de bitola imediatamente superior.*

*Queda de tensão unitária: valor da Tabela 2.25 para condutor de 4 mm<sup>2</sup>: 9 V/A.km*

$$\text{Queda por trecho: } \Delta V = \Delta V_{\text{uni}} \cdot I(\text{trecho, A}) \cdot l(\text{trecho, km})$$

$$OA: 9 \cdot 15,74 \cdot 0,008 = 1,13 \text{ Volts}$$

$$AB: 9 \cdot 11,02 \cdot 0,003 = 0,30 \text{ Volts}$$

$$BC: 9 \cdot 6,30 \cdot 0,004 = 0,23 \text{ Volts}$$

$$CD: 9 \cdot 1,58 \cdot 0,003 = 0,04 \text{ Volts}$$

$$DE: 9 \cdot 0,79 \cdot 0,003 = 0,02 \text{ Volts}$$

$$\text{Queda acumulada: } 1,72 \text{ Volts}$$

$$\text{Queda Total (percentual) do circuito: } e(\%) = \frac{\Delta V \cdot 100}{V} = \frac{1,72 \cdot 100}{127} = 1,35\%$$

*Observação: como este valor é menor que os 2% estabelecidos como limite máximo, então será adotado o condutor de 4 mm<sup>2</sup>.*

c) **Conclusão:**

*Será adotado para fase, neutro e proteção o condutor de 4 mm<sup>2</sup>.*

**Observação:** *As soluções A e B são idênticas, isto é, encontramos o mesmo resultado aplicando o método simplificado Watts.metros ou o método da queda trecho a trecho, para o cálculo da queda de tensão no circuito.*

## 2.9.7. Dimensionamento dos Eletrodutos

### 2.9.7.1. Introdução

O componente de uma instalação que propicia um meio envoltório, ou invólucro, aos condutores elétricos é chamado conduto. Dentre os diversos tipos de condutos, destacam-se os eletrodutos, como aqueles que têm maior aplicação nas instalações elétricas, sobretudo, podemos encontrar outros tipos de condutos, tais como calhas, bandejas metálicas, prateleiras, blocos alveolados, canaletas, etc.

Os eletrodutos têm as seguintes funções numa instalação elétrica:

- Propiciar aos condutores proteção mecânica;
- Propiciar aos condutores proteção contra ataques do meio ambiente, sobretudo contra corrosão ou ataques químicos oriundos de ações da atmosfera ou agentes agressivos dispersos no meio ambiente (sais, ácidos, gases, óleos, etc.);
- Fornecer ao meio uma proteção contra os perigos de incêndio resultantes de eventuais superaquecimentos dos condutores ou arcos voltaicos;
- Proporcionar aos condutores um envoltório metálico aterrado (no caso de eletrodutos metálicos), a fim de evitar perigos de choque elétrico.

Os eletrodutos podem ser classificados de diversas formas, segundo o seu tipo:

a) Quanto ao material:

- Não metálicos: PVC, plástico com fibra de vidro, polipropileno, polietileno de alta densidade e fibrocimento;
- Metálicos: aço carbono galvanizado ou esmaltado, alumínio e flexíveis de cobre espiralado.

b) Quanto à flexibilidade:

- Rígidos;
- Flexíveis.

c) Quanto à forma de conexão:

- Roscáveis;
- Soldáveis.

d) Quanto à espessura da parede:

- Leve;
- Semipesado;
- Pesado.

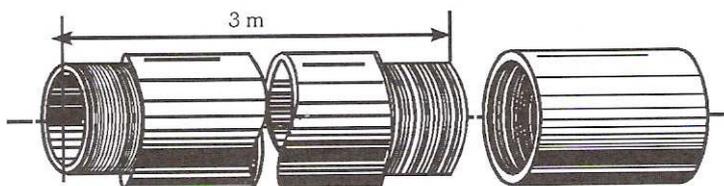


Fig. 2.28 Detalhe do eletroduto e luva de PVC rígido roscável.

O eletroduto de PVC rígido roscável é o tipo mais utilizado em instalações prediais, embutidos em paredes, lajes de concreto ou enterrados no solo.

A fixação dos eletrodutos às caixas de passagem e de ligação dos aparelhos se dá por meio de buchas e arruelas.

Em instalações aparentes são utilizadas braçadeiras, espaçadas conforme as distâncias máximas estabelecidas na NBR 5410, de forma a garantir a perfeita ancoragem dos eletrodutos às superfícies de apoio.

#### 2.9.7.2. Instalação de Condutores nos Eletrodutos

A NBR 5410 estabelece as seguintes prescrições:

Os eletrodutos, calhas e blocos alveolados podem conter condutores de mais de um circuito, nos seguintes casos:

1. Quando as três condições seguintes forem simultaneamente atendidas:
  - Os circuitos pertençam à mesma instalação, isto é, originem-se do mesmo dispositivo geral de manobra e proteção, sem a interposição de equipamentos que transformem a corrente elétrica;
  - As seções nominais dos condutores fase estejam contidas em um intervalo de três valores normalizados sucessivos;
  - Os condutores isolados e os cabos isolados tenham a mesma temperatura máxima para serviço contínuo.
2. No caso dos circuitos de força e de comando e ou sinalização de um mesmo equipamento:
  - Nos eletrodutos, só devem ser instalados condutores isolados, cabos unipolares ou cabos multipolares, admitindo-se a utilização de condutor nu em eletroduto isolante exclusivo, quando tal condutor destinar-se a aterramento.

#### 2.9.7.3. Taxa Máxima de Ocupação dos Eletrodutos

As dimensões internas dos eletrodutos e respectivos acessórios de ligação devem permitir instalar e retirar facilmente os condutores ou cabos após a instalação dos eletrodutos e acessórios. Desta forma, a taxa máxima de ocupação em relação à área de seção transversal dos eletrodutos não deverá 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 cabos.

#### 2.9.7.4. Dimensionamento de Eletrodutos

##### **Roteiro para Dimensionamento de Eletrodutos**

- a. Determina-se a seção total ocupada pelos condutores, aplicando-se tabelas de fabricantes de condutores e cabos (Tabela 2.29);
- b. Determina-se o diâmetro externo nominal do eletroduto (mm), entrando-se nas tabelas de fabricantes de eletrodutos (Tabela 2.30 e Tabela 2.31) com o valor encontrado no item 'a' anterior;
- c. Caso os condutores instalados em um mesmo eletroduto sejam do mesmo tipo e tenham seções nominais iguais, podem-se eliminar os itens 'a' e 'b', encontrando-se o diâmetro externo nominal do eletroduto em função da quantidade e seção dos condutores, diretamente por tabelas específicas (Tabela 2.32 e Tabela 2.33).

Tabela 2.29 – Dimensões totais dos condutores isolados: fio/cabo

| Seção Nominal<br>(mm <sup>2</sup> ) | Pirastic Antiflam       |                                  | Pirasticflex Antiflam    |                                  |
|-------------------------------------|-------------------------|----------------------------------|--------------------------|----------------------------------|
|                                     | Diâmetro<br>Externo (1) | Área Total<br>(mm <sup>2</sup> ) | Diâmetro<br>externo (mm) | Área Total<br>(mm <sup>2</sup> ) |
| 1,5                                 | 2,8 / 3,0               | 6,2 / 7,1                        | 3,0                      | 7,1                              |
| 2,5                                 | 3,4 / 3,7               | 9,1 / 10,7                       | 3,6                      | 10,2                             |
| 4                                   | 3,9 / 4,2               | 11,9 / 13,8                      | 4,2                      | 13,8                             |
| 6                                   | 4,4 / 4,8               | 15,2 / 18,1                      | 4,7                      | 17,3                             |
| 10                                  | 5,6 / 5,9               | 24,6 / 27,3                      | 6,1                      | 29,2                             |
| 16                                  | 6,5 / 6,9               | 33,2 / 37,4                      | 7,8                      | 47,8                             |
| 25                                  | 8,5                     | 56,7                             | 9,6                      | 72,4                             |
| 35                                  | 9,5                     | 71,0                             | 10,9                     | 93,3                             |
| 50                                  | 11,0                    | 95                               | 13,2                     | 136,8                            |
| 70                                  | 13,0                    | 133                              | 15,0                     | 176,7                            |
| 95                                  | 15,0                    | 177                              | -                        | -                                |
| 120                                 | 16,5                    | 214                              | -                        | -                                |
| 150                                 | 18,0                    | 254                              | -                        | -                                |
| 185                                 | 20,0                    | 314                              | -                        | -                                |
| 240                                 | 23,0                    | 415                              | -                        | -                                |

Tabela 2.30 – Eletrodutos de PVC rígido roscável – Classe A.

| Referência<br>de Rosca | Diâmetro<br>nominal (mm) | Diâmetro<br>externo (mm) | Diâmetro<br>interno (mm) | Espessura<br>(mm) | Área total<br>aprox. (mm <sup>2</sup> ) | Área útil<br>1 cabo<br>(53 %) | Área útil<br>2 cabos<br>(31 %) | Área útil<br>≥ 3 cabos<br>(40 %) |
|------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------|---|-------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|
| 3/8"                   | 16                       | 16,7                     | 12,7                     | 2,0               | 126,7                                   | 67,1                          | 39,3                           | 50,7                             |
| 1/2"                   | 20                       | 21,1                     | 16,1                     | 2,5               | 203,6                                   | 107,9                         | 63,1                           | 81,4                             |
| 3/4"                   | 25                       | 26,2                     | 21,0                     | 2,6               | 346,4                                   | 183,6                         | 107,4                          | 138,6                            |
| 1"                     | 32                       | 33,2                     | 26,8                     | 3,2               | 564,1                                   | 299,0                         | 174,9                          | 225,6                            |
| 1.1/4"                 | 40                       | 42,2                     | 35,0                     | 3,6               | 962,1                                   | 509,9                         | 298,3                          | 384,8                            |
| 1.1/2"                 | 50                       | 47,8                     | 39,8                     | 4,0               | 1244,1                                  | 659,4                         | 385,7                          | 497,6                            |
| 2"                     | 60                       | 59,4                     | 50,2                     | 4,6               | 1979,2                                  | 1049,0                        | 613,6                          | 791,7                            |
| 2.1/2"                 | 75                       | 75,1                     | 64,1                     | 5,5               | 3227                                    | 1710,3                        | 1000,4                         | 1290,8                           |
| 3"                     | 85                       | 88,0                     | 75,6                     | 6,2               | 4488,8                                  | 2379,1                        | 1391,5                         | 1795,5                           |

Tabela 2.31 – Eletrodutos rígidos de aço carbono roscável – Leve I.

| Referência<br>de Rosca | Diâmetro<br>nominal (mm) | Diâmetro<br>externo (mm) | Diâmetro<br>interno (mm) | Espessura<br>(mm) | Área total<br>aprox. (mm <sup>2</sup> ) | Área útil<br>1 cabo (53%) | Área útil<br>2 cabos (31%) | Área útil ≥ 3<br>cabos (40%) |
|------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------|---|---------------------------|----------------------------|------------------------------|
| 3/8"                   | 16                       | 16,7                     | 12,7                     | 2,0               | 126,7                                   | 67,1                      | 39,3                       | 50,7                         |
| 1/2"                   | 20                       | 21,1                     | 16,1                     | 2,5               | 203,6                                   | 107,9                     | 63,1                       | 81,4                         |
| 3/4"                   | 25                       | 26,2                     | 21,0                     | 2,6               | 346,4                                   | 183,6                     | 107,4                      | 138,6                        |
| 1"                     | 32                       | 33,2                     | 26,8                     | 3,2               | 564,1                                   | 299,0                     | 174,9                      | 225,6                        |
| 1.1/4"                 | 40                       | 42,2                     | 35,0                     | 3,6               | 962,1                                   | 509,9                     | 298,3                      | 384,8                        |
| 1.1/2"                 | 50                       | 47,8                     | 39,8                     | 4,0               | 1244,1                                  | 659,4                     | 385,7                      | 497,6                        |
| 2"                     | 60                       | 59,4                     | 50,2                     | 4,6               | 1979,2                                  | 1049,0                    | 613,6                      | 791,7                        |
| 2.1/2"                 | 75                       | 75,1                     | 64,1                     | 5,5               | 3227                                    | 1710,3                    | 1000,4                     | 1290,8                       |
| 3"                     | 85                       | 88,0                     | 75,6                     | 6,2               | 4488,8                                  | 2379,1                    | 1391,5                     | 1795,5                       |

Tabela 2.32 – Ocupação máxima dos eletrodutos de PVC por condutores de mesma bitola – Fios ou cabos unipolares

| Seção<br>nominal<br>(mm <sup>2</sup> ) | Número de Condutores no Eletroduto |    |    |    |    |    |    |    |    |
|--|------------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|
|  | 2                                  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 |
|  | Tamanho Nominal do Eletroduto      |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 1,5                                    | 16                                 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 20 | 20 | 20 |
| 2,5                                    | 16                                 | 16 | 16 | 20 | 20 | 20 | 20 | 25 | 25 |
| 4                                      | 16                                 | 16 | 20 | 20 | 20 | 25 | 25 | 25 | 25 |
| 6                                      | 16                                 | 20 | 20 | 25 | 25 | 25 | 25 | 32 | 32 |
| 10                                     | 20                                 | 20 | 25 | 25 | 32 | 32 | 32 | 40 | 40 |
| 16                                     | 20                                 | 25 | 25 | 32 | 32 | 40 | 40 | 40 | 40 |
| 25                                     | 25                                 | 32 | 32 | 40 | 40 | 40 | 50 | 50 | 50 |
| 35                                     | 25                                 | 32 | 40 | 40 | 50 | 50 | 50 | 50 | 60 |
| 50                                     | 32                                 | 40 | 40 | 50 | 50 | 60 | 60 | 60 | 75 |
| 70                                     | 40                                 | 40 | 50 | 50 | 60 | 60 | 75 | 75 | 75 |
| 95                                     | 40                                 | 50 | 60 | 60 | 75 | 75 | 75 | 85 | 85 |
| 120                                    | 50                                 | 50 | 60 | 75 | 75 | 75 | 85 | 85 | -  |
| 150                                    | 50                                 | 60 | 75 | 75 | 85 | 85 | -  | -  | -  |
| 185                                    | 50                                 | 75 | 75 | 85 | 85 | -  | -  | -  | -  |

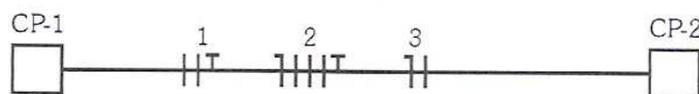
Tabela 2.33 – Ocupação máxima dos eletrodutos de aço por condutores de mesma bitola – Fios ou cabos unipolares

| Seção<br>nominal<br>(mm <sup>2</sup> ) | Número de Condutores no Eletroduto |    |    |     |     |     |     |     |     |
|--|------------------------------------|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|  | 2                                  | 3  | 4  | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  |
|  | Tamanho Nominal do Eletroduto      |    |    |     |     |     |     |     |     |
| 1,5                                    | 15                                 | 15 | 15 | 15  | 15  | 15  | 20  | 20  | 20  |
| 2,5                                    | 15                                 | 15 | 15 | 20  | 20  | 20  | 20  | 25  | 25  |
| 4                                      | 15                                 | 15 | 20 | 20  | 20  | 25  | 25  | 25  | 25  |
| 6                                      | 15                                 | 20 | 20 | 25  | 25  | 25  | 25  | 31  | 31  |
| 10                                     | 20                                 | 20 | 25 | 25  | 31  | 31  | 31  | 31  | 41  |
| 16                                     | 20                                 | 25 | 25 | 31  | 31  | 41  | 41  | 41  | 41  |
| 25                                     | 25                                 | 31 | 31 | 41  | 41  | 41  | 47  | 47  | 47  |
| 35                                     | 25                                 | 31 | 41 | 41  | 41  | 47  | 59  | 59  | 59  |
| 50                                     | 31                                 | 41 | 41 | 47  | 59  | 59  | 59  | 75  | 75  |
| 70                                     | 41                                 | 41 | 47 | 59  | 59  | 59  | 75  | 75  | 75  |
| 95                                     | 41                                 | 47 | 59 | 59  | 75  | 75  | 75  | 88  | 88  |
| 120                                    | 41                                 | 59 | 59 | 75  | 75  | 75  | 88  | 88  | 88  |
| 150                                    | 47                                 | 59 | 75 | 75  | 88  | 88  | 100 | 100 | 100 |
| 185                                    | 59                                 | 75 | 75 | 88  | 88  | 100 | 100 | 113 | 113 |
| 240                                    | 59                                 | 75 | 88 | 100 | 100 | 113 | 113 | -   | -   |

Exemplo:

(1) Dimensionar o trecho de eletroduto de PVC rígido roscável, mostrado na figura abaixo, no qual deverão ser instalados os seguintes circuitos:

- Circuito 1: 2 # 4 mm<sup>2</sup> T 4 mm<sup>2</sup>;
- Circuito 2: 3 # 6 mm<sup>2</sup> (6 mm<sup>2</sup>) T 6 mm<sup>2</sup>;
- Circuito 3: # 2,5 mm<sup>2</sup> (2,5 mm<sup>2</sup>);

Solução:

a) *Seção total ocupada pelos condutores:*

*Pela tabela 8.1 temos:*

*# 2,5 mm<sup>2</sup>: 9,1 mm<sup>2</sup>*

*# 4 mm<sup>2</sup>: 11,9 mm<sup>2</sup>*

*# 6 mm<sup>2</sup>: 15,2 mm<sup>2</sup>*

*Logo a área dos condutores vale  $2 \cdot 9,1 + 3 \cdot 11,9 + 5 \cdot 15,2 = 129,9 \text{ mm}^2$ .*

b) *Diâmetro nominal do eletroduto. Entrando com o valor de 129,9 mm<sup>2</sup> na tabela, coluna de 40 % de ocupação, teremos o eletroduto de PVC de diâmetro nominal 25 mm<sup>2</sup>.*

## 2.9.7.5. Caixas de Derivação

As caixas têm as funções de abrigar equipamentos, abrigar emendas de condutores, limitar o comprimento de trechos de tubulação, ou ainda, limitar o número de curvas entre os diversos trechos de uma tubulação.

A NBR 5410 estabelece as seguintes recomendações para a instalação das caixas de derivação ou de passagem que interligam os diversos trechos de uma tubulação:

- Não haja trechos contínuos (sem interposição de caixas ou equipamentos) retilíneos de tubulação maiores que 15 metros, sendo que, nos trechos com curvas, essa distância deve ser reduzida de 3 metros para cada curva de 90°.

Nota: Quando o ramal de eletrodutos passar obrigatoriamente através de locais onde não seja possível o emprego de caixa 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); e,
  - b) para cada 6 metros, ou fração, de aumento dessa distância, utilize-se eletroduto de tamanho nominal, imediatamente superior ao do eletroduto que normalmente seria empregado para a quantidade e tipo de condutores ou cabos.
- 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 seu equivalente até, no máximo, 270°. Em nenhuma hipótese, podem ser previstas curvas com deflexão superior a 90°.

- Devem ser empregadas caixas de derivação:
  - a. Em todos os pontos de entrada ou saída da tubulação, exceto nos pontos de transição ou passagem de linhas abertas para linhas em eletrodutos, os quais, nestes casos, devem ser rematados com buchas;
  - b. Em todos os pontos de emenda ou derivação de condutores;
  - c. Para dividir a tubulação em trechos não maiores do que os especificados anteriormente.
- As caixas devem ser instaladas em lugares facilmente acessíveis e devem ser providas de tampas. As caixas que contiverem interruptores, tomadas de corrente e congêneres devem ser fechadas pelos aparelhos que completam a instalação destes dispositivos.

Dos itens anteriores, podemos escrever as seguintes equações:

$$L_{\max} = 15 - 3.N \qquad A = \frac{L_{\text{real}} - L_{\max}}{6}$$

Onde:

$L_{\max}$  é o comprimento máximo de um trecho entre duas caixas;

$N$  é o número de curvas de 90° existentes no trecho (de zero a três);

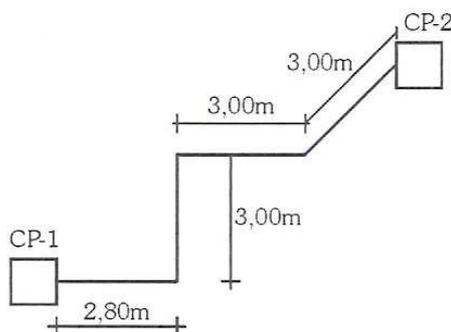
$L_{\text{real}}$  é o comprimento real do trecho;

$A$  são os aumentos de bitolas nominais do eletroduto.

Exemplo:

Dimensionar o eletroduto para o trecho de tubulação mostrado na figura xxx, entre duas caixas CP-1 e CP-2, no qual não há possibilidade de instalação de caixas intermediárias. Os circuitos que o eletroduto conterá são os seguintes:

- Circuito 1: 3 # 25 mm<sup>2</sup> (25 mm<sup>2</sup>) T 16 mm<sup>2</sup>;
- Circuito 2: 3 # 50 mm<sup>2</sup> (25 mm<sup>2</sup>) T 25 mm<sup>2</sup>;
- Circuito 3: 3 # 35 mm<sup>2</sup> T 16 mm<sup>2</sup>;



Solução:

Em primeiro lugar, dimensionaremos o eletroduto sem considerar as distâncias e curvas:

Áreas dos condutores: pela tabela 8.1

# 16 mm<sup>2</sup>: 37,4 mm<sup>2</sup>

$$\# 25 \text{ mm}^2: 56,7 \text{ mm}^2$$

$$\# 35 \text{ mm}^2: 71,0 \text{ mm}^2$$

$$\# 50 \text{ mm}^2: 104,0 \text{ mm}^2$$

$$\text{Logo a área dos condutores vale } 2 \cdot 37,4 + 6 \cdot 56,7 + 3 \cdot 71 + 3 \cdot 104 = 940 \text{ mm}^2.$$

Pela tabela 8.2, coluna 40 %, teríamos um eletroduto de PVC de 75 mm. Considerando o efeito do comprimento e curvas, teremos:

Comprimento total: 11,8 m

Número de curvas: 3

Distância máxima permitida, entre caixas, considerando as três curvas:

$$L_{\max} = 15\text{m} - 3 \cdot (3\text{m}) = 6\text{m}$$

$$\text{Porém: } L_{\text{real}} - L_{\max} = 11,8 - 6 = 5,8 \text{ m}$$

$$\text{Logo: } A = 5,8 \text{ m} / 6 \text{ m} = 0,97 \text{ aumentos de } 6 \text{ m} \Rightarrow 1 \text{ aumento}$$

**Conclusão:** Consultando as tabelas comerciais de eletrodutos (Tabela 8.2), vemos que o primeiro diâmetro nominal acima de 75 mm é o diâmetro de 85 mm, sendo este o eletroduto que será utilizado para interligar as caixas CP-1 e CP-2.

## 2.9.8. Proteção em Instalações Elétricas

### 2.9.8.1. Prescrições fundamentais da NBR 5410

A NBR 5410 estabelece as prescrições fundamentais destinadas a garantir a segurança de pessoas, de animais domésticos e de bens, contra os perigos e danos que possam resultar da utilização das instalações elétricas em condições que possam ser previstas.

#### **Proteção contra choques elétricos:**

- Proteção contra contatos diretos;
- Proteção contra contatos indiretos;

#### **Proteção contra efeitos térmicos:**

- Proteção contra riscos de incêndio de materiais inflamáveis devido a temperaturas elevadas ou arcos elétricos. Além disso, em condições normais, devem oferecer proteção contra queimaduras às pessoas e aos animais domésticos.

#### **Proteção contra sobrecorrentes:**

- Proteção contra correntes de sobrecarga;
- Proteção contra correntes de curto-circuito.

#### **Proteção contra sobretensões:**

- Sobretensões provenientes de descargas atmosféricas;
- Sobretensões em consequência de manobras na instalação ou do sistema elétrico.

Conforme as prescrições da norma NBR 5410, neste item serão estudadas as proteções contra sobrecorrentes, choques elétricos e efeitos térmicos.

### 2.9.8.2. Terminologia

**Sobrecorrentes:** são correntes elétricas cujos valores excedem o valor da corrente nominal. As sobrecorrentes são originadas por:

- Solicitação do circuito acima das características de projeto (sobrecargas);
- Falta elétrica (curto-circuito).

**Correntes de sobrecarga:** são caracterizadas pelos seguintes fatores:

- Provocam, no circuito, correntes superiores à corrente nominal;
- Solicitações dos equipamentos acima de suas capacidades nominais;
- Cargas de potência nominal acima dos valores previstos no projeto.

As sobrecargas são extremamente prejudiciais ao sistema elétrico, que provocam elevação da corrente do circuito a valores que podem chegar até, no máximo, dez vezes a corrente nominal, produzindo, com isso, efeitos térmicos altamente danosos aos circuitos.

**Correntes de curto-circuito:** são provenientes de falhas ou defeitos graves na instalação, tais como:

- Falha ou rompimento da isolação entre fase e terra;
- Falha ou rompimento da isolação entre fase e neutro;
- Falha ou rompimento da isolação entre fases distintas.

As correntes de curto-circuito são extremamente elevadas, na ordem de 1000% a 10000% do valor da corrente nominal do circuito.

### 2.9.8.3. Proteção contra Sobrecorrentes

**Disjuntores Termomagnéticos:** são dispositivos que garantem simultaneamente, a manobra e a proteção contra correntes de sobrecarga e contra correntes de curto-circuito.

Numa instalação elétrica, residencial, comercial ou industrial, o importante é garantir as condições ideais de funcionamento do sistema sob quaisquer condições de operação, protegendo os equipamentos e a rede elétrica de acidentes provocados por alteração de corrente.

Em resumo, os disjuntores cumprem três funções básicas:

- Abrir e fechar os circuitos (manobra);
- Proteger a fiação, ou mesmo os aparelhos, contra sobrecarga, através do seu dispositivo térmico;
- Proteger a fiação contra curto-circuito, através do seu dispositivo magnético.

Os disjuntores termomagnéticos (DTM) devem ser ligados aos condutores fase do circuito e apresentam a vantagem de permitir o religamento sem necessidade de substituição de componentes.

Caso o defeito na rede persistir no momento do religamento, o disjuntor desligará novamente, não devendo ser manobrado até que se elimine o problema do circuito.

#### **Funcionamento dos Disjuntores:**

O disjuntor mais utilizado para proteção e manobra de circuitos de iluminação e tomadas é do tipo *quick-lag*, o qual um disparador ou dispositivo de proteção térmica funciona de acordo com o princípio do bimetal, cujo princípio baseia-se na dilatação de duas lâminas de metais diferentes (aço e latão, por exemplo), portanto com coeficientes de dilatação distintos, desligando o circuito na eventualidade de uma sobrecarga. No caso de ocorrer um curto-circuito, a proteção far-se-á através de um disparador magnético bobinado.

**Características dos Disjuntores:** podem ser classificados quanto:

- a. Número de pólos:
  - Monopolares;
  - Bipolares;
  - Tripolares;
- b. Quanto à tensão de operação:
  - Disjuntores de baixa tensão (até 1000 V): que podem ser em caixa moldada ou abertos.
  - Disjuntores de média e alta tensões (acima de 1000 V): que podem ser a vácuo, a ar comprimido, a óleo, pequeno volume de óleo PVO e de hexafluoreto de enxofre SF<sub>6</sub>.

Em instalações elétricas prediais de baixa tensão são utilizados os disjuntores termomagnéticos em caixa moldada, fabricados com os materiais como, por exemplo, poliéster e poliamida.

### **Roteiro de Dimensionamento dos Dispositivos de Proteção Contra Sobrecorrentes:**

A NBR 5410 estabelece que os condutores vivos devem ser protegidos por um ou mais dispositivos de seccionamento automático contra sobrecargas e contra curtos-circuitos.

Estabelece também que as proteções contra os curtos-circuitos e contra as sobrecargas devem ser devidamente coordenadas, de modo que a energia que o dispositivo de proteção contra curtos-circuitos deixa passar, por ocasião de um curto, não seja superior à que pode suportar, sem danos, o dispositivo de proteção contra sobrecargas.

Conforme a NBR 5410 devem ser previstos dispositivos de proteção para interromper toda corrente de sobrecarga nos condutores dos circuitos antes que esta possa provocar um aquecimento prejudicial à isolação, às ligações, aos terminais ou às vizinhanças das linhas.

Deve haver uma coordenação entre os condutores e o dispositivo de proteção, de forma a satisfazer as duas condições seguintes:

$$a) I_B \leq I_N \leq I_Z$$

$$b) I_2 \leq 1,45 \cdot I_Z$$

Onde:

$I_B$  é a corrente de projeto do circuito;

$I_N$  é a corrente nominal do dispositivo de proteção;

$I_Z$  é a capacidade de condução de corrente dos condutores;

$I_2$  é a corrente que assegura efetivamente a atuação do dispositivo de proteção; na prática, a corrente  $I_2$  é considerada igual à corrente convencional de atuação para disjuntores.

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 12 meses consecutivos, ou por 500 h ao longo da vida útil do condutor. Quando isto não for ocorrer, a condição b deve ser substituída por  $I_2 \leq I_Z$ .

A Fig. 2.29, a seguir, resume estas condições:

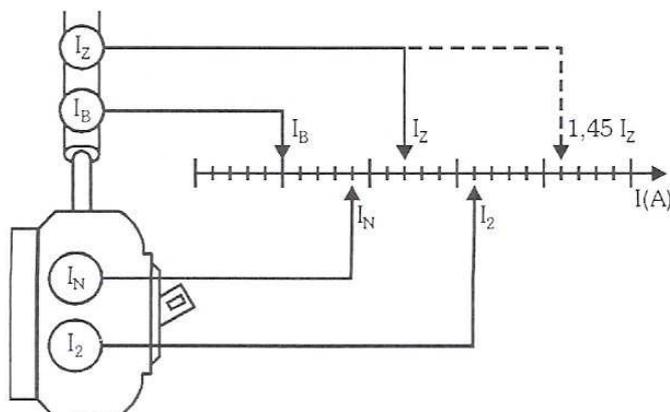


Fig. 2.29 Condições de proteção contra sobrecargas.

O valor da corrente convencional de atuação  $I_2$  é obtido através da Tabela 2.34.

Tabela 2.34 – Tempos e correntes convencionais de atuação ( $I_2$ ) para disjuntores termomagnéticos (NBR 5361).

| Corrente Nominal ( $I_N$ ) | Corrente Conv. de não atuação | Corrente Conv. de atuação ( $I_2$ ) | Tempo Convencional (h) | Temp. Ambiente de referência |
|----------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|------------------------|------------------------------|
| $I_N \leq 50 \text{ A}$    | 1,05                          | 1,35                                | 1                      | 25 °C                        |
| $I_N > 50 \text{ A}$       | 1,05                          | 1,35                                | 2                      | 25 °C                        |

**Roteiro de Dimensionamento dos Dispositivos de Proteção Contra Curtos-Circuitos:**

A NBR 5410 estabelece que os condutores vivos devam ser protegidos por um ou mais dispositivos de seccionamento automático contra sobrecargas e contra curtos-circuitos.

A NBR 5410 estabelece que devam ser previstos dispositivos de proteção para interromper toda corrente de curto-circuito nos condutores dos circuitos, antes que os efeitos térmicos e mecânicos dessa corrente possam tornar-se perigosos aos condutores e suas ligações.

As correntes presumidas de curto-circuito devem ser determinadas em todos os pontos da instalação julgados necessários, nos quais serão aplicados os dispositivos de proteção.

Recomendações:

- a. O dispositivo de proteção deve ter capacidade de ruptura compatível com a corrente de curto-circuito presumida no ponto de sua instalação:

$$I_R \geq I_{CS}$$

- b. O dispositivo de proteção deve ser rápido o suficiente para que os condutores do circuito não ultrapassem a temperatura limite:

$$T_{DD} \leq t$$

Para curtos-circuitos simétricos, ou assimétricos com duração inferior a 5 segundos, o tempo limite de atuação do dispositivo de proteção pode ser calculado pela expressão:

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

Onde:

$I_R$  é a corrente de ruptura do dispositivo de proteção;

$I_{CS}$  é a corrente de curto-circuito no ponto da instalação do dispositivo;

$T_{DD}$  é o tempo de disparo do dispositivo de proteção para o valor de  $I_{CS}$ ;

$T$  é o tempo limite de atuação do dispositivo de proteção, sem segundos;

$S$  é a seção do condutor em  $mm^2$ ;

$K$  é a constante relacionada ao material do condutor e da isolação do condutor, sendo:

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

$K = 135$  para condutores de cobre com isolação EPR ou XLPE;

$K = 74$  para condutores de alumínio com isolação de PVC;

$K = 87$  para condutores de alumínio com isolação de EPR ou XLPE.

#### Determinação da Corrente de Curto-Circuito Presumida:

No momento de uma falta para a terra, o valor da corrente de curto-circuito depende basicamente da impedância existente entre a fonte e o ponto de falta.

É apresentado a seguir, um procedimento simplificado de cálculo que conduz a um resultado com boa aproximação para curtos-circuitos em instalações elétricas prediais.

Neste procedimento, foram consideradas as seguintes hipóteses:

- Desprezado o valor da impedância do sistema de energia da concessionária (a montante do transformador), isto é, considerada infinita a capacidade do sistema. Em cálculos de maior precisão (projetos industriais etc.), as concessionárias fornecem a capacidade de ruptura, em kA, ou a potência de curto-circuito simétrico do sistema, em MVA, no ponto de entrega;
- Desprezada a impedância do circuito de média tensão para a alimentação do transformador consumidor (quando houver);
- Desprezadas as impedâncias internas dos dispositivos de proteção e comando;
- Considerado curto-circuito direto, desprezando-se a resistência de contato;
- Considerado curto-circuito trifásico simétrico (condição mais desfavorável);
- Desprezada a contribuição de motores ou geradores em funcionamento na ocasião da falta (em instalações industriais, esta contribuição pode ser significativa em motores acima de 100 CV e tensão superior a 600 V, que passam a funcionar como gerador no instante da falta, o que obviamente, não é o caso de instalações prediais).

Observação: Todas as considerações anteriores, exceto a do item f, levam-nos a um cálculo em favor da segurança, ou seja, poderemos encontrar um valor de  $I_{CS}$  um pouco superior ao real, o que só nos levaria a especificar dispositivos com maior capacidade de ruptura.

Para determinar o valor da corrente de curto-circuito presumida em um ponto de qualquer circuito alimentador trifásico após o transformador, teremos, conforme a figura abaixo:

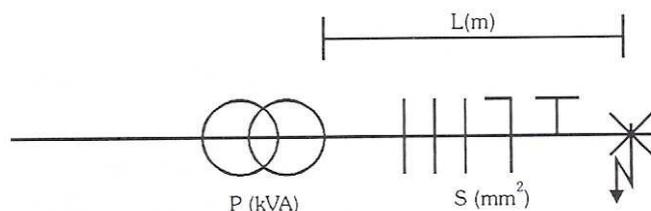


Fig. 2.30 Curto-circuito em um alimentador trifásico.

- a. Cálculo da impedância até o ponto de falta:

*Linha:*

$$\text{Resistência } R_L = \left( \frac{r \cdot L}{N} \right) \qquad \text{Impedância: } X_L = \left( \frac{r \cdot L}{N} \right)$$

*Transformador:*

$$\text{Resistência: } R_E = \left( \frac{1000 \cdot P_{cu}}{3 \cdot I_N^2} \right) \quad \text{Impedância: } Z_E = \left( \frac{Z\% \cdot U_C^2}{100 \cdot P} \right) \quad \text{Reatância: } X_E = \sqrt{Z_E^2 - R_E^2}$$

*Impedância de curto-circuito:*

$$Z_{CC} = \sqrt{(R_L + R_E)^2 + (X_L + X_E)^2}$$

- b. Cálculo da corrente de curto-circuito presumida:

$$I_{CS} = \frac{U_C}{\sqrt{3} \cdot Z_{CC}}$$

- c. Parâmetros de cálculo:

$R_L$ : resistência da linha a montante  $m\Omega$  ;

$r$ : resistência específica da linha, conforme Tabela 2.35 ( $m\Omega / m$ );

$L$ : comprimento da linha a montante (entre a fonte e o ponto do curto-circuito) (m);

$N$ : número de condutores em paralelo em uma mesma fase;

$X_L$ : reatância da linha a montante  $m\Omega$  ;

$X_L$ : reatância específica da linha, conforme Tabela 2.35 ( $m\Omega / m$ );

$R_E$ : resistência equivalente secundária do transformador  $m\Omega$  ;

$P_{cu}$ : perdas no cobre (W), conforme Tabela 2.36;

$I_N$ : corrente nominal do transformador;

$Z_E$ : impedância equivalente secundária do transformador  $m\Omega$  ;

$U_C$ : tensão de linha nominal (V);

$Z\%$ : impedância percentual do transformador;

$P$ : potência nominal do transformador (kVA);

$X_E$ : reatância equivalente secundária do transformador ( $m\Omega$ );

$Z_{CC}$ : impedância total de curto-circuito ( $m\Omega$ );

$I_{CC}$ : corrente de curto-circuito simétrica presumida (kA).

Caso tenhamos a continuidade do circuito de distribuição, com a ramificação de sub-alimentadores, a impedância total até o ponto de falta levará em conta a soma das impedâncias de todos os circuitos do percurso, desde o transformador até o ponto de falta.

A corrente de curto-circuito para circuitos subsequentes, trifásicos ou monofásicos, pode ser determinada, simplificadamente, utilizando-se o gráfico da Fig. 2.31.

Tabela 2.35 – Impedância dos condutores.

| Seção nominal (mm <sup>2</sup> ) | Resistência (mΩ/m) | Reatância (mΩ/m) | Seção nominal (mm <sup>2</sup> ) | Resistência (mΩ/m) | Reatância (mΩ/m) |
|----------------------------------|--------------------|------------------|----------------------------------|--------------------|------------------|
| 1                                | 22,1               | 0,176            | 70                               | 0,328              | 0,0965           |
| 1,5                              | 14,8               | 0,168            | 95                               | 0,236              | 0,0975           |
| 2,5                              | 8,91               | 0,155            | 120                              | 0,188              | 0,0939           |
| 4                                | 5,57               | 0,143            | 150                              | 0,153              | 0,0928           |
| 6                                | 3,71               | 0,135            | 185                              | 0,123              | 0,0908           |
| 10                               | 2,24               | 0,119            | 240                              | 0,0943             | 0,0902           |
| 16                               | 1,41               | 0,112            | 300                              | 0,0761             | 0,0895           |
| 25                               | 0,880              | 0,106            | 400                              | 0,0607             | 0,0876           |
| 35                               | 0,841              | 0,101            | 500                              | 0,0496             | 0,0867           |
| 50                               | 0,473              | 0,101            | 630                              | 0,0402             | 0,0865           |

Tabela 2.36 – Dados de transformadores trifásicos, 15kV, 60 Hz, primário Y ou Delta, secundário Y

| Potência (kVA) | Tensão Secundária (V) | Perdas          |               | Impedância (%) |
|----------------|-----------------------|-----------------|---------------|----------------|
|                |                       | A vazio Pfe (W) | Cobre Pcu (W) |                |
| 15             | 220 a 440             | 120             | 300           | 3,5            |
| 30             | 220 a 440             | 200             | 570           | 3,5            |
| 45             | 220 a 440             | 260             | 750           | 3,5            |
| 75             | 220 a 440             | 390             | 1200          | 3,5            |
| 112,5          | 220 a 440             | 520             | 1650          | 3,5            |
| 150            | 380 a 440             | 640             | 2050          | 3,5            |
|                | 220                   | 640             | 2950          | 4,5            |
| 225            | 380 a 440             | 900             | 2800          | 4,5            |
|                | 220                   | 900             | 3900          | 4,5            |
| 300            | 380 a 440             | 1120            | 3700          | 4,5            |
|                | 220                   | 1700            | 6400          | 4,5            |
| 500            | 380 a 440             | 1700            | 6000          | 4,5            |
|                | 220                   | 1700            | 10000         | 5,5            |
| 750            | 380 a 440             | 2000            | 8500          | 5,5            |
|                | 220                   | 2000            | 12500         | 5,5            |
| 1.000          | 380 a 440             | 3000            | 11000         | 5,5            |
|                | 220                   | 3000            | 18000         | 5,5            |

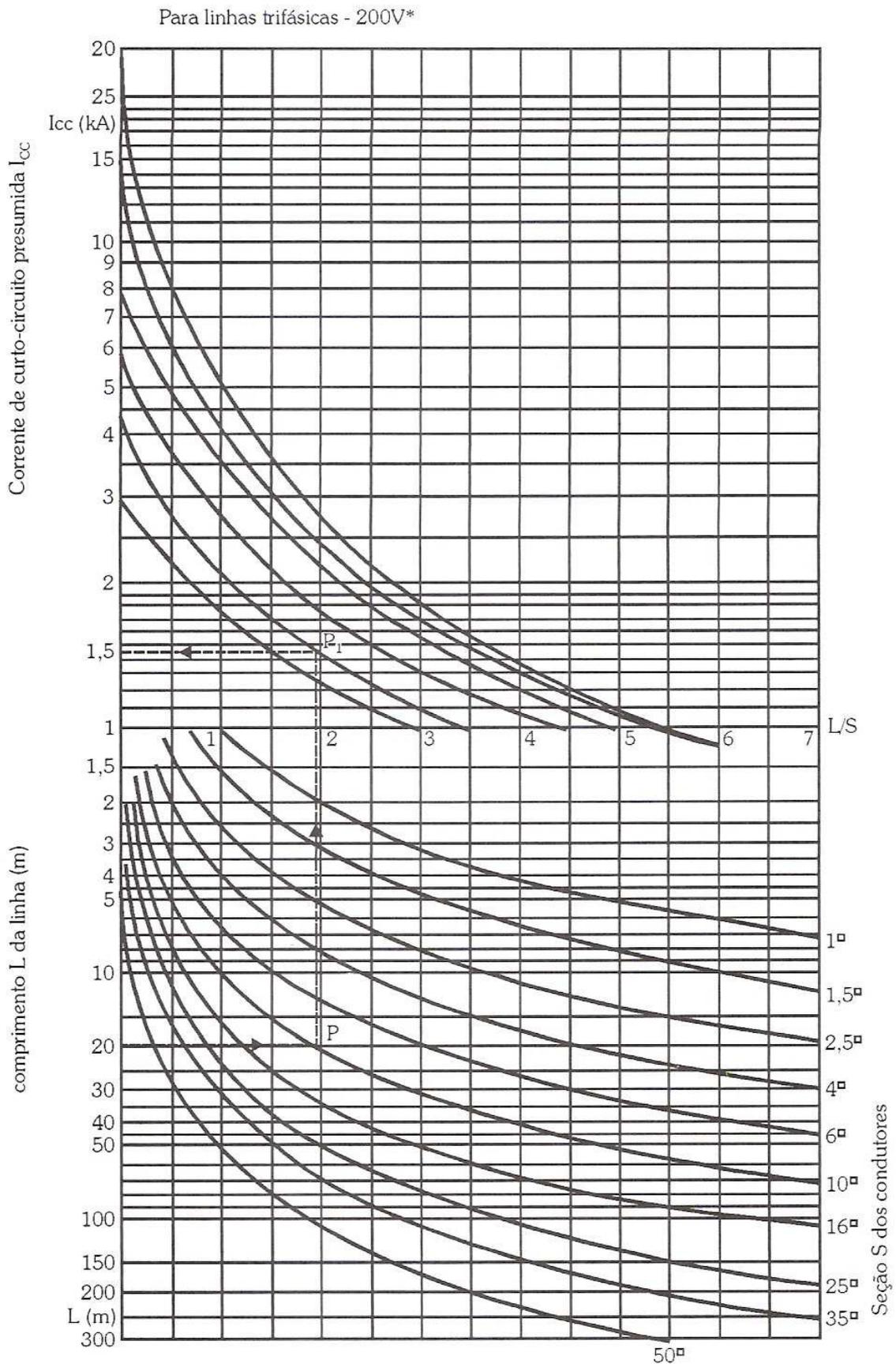


Fig. 2.31 Diagrama simplificado para determinação da corrente de curto-circuito presumida.

Exemplo de cálculo da corrente de curto-circuito presumida:

Determinar a corrente presumida de curto-circuito nos pontos 1, 2 e 3 da Fig. 2.32. Observe que estes serão valores mínimos da capacidade de ruptura dos disjuntores instalados nos barramentos QGBT, do CM-01 e do QT-01.

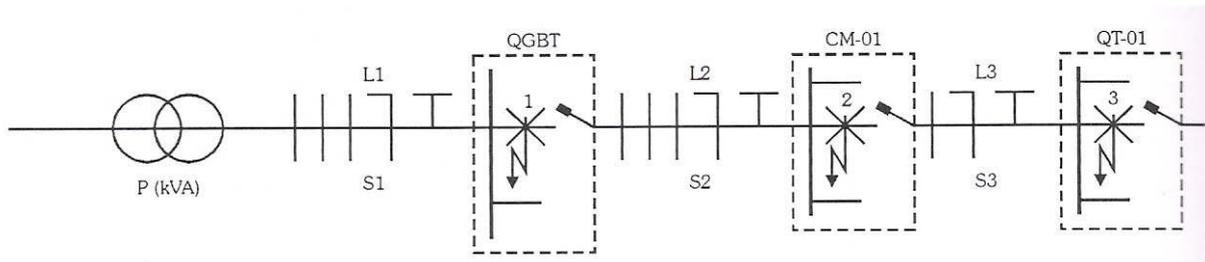


Fig. 2.32 Correntes presumidas de curto-circuito no diagrama unifilar geral de uma instalação.

Dados:

Transformador trifásico:

- 13,8 kV/220-127 V
- potência nominal  $P = 112,5$  kVA
- corrente nominal  $I_n = 296$  A
- Perdas no cobre:  $P_{cu} = 1650$  W (Tabela 2.36)
- $Z\% = 3,5\%$  (Tabela 2.36)

Circuito alimentador 1:

- $S_1 = 3 \# 2 \times 95$  (2 x 95) T 95 mm<sup>2</sup>
- $L_1 = 50$  m
- $r_1 = 0,236$  mΩ/m e  $x_1 = 0,0975$  mΩ/m (Tabela 2.35)

Circuito alimentador 2:

- $S_2 = 3 \# 35$  (35) T 16 mm<sup>2</sup>
- $L_2 = 10$  m
- $r_2 = 0,841$  mΩ/m e  $x_2 = 0,101$  mΩ/m (Tabela 2.35)

Circuito terminal 3:

- $S_3 = \# 10$  (10) T 10 mm<sup>2</sup>
- $L_3 = 10$  m
- $r_3 = 2,24$  mΩ/m e  $x_3 = 0,119$  mΩ/m (Tabela 2.35)

Solução:

a. Cálculo das resistências e reatâncias:

$$R_E = (1000 \cdot 1650) / 3 \cdot 296^2 = 6,277 \text{ m}\Omega$$

$$Z_E = (3,5 \cdot 220^2) / 100 \cdot 112,5 = 15,057 \text{ m}\Omega$$

$$X_E = 13,686 \text{ m}\Omega$$

$$R_I = (0,236 \cdot 50) / 2 = 5,9 \text{ m}\Omega$$

$$X_1 = (0,0975 \cdot 50) / 2 = 2,4375 \text{ m}\Omega$$

$$R_2 = 8,41 \text{ m}\Omega ; X_2 = 1,01 \text{ m}\Omega$$

$$R_3 = 22,4 \text{ m}\Omega ; X_3 = 1,19 \text{ m}\Omega$$

b. Cálculo da  $I_{cs}$  no ponto 1:

$$Z_{cc1} = \sqrt{(6,277 + 5,9)^2 + (13,686 + 2,43)^2}$$

$$Z_{cc1} = 21,31 \text{ m}\Omega$$

$$I_{cs1} = \frac{220}{\sqrt{3} \cdot 21,31} = 5,96 \text{ kA}$$

c. Cálculo da  $I_{cs}$  no ponto 2:

$$Z_{cc2} = \sqrt{(20,587)^2 + (18,497)^2}$$

$$Z_{cc2} = 27,67 \text{ m}\Omega$$

$$I_{cs2} = \frac{220}{\sqrt{3} \cdot 27,67} = 4,59 \text{ kA}$$

O valor de  $I_{CS2}$  também pode ser encontrado utilizando-se o gráfico da Fig. 2.31.

d. Cálculo da  $I_{cs}$  no ponto 3:

No gráfico da figura 9.12, determina-se o ponto  $P$ , na interseção da curva de  $10 \text{ mm}^2$  com a ordenada  $20 \text{ m}$  (como o circuito é monofásico dobramos o valor do comprimento =  $2 \cdot 10 \text{ m}$ ).

Levanta-se a partir de  $P$  uma vertical até encontrar a curva de  $I_{cc} = 4,5 \text{ kA}$  (valor da corrente de curto-circuito no início do trecho  $S_3$ ), determinando o ponto  $P_1$ .

A partir de  $P_1$  traça-se uma horizontal até encontrar a ordenada:  $I_{cs3} = 1,45 \text{ kA}$ .

Exemplo de dimensionamento de dispositivos de proteção:

Dimensionar o dispositivo de proteção para o circuito da Fig. 2.33, a seguir, sabendo que o mesmo é constituído de condutores unipolares de cobre com isolamento de PVC, está instalado em eletroduto de PVC embutido em alvenaria e que a corrente presumida de curto-circuito no ponto de instalação do referido dispositivo de proteção é de  $2 \text{ kA}$ .

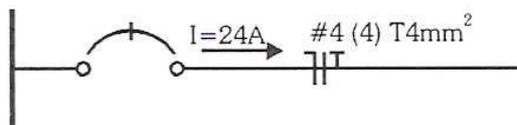


Fig. 2.33 Exemplo de dimensionamento de dispositivo de proteção.

Solução:

1. Sobrecarga:

$$a) I_B \leq I_N \leq I_Z$$

$I_B = 24 \text{ A}$ ;  $I_Z = 32 \text{ A}$  (ver tabela)  $\Rightarrow 24 \leq I_N \leq 32 \Rightarrow I_N = 25 \text{ A}$  (condição atendida).

$$b) I_2 \leq 1,45 \cdot I_Z$$

$$I2 = 1,35 \cdot I_N \Rightarrow I2 = 1,35 \cdot 25 \Rightarrow I2 = 33,75 \text{ A.}$$

$$I2 \leq 1,45 \cdot I_z \Rightarrow 33,75 \leq 1,45 \cdot 32 \Rightarrow 33,75 \leq 46,4 \text{ (condição atendida)}$$

## 2. Curto-circuito:

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

Para resolver este problema necessitamos recorrer às tabelas de fabricantes, onde estarão indicadas as características nominais e curvas de atuação dos dispositivos de proteção. Utilizando, como exemplo, disjuntores termomagnéticos do fabricante Bticino, linha supertibra 5, vemos que o disjuntor monopolar de corrente nominal 25 A, 110 ou 220 V, apresenta uma capacidade de interrupção de 5 kA (ver Tabela 2.37)

$$\text{Portanto: } I_R = 5 \text{ kA e } I_{CS} = 2 \text{ kA} \Rightarrow 5 \text{ kA} \geq 2 \text{ kA} \text{ (condição atendida)}$$

$$b) T_{DD} \leq t \text{ e } t = \frac{K^2 \cdot S^2}{I_{CS}^2}$$

Consultando a curva característica do disjuntor supertibra (ver Fig. 2.34), observamos que para uma corrente de curto-circuito presumida de valor igual a 2 kA, teremos:  $I_{CS}/I_N = 2000/25 = 80 \Rightarrow T_{DD} = 0,02$  segundos

$$t = 115^2 \cdot 4^2 / 2000^2 \Rightarrow t = 0,23 \text{ segundos}$$

$$\text{logo, } 0,02 \text{ s} \leq 0,23 \text{ s} \text{ (condição atendida)}$$

**Conclusão:** o disjuntor termomagnético monopolar de corrente nominal 25 A, tensão nominal 220 V, frequência 60 Hz e capacidade de ruptura 5 kA, da BTCINO atende satisfatoriamente à proteção do circuito mostrado na Fig. 2.33.

Tabela 2.37 – Informações técnicas e curvas tempo x corrente pra o dimensionamento de disjuntores. – Fabricante Bticino



**Tibra**

Disjuntor termomagnético para uso geral com caixa em resina fenólica; câmara tratada com verniz anti-"traking".



**Supertibra 5**

Disjuntor termomagnético de alto desempenho com caixa em resina poliéster e disparador magnético bobinado.

Esta última característica permite manter o limiar de atuação instantâneo em valores não superiores a 10 In.



**Supertibra 12**

Disjuntor termomagnético análogo ao Supertibra 5, porém com elevada capacidade de interrupção.

| Tipo                         | Tibra                                  |   |   | Supertribra |   |   | Supertribra |   |    |    |    |     |
|------------------------------|--|---|---|-------------|---|---|-------------|---|----|----|----|-----|
| Normas de referência         | NBR 5361 - NBR 8176 - IEC 157-1        |   |   |             |   |   |             |   |    |    |    |     |
| Tensão de funcionamento (V)  | 110                                    |   |   | 110         |   |   | 110         |   |    |    |    |     |
|                              | 220                                    |   |   | 220         |   |   | 220         |   |    |    |    |     |
|                              | 380                                    |   |   | 380         |   |   | 380         |   |    |    |    |     |
|                              |  |   |   | 500         |   |   | 500         |   |    |    |    |     |
| Frequência (Hz)              | 50-60                                  |   |   | 50-60       |   |   | 50-60       |   |    |    |    |     |
| Correntes Nominais (A)       | 5-10-15-20-25-30-35-40-50-60-70-90-100 |   |   |             |   |   |             |   |    |    |    |     |
| Limiar de situação magnética | 350-780A                               |   |   | 5-10In      |   |   | 5-10In      |   |    |    |    |     |
| Número de pólos              | 1                                      | 2 | 3 | 1           | 2 | 3 | 1           | 2 | 3. |    |    |     |
|                              | 110V                                   |   |   | 5           |   |   | 12.         |   |    |    |    |     |
|                              | 220V                                   |   |   | 5           | 5 | 5 | 5           | 5 | 5  | 6  | 12 | 12. |
|                              | 380V                                   |   |   | 5           |   |   | 5           |   |    | 6. |    |     |
|                              | 500V                                   |   |   |             |   |   | 3           |   |    | 3. |    |     |

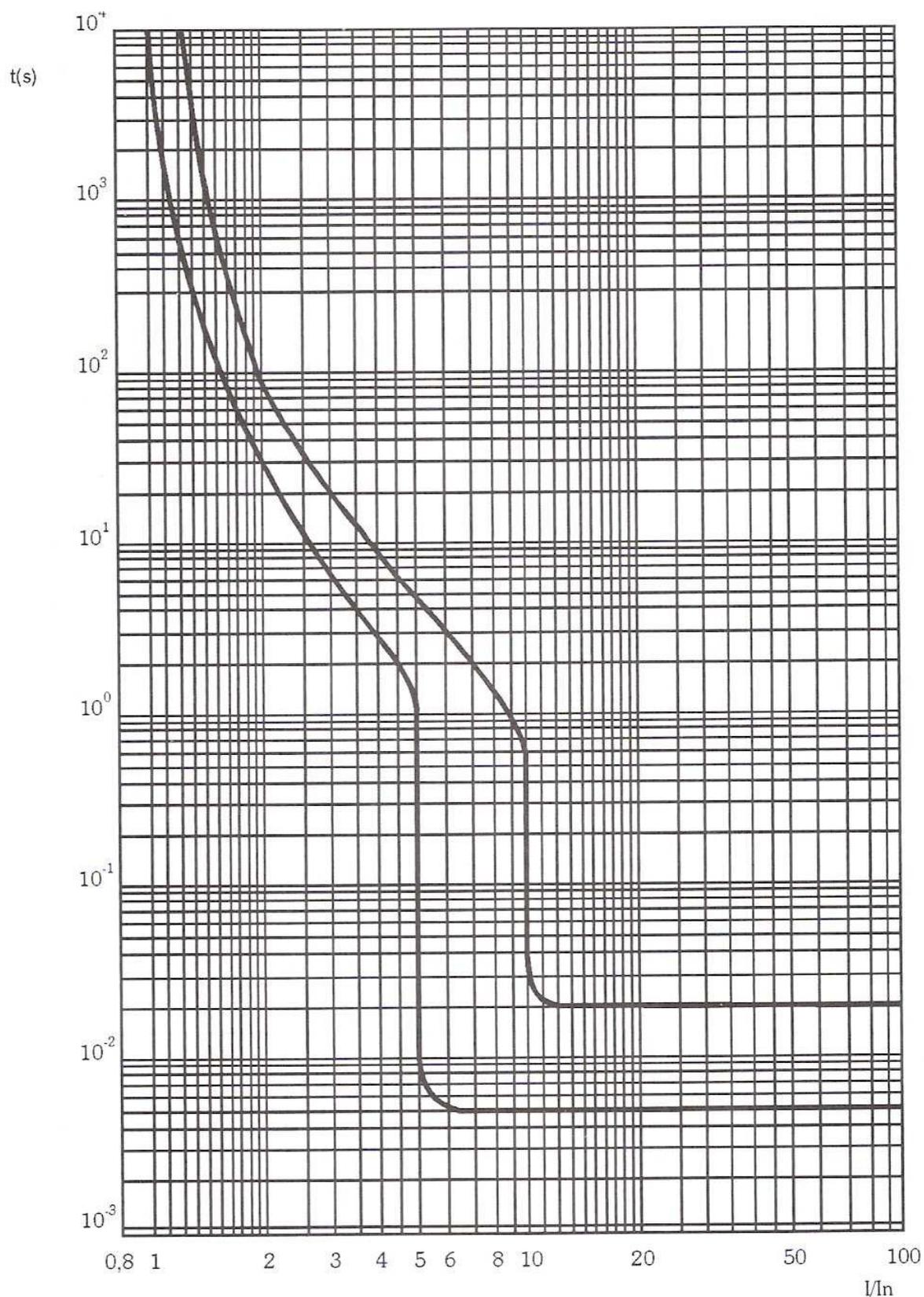


Fig. 2.34 Curva característica tempo x corrente dos disjuntores termomagnéticos, linha supertibra do fabricante Bticino.

#### 2.9.8.4. Proteção contra Choques Elétricos e Efeitos Térmicos

**Definições:** Ao circular pelo corpo humano, ou de animais, a corrente elétrica produz um efeito patofisiológico (conjunto de alterações funcionais) chamado choque elétrico que pode, muitas vezes, provocar lesões graves, ou mesmo vítimas fatais.

No estudo dos choques elétricos, devemos considerar que na sua ocorrência estão envolvidos três elementos: a parte viva, a massa e o elemento condutor estranho à instalação elétrica.

Parte viva é a parte condutora, pertencente à instalação elétrica, que em condições normais, apresenta ou pode apresentar diferencial de potencial elétrico em relação à terra. O potencial da terra é, por convenção, considerado zero. Nas linhas elétricas utilizamos a terminologia condutor vivo.

Massa é o conjunto de partes metálicas não destinadas a conduzir corrente, eletricamente interligadas e isoladas das partes vivas. É a parte da instalação que pode ser tocada facilmente, e que em condições normais não apresenta diferença de potencial em relação à terra, porém, em casos de faltas ou defeitos, a massa pode vir a transformar-se em parte viva. São considerados massa, as carcaças e invólucros metálicos de equipamentos elétricos, os eletrodutos metálicos etc.

Elemento condutor estranho à instalação é o elemento que não faz parte da instalação, mas que nela pode introduzir um potencial elétrico, normalmente o potencial de terra. São exemplos: estruturas metálicas de construções, as tubulações metálicas de utilidades (água, ar-condicionado, gás etc.) e as paredes e pisos não isolantes. No caso dos choques elétricos, o corpo humano constitui um elemento condutor estranho à instalação.

Os efeitos da circulação da corrente elétrica pelo corpo humano dependem principalmente de sua intensidade e do tempo de circulação da mesma.

Ela provoca reações patofisiológicas nas pessoas, cujos principais efeitos são os seguintes:

Tetanização: contração muscular provocada pela circulação da corrente elétrica através dos tecidos nervosos. Este efeito sobrepõe-se ao comando cerebral. A partir de certo valor, a corrente provoca a contração total do músculo, impedindo, por exemplo, que um indivíduo que esteja segurando um objeto energizado possa largá-lo. Este limite é conhecido como o ‘limiar de não largar’ e, experimentalmente, chegou-se a valores de 6 a 14 miliampères para mulheres e 9 a 23 miliampères para homens (em corrente alternada 50/60 Hz).

Parada respiratória: se a tetanização atingir os músculos peitorais, a função respiratória poderá ser afetada. Isto pode ocorrer quando a corrente de choque atingir valores superiores ao ‘limiar de não largar’. Por esta razão, é de grande importância a respiração artificial (boca a boca) no imediato socorro às vítimas de choque elétrico.

Queimadura: a circulação de corrente elétrica pelo corpo humano, que possui certa resistência elétrica, provoca uma liberação de calor (efeito joule), produzindo queimaduras que são mais intensas nos pontos de entrada e saída da corrente, devido à elevação da densidade de corrente elétrica nestes locais. A esta razão soma-se o fato de que a epiderme apresenta resistência elétrica superior aos tecidos internos e também à existência da resistência de contato entre a pele e as partes sob potenciais elétricos distintos.

Fibrilação ventricular: os impulsos elétricos originados no nódulo seno-atrial do coração humano produzem os movimentos de contração (sístole) e expansão (diástole) que fazem o músculo cardíaco vibrar periodicamente no ritmo de 60 a 100 vezes por minuto. Se àqueles impulsos somam-se e sobrepõem-se os efeitos produzidos por uma corrente elétrica externa

de intensidade consideravelmente maior (a corrente de choque), o tecido cardíaco fica submetido a impulsos elétricos de intensidade e frequência bastante distintos da situação normal, produzindo um funcionamento desordenado (arritmico) do coração, que, nessa situação não consegue mais exercer a sua função. Esse fenômeno, conhecido por Fibrilação Ventricular, é responsável por um grande número de acidentes fatais, pois ele é praticamente irreversível, mesmo cessado o choque. Modernamente, a utilização de desfibriladores cardíacos tem produzido resultados favoráveis, porém de pouco efeito prático, já que em cerca de 3 minutos, tempo de socorro muito curto para acidentes ocorridos em obras, estarão comprometidos irremediavelmente o coração e o cérebro.

A Tabela 2.38 apresenta os efeitos fisiológicos da corrente elétrica alternada, de frequência 15 a 100 Hz, trajeto mão esquerda – pés, em pessoas de, no mínimo 50 kg de peso.

Tabela 2.38 – Efeitos da corrente elétrica sobre o corpo humano.

| Valor da Corrente de Choque (mA) | Efeitos sobre o Corpo Humano   |
|----------------------------------|--|
| até 0,5 mA                       | Geralmente, nenhum efeito perceptível; no máximo, um pequeno “formigamento”.   |
| entre 0,5 e 10 mA                | Efeitos fisiológicos geralmente não danosos; paralisia parcial e moderada dos músculos do braço e início de tetanização.   |
| entre 10 e 30 mA                 | Mesmos efeitos da faixa anterior, geralmente sem nenhum efeito patofisiológico perigoso, se houver interrupção da corrente em até 5 segundos.  |
| entre 30 a 500 mA                | Efeitos fisiológicos notáveis; tontura, sufocamento, possível parada respiratória; caso a corrente persista por um período superior a 150 ms, poderá haver fibrilação cardíaca.                                  |
| acima de 500 mA                  | Efeitos fisiológicos graves e irreversíveis: parada respiratória e fibrilação cardíaca; possibilidade de reversão somente com utilização imediata de socorro médico e equipamento especializado (desfibrilador). |

Os choques elétricos podem ocorrer basicamente de duas maneiras: contato direto e contato indireto.

Contato direto é o contato de pessoas ou de animais domésticos com partes vivas da instalação.

Contato indireto é o contato de pessoas ou de animais domésticos com massas que ficaram acidentalmente sob tensão.

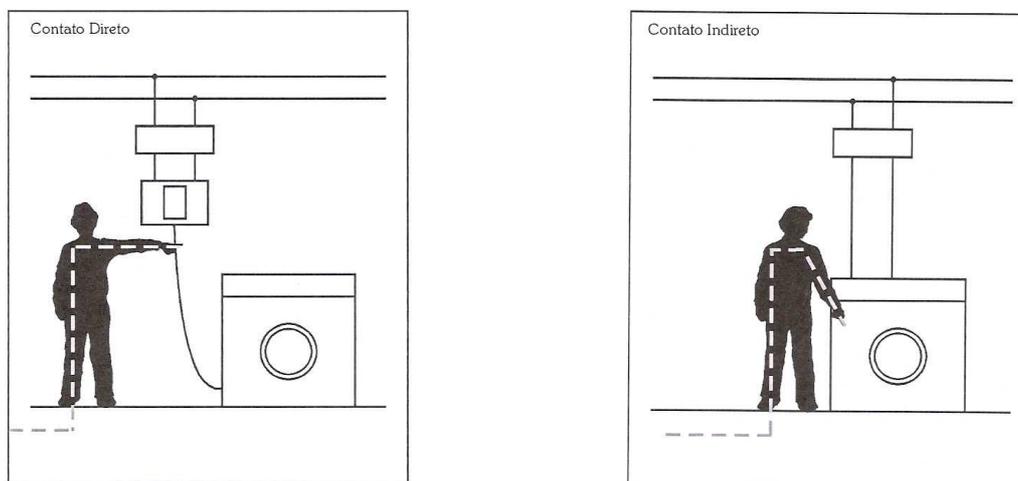


Fig. 2.35 Choque elétrico por contato direto e indireto.

As medidas de proteção contra os choques elétricos podem ser classificadas em medidas ativas e medidas passivas.

Nas medidas ativas ocorrerá o seccionamento automático da alimentação visando impedir que uma tensão de contato se mantenha por um tempo que possa resultar em risco de efeito fisiológico perigoso para as pessoas ou animais domésticos.

As medidas de proteção passivas visam a limitar o valor da corrente elétrica que possa atravessar o corpo humano, através de um eficiente aterramento das massas, bem como impedir, através da isolação das partes vivas, de colocação de barreiras, de obstáculos e de distanciamento, o contato com as partes energizadas.

O valor da corrente de choque depende da diferença de potencial a que fica submetido o corpo humano por ocasião do choque elétrico, bem como da impedância elétrica deste percurso, para a qual contribuem a resistência do corpo humano e a resistência de contato.

A tensão de contato é a tensão que pode aparecer acidentalmente entre dois pontos simultaneamente acessíveis. Em um choque elétrico, a tensão de contato é a diferença de potencial a que uma pessoa fica sujeita ao tocar, simultaneamente, em dois pontos que se encontram sob potenciais elétricos diferentes.

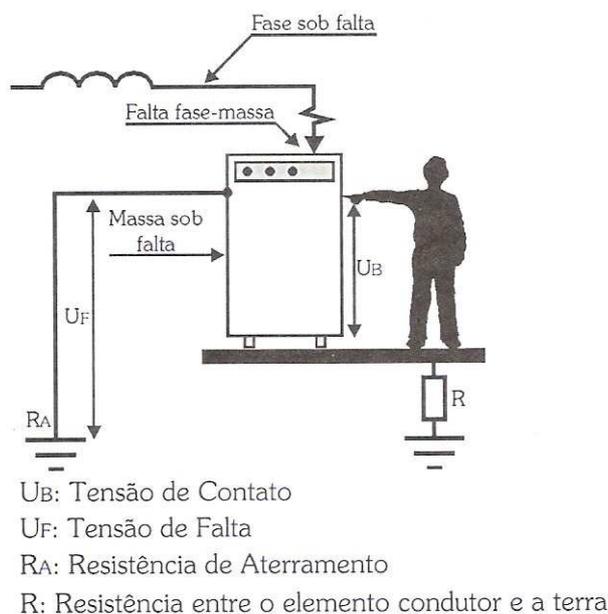


Fig. 2.36 Tensão de contato e tensão de falta.

A tensão de falta ( $U_f$ ) é a diferença de potencial que surge entre uma massa e um eletrodo de aterramento, por ocasião de uma falha de isolamento.

A NBR 5410 considera como medida de segurança nas prescrições contra choques elétricos, a tensão de falta, pois ela é, em geral, superior à tensão de contato.

Estudos demonstram que a resistência do corpo humano varia com a tensão de contato e com outras condições, como por exemplo, a umidade da epiderme. Portanto, a relação entre a corrente de choque e a tensão de contato não é linear.

A NBR 5410 estabelece quatro condições referentes à situação da umidade da pele, conforme apresentado na Tabela 2.39.

Por outro lado, a tensão de contato também depende da natureza do contato que pode se estabelecer entre o corpo humano e o potencial da terra (resistência de contato  $R$  da Fig. 2.36), conforme observamos na Tabela 2.40.

Tabela 2.39 – Resistência elétrica do corpo humano.

| Código | Classificação | Características    | Aplicações e exemplos   |
|--------|---------------|--------------------|---|
| BB1    | Elevada       | Condições secas    | Circunstâncias nas quais a pele está seca (nenhuma umidade, inclusive suor).  |
| BB2    | Normal        | Condições úmidas   | Passagem da corrente elétrica de uma mão à outra ou de uma mão a um pé, com a pele úmida (suor) e a superfície de contato sendo significativa (por exemplo, um elemento está seguro dentro da mão). |
| BB3    | Fraca         | Condições molhadas | Passagem da corrente elétrica entre as duas mãos e os dois pés, estando as pessoas com os pés molhados ao ponto de se poder desprezar a resistência da pele e dos pés.                              |
| BB4    | Muito fraca   | Condições imersas  | Pessoas imersas n'água, por exemplo em banheiras e piscinas.  |

Tabela 2.40 – Contato das pessoas com o potencial da terra.

| Código | Classificação | Características   | Aplicações e exemplos  |
|--------|---------------|---|--|
| BC1    | Nulos         | Pessoas que se encontram em locais não condutores.  | Locais não condutores, isto é, cujos pisos e paredes são isolantes, e que não possuam nenhum elemento condutor.  |
| BC2    | Fracos        | Pessoas que não correm riscos de entrar em contato, sob condições habituais, com elementos condutores, ou que não estejam sobre superfícies condutoras. | Locais não condutores, isto é, cujos pisos e paredes são isolantes, e que possuem elementos condutores em pequena quantidade ou de pequenas dimensões, cuja probabilidade de contato possa ser desprezada. Isto ocorre, por exemplo, com as salas e quartos de residências.  |
| BC3    | Frequentes    | Pessoas em contatos com elementos condutores ou se postando sobre superfícies condutoras.   | Locais cujos pisos e paredes não são isolantes e/ou possuem grandes ou inúmeros elementos condutores.  |
| BC4    | Contínuos     | Pessoas em contato permanente com paredes metálicas e cujas possibilidades de interromper os contatos são limitadas.                                    | Locais como caldeiras ou recipientes metálicos, cujas dimensões sejam tais que as pessoas que os penetrem estejam continuamente em contato com as paredes. A redução de liberdade de movimentos das pessoas pode, por um lado, impedi-las de romper voluntariamente o contato e, por outro lado, aumentar os riscos de contato involuntário. |

Desta forma, de acordo com as várias situações possíveis, poderemos relacionar os valores das resistências de contato, tensões de contato e as respectivas correntes de choque admissíveis, conforme mostrado na Tabela 2.41.

Tabela 2.41 – Resistência do corpo humano para diferentes condições BB (NBR 5410) e correntes de choque para diferentes valores de tensão de contato.

| Tensões de Contato<br>(Volts) | BB1           |       | BB2           |       | BB3           |       | BB4           |        |
|-------------------------------|---------------|-------|---------------|-------|---------------|-------|---------------|--------|
|                               | R( $\Omega$ ) | I(mA)  |
| 10                            | 6500          | 1,6   | 3200          | 3,0   | 1200          | 8,0   | 500           | 20,0   |
| 25                            | 5000          | 5,0   | 2500          | 10,0  | 1000          | 25,0  | 400           | 50,0   |
| 50                            | 4000          | 12,5  | 2000          | 25,0  | 875           | 57,0  | 300           | 165,0  |
| 100                           | 2200          | 45,0  | 1500          | 70,0  | 730           | 140,0 | 260           | 370,0  |
| 250                           | 1000          | 230,0 | 1000          | 230,0 | 650           | 500,0 | 200           | 1000,0 |

### Proteção contra Contatos Diretos Segundo a NBR 5410

- Proteção por isolamento: materiais isolantes aplicados às partes vivas;
- Proteção por meio de barreiras (anteparo que impede acesso às partes vivas) ou invólucros (elemento que impede acesso às partes vivas, a partir de todas as direções);
- Proteção por meio de obstáculos: objetos desmontáveis com o objetivo de impedir o acesso às partes vivas.
- Proteção por colocação fora de alcance: delimitação de zonas de alcance;
- Proteção adicional por dispositivo de proteção à corrente diferencial residual.

**Disjuntores e Interruptores Diferenciais Residuais:** exercem múltiplas funções, pois, além de realizarem proteção dos condutores contra sobrecorrentes, garantem a proteção das pessoas contra choques elétricos e a proteção dos locais contra incêndio, nas condições descritas na NBR 5410. Além disso, esses disjuntores são ideais para controlar o isolamento da instalação, impedindo o desperdício de energia por fuga excessiva de corrente e qualidade da instalação.

Os estudos iniciais sobre proteção por interrupção de corrente de fuga começaram na década de 1920. Após muitos testes, foi admitida em 1958, como medida de proteção contra tensões de contato muito altas. Já nesse período se reconheceu o alto valor de proteção da interrupção da corrente de fuga, que aumentou consideravelmente com a introdução de interruptores de proteção e ou disjuntores diferenciais com uma corrente nominal de fuga de 30 mA a 500 mA. Com isso, não se consegue somente alta proteção em contato indireto, mas também alta proteção de vidas humanas em contato direto com partes que conduzem corrente elétrica.

Em caso de defeito na isolação, as correntes de fuga passam à fonte de tensão. Os disjuntores ou interruptores diferenciais percebem ou captam a corrente de fuga e se desligam, quando ultrapassam a corrente nominal de fuga. Porém, em caso de defeito nas isolações, não somente pode aparecer uma tensão de contato excessivamente elevada, como pode ser provocada por um incêndio através de um arco voltaico, originado pela corrente do circuito à terra.

A interrupção da corrente de fuga baseia-se em princípio de ‘vigiar’ os circuitos contra essas correntes indesejáveis e altamente prejudiciais às instalações elétricas, ao patrimônio e principalmente aos usuários.

Se uma pessoa tocar as partes ativas de uma instalação, duas resistências são fundamentais para a determinação da corrente de falta à terra:

1. Resistência interna das pessoas;
2. Resistência da ligação à terra.

Em caso de acidente, a situação mais desfavorável consiste em considerar nula a resistência de ligação à terra. A resistência do corpo humano à passagem da corrente elétrica depende do caminho percorrido pela corrente. Dois valores podem ser considerados: a resistência entre as mãos ou entre a mão e o pé. O valor médio é de 1000 ohms. Para uma tensão de falha de 220 V, a corrente que circula através do corpo humano é de 220 mA (110 mA em 110 V).

A NBR 5410 estabelece as prescrições mínimas quanto à aplicação dos dispositivos DR's. Trata-se de um dispositivo de proteção reconhecidamente mais eficaz na proteção contra

choques elétricos, que além de tornar mais seguras e confiáveis as instalações elétricas de baixa tensão, constitui-se também uma garantia da qualidade da instalação, devido ao fato de que os dispositivos DR's não admitem correntes de fuga ou de falta excessivas, contribuindo desta forma, para a redução das perdas por efeito joule, o que contribui para a conservação de energia.

Prescrições da NBR 5410 quanto à utilização de dispositivos DR's:

1. Os disjuntores termomagnéticos diferenciais – residuais (módulos acoplados em um único dispositivo) serão dimensionados atendendo simultaneamente às prescrições de proteção contra sobrecorrentes, conforme roteiros já descritos, e as prescrições de proteção contra choques elétricos;
2. Quando o dispositivo DR não for associado a um dispositivo de proteção contra sobrecorrentes (interruptores diferenciais residuais), a proteção contra sobrecorrentes deve ser assegurada por dispositivo específico conforme as prescrições da NBR 5410 e o dispositivo DR deverá suportar às solicitações térmicas e mecânicas provocadas por correntes de falta a jusante de seu local de instalação;
3. Podem ser instalados dispositivos DR na proteção geral da instalação e/ou nas proteções individuais de circuitos terminais;
4. Dependendo dos níveis de corrente de fuga do sistema, à instalação, devem-se tomar cuidados especiais na sensibilidade dos dispositivos DR, pois principalmente se instalados na proteção geral poderão causar seccionamentos intempestivos da rede de alimentação de toda a instalação;
5. Quando tivermos dispositivos DR na proteção geral e nos circuitos terminais, deverá ser feita uma coordenação buscando a seletividade da atuação. O dispositivo de maior sensibilidade de atuação (menor  $I_{\Delta N}$ ) deverá ser instalado no circuito terminal e o de maior sensibilidade no circuito de distribuição, obedecidos os limites fixados em norma;
6. Recomenda-se o uso de dispositivos DR de alta sensibilidade, como medida adicional na proteção contra contatos diretos;
7. Utilização de dispositivos DR's de alta sensibilidade ( $I_{\Delta N} = 30mA$ ) na proteção de circuitos terminais que sirvam a:
  - Tomadas de corrente em cozinhas, lavanderias, locais com pisos e/ou revestimentos não isolantes (BC3) e áreas externas;
  - Tomadas de corrente que, embora instaladas em áreas internas, possam alimentar equipamentos de uso em áreas externas;
  - Aparelhos de iluminação instalados em áreas externas.
8. Uso de DR's com corrente diferencial residual nominal de atuação de, no máximo,  $I_{\Delta N} = 500mA$ , para a proteção contra incêndios;
9. Utilização de DR's de alta sensibilidade na proteção de aquecedores elétricos de locais contendo banheira ou chuveiro;
10. Utilização de DR's de alta sensibilidade ( $I_{\Delta N} \leq 30mA$ ) na proteção de circuitos em eletrodutos metálicos embutidos em áreas de piscinas.

### Funcionamento do Dispositivo Diferencial Residual:

A corrente diferencial residual representa a soma fasorial das correntes que percorrem os condutores vivos de um circuito em um determinado ponto, e, teoricamente, o valor  $I_{\Delta r}$  será nulo, a menos que existam correntes de fuga ou de falta para a terra no circuito. Na prática, todos os circuitos apresentam uma corrente de fuga, limitada a valores mínimos, devido à inexistência real de isolamento perfeita. O que o dispositivo DR faz é supervisionar a existência de corrente diferencial residual  $I_{\Delta r}$  no circuito ao qual está conectado. O dispositivo DR atuará, provocando um seccionamento da alimentação do circuito, sempre que o valor de  $I_{\Delta r}$  ultrapassar um valor preestabelecido,  $I_{\Delta N}$ , que é a corrente diferencial residual nominal de atuação do dispositivo.

Na Fig. 2.37 observamos que as bobinas principais P estão enroladas sobre o núcleo magnético e quando são atravessadas pelas correntes I em condições normais de funcionamento, criam dois fluxos magnéticos iguais e opostos, que se anulam. Existindo uma corrente diferencial – residual, o fluxo resultante será diferente de zero, gerando uma força eletromotriz na bobina secundária B que, estando ligada ao relé polarizado, provocará a circulação de uma corrente pelo relé. Se a corrente no relé for igual ou superior ao valor da corrente diferencial-residual nominal de atuação do dispositivo ( $0,5 I_n$ ), então poderá ser desmagnetizado o relé polarizado, provocando a abertura dos contatos principais do dispositivo DR. Para testar as condições de funcionamento do dispositivo utiliza-se o botão de prova T que, quando acionado, cria um desequilíbrio de corrente, provocando a abertura dos contatos principais. Considera-se que os dispositivos DR podem operar para qualquer valor de corrente diferencial residual superior a 50% de sua corrente diferencial residual nominal de atuação.

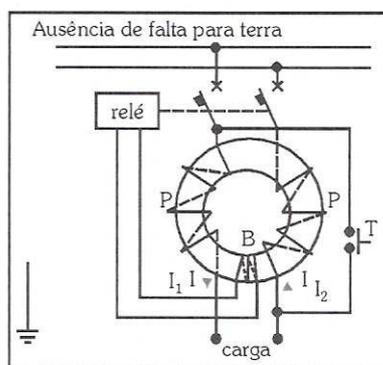


Fig. 2.37 – Funcionamento elétrico de um dispositivo DR.

Comercialmente, os dispositivos de proteção à corrente diferencial residual são fornecidos como módulos acoplados elétrica e mecanicamente a disjuntores termomagnéticos, constituindo, portanto um único dispositivo. Desta forma, garante-se em um mesmo dispositivo, a proteção dos condutores contra sobrecarga e curtos-circuitos (módulo termomagnético) e a proteção das pessoas contra choques elétricos (módulo diferencial-residual).

No mercado nacional, encontramos diversos fabricantes de dispositivos DR's, fornecidos nos tipos bipolares, tripolares e tetrapolares. A Fig. 2.38 apresenta as características construtivas dos disjuntores termomagnéticos diferenciais – residuais tetrapolares e bipolares, linha Salvavita da Bticino.

Proteção para instalações em ambientes especiais

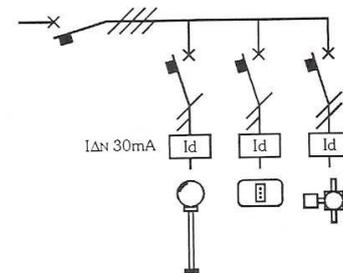
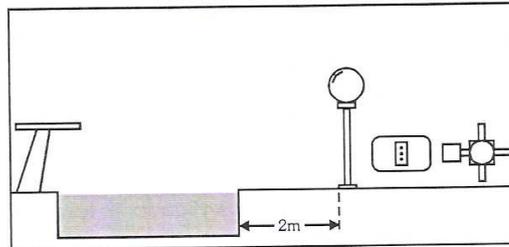
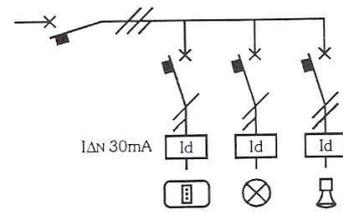
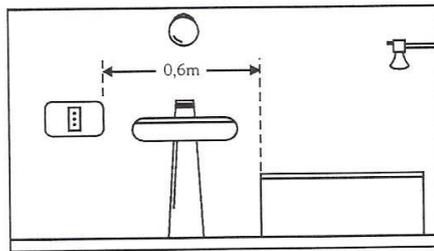


Fig. 2.38 – Instalação de dispositivos DR's.

**Dados Técnicos**

| Normas de referência              | NBR 5361                             | NBR 8176 IEC 157-1        | IEC 755                   |
|-----------------------------------|--------------------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Número de pólos                   | 2                                    | 3                         | 4                         |
| Tensão Nominal (V~)               | 110<br>220                           | 220<br>380<br>500         | 220<br>380<br>500         |
| Frequência (Hz)                   | 50/60                                | 50/60                     | 50/60                     |
| Corrente Nominal $I_N$ (A)        | 15-20-25<br>30-35-40                 | 63<br>100                 | 63<br>100<br>125          |
| Atuação térmica                   | fixo                                 | Regulável de 0,7 a $1I_N$ | Regulável de 0,7 a $1I_N$ |
| Faixa de atuação magnética        | 5 a $10I_N$                          | 10 a $15I_N$              | 10 a $15I_N$              |
| Corrente Nominal diferencial (mA) | 30/300                               | 500                       | 500                       |
| Tempo de atuação difer.           | $\leq 0,03s$                         | $\leq 0,04s$              | $\leq 0,04s$              |
| Capacidade de interrupção (kA)    | 110 V~<br>220 V~<br>380 V~<br>500 V~ | 12<br>12<br>22<br>15<br>8 | 22<br>15<br>8             |

### 2.9.9. Diagramas, Quadros e Detalhes da Instalação Elétrica

Os desenhos dos diagramas unifilares ou multifilares dos quadros de distribuição (quadros gerais e quadros terminais), os detalhes dos centros de medidores, o desenho esquemático da distribuição vertical da instalação (prumada elétrica) e outros detalhes da interligação da instalação do consumidor com a rede pública da concessionária (entrada de serviço) são fundamentais para a perfeita compreensão do projeto de uma instalação elétrica de um edifício de uso coletivo.

A necessidade destes e de outros detalhes, bem como o formato dos mesmos, dependerá, obviamente, da especificidade de cada projeto.

#### 2.9.9.1. Diagramas Unifilares

Os Diagramas Unifilares são desenhos esquemáticos dos quadros de distribuição. Estes desenhos são executados a partir de informações contidas nos quadros de distribuição de cargas e, de certa forma, constituem a representação destes quadros em forma de desenho.

Os diagramas são ditos unifilares quando temos apenas uma linha para representação da saída dos condutores de cada circuito, estando representada sobre esta a fiação correspondente.

Já no caso dos diagramas multifilares, cada condutor de cada circuito é representado por uma linha exclusiva, sendo uma representação integral das conexões elétricas existentes no interior de cada quadro da instalação.

Exemplos de diagramas unifilares que devem ser representados:

- Diagrama unifilar do quadro de distribuição de cada apartamento tipo;
- Diagrama unifilar dos quadros do condomínio;
- Diagrama unifilar de cada unidade consumidora tipo (loja, galpão, etc.);
- Diagrama unifilar geral da instalação elétrica de um edifício.

A necessidade destes e de outros detalhes, bem como o formato dos mesmos, dependerá, obviamente, da especificidade de cada projeto.

#### 2.9.9.2. Quadro de Distribuição de Carga

Pode-se utilizar o modelo abaixo acrescido de linhas e colunas para ilustrar a distribuição dos circuitos entre fases (não deve haver desequilíbrio superior a 15% entre fases).

### 2.9.10. Confecção da Lista de Material

Para a execução do projeto elétrico residencial precisa-se previamente realizar o levantamento do material, que nada mais é que: medir, contar, somar e relacionar todo o material a ser empregado e que aparece representado na planta residencial.

Para se determinar a medida dos eletrodutos e fios deve-se medir diretamente na planta, os eletrodutos representados no plano horizontal e somar, quando for o caso, os eletrodutos que descem ou sobem até as caixas.

#### 2.9.10.1. Determinação da Quantidade de Eletrodutos e fios

As medidas do eletroduto no plano horizontal são feitas com auxílio de uma régua ou ferramenta de medição de comprimento (no CAD) diretamente na própria planta residencial. Uma vez efetuadas, estas medidas devem ser convertidas para o valor real, através da escala em que a planta foi desenhada. A escala indica qual é a proporção entre a medida representada e a real. Por exemplo, na escala 1:100 significa que a cada 1 cm no desenho corresponde a 100 cm nas dimensões reais.

As medidas dos eletrodutos que descem até as caixas são determinadas descontando da medida do pé direito mais a espessura da laje da residência a altura em que a caixa está instalada.

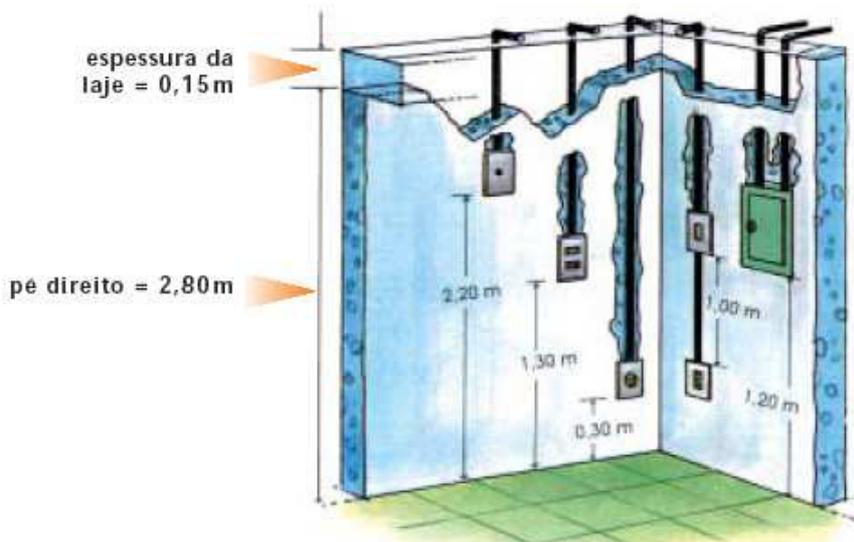


Fig. 2.39 – Medidas dos eletrodutos que descem até as caixas.

| Caixas para                | Subtrair | Exemplificando  |
|----------------------------|----------|---|
| saída alta                 | 2,20 m   | pé direito = 2,80 m<br>esp. da laje = <u>0,15 m</u><br>2,95 m |
| interruptor e tomada média | 1,30 m   | caixa para saída alta<br>subtrair 2,20 m =<br>2,95 m          |
| tomada baixa               | 0,30 m   | <u>-2,20 m</u>  |
| quadro de distribuição     | 1,20 m   | <b>0,75 m</b>   |

(medida do eletroduto)

Fig. 2.40 – Exemplo da medição de eletrodutos que descem até as caixas.

As medidas dos eletrodutos que sobem até as caixas são determinadas somando a medida da altura da caixa mais a espessura do contrapiso.

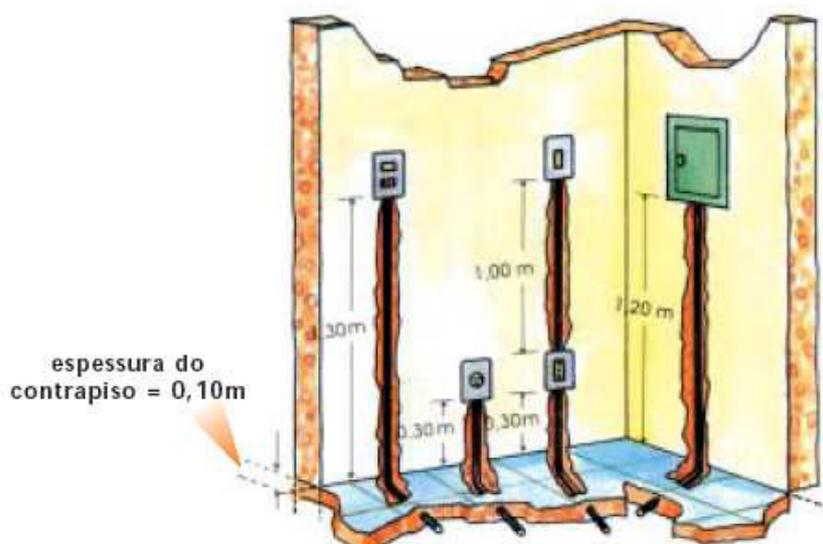


Fig. 2.41 – Medidas dos eletrodutos que sobem até as caixas.

| Caixas para                | Somar | Exemplificando   |
|----------------------------|-------|--|
| interruptor e tomada média | 1,30m | espessura do contrapiso = 0,10m<br>1,30 + 0,10 = 1,40m |
| tomada baixa               | 0,30m | 0,30 + 0,10 = 0,40m                                    |
| quadro de distribuição     | 1,20m | 1,20 + 0,10 = 1,30m                                    |

Fig. 2.42 – Exemplo da medição de eletrodutos que sobem até as caixas.

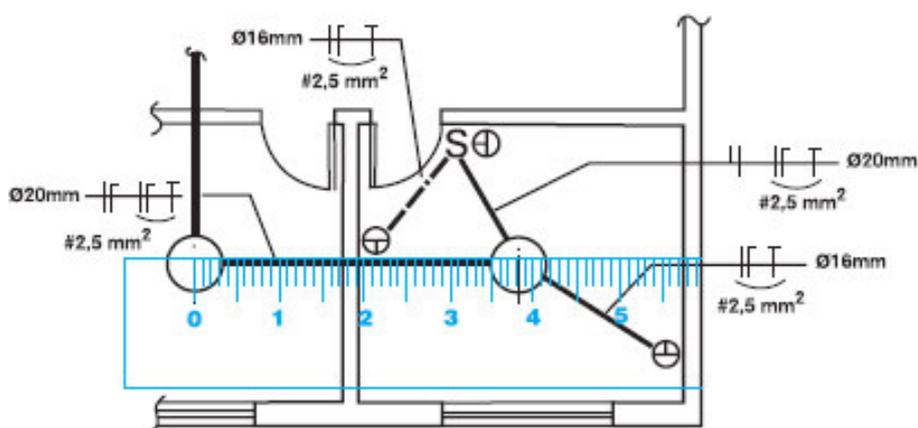
Nota: As medidas apresentadas são sugestões do que normalmente se utiliza na prática. A NBR 5410 não faz recomendações a respeito disso.

Como a medidas dos eletrodutos é a mesma dos fios que por eles passam, efetuando-se o levantamento dos eletrodutos, simultaneamente estará se efetuando o da fiação.

Exemplificando o levantamento dos eletrodutos e fiação:

Mede-se o trecho do eletroduto no plano horizontal.

escala utilizada = 1:100  
 pé direito = 2,80m  
 espessura da laje = 0,15m  
**2,80 + 0,15 = 2,95**



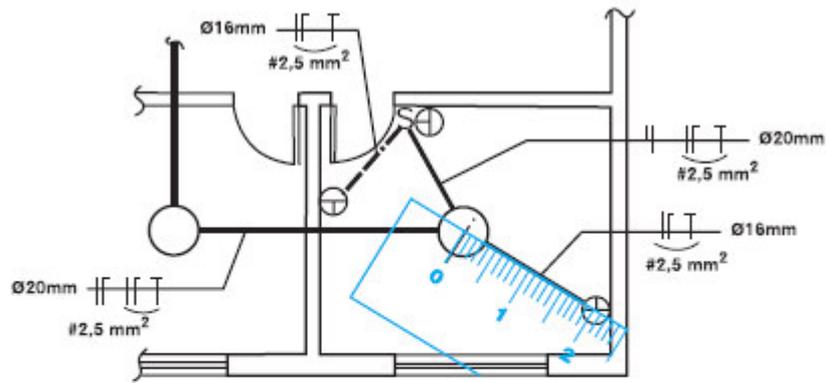
Chega-se a um valor de 3,8 cm: converte-se o valor encontrado para a medida real

$$\begin{array}{r} 3,8 \text{ cm} \\ \times 100 \\ \hline 380,0 \text{ cm} \\ \text{ou } 3,80 \text{ m} \end{array}$$

Para este trecho da instalação, têm-se:

- eletroduto de 20 mm = 3,80m (2 barras)
- fio fase de 2,5 mm<sup>2</sup> = 3,80m
- fio neutro de 2,5 mm<sup>2</sup> = 3,80m
- fio de proteção de 2,5 mm<sup>2</sup> = 3,80m
- fio fase de 1,5 mm<sup>2</sup> = 3,80m
- fio neutro de 1,5 mm<sup>2</sup> = 3,80m

Fig. 2.43 – Exemplo do levantamento de eletrodutos e da fiação.



**Medida do eletroduto no plano horizontal**

$$2,2 \text{ cm} \times 100 = 220 \text{ cm ou } 2,20 \text{ m}$$

**Medida do eletroduto que desce até a caixa da tomada baixa**

$$(\text{pé direito} + \text{esp. da laje}) - (\text{altura da caixa}) \\ 2,95 \text{ m} - 0,30 \text{ m} = 2,65 \text{ m}$$

**Somam-se os valores encontrados**

$$(\text{plano horizontal}) + (\text{descida até a caixa}) \\ 2,20 \text{ m} + 2,65 \text{ m} = 4,85 \text{ m}$$

**Adicionam-se os valores encontrados aos da relação anterior:**

|  |                 |            |
|--|-----------------|------------|
| eletroduto de 20 mm                    | = 3,80m         | (2 barras) |
| eletroduto de 16 mm                    | = 4,85m         | (2 barras) |
| fio fase de 2,5 mm <sup>2</sup>        | = 3,80m + 4,85m | = 8,65m    |
| fio neutro de 2,5 mm <sup>2</sup>      | = 3,80m + 4,85m | = 8,65m    |
| fio de proteção de 2,5 mm <sup>2</sup> | = 3,80m + 4,85m | = 8,65m    |
| fio fase de 1,5 mm <sup>2</sup>        | = 3,80m         |            |
| fio neutro de 1,5 mm <sup>2</sup>      | = 3,80m         |            |

Fig. 2.44 – Exemplo da medição de eletrodutos que sobem até as caixas.

### 2.9.10.2. Determinação da Quantidade de Caixas, Curvas, Luvas, Arruelas, Buchas, Tomadas, Interruptores, Conjuntos:

Conta-se e relaciona-se o número de:



Fig. 2.45 – Caixas de derivação.

### CURVAS, LUVA, BUCHA E ARRUELA

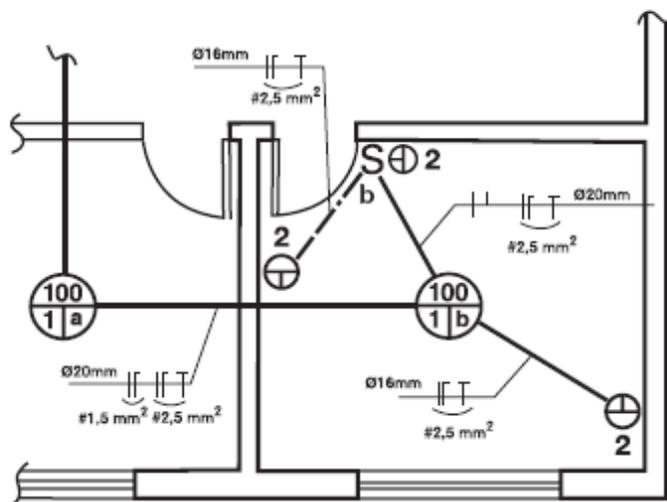


Fig. 2.46 – Curvas, luva, bucha e arruela.



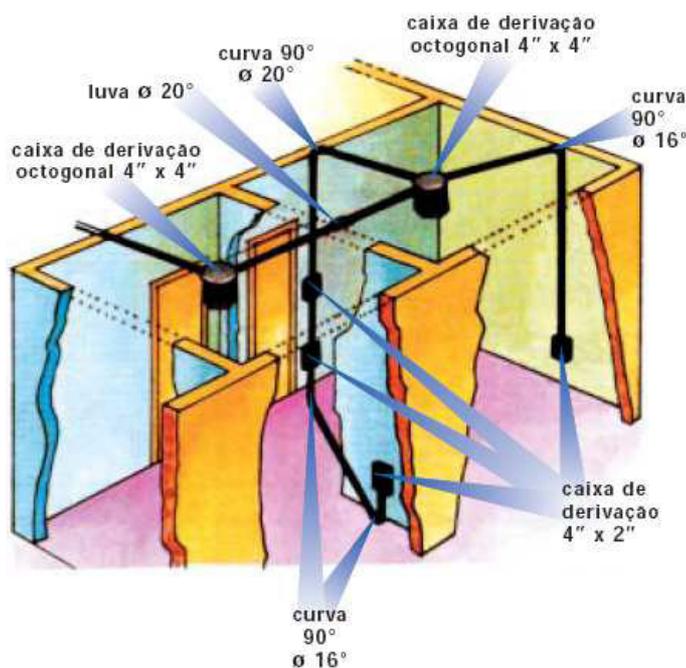
Fig. 2.47 – Tomadas, interruptores e conjuntos.

Observando-se a planta do exemplo...

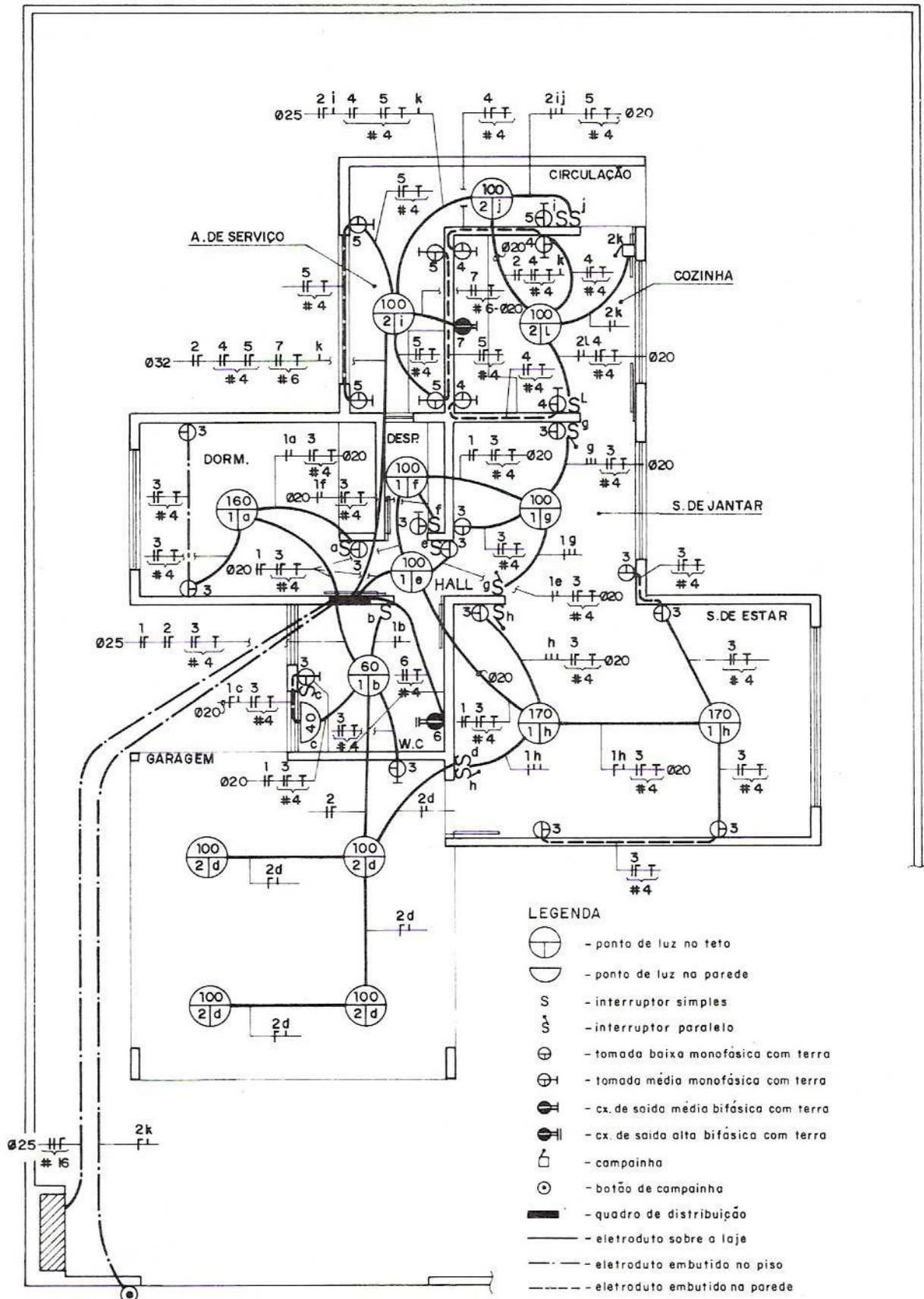


.. conta-se

|                             |                      |
|-----------------------------|----------------------|
| 2 caixas octogonais 4" x 4" | 4 arruelas de Ø 20   |
| 4 caixas 4" x 2"            | 4 buchas de Ø 20     |
| 3 tomadas 2 P + T           | 3 curvas 90° de Ø 16 |
| 1 interruptor simples       | 6 buchas de Ø 16     |
| 1 curva 90° de Ø 20         | 6 arruelas de Ø 16   |
| 1 luva de Ø 20              |                      |



| Lista de material                                   | Preço     |       |       |
|---|-----------|-------|-------|
|   | Quant.    | Unit. | Total |
| <b>Condutores</b>                                   |           |       |       |
| Proteção 16mm <sup>2</sup>                          | 7m        |       |       |
| Fase 16mm <sup>2</sup>                              | 13m       |       |       |
| Neutro 16mm <sup>2</sup>                            | 7m        |       |       |
| Fase 1,5mm <sup>2</sup>                             | 56m       |       |       |
| Neutro 1,5mm <sup>2</sup>                           | 31m       |       |       |
| Retorno 1,5mm <sup>2</sup>                          | 60m       |       |       |
| Fase 2,5mm <sup>2</sup>                             | 159m      |       |       |
| Neutro 2,5mm <sup>2</sup>                           | 151m      |       |       |
| Retorno 2,5mm <sup>2</sup>                          | 9m        |       |       |
| Proteção 2,5mm <sup>2</sup>                         | 101m      |       |       |
| Fase 4mm <sup>2</sup>                               | 15m       |       |       |
| Proteção 4mm <sup>2</sup>                           | 8m        |       |       |
| Fase 6mm <sup>2</sup>                               | 22m       |       |       |
| Proteção 6mm <sup>2</sup>                           | 11m       |       |       |
| <b>Eletrodutos</b>                                  |           |       |       |
| 16mm  | 16 barras |       |       |
| 20mm  | 27 barras |       |       |
| 25mm  | 4 barras  |       |       |
| <b>Outros componentes da distribuição</b>           |           |       |       |
| Caixa 4" x 2"                                       | 36        |       |       |
| Caixa octogonal 4" x 4"                             | 8         |       |       |
| Caixa 4" x 4"                                       | 1         |       |       |
| Campainha   | 1         |       |       |
| Tomada 2P + T                                       | 26        |       |       |
| Interruptor simples                                 | 4         |       |       |
| Interruptor paralelo                                | 2         |       |       |
| Conjunto interruptor simples e tomada 2P + T        | 2         |       |       |
| Conjunto interruptor paralelo e tomada 2P + T       | 1         |       |       |
| Conjunto interruptor paralelo e interruptor simples | 1         |       |       |
| Placa para saída de fio                             | 2         |       |       |
| Disjuntor termomagnético monopolar 10A              | 10        |       |       |
| Disjuntor termomagnético bipolar 25A                | 1         |       |       |
| Disjuntor termomagnético bipolar 30A                | 1         |       |       |
| Disjuntor termomagnético bipolar 70A                | 1         |       |       |
| Interruptor diferencial residual bipolar 30mA/25A   | 10        |       |       |
| Interruptor diferencial residual bipolar 30mA/40A   | 1         |       |       |
| Quadro de distribuição                              | 1         |       |       |



## Entrega do Projeto Final

Data de Entrega: INADIAMENTE ATÉ O DIA 16 DE DEZEMBRO.

### 2.9.10.3. Itens que devem constar na folha de projeto em AutoCAD:

- a. Formato com margens (sugestão: esquerda: 2,5 cm; direita, superior, inferior: 1,0 cm) e legenda (colocar nome do proprietário, identificação da obra, escalas utilizadas, data, responsável pelo projeto);
- b. Planta residencial (escala sugerida 1:50) com a distribuição interna completamente legível e organizada com toda a representação elétrica: pontos de luz, tomada, quadros, eletrodutos, condutores, etc.;
- c. Legenda da simbologia utilizada na representação elétrica;
- d. Cálculo da carga instalada e/ou demanda (quando necessário) para o dimensionamento da entrada de serviço;
- e. Quadro de cargas (sugestão modelo);
- f. Quadro de balanceamento de cargas (sugestão modelo);
- g. Diagrama unifilar da residência com a representação dos circuitos e geral;
- h. Planta de situação (sugestão: escala 1:200) que permita uma perfeita identificação da residência diante da rede da concessionária;
- i. Detalhes (dependendo do caso: entrada subterrânea, prumadas, etc.);

### 2.9.10.4. Itens que devem ser entregues junto com o projeto:

- a. 1 cópia da(s) folha(s) de projeto (2.9.10.3) impressa e dobrada de forma adequada para arquivamento em formato A4;
- b. Memorial descritivo elaborado conforme item 2.5.8;
- c. Memorial de cálculo elaborado conforme item 2.5.9;
- d. Lista de materiais elaborada conforme item 2.9.10;
- e. Para facilitar as correções pede-se enviar uma cópia do projeto em formato CAD devidamente identificado para o e-mail [fv@ieee.org](mailto:fv@ieee.org).

## 2.10. Projeto de Instalações Elétricas de Uso Coletivo

### 2.10.1. Introdução

Edificações de Uso Coletivo é toda e qualquer construção, reconhecida pelos poderes públicos, constituída por duas ou mais unidades consumidoras, cujas áreas comuns, com consumo de energia, sejam juridicamente de responsabilidade do condomínio.

Edificações Agrupadas ou Agrupamentos é todo conjunto de edificações, reconhecidas pelos poderes públicos, constituído por duas ou mais unidades consumidoras, construídas no mesmo terreno ou em terrenos distintos sem separação física entre eles e juridicamente demarcado pela prefeitura e com área de circulação comum às unidades, sem caracterizar condomínio.

O projetista deverá atentar para as normas técnicas da concessionária local em que será executado o projeto. No caso do estado de Minas Gerais, temos:

- ND-5.2: Fornecimento em Tensão Secundária a Edificações Coletivas em Redes de Distribuição Aérea e ND-5.5: Fornecimento em Tensão Secundária a Edificações Coletivas em Redes de Distribuição Subterrâneas (Companhia Energética de Minas Gerais -CEMIG);
- NTD-003: Fornecimento de Energia Elétrica em Tensão Secundária (Companhia Força e Luz Cataguazes-Leopoldina - CFLCL);

As edificações de uso coletivo, bem como os agrupamentos, devem ser atendidos através de uma única entrada de serviço, visando a ligação de todas as suas unidades consumidoras, independentemente da carga instalada destas unidades e da demanda total da edificação. Cada unidade consumidora da edificação deve ser caracterizada de forma individual e independente como, por exemplo, as lojas, escritórios, apartamentos e a área do condomínio (inclusive serviço e sistema de prevenção e combate a incêndio).

O dimensionamento, a especificação e construção do ramal interno e das instalações elétricas internas da unidade consumidora devem atender às prescrições da NBR-5410 em sua última revisão/edição.

### 2.10.2. Classificação das Edificações Segundo a CEMIG

Os critérios de atendimento às edificações de uso coletivo e agrupamentos são definidos em função da demanda total utilizada para o dimensionamento dos componentes da entrada de serviço coletiva.

#### 2.10.2.1. Edificações de Uso Coletivo com Demanda igual ou inferior a 95 kVA

As edificações de uso coletivo que se enquadrarem nesta faixa, devem ser atendidos através de ramal de ligação aéreo, trifásico, de baixa tensão, conforme ilustrado pela **Figura 7-1 N.D. 5.2**, com ponto de entrega situado no poste particular ou na armação secundária fixada na parede da edificação.

Se por razões técnicas, relativas à rede de distribuição, houver impossibilidade de atendimento através de ramal aéreo, a CEMIG deve instalar o ramal de ligação subterrâneo, sem ônus para o consumidor com o ponto de entrega situado na caixa de inspeção instalada no limite da via pública com a edificação.

Entretanto, caso o atendimento através de ramal subterrâneo seja exigido pelas unidades consumidoras da edificação por razões estéticas ou por razões de outra natureza, todo o ônus decorrente da instalação deste ramal (instalação inicial, manutenção e eventuais modificações futuras, inclusive os custos decorrentes de alterações na rede de distribuição, bem como a obtenção da autorização do Poder Público para execução de obras no passeio e via pública)

correrá por conta dos consumidores, sendo o ponto de entrega localizado na conexão do ramal com a rede secundária.

#### 2.10.2.2. Edificações de Uso Coletivo com Demanda entre 95 e 327 kVA

As edificações de uso coletivo que se enquadrarem nesta faixa devem ser atendidas por ramal de ligação subterrâneo, trifásico, de baixa tensão, conforme ilustrado pela **Figura 7-2 N.D. 5.2**, com o ponto de entrega situado na caixa de inspeção instalada no limite da via pública com a edificação.

#### 2.10.2.3. Edificações de Uso Coletivo com Demanda entre 327 e 1500 kVA

As edificações de uso coletivo que se enquadram nesta faixa devem ser atendidas através de ramal de ligação subterrâneo, trifásico, em alta tensão, para alimentação(s) do(s) transformador(es) da CEMIG instalados em câmara construída pelos consumidores, dentro dos limites de propriedade, conforme ilustrado pela **Figura 7-3 N.D. 5.2**. Neste caso, o ponto de entrega situar-se-á nos bornes secundários do transformador.

#### 2.10.2.4. Edificações de Uso Coletivo com Demanda Superior a 1500 kVA

Para estas edificações, será necessário projeto especial da CEMIG para definição do tipo de atendimento aplicável.

#### 2.10.2.5. Edificações Agrupadas (Agrupamentos)

Aplicam-se a estas edificações, os mesmos critérios estabelecidos anteriormente para as edificações de uso coletivo, servidas, entretanto, por ramais de ligação aéreo com duas ou três fases, dependendo do valor total da carga instalada.

### 2.10.3. Dimensionamento da Entrada de Serviço Coletiva

Nas edificações de uso coletivo, o dimensionamento do ramal de ligação, ramal de entrada e proteção geral, deve corresponder a uma das faixas de demanda indicadas nas **Tabelas 1 e 2 N. D. 5.2**.

Com relação ao dimensionamento dos alimentadores principais e respectivas proteções, devem ser utilizadas as mesmas faixas de demanda indicadas nas **Tabelas 1 e 2 N. D. 5.2** onde:

a) As seções mínimas dos condutores devem ser verificadas pelo critério de queda de tensão, obedecidos os seguintes valores máximos a partir do ponto de entrega e até os pontos de utilização da energia:

- edificações com demanda até 327kVA: Iluminação: 4% e Força: 4%.

- edificações com demanda superior a 327kVA: Iluminação: 6% e Força: 8%.

OBS.: Nestes limites, devem ser também consideradas as quedas nos ramais internos das unidades consumidoras.

Nas edificações agrupadas com até 3 unidades consumidoras a entrada de serviço deve ser dimensionada pela **Tabela 3 da N. D. 5.2**. Os casos não previstos nesta tabela (mais de uma unidade consumidora trifásica ou unidade consumidora trifásica com carga instalada superior a 23kW ou ainda mais de três unidades consumidoras), a entrada de serviço deve ser dimensionada pela demanda total do agrupamento, sendo necessária a instalação de proteção geral, utilizando-se as Tabelas aplicáveis a edificações de uso coletivo, e apresentação do projeto elétrico para Aprovação.

### 2.10.4. Tipos de Fornecimento às Unidades Consumidoras

Os tipos de fornecimento a cada unidade consumidora, existente nas edificações agrupadas ou de uso coletivo, são definidos em função de sua carga instalada (para ligações a 2 e 3 fios

com carga instalada até 15 kW) ou em função de sua demanda provável (para ligações a 4 fios com carga instalada superior a 15 kW).

#### 2.10.4.1. Classificação das Unidades Consumidoras

##### **Tipo A: Fornecimento de Energia a 2 Fios (1 Fase-Neutro)** – Tabela 4 da N. D. 5.2.

Abrange as unidades consumidoras, com carga instalada até 10kW e da qual não constem:

- a) motores monofásicos com potência nominal superior a 2cv;
- b) máquina de solda a transformador com potência nominal superior a 2kVA.

##### **Tipo B: Fornecimento de Energia a 3 fios (2 Fases-Neutro)** – Tabela 4 da N. D. 5.2.

Abrange as unidades consumidoras que não se enquadram no fornecimento tipo A, com carga instalada entre 10kW e 15kW e da qual não constem:

- a) os aparelhos vetados aos fornecimento tipo A, se alimentados em 127V;
- b) motores monofásicos, com potência nominal superior a 5 cv, alimentados em 220 V.
- c) máquina de solda a transformador, com potência nominal superior a 9kVA, alimentada em 220V.

##### **Tipo D: Fornecimento de Energia a 4 fios (3 Fases-Neutro)** – Tabela 4 da N. D. 5.2.

Abrange as unidades consumidoras que não se enquadram nos fornecimentos tipo A e B, com carga instalada até 75kW e da qual não constem:

- a) os aparelhos vetados aos fornecimentos tipo A, se alimentados em 127 V;
- b) motores monofásicos com potência nominal superior a 5cv, alimentados em 220 V;
- c) motores de indução trifásicos com potência nominal superior a 15 cv.

OBS: Na ligação de motores de indução trifásicos com potência nominal superior a 5 cv, devem ser utilizados dispositivos auxiliares de partida, conforme indicado na Tabela 13 da N. D. 5.2. As características desses dispositivos estão descritas na Tabela 14, N. D. 5.2.

- d) máquina de solda tipo motor-gerador, com potência nominal superior a 30 kVA.
- e) máquina de solda a transformador, com potência nominal superior a 15 kVA, alimentada em 220V -2 fases ou 220V-3 fases.
- f) máquina de solda a transformador, com potência nominal superior a 30kVA e com retificação em ponte trifásica, alimentada em 220V - 3 fases.

NOTA: A ligação de cargas, com características elétricas além dos limites estabelecidos para esse tipo de fornecimento, somente poderá ser efetuada após liberação prévia da CEMIG, que analisará suas possíveis perturbações na rede de distribuição e unidades consumidoras vizinhas.

##### **TIPO G: Fornecimento de Energia a 4 fios (3 Fases-Neutro)**

Abrange as unidades consumidoras com carga instalada superior a 75 kW. Os tipos de aparelhos vetados a este fornecimento correspondem aos mesmos relacionados para o fornecimento tipo D.

##### **TIPO H: Fornecimento de Energia a 3 fios (2 Fases-Neutro)** – Tabela 5

Abrange as unidades consumidoras situadas em áreas urbanas, atendidas por redes secundárias trifásicas (127/220 V) ou monofásicas (127/254 V) que não se enquadram no

fornecimento tipo B, mas que terão o seu fornecimento de energia elétrica a 3 fios, a pedido do Consumidor com carga instalada até 10 kW e da qual não constem:

- a) carga monofásica superior a 2,54kW para o fornecimento tipo H1;
- b) carga monofásica superior a 5,08kW para o fornecimento tipo H2;
- c) os aparelhos vetados ao fornecimento tipo B.

Obs.: Para a ligação destas unidades deverá ser cobrada a taxa correspondente a diferença de preço de ramal e do medidor monofásico para o polifásico, conforme estabelecido na Portaria 466/97 do DNAEE, artigo 29, parágrafo 1º. No entanto, quando a unidade consumidora tipo H não alterar o dimensionamento do ramal de ligação a ser utilizado para o atendimento à edificação, deverá ser cobrada apenas a taxa correspondente à diferença de preço do medidor monofásico para o polifásico, 2 elementos.

#### **TIPO I: Fornecimento de Energia a 4 fios (3 Fases-Neutro) – Tabela 5 da N. D. 5.2.**

Abrange as unidades consumidoras situadas em áreas urbanas, a serem ligadas a partir de redes secundárias trifásicas (127/220V ) que não se enquadram no fornecimento tipo D, mas que terão o seu fornecimento de energia elétrica a 4 fios, a pedido do Consumidor com carga instalada até 15kW e da qual não constem:

- a) carga monofásica superior a 1,90 kW para o fornecimento tipo I1;
- b) carga monofásica superior a 3,81 kW para o fornecimento tipo I2;
- c) carga monofásica superior a 5,081 kW para o fornecimento tipo I3;
- d) os aparelhos vetados ao fornecimento tipo D.

Obs.: Para a ligação destas unidades deverá ser cobrada a taxa correspondente a diferença de preço de ramal e do medidor monofásico para o polifásico, conforme estabelecido na Portaria 466/97 do DNAEE, artigo 29, parágrafo 1º. No entanto, quando a unidade consumidora tipo I não alterar o dimensionamento do ramal de ligação a ser utilizado para o atendimento à edificação, deverá ser cobrada apenas a taxa correspondente à diferença de preço do medidor monofásico para o polifásico, 3 elementos (tipos I1 e I2) e do medidor polifásico, 2 elementos para o medidor polifásico, 3 elementos (tipo I3).

#### 2.10.5. Dimensionamento da Alimentação das Unidades Consumidoras

A proteção individual, a seção dos condutores do ramal de derivação e a medição de cada unidade consumidora devem ser dimensionadas de acordo com as Tabelas 4 e 5 da N. D. 5.2.

No caso dos fornecimentos tipo G, a demanda da unidade consumidora deve ser definida no projeto elétrico pelo seu responsável técnico, utilizando-se um dos itens das Tabelas 1 e 2 da N. D. 5.2.

#### 2.10.6. Requisitos Mínimos para Aprovação de Projeto Elétrico

Para serem aprovados pela CEMIG, os projetos elétricos das entradas de serviço das edificações de uso coletivo e dos agrupamentos com proteção geral devem ser apresentados em formatos ABNT, em três cópias (heliográficas, xerox ou cópias emitidas por impressoras) com assinaturas de próprio punho do projetista e do proprietário do imóvel contendo no mínimo as seguintes informações, relativas ao imóvel e às suas instalações elétricas:

##### 2.10.6.1. Dados do Imóvel no Projeto Elétrico

- a) nome do proprietário;
- b) finalidade (residencial/comercial);

c) localização (endereço, planta de situação da edificação e do lote, em relação ao quarteirão, as ruas adjacentes e ao(s) poste(s) mais próximo(s) e vista frontal da edificação mostrando o ponto de encabeçamento do ramal de ligação aéreo, em escala);

d) número de unidades consumidoras da edificação (por tipo e total);

e) área útil dos apartamentos residenciais.

#### 2.10.6.2. Características Técnicas Constantes do Projeto Elétrico

a) resumo da carga instalada, indicando a quantidade e potência dos aquecedores, ar-condicionado, chuveiros, motores, iluminação (especificando tipo e fator de potência dos reatores) e tomadas por unidade consumidora comercial e respectiva demanda em kVA;

b) demanda dos apartamentos, expressa em kVA (em função da área útil caso seja utilizado o critério apresentado na N. D. 5.2);

c) relação de carga instalada do condomínio (elevadores, bombas d'água, iluminação – especificando tipo de fator de potência dos reatores, tomadas, etc.) bem como a sua demanda em kVA;

d) diagrama unifilar da instalação, desde o ponto de entrega até a saída das medições, com as respectivas seções dos condutores, eletrodutos e proteção do ramal de entrada, alimentadores e ramais de derivação, considerando o equilíbrio de fases dos circuitos;

e) desenho(s) do(s) centro(s) de medição e planta de localização do quadro de medição;

f) diagrama unifilar do sistema de emergência, quando for o caso;

g) desenho do(s) QDG(s) e caixas de proteção;

h) memórias dos cálculos efetuados.

#### 2.10.6.3. Responsabilidade Técnica do Projeto e Execução das Instalações Elétricas

a) nome, número de registro do CREA-MG (ou de outro CREA com visto no CREA-MG) e assinatura do(s) engenheiro (s) responsável(eis) pelo projeto e execução das instalações elétricas;

b) recolhimento da(s) Anotação(ções) de Responsabilidade Técnica (ART) ao CREA-MG, que cubra(m) a Responsabilidade Técnica sobre o projeto e a execução das instalações elétricas. Uma cópia da ART de projeto e execução deverá ser anexada ao projeto elétrico. As ART de projeto e execução deverão ser apresentadas juntamente com o projeto elétrico.

#### 2.10.6.4. Outras Informações para Aprovação do Projeto Elétrico

a) juntamente com o projeto elétrico, deve ser fornecido cópia do projeto civil e arquitetônico que indicam os afastamentos da edificação em relação ao alinhamento com o passeio (construções com ou sem recuo);

b) não é necessária a apresentação do projeto elétrico das instalações internas das unidades consumidoras (a partir das medições);

c) o responsável técnico receberá da CEMIG uma via do projeto elétrico, liberado para execução.

d) no caso de não execução do projeto já analisado pela CEMIG, no prazo de 12 meses, o mesmo deve ser novamente submetido à apreciação pela CEMIG;

e) no caso de necessidade de alterações do projeto elétrico já analisado pela CEMIG é obrigatório encaminhar o novo projeto para análise pela CEMIG.

## 2.10.7. Cálculo de Demanda

### 2.10.7.1. Considerações Gerais

O dimensionamento dos componentes de entrada de serviço (ramais de ligação e de entrada, alimentadores) das edificações de uso coletivo e dos agrupamentos (não previstos na Tabela 3, N. D. 5.2), deve ser feito pela demanda da edificação.

Com relação à área de atuação da CEMIG, na determinação desta demanda, o engenheiro responsável pelo projeto elétrico, pode adotar o critério que julgar conveniente, desde que o mesmo não apresente valores de demanda inferiores aos calculados pelo critério estabelecido na norma N. D. 5.2.

### 2.10.7.2. Critério de Cálculo da Proteção Geral da Edificação (Método Desenvolvido de Acordo com o RTD – 27 do CODI)

$$D = D1 + D2 \text{ (kVA)}$$

Sendo :  $D1 = (1,4 f \cdot a)$  ..... demanda dos apartamentos residenciais.

$D2 =$  ..... demanda do condomínio, lojas e outros.

Onde:

$a$  = demanda por apartamento em função de sua área útil (Tabela 7 da N. D. 5.2)

$f$  = fator de multiplicação de demanda ( Tabela 6 da N. D. 5.2);

NOTAS:

1 – As previsões de aumento de carga devem ser consideradas no cálculo da demanda.

2 - Caso a proteção geral das edificações de uso coletivo seja menor ou igual a uma das proteções da unidade consumidora, deverá ser tomado um valor de corrente nominal imediatamente acima do maior valor de proteção das unidades consumidoras (considerando o critério de coordenação e seletividade da proteção).

3 - A critério do engenheiro projetista, as proteções dimensionadas devem ser verificadas pelo critério da coordenação/seletividade, mesmo que a proteção geral tenha valor de corrente nominal superior às demais. Em função deste estudo a proteção geral pode ser redimensionada, implicando assim em alteração na faixa de atendimento.

4 - Nas edificações de uso coletivo somente às unidades consumidoras residenciais é aplicável o RTD– 27 (cálculo de demanda em função da área e da quantidade de apartamentos). Às unidades consumidoras não residenciais e ao condomínio é aplicável o processo tradicional que considera os grupos de carga e os respectivos fatores de demanda, função do total da carga ou da quantidade de equipamentos de cada grupo.

5 - Em edificações de uso coletivo com grupos de apartamentos de áreas diferentes, o cálculo da demanda por área / nº de apartamentos pode ser efetuado de duas formas:

- considerando isoladamente cada conjunto de apartamentos e somando as demandas dos vários conjuntos (desde que nenhum dos conjuntos tenha menos que 4 apartamentos, já que o RD – 27 só é válido para o número de apartamentos superior a 3);

- considerando a média ponderada das áreas envolvidas e aplicando o fator de multiplicação correspondente ao total de apartamentos em conjunto com a demanda relativa à área média obtida.

6- O cálculo da proteção das unidades consumidoras deverá ser como a seguir:

- unidades consumidoras com carga instalada até 10 kW (Tabela 4 da N. D. 5.2, faixas A1 ou A2): proteção monofásica, em função da carga instalada.

- unidades consumidoras com carga instalada entre 10,1 kW e 15,0 kW (Tabela 4 da N. D. 5.2, tipo B): proteção bifásica em função da carga instalada.

- unidades consumidoras com carga instalada superior a 15,0 kW e inferior a 75 kW (Tabela 4 da N. D. 5.2, tipo D): proteção trifásica em função da demanda provável, calculada considerando a demanda referente a iluminação e tomadas, aparelhos condicionadores de ar, aparelhos de aquecimento e de motores elétricos, tanto para unidades consumidoras residenciais como para as comerciais.

- unidades consumidoras com carga instalada superior a 75 kW (Tabelas 1 e 2 da N. D. 5.2, tipo G): proteção trifásica em função da demanda provável, calculada considerando a demanda referente a iluminação e tomadas, aparelhos condicionadores de ar, aparelhos de aquecimento e de motores elétricos, tanto para unidades consumidoras residenciais como para as comerciais.

- unidades consumidoras com carga instalada até 10 kW, mas que terão o seu fornecimento de energia elétrica a 3 fios (Tabela 5 da N. D. 5.2) proteção bifásica em função da carga instalada.

- unidades consumidoras com carga instalada até 15kW, mas que terão o seu fornecimento de energia elétrica a 4 fios (Tabela 5 da N. D. 5.2, tipo I ) proteção trifásica em função da carga instalada.

#### 2.10.7.3. Critério de Cálculo da Proteção Geral da Edificação com Aquecimento Central (Método Desenvolvido de Acordo com o RTD – 27 do CODI)

$$D = D1 + D2 \text{ (kVA)}$$

Sendo :  $D1 = (1,05 f \cdot a)$ ..... demanda dos apartamentos residenciais.

$D2 =$  ..... demanda do condomínio residencial.

Onde:

$a =$  demanda por apartamento em função de sua área útil (Tabela 7 da N.D. 5.2);

$f =$  fator de multiplicação de demanda (Tabela 6 da N.D. 5.2);

NOTAS:

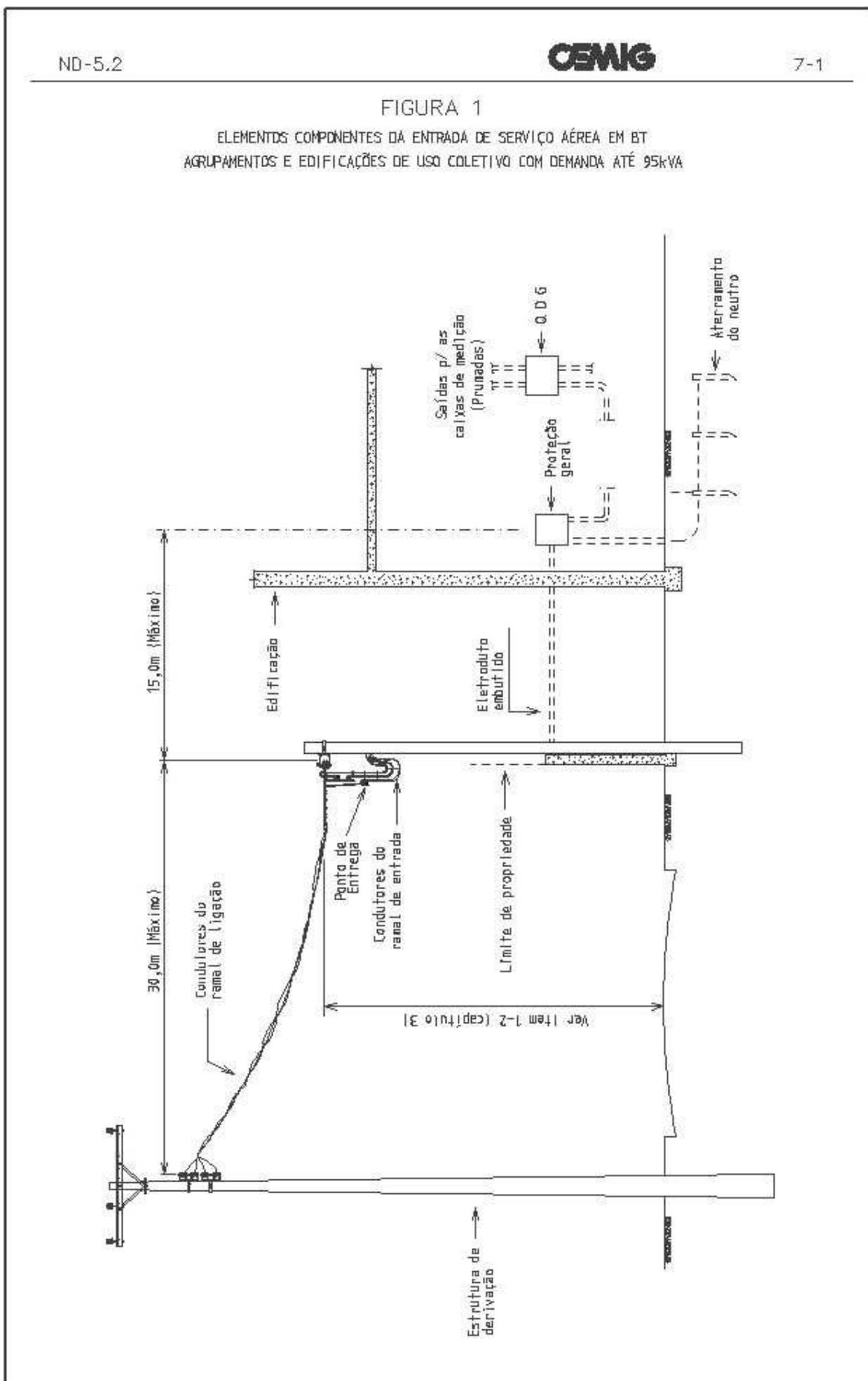
1 – o desconto de 25% no cálculo da demanda geral residencial deverá ser aplicado também no cálculo para o dimensionamento das prumadas residenciais.

2 – No condomínio e unidades residenciais não pode constar chuveiro elétrico (inclusive nos banheiros de dependência de empregadas), aquecedor elétrico de acumulação, boiler, aquecedor de passagem central, torneira elétrica e aquecedor de hidromassagem e nem tomadas na parede para futura ligação destes equipamentos. Isto deverá constar em nota no projeto elétrico.

3 - O valor das resistências do sistema central devem ser consideradas com fator demanda 1 nas cargas do condomínio (D2).

#### 2.10.8. Prumadas e Diagramas unifilares

Devem ser representados em diagramas unifilares as instalações elétricas do prédio conforme descrito do item 2.9.9.1.



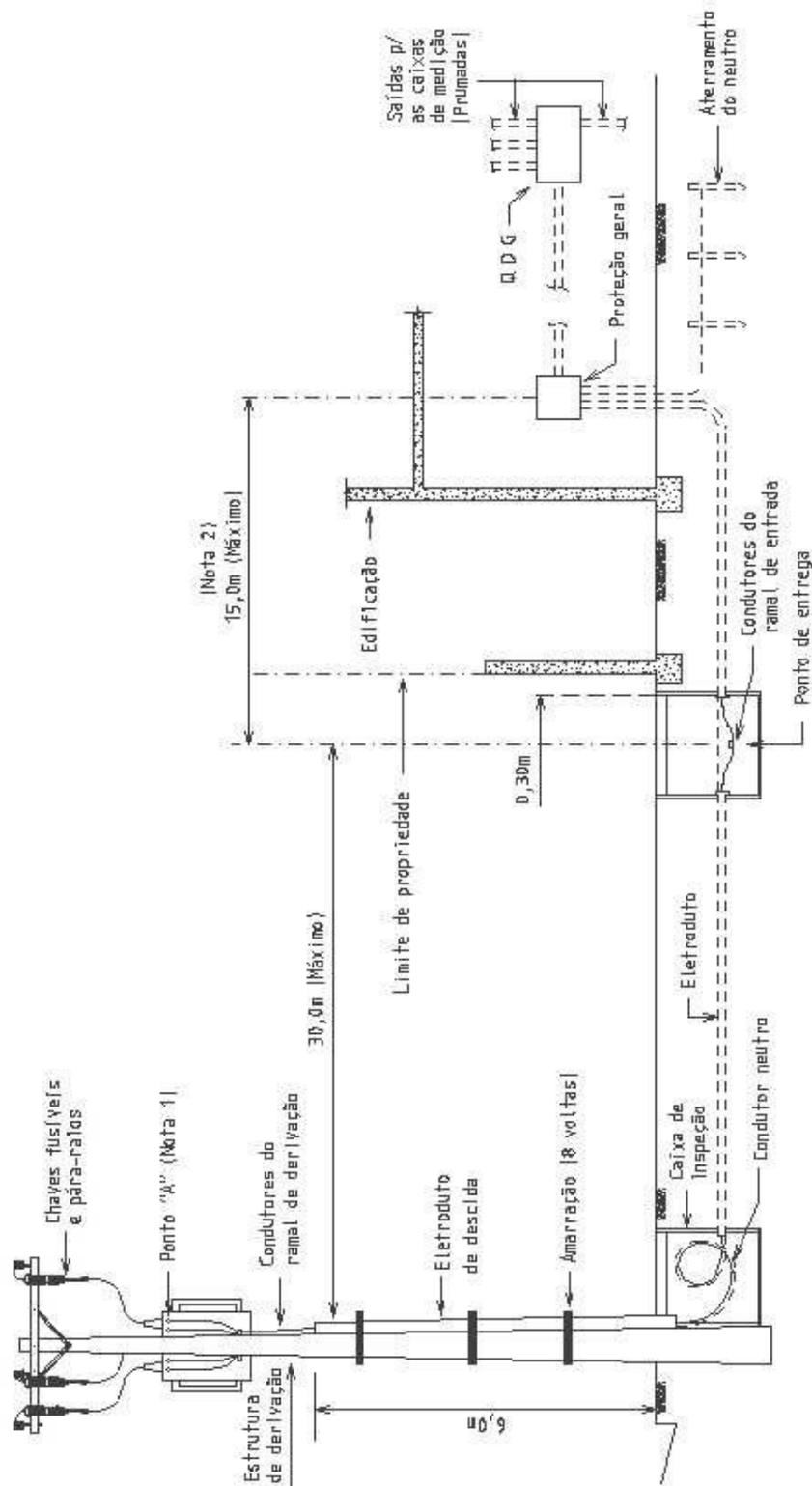
ND-5.2



7-2

FIGURA 2

ELEMENTOS COMPONENTES DA ENTRADA DE SERVIÇO SUBTERRÂNEA EM BT  
EDIFICAÇÕES DE USO COLETIVO COM DEMANDA ENTRE 95 E 327,1kVA



NOTAS:

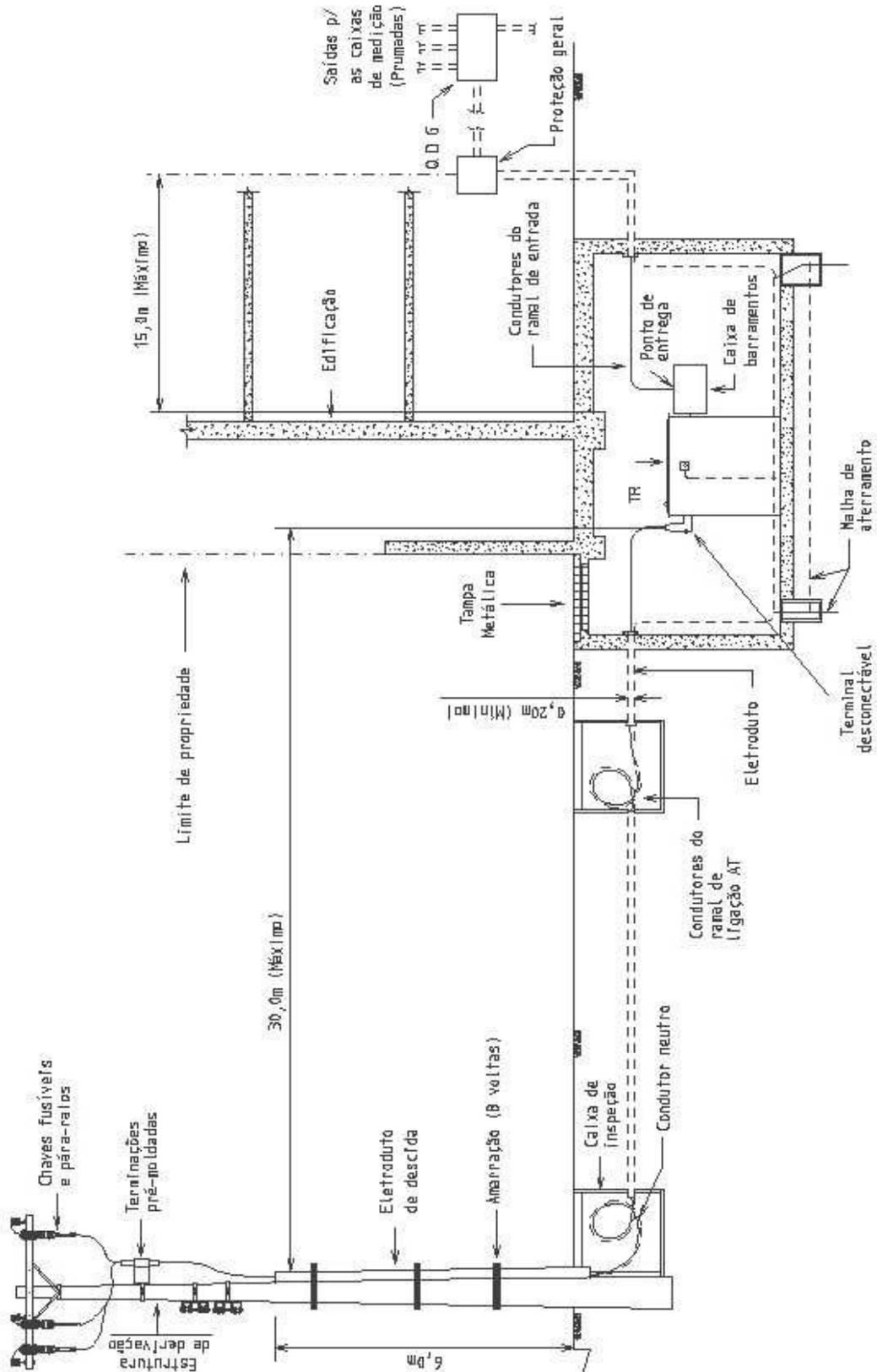
- 1 - Quando a instalação do ramal subterrâneo for exigida pelo consumidor (fornecimentos até 95kVA), o ponto de entrega será junto a rede secundária ou na bucha do transformador (Ponto "A").
- 2 - Relativo ao ramal de entrada subterrâneo.

ND-5.2



7-3

FIGURA 3  
ELEMENTOS COMPONENTES DA ENTRADA DE SERVIÇO SUBTERRÂNEA EM AT COM CÂMARA  
EDIFICAÇÕES DE USO COLETIVO COM DEMANDA ACIMA DE 327,1KVA



ND-5.2



6-1

TABELA 1  
DIMENSIONAMENTO DA ENTRADA DE SERVIÇO DE EDIFICAÇÕES DE USO COLETIVO  
RAMAL DE LIGAÇÃO AÉREO

| ITEM | DEMANDA |      | RAMAL DE LIGAÇÃO               |                                 |            |                                  | PROTEÇÃO               |                                | RAMAL DE ENTRADA |            |            | CONDUTOR DE PROTEÇÃO DAS CAIXAS |                 | POSTE |          |     |          | PONTALETE |     |          |
|------|---------|------|--------------------------------|---------------------------------|------------|----------------------------------|------------------------|--------------------------------|------------------|------------|------------|---------------------------------|-----------------|-------|----------|-----|----------|-----------|-----|----------|
|      | DE      | ATÉ  | AÉREO<br>MULTI PLEX<br>AL/XLPE | SUBTERRÂNEO                     |            | DISJUNTOR<br>TERMO-<br>MAGNÉTICO | ENBUTIDO / SUBTERRÂNEO | CONDUTOR<br>POR FASE<br>Cu-PVC | ELETRODUTO       | ELETRODUTO | ELETRODUTO | mm <sup>2</sup>                 | mm <sup>2</sup> | AÇO   | CONCRETO | AÇO | CONCRETO |           | AÇO | CONCRETO |
|      |         |      |                                | CONDUTOR<br>POR FASE<br>AL/XLPE | ELETRODUTO |                                  |                        |                                |                  |            |            |                                 |                 |       |          |     |          |           |     |          |
| 1    | 15,1    | 23,0 | 0-16                           | 50                              | 60         | 50                               | 60                     | 60                             | 16               | 32         | 25         | 10                              | 10              | PA1   | PA4      | PC1 | PA5      | PC2       | PT1 |          |
| 2    | 23,1    | 27,0 | 0-16                           | 50                              | 60         | 50                               | 60                     | 70                             | 25               | 40         | 32         | 16                              | 16              | PA2   | PA5      | PC1 | PA5      | PC2       | PT1 |          |
| 3    | 27,1    | 38,0 | 0-35                           | 50                              | 60         | 50                               | 60                     | 100                            | 35               | 40         | 32         | 16                              | 16              | PA2   | PA5      | PC1 | PA5      | PC2       | PT1 |          |
| 4    | 30,1    | 47,0 | 0-35                           | 70                              | 60         | 50                               | 60                     | 120                            | 50               | 50         | 40         | 16                              | 16              | PA2   | PA5      | PC1 | PA5      | PC2       | PT1 |          |
| 5    | 47,1    | 57,0 | 0-70                           | 70                              | 60         | 50                               | 60                     | 150                            | 70               | 60         | 50         | 25                              | 25              | PA3   | PA6      | PC3 | PA6      | PC3       | PT2 |          |
| 6    | 57,1    | 66,0 | 0-70                           | 120                             | 75         | 65                               | 65                     | 175                            | 95               | 75         | 65         | 25                              | 25              | PA3   | PA6      | PC3 | PA6      | PC3       | PT2 |          |
| 7    | 66,1    | 75,0 | 0-70                           | 120                             | 75         | 65                               | 65                     | 200                            | 120              | 75         | 65         | 25                              | 25              | PA3   | PA6      | PC3 | PA6      | PC3       | PT2 |          |
| 8    | 75,1    | 86,0 | 0-120                          | 150                             | 85         | 60                               | 60                     | 225                            | 150              | 85         | 60         | 35                              | 35              | PA6   | PA6      | PC3 | PA6      | PC3       | PT2 |          |
| 9    | 86,1    | 95,0 | 0-120                          | 185                             | 110        | 100                              | 100                    | 250                            | 185              | 110        | 100        | 35                              | 35              | PA6   | PA6      | PC3 | PA6      | PC3       | PT2 |          |

NOTAS:

- 1 - As seções dos condutores e os diâmetros dos eletrodutos são mínimos.
- 2 - Para condutores com seções superiores a 10mm<sup>2</sup>, é obrigatório o uso de cabos.
- 3 - O condutor neutro do ramal de entrada deve ter seção igual a dos condutores fase.
- 4 - Esta tabela aplica-se também ao dimensionamento dos alimentadores principais e de consumidores tipo G.
- 5 - As características técnicas dos postes e pontaletes estão indicadas no capítulo 12.  
O engastamento dos postes e pontaletes deve ser em base concretada.
- 6 - No caso de exigência do projetista para instalação de ramal subterrâneo, ver item 3.1.1, capítulo 2, página 2-2.
- 7 - Características do sistema de aterramento do neutro, ver item 5, capítulo 4, página 4-6.
- 8 - Nos fornecimentos atendidos por Ramal de Entrada subterrâneo (até 38 kVA) em BT por exigência do projetista/consumidor, a caixa de inspeção a ser utilizada deverá ser do tipo ZA. Nos fornecimentos entre 38,1 kVA (inclusive) e 95 kVA (inclusive) a caixa de inspeção deverá ser do tipo ZB.

ND-5.2



6-2

TABELA 2  
DIMENSIONAMENTO DA ENTRADA DE SERVIÇO DE EDIFICAÇÕES DE USO COLETIVO  
RAMAL DE LIGAÇÃO SUBTERRÂNEO E PROTEÇÃO COM DISJUNTOR

| ITEM | DEMANDA |       | RAMAL DE LIGAÇÃO |         |                 |             | PROTEÇÃO        | RAMAL DE ENTRADA               |                   |                        |                 | CONDUTOR DE PROTEÇÃO DAS CAIXAS | CAIXA DE INSPEÇÃO OU CÂMARA |                 |
|------|---------|-------|------------------|---------|-----------------|-------------|-----------------|--------------------------------|-------------------|------------------------|-----------------|---------------------------------|-----------------------------|-----------------|
|      | DE      | ATÉ   | SUBTERRÂNEO BT   |         | ELETRODUTO      |             |                 | DISJUNTOR TERMO-MAGNÉTICO (15) | CONDUÇÃO POR FASE | EMBUTIDO / SUBTERRÂNEO |                 |                                 |                             | mm <sup>2</sup> |
|      |         |       | AL/XLPE          | ÁÇD     | ÁÇD             | PVC AMIANTO |                 |                                |                   | PVC AMIANTO            | ÁÇD             |                                 |                             |                 |
|      | kVA     |       | mm <sup>2</sup>  | DN (mm) | mm <sup>2</sup> | DN (mm)     | mm <sup>2</sup> | mm <sup>2</sup>                | mm <sup>2</sup>   | DN (mm)                | mm <sup>2</sup> |                                 |                             |                 |
| 10   | 95,1    | 114,0 | 240              | 100     | 110             | 110         | 300             | 240                            | 110               | 100                    | 35              |                                 |                             |                 |
| 11   | 114,1   | 145,0 |                  |         |                 |             | 2 x 200         | 2 x 120                        | 2 x 75            | 2 x 65                 | 50              |                                 |                             |                 |
| 12   | 145,1   | 183,0 |                  |         |                 |             | 2 x 225         | 2 x 150                        | 2 x 85            | 2 x 80                 |                 |                                 |                             |                 |
| 13   | 183,1   | 181,0 | 2 x 240          | 2 x 100 | 2 x 110         |             | 2 x 250         | 2 x 185                        | 2 x 110           | 2 x 100                | 70              |                                 | ZC                          |                 |
| 14   | 181,1   | 217,0 |                  |         |                 |             | 2 x 300         | 2 x 240                        |                   |                        |                 |                                 |                             |                 |
| 15   | 217,1   | 245,0 | 3 x 240          | 3 x 100 | 3 x 110         |             | 3 x 225         | 3 x 150                        | 3 x 85            | 3 x 80                 |                 |                                 |                             |                 |
| 16   | 245,1   | 272,0 | 3 x 240          | 3 x 100 | 3 x 110         |             | 3 x 250         | 3 x 185                        | 3 x 110           | 3 x 100                | 95              |                                 |                             |                 |
| 17   | 272,1   | 327,0 | 4 x 240          | 4 x 100 | 4 x 110         |             | 3 x 300         | 3 x 240                        | 3 x 110           | 3 x 100                | 120             |                                 |                             |                 |
| 18   | 327,1   | 436,0 | -                | -       | -               |             | 4 x 300         | 4 x 240                        | 4 x 110           | 4 x 100                | 150             |                                 |                             |                 |
| 19   | 436,1   | 545,0 | -                | -       | -               |             | 5 x 300         | 5 x 240                        | 5 x 110           | 5 x 100                | 180             |                                 |                             |                 |
| 20   | 545,1   | 653,0 | -                | -       | -               |             | 6 x 300         | 6 x 240                        | 6 x 110           | 6 x 100                | 240             |                                 |                             |                 |
| 21   | 653,1   | 750,0 | -                | -       | -               |             | 6 x 350         | 6 x 300                        | 6 x 110           | 6 x 100                | 300             |                                 | CÂMARA INTERNA (4)          |                 |

NOTAS:

- 1 - As seções dos condutores e os diâmetros dos eletrodutos são mínimos.
- 2 - O condutor neutro do ramal de entrada deve ter seção igual a dos condutores fase.
- 3 - Esta tabela aplica-se também ao dimensionamento dos alimentadores principais e de consumidores tipo 6.
- 4 - A caixa de inspeção ZC pode ser utilizada junto ao poste de derivação da CEMIG.
- 5 - Alternativamente, pode ser utilizado um único disjuntor com capacidade nominal, no mínimo igual ao total da proteção especificada p/ cada faixa.
- 6 - O número de condutores especificados para ramais de ligação e de entrada, corresponde a uma fase.
- 7 - Características do sistema de aterramento do neutro, ver item 5, capítulo 4, página 4-6.

ND-5.2



6-3

TABELA 3  
DIMENSIONAMENTO PARA AGRUPAMENTOS (SEM PROTEÇÃO GERAL E SEM PROJETO ELÉTRICO)

| ITEM | TIPOS DE UNIDADES CONSUMIDORAS |          |       |          |       |          | RAMAL DE LIGAÇÃO | RAMAL DE ENTRADA |             |              |     | ATERRAMENTO   |             |    |    |             |    |    |    |
|------|--------------------------------|----------|-------|----------|-------|----------|------------------|------------------|-------------|--------------|-----|---------------|-------------|----|----|-------------|----|----|----|
|      | A                              |          | B     |          | D     |          |                  | CONDUTOR         |             | ELETRODUTO   |     | Nº ELE-TRODOS | CONDU-TOR   |    |    |             |    |    |    |
|      | QUANT                          | CARGA kW | QUANT | CARGA kW | QUANT | CARGA kW |                  | FASE (Neutro)    | PROT.       | PVC ANILANTO | AÇO |               |             | mm |    |             |    |    |    |
|      |                                |          |       |          |       |          |                  | MULTIPLEX        | PVC 70°C    |              |     |               |             |    |    |             |    |    |    |
| 1    | 2                              | 5,0      | -     | -        | -     | -        | T10              | 2 X 6 (10)       | 6           | 32           | 25  | 2             | 16          |    |    |             |    |    |    |
| 2    | 2                              | 10,0     | -     | -        | -     | -        | T16              | 2 X 16 (25)      | 16          | 40           | 32  |               |             |    |    |             |    |    |    |
| 3    | -                              | -        | 2     | 15,0     | -     | -        |                  | 2 X 25 (25)      |             |              |     |               |             |    |    |             |    |    |    |
| 4    | 1                              | 5,0      | -     | -        | -     | -        | Q16              | 2 X 16 (25)      |             |              |     |               |             | 10 | 32 | 25          |    |    |    |
|      | 1                              | 10,0     | -     | -        | -     | -        |                  | 3 X 16 (16)      |             |              |     |               |             |    |    |             |    |    |    |
| 5    | 1                              | 5,0      | 1     | 15,0     | -     | -        |                  | 3 X 25 (25)      |             |              |     |               |             |    |    |             |    |    |    |
| 6    | 1                              | 5,0      | -     | -        | 1     | 23,0     |                  | 3 X 16 (25)      |             |              |     |               |             |    |    |             |    |    |    |
| 7    | 1                              | 10,0     | 1     | 15,0     | -     | -        |                  | 3 X 25 (25)      |             |              |     |               |             |    |    |             |    |    |    |
| 8    | 1                              | 10,0     | -     | -        | 1     | 23,0     |                  | 3 X 16 (25)      |             |              |     |               |             |    |    |             |    |    |    |
| 9    | -                              | -        | 1     | 15,0     | 1     | 23,0     |                  | 3 X 25 (25)      |             |              |     |               |             |    |    |             |    |    |    |
| 10   | 3                              | 5,0      | -     | -        | -     | -        |                  | 3 X 6 (10)       |             |              |     |               |             |    |    |             |    |    |    |
| 11   | 3                              | 10,0     | -     | -        | -     | -        |                  | 3 X 16 (25)      |             |              |     |               |             |    |    |             |    |    |    |
| 12   | -                              | -        | 3     | 15,0     | -     | -        |                  | 3 X 25 (25)      |             |              |     |               |             |    |    |             |    |    |    |
| 13   | 1                              | 5,0      | -     | -        | -     | -        | Q16              | 3 X 16 (25)      | 16          | 40           | 32  |               |             |    |    |             |    |    |    |
|      | 2                              | 10,0     | -     | -        | -     | -        |                  | 3 X 16 (25)      |             |              |     |               |             |    |    |             |    |    |    |
| 14   | 1                              | 5,0      | 2     | 15,0     | -     | -        |                  | 3 X 25 (25)      |             |              |     |               |             |    |    |             |    |    |    |
| 15   | 1                              | 10,0     | 2,0   | 15,0     | -     | -        |                  | 3 X 25 (25)      |             |              |     |               |             |    |    |             |    |    |    |
| 16   | 2                              | 5,0      | -     | -        | -     | -        |                  | T16              |             |              |     | 2 X 16 (25)   | 16          | 40 | 32 |             |    |    |    |
|      | 1                              | 10,0     | -     | -        | -     | -        |                  |                  |             |              |     | 3 X 25 (25)   |             |    |    |             |    |    |    |
| 17   | 2                              | 5,0      | 1     | 15,0     | -     | -        |                  |                  |             |              |     | 3 X 25 (25)   |             |    |    |             |    |    |    |
| 18   | 2                              | 5,0      | -     | -        | 1     | 23,0     |                  |                  |             |              |     | 3 X 25 (25)   |             |    |    |             |    |    |    |
| 19   | 2                              | 10,0     | 1     | 15,0     | -     | -        |                  |                  |             |              |     | 3 X 25 (25)   |             |    |    |             |    |    |    |
| 20   | 2                              | 10,0     | -     | -        | 1     | 23,0     |                  |                  |             |              |     | 3 X 25 (35)   |             |    |    |             |    |    |    |
| 21   | -                              | -        | 2     | 15,0     | 1     | 23,0     | Q35              |                  | 3 X 35 (35) |              |     |               |             |    |    |             |    |    |    |
| 22   | 1                              | 5,0      | 1     | 15,0     | -     | -        | Q16              |                  | 3 X 25 (25) | 16           | 40  | 32            |             |    |    |             |    |    |    |
|      | 1                              | 10,0     | -     | -        | -     | -        |                  |                  | 3 X 25 (25) |              |     |               |             |    |    |             |    |    |    |
| 23   | 1                              | 5,0      | -     | -        | -     | 23,0     |                  |                  | Q16         |              |     |               |             |    |    | 3 X 25 (35) | 16 | 50 | 40 |
|      | 1                              | 10,0     | -     | -        | -     | -        |                  | 3 X 35 (35)      |             |              |     |               |             |    |    |             |    |    |    |
| 24   | 1                              | 5,0      | 1     | 15,0     | 1     | 23,0     |                  | Q35              |             |              |     |               | 3 X 50 (50) | 25 | 60 | 50          |    |    |    |

NOTAS:

- 1 - Agrupamentos que contenham uma unidade com carga instalada acima de 23kW, mais uma unidade do tipo D ou mais de 3 unidades consumidoras, deverão ser dimensionadas pela demanda calculada de acordo com o capítulo 5.
- 2 - As seções dos condutores e diâmetros dos eletrodutos são as mínimas.
- 3 - O condutor de proteção liga a massa das caixas no potencial de terra.
- 4 - Para ramos de ligação triplex e quadruplex até Q-16mm<sup>2</sup>, utilizar poste tipo PA1 e PA4 (aço) ou PC1 e PC2 (Concreto).  
Para quadruplex Q-35mm utilizar PA2 e PA5 (aço) ou PC1 e PC2 (Concreto).
- 5 - Alternativamente às caixas CM-1 e CM-2 poderão ser instaladas as caixas CM-13 e CM-14. Alternativamente ao poste de aço ou concreto poderão ser utilizados os pontaletes PT1 p/ para os ramos de ligação previstos nesta norma.

ND-5.2



6-4

TABELA 4  
DIMENSIONAMENTO DA ALIMENTAÇÃO DAS UNIDADES CONSUMIDORAS

| T I P O | F O R N E C I M E N T O | CARGA INSTALADA EM KW PARA CONSUMIDOR TIPO A e B |      | NÚMERO DE FIOS | NÚMERO DE FASES | PROTEÇÃO | RAIAL DE DERIVAÇÃO       |                        | CONDUTOR DE PROTEÇÃO DAS CAIXAS | MEDIDAÇÃO     |                     | TRANSF. CORRENTE (FT=2)        |
|---------|-------------------------|--|------|----------------|-----------------|----------|--------------------------|------------------------|---------------------------------|---------------|---------------------|--------------------------------|
|         |                         | A  | B    |                |                 |          | ELETRODUTO               |                        |                                 | MEDIADOR      | NÚMERO DE ELEMENTOS |                                |
|         |                         |  |      |                |                 |          | DISJUNTOR TERMOMAGNÉTICO | CONDUTOR COBRE PVC-70C |                                 |               |                     |                                |
|         |                         | DE   | ATÉ  |                |                 | Á        | mm <sup>2</sup>          | mm                     | mm <sup>2</sup>                 | Á             |                     |                                |
| A       | A1                      | -  | 5,0  | 2              | 1               | 60       | 6                        | 32                     | 6                               | 15/60-100     | -                   | I <sub>1</sub> /I <sub>2</sub> |
|         | A2                      | 5,1  | 10,0 |                |                 | 70       | 16                       | 32                     |                                 | 15/100        | 1                   | -                              |
| B       | -                       | 10,1   | 15,0 | 3              | 2               | 60       | 16                       | 32                     | 10                              | 15/60-100-120 | 2                   | -                              |
|         | D2                      | 15,1   | 23,0 |                |                 | 60       | 16                       | 32                     |                                 | 15/60         |                     |                                |
|         | D3                      | 23,1   | 27,0 |                |                 | 70       | 25                       | 40                     |                                 | (NOTA 6)      |                     |                                |
|         | D4                      | 27,1   | 30,0 |                |                 | 100      | 35                       | 40                     | 16                              | 15/100-120    | 3                   | -                              |
| D       | D5                      | 30,1   | 47,0 | 4              | 3               | 120      | 50                       | 50                     |                                 | 30/120        |                     |                                |
|         | D6                      | 47,1   | 57,0 |                |                 | 150      | 70                       | 60                     |                                 |               |                     |                                |
|         | D7                      | 57,1   | 66,0 |                |                 | 175      | 95                       | 75                     | 25                              | 2,5/10-20     |                     | 200/5                          |
|         | D8                      | 66,1   | 75,0 |                |                 | 200      | 120                      | 65                     |                                 |               |                     |                                |

NOTAS:

- 1 - As seções dos condutores e os diâmetros dos eletrodutos são os valores mínimos admissíveis.
- 2 - Para condutores com seções superiores a 10mm<sup>2</sup> é obrigatório o uso de cabo.
- 3 - O condutor neutro do raial de derivação deve ter seção igual a dos condutores fase.
- 4 - Apenas as faixas D6, D7 e D8 correspondem a medição indireta. As demais correspondem a medição direta.
- 5 - Para unidades consumidoras tipo D (trifásicas - com carga instalada maior que 15kW) se a demanda provável for inferior a 15kVA, utilizar disjuntor tripolar de 40A, condutor de 10mm<sup>2</sup> e demais especificações relativas ao consumidor da faixa D2.
- 6 - Medidor exclusivo para faixa D2.

ND-5.2



6-3

**TABELA 5**  
**DIMENSIONAMENTO PARA UNIDADES CONSUMIDORAS URBANAS**  
**ATENDIMENTOS ESPECIAIS - LIGAÇÕES A 3 e 4 FIOS (Nota 11)**

| FORNECIMENTO | CARGA INSTALADA |       | NÚMERO DE FIOS | PROTEÇÃO | RAMAL DE ENTRADA EXIBITIVO |                                   |            | ATERRAMENTO |              | POSTE    |                    | MONTANTE |                      |     |
|--------------|-----------------|-------|----------------|----------|----------------------------|-----------------------------------|------------|-------------|--------------|----------|--------------------|----------|----------------------|-----|
|              | TIPO            | FAIXA |                |          | DISJUNTOR TERMO-MAGNÉTICO  | CONDUTOR (CABELO PVC - 90°C) (31) | ELETRODUTO |             | CONDUTOR AÇO | ELETRODO | MESMO LADO DA REDE |          | LADO OPPOSTO DA REDE |     |
|              |                 |       |                |          |                            |                                   | DE         | ATÉ         |              |          |                    |          |                      | PVC |
| H            | H1              | -     | 3              | 20       | 4                          | 25                                | 20         | 1           | PAI          | PCI      | PC2                | AÇO      |                      |     |
|              |                 | 5,0   |                |          |                            |                                   |            |             |              |          |                    |          | 32                   | 25  |
|              |                 | 10,0  |                |          |                            |                                   |            |             |              |          |                    |          | 25                   | 20  |
| J            | I1              | -     | 4              | 30       | 6                          | 32                                | 25         | 2           | PAI          | PCI      | PC2                | AÇO      |                      |     |
|              |                 | 5,0   |                |          |                            |                                   |            |             |              |          |                    |          | 32                   | 25  |
|              |                 | 10,0  |                |          |                            |                                   |            |             |              |          |                    |          | 32                   | 25  |
|              |                 | 10,1  |                | 40       | 10                         | 32                                | 25         |             |              |          |                    | TIPO     |                      |     |

**NOTAS:**

- 1 - As espessas dos condutores e os diâmetros dos eletrodutos são mínimos. Alternativamente à instalação exposta, o eletroduto do ramal de entrada em energia não medidor poderá ser instalado aparente.
- 2 - O condutor neutro do ramal de entrada deve ter seção igual à dos condutores fase.
- 3 - As características técnicas dos postes e montantes estão indicadas no capítulo 12. O espaçamento das postes é simples.
- 4 - Para ramal de entrada ver capítulo 4, item 2.
- 5 - Alternativamente ao cabo alçado, 3 fios, 60,4mm (1/4"), pode ser utilizada condutor de cobre 10mm<sup>2</sup>, protegido por eletroduto de aço ou de PVC.
- 6 - Os disjuntores constantes dessa tabela têm que ser de um dos fabricantes relacionados no Manual do Consumidor nº 11.
- 7 - Para unidades tipo H, o ramal de ligação é o T-10 cuja temperatura é até 25m a T-16 cuja temperatura for
- 8 - Para unidades tipo I, o ramal de ligação é o Q-16 e o medidor deve ser 15/60, 15/100, 15/120 ou 30/120.
- 9 - Essa tabela, onde aplicável, é válida também para unidades consumidoras pertencentes a edificações de uso coletivo ou agrupamentos com proteção geral.
- 10 - Essa tabela foi elaborada para atendimentos especiais (obras, instalações comerciais ou mesmo residências onde se necessita de alimentação hi ou trifásica sendo a carga instalada inferior a 10 ou 15kW). Solicite-as especial atenção para essas unidades tipo H ou I, para as mesmas tem a seguinte limite para cargas monofásicas:  
 H1=25,0kVA, H2=50,0kVA, I1=10,0kVA, I2=30,0kVA e I3=50,0kVA.
- 11 - Para a ligação dessas unidades deverá ser cobrada a taxa correspondente a diferença da peça da rede a ser medida. Beneficiária para o polifásico, conforme estabelecida na Portaria 465/97 da DNREE, artigo 2º, parágrafo 1º. Na entrega, quando a unidade consumidora tipo H ou I não atingir a dimensionamento do ramal de ligação a ser utilizada p/ atendimento à edificação, deverá ser cobrada apenas a taxa correspondente à diferença de preço do medidor monofásico p/ o polifásico 2 elementos Icona. H1, da medidor monofásica para o polifásico 3 elementos Icona. I1 e I2) e do medidor polifásico 2 elementos para o medidor polifásico 3 elementos Icona. I3).

ND-5.2



6-6

TABELA 6  
 FATORES DE MULTIPLICAÇÃO DE DEMANDA EM FUNÇÃO DO NÚMERO DE  
 APARTAMENTOS RESIDENCIAIS DA EDIFICAÇÃO (F)

| Nº APTOS | F. MULT. |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 1        | -        | 51       | 35,90    | 101      | 63,59    | 151      | 74,74    | 201      | 80,09    | 251      | 82,73    |
| 2        | -        | 52       | 36,46    | 102      | 63,84    | 152      | 74,89    | 202      | 80,34    | 252      | 82,74    |
| 3        | -        | 53       | 37,02    | 103      | 64,09    | 153      | 75,04    | 203      | 80,59    | 253      | 82,75    |
| 4        | 3,88     | 54       | 37,58    | 104      | 64,34    | 154      | 75,19    | 204      | 81,04    | 254      | 82,76    |
| 5        | 4,84     | 55       | 38,14    | 105      | 64,59    | 155      | 75,34    | 205      | 81,09    | 255      | 82,77    |
| 6        | 5,80     | 56       | 38,70    | 106      | 64,84    | 156      | 75,49    | 206      | 81,14    | 256      | 82,78    |
| 7        | 6,76     | 57       | 39,26    | 107      | 65,09    | 157      | 75,64    | 207      | 81,19    | 257      | 82,79    |
| 8        | 7,72     | 58       | 39,82    | 108      | 65,34    | 158      | 75,79    | 208      | 81,24    | 258      | 82,80    |
| 9        | 8,68     | 59       | 40,38    | 109      | 65,59    | 159      | 75,94    | 209      | 81,29    | 259      | 82,81    |
| 10       | 9,64     | 60       | 40,94    | 110      | 65,84    | 160      | 76,09    | 210      | 81,34    | 260      | 82,82    |
| 11       | 10,62    | 61       | 41,50    | 111      | 66,09    | 161      | 76,24    | 211      | 81,39    | 261      | 82,83    |
| 12       | 11,20    | 62       | 42,06    | 112      | 66,34    | 162      | 76,39    | 212      | 81,44    | 262      | 82,84    |
| 13       | 11,98    | 63       | 42,62    | 113      | 66,59    | 163      | 76,54    | 213      | 81,49    | 263      | 82,85    |
| 14       | 12,76    | 64       | 43,18    | 114      | 66,84    | 164      | 76,59    | 214      | 81,54    | 264      | 82,86    |
| 15       | 13,54    | 65       | 43,74    | 115      | 67,09    | 165      | 76,64    | 215      | 81,59    | 265      | 82,87    |
| 16       | 14,32    | 66       | 44,30    | 116      | 67,34    | 166      | 76,69    | 216      | 81,64    | 266      | 82,88    |
| 17       | 15,10    | 67       | 44,86    | 117      | 67,59    | 167      | 77,14    | 217      | 81,69    | 267      | 82,89    |
| 18       | 15,88    | 68       | 45,42    | 118      | 67,84    | 168      | 77,29    | 218      | 81,74    | 268      | 82,90    |
| 19       | 15,66    | 69       | 45,98    | 119      | 68,09    | 169      | 77,44    | 219      | 81,79    | 269      | 82,91    |
| 20       | 17,44    | 70       | 46,54    | 120      | 68,34    | 170      | 77,59    | 220      | 81,84    | 270      | 82,92    |
| 21       | 18,04    | 71       | 47,10    | 121      | 68,54    | 171      | 77,74    | 221      | 81,89    | 271      | 82,93    |
| 22       | 18,65    | 72       | 47,66    | 122      | 68,84    | 172      | 77,84    | 222      | 81,94    | 272      | 82,94    |
| 23       | 19,25    | 73       | 48,22    | 123      | 69,09    | 173      | 78,04    | 223      | 81,99    | 273      | 82,95    |
| 24       | 19,86    | 74       | 48,78    | 124      | 69,34    | 174      | 78,19    | 224      | 82,04    | 274      | 82,96    |
| 25       | 20,46    | 75       | 49,34    | 125      | 69,59    | 175      | 78,34    | 225      | 82,09    | 275      | 82,97    |
| 26       | 21,06    | 76       | 49,90    | 126      | 69,79    | 176      | 78,44    | 226      | 82,12    | 276      | 83,00    |
| 27       | 21,67    | 77       | 50,46    | 127      | 69,99    | 177      | 78,54    | 227      | 82,14    | 277      | 83,00    |
| 28       | 22,27    | 78       | 51,08    | 128      | 70,19    | 178      | 78,64    | 228      | 82,17    | 278      | 83,00    |
| 29       | 22,88    | 79       | 51,59    | 129      | 70,39    | 179      | 78,74    | 229      | 82,19    | 279      | 83,00    |
| 30       | 23,48    | 80       | 52,14    | 130      | 70,59    | 180      | 78,84    | 230      | 82,22    | 280      | 83,00    |
| 31       | 24,08    | 81       | 52,70    | 131      | 70,79    | 181      | 78,94    | 231      | 82,24    | 281      | 83,00    |
| 32       | 24,69    | 82       | 53,26    | 132      | 70,99    | 182      | 79,04    | 232      | 82,27    | 282      | 83,00    |
| 33       | 25,29    | 83       | 53,82    | 133      | 71,19    | 183      | 79,14    | 233      | 82,29    | 283      | 83,00    |
| 34       | 25,90    | 84       | 54,38    | 134      | 71,39    | 184      | 79,24    | 234      | 82,32    | 284      | 83,00    |
| 35       | 26,50    | 85       | 54,94    | 135      | 71,59    | 185      | 79,34    | 235      | 82,34    | 285      | 83,00    |
| 36       | 27,10    | 86       | 55,50    | 136      | 71,79    | 186      | 79,44    | 236      | 82,37    | 286      | 83,00    |
| 37       | 27,71    | 87       | 56,06    | 137      | 71,99    | 187      | 79,54    | 237      | 82,39    | 287      | 83,00    |
| 38       | 28,31    | 88       | 56,62    | 138      | 72,19    | 188      | 79,64    | 238      | 82,42    | 288      | 83,00    |
| 39       | 28,92    | 89       | 57,18    | 139      | 72,39    | 189      | 79,74    | 239      | 82,44    | 289      | 83,00    |
| 40       | 29,52    | 90       | 57,74    | 140      | 72,59    | 190      | 79,84    | 240      | 82,47    | 290      | 83,00    |
| 41       | 30,12    | 91       | 58,30    | 141      | 72,79    | 191      | 79,94    | 241      | 82,49    | 291      | 83,00    |
| 42       | 30,73    | 92       | 58,86    | 142      | 72,99    | 192      | 80,04    | 242      | 82,52    | 292      | 83,00    |
| 43       | 31,33    | 93       | 59,42    | 143      | 73,19    | 193      | 80,14    | 243      | 82,54    | 293      | 83,00    |
| 44       | 31,94    | 94       | 59,98    | 144      | 73,39    | 194      | 80,24    | 244      | 82,57    | 294      | 83,00    |
| 45       | 32,54    | 95       | 60,54    | 145      | 73,59    | 195      | 80,34    | 245      | 82,59    | 295      | 83,00    |
| 46       | 33,10    | 96       | 61,10    | 146      | 73,79    | 196      | 80,44    | 246      | 82,62    | 296      | 83,00    |
| 47       | 33,66    | 97       | 61,66    | 147      | 73,99    | 197      | 80,54    | 247      | 82,64    | 297      | 83,00    |
| 48       | 34,22    | 98       | 62,22    | 148      | 74,19    | 198      | 80,64    | 248      | 82,67    | 298      | 83,00    |
| 49       | 34,78    | 99       | 62,78    | 149      | 74,39    | 199      | 80,74    | 249      | 82,69    | 299      | 83,00    |
| 50       | 35,34    | 100      | 63,34    | 150      | 74,59    | 200      | 80,84    | 250      | 82,72    | 300      | 83,00    |

NOTAS:

- 1 - Fonte: RTD - 027 / CODI
- 2 - Válida somente para quantidade de apartamentos superior a 3.
- 3 - Estes fatores só devem ser utilizados em conjunto com as demandas da Tabela 7.

ND-5.2

**CEMIG**

6-7

TABELA 7  
DEMANDA POR ÁREA PARA APARTAMENTOS RESIDENCIAIS (a)

| ÁREA ÚTIL<br>(m <sup>2</sup> ) | DEMANDA<br>(kVA) | ÁREA ÚTIL<br>(m <sup>2</sup> ) | DEMANDA<br>(kVA) | ÁREA ÚTIL<br>(m <sup>2</sup> ) | DEMANDA<br>(kVA) |
|--------------------------------|------------------|--------------------------------|------------------|--------------------------------|------------------|
| ATÉ 15                         | 0,39             | 101 - 110                      | 2,35             | 301 - 350                      | 6,61             |
| 16 - 20                        | 0,51             | 111 - 120                      | 2,54             | 351 - 400                      | 7,45             |
| 21 - 25                        | 0,62             | 121 - 130                      | 2,73             | 401 - 450                      | 8,28             |
| 26 - 30                        | 0,73             | 131 - 140                      | 2,91             | 451 - 500                      | 9,10             |
| 31 - 35                        | 0,84             | 141 - 150                      | 3,10             | 501 - 550                      | 9,91             |
| 36 - 40                        | 0,95             | 151 - 160                      | 3,28             | 551 - 600                      | 10,71            |
| 41 - 45                        | 1,05             | 161 - 170                      | 3,47             | 601 - 650                      | 11,51            |
| 46 - 50                        | 1,16             | 171 - 180                      | 3,65             | 651 - 700                      | 12,30            |
| 51 - 55                        | 1,26             | 181 - 190                      | 3,83             | 701 - 800                      | 13,86            |
| 56 - 60                        | 1,36             | 191 - 200                      | 4,01             | 801 - 900                      | 15,40            |
| 61 - 65                        | 1,47             | 201 - 220                      | 4,36             | 901 - 1000                     | 16,93            |
| 66 - 70                        | 1,57             | 221 - 240                      | 4,72             |                                |                  |
| 71 - 75                        | 1,67             | 241 - 260                      | 5,07             |                                |                  |
| 76 - 80                        | 1,76             | 261 - 280                      | 5,42             |                                |                  |
| 81 - 85                        | 1,86             | 281 - 300                      | 5,76             |                                |                  |
| 86 - 90                        | 1,96             |                                |                  |                                |                  |
| 91 - 95                        | 2,06             |                                |                  |                                |                  |
| 96 - 100                       | 2,16             |                                |                  |                                |                  |

## NOTAS:

- 1 - Considerar como área útil apenas a área interna dos apartamentos.
- 2 - Apartamentos com área útil superior a 1.000m<sup>2</sup>, consultar a CEMIG.
- 3 - Fonte: RTD - 027 / CODI.

ND-5.2

**CEMIG**

6-8

TABELA 8  
FATORES DE DEMANDA PARA ILUMINAÇÃO E TOMADAS  
UNIDADES CONSUMIDORAS NÃO RESIDENCIAIS

| DESCRIÇÃO                                 | FATOR DE DEMANDA  |
|---|---|
| OFICINA, INDÚSTRIAS E SEMELHANTES         | 1 PARA OS PRIMEIROS 20kVA<br>0,80 PARA O QUE EXCEDER 20kVA    |
| HOTÉIS E SEMELHANTES                      | 0,50 PARA OS PRIMEIROS 20kVA<br>0,40 PARA O QUE EXCEDER 20kVA |
| AUDITÓRIOS, CINEMAS E SEMELHANTES         | 1   |
| BANCOS, LOJAS E SEMELHANTES               | 1   |
| BARBEARIA, SALÕES DE BELEZA E SEMELHANTES | 1   |
| CLUBES E SEMELHANTES                      | 1   |
| ESCOLAS E SEMELHANTES                     | 1 PARA OS PRIMEIROS 12kVA<br>0,5 PARA O QUE EXCEDER 12kVA     |
| ESCRITÓRIOS E SALAS COMERCIAIS            | 1 PARA OS PRIMEIROS 20kVA<br>0,7 PARA O QUE EXCEDER 20kVA     |
| GARAGENS COMERCIAIS E SEMELHANTES         | 1   |
| CLÍNICAS, HOSPITAIS E SEMELHANTES         | 0,40 PARA OS PRIMEIROS 50kVA<br>0,20 PARA O QUE EXCEDER 50kVA |
| IGREJAS, TEMPLOS E SEMELHANTES            | 1   |
| RESTAURANTES, BARES E SEMELHANTES         | 1   |
| ÁREAS COMUNS E CONDÔMIOS                  | 1 PARA OS PRIMEIROS 10kVA<br>0,25 PARA O QUE EXCEDER 10kVA    |

## NOTAS:

- 1 - É recomendável que a previsão de cargas de iluminação e tomadas atenda as prescrições da NBR 5410.
- 2 - Para lâmpadas incandescentes, considerar kVA = kW.
- 3 - Para lâmpadas de descarga (vapor de mercúrio, sódio e fluorescente e tomadas) considerar kVA = kW / 0,85.



## 3. Dispositivos de Comando dos Circuitos

---

### 3.1. Interruptores

- Sempre interromper o(s) condutor(es) fase(s). NUNCA interromper o condutor neutro.
- Os interruptores devem ter capacidade suficiente, em ampères, para suportar por tempo indeterminado as correntes que transportam.
- Os interruptores comuns para instalações elétricas residenciais são de 5A – 250V, o que permite comandar até 550 W em 110 V ou 1100 W em 220 V.
- Quando há carga indutiva, como por exemplo em lâmpadas fluorescentes, e não se dispendo de interruptor especial, pode-se usar o interruptor comum, porém com capacidade, no mínimo, igual ao dobro da corrente a interromper.

### 3.2. Interruptor de Minuteria

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

Após as 22 horas, quando o movimento do prédio diminui, não se justifica ficarem toda a noite muitas lâmpadas acesas; basta que se acendam no momento em que chegue uma pessoa, apagando automaticamente pouco depois. Como permanecem ligadas aproximadamente um minuto são conhecidos por “minuterias”.

#### Aplicações:

- Iluminação de escadarias de prédios de apartamentos;
- Corredores;
- Ambientes que necessitam ser iluminados durante curtos períodos de tempo;
- Hall social de apartamentos;

Tipos: Os tipos de minuterias encontrados atualmente no comércio são as eletrônicas. Devido às dimensões reduzidas, substituem com vantagem as precursoras eletromecânicas e eletropneumáticas.

- De sobrepor: com fixação diretamente na parede, através de suporte apropriado ou fixadas no quadro de disjuntores.
- De embutir, instaladas em caixas 10 x 5 cm.

#### Funcionamento:

- 1) Ao pressionarmos o botão de campainha (pulsador), é fornecida a tensão necessária para o funcionamento do circuito da minuteria;
- 2) A temporização pode variar de 15 s a 5 minutos;
- 3) Após o tempo programado para a lâmpada permanecer acesa, ocorrerá um pré-aviso de extinção com 50 % da luminosidade durante 10 s;

Componentes: (vide figura)

- (1) Interruptor: possui duas posições, para manter as lâmpadas permanentemente acesas em função da minuteria.
- (2) Lâmpada Néon: auxiliar na regulagem da temporização;
- (3) Jumper: elimina o pré-aviso descrito acima, quando retirado. Isso evita a possibilidade de funcionamento irregular de lâmpadas fluorescentes.
- (4) Regulagem de Temporização: deve-se girar o botão para efetuar a regulagem.
- (5) Fusível.

### 3.3. Interruptores Temporizados (Horário)

É um dispositivo que possibilita programar, ligar e desligar automaticamente circuitos elétricos em tempos predeterminados.

Quando instalado em edifício, indústria, comércio ou residência, pode se tornar uma forma eficiente no gerenciamento do consumo de energia.

Tipos:

- a) Quanto ao funcionamento podem ser:
  - Eletrônico;
  - Motorizado.
- b) Quanto à programação podem ser:
  - Diário;
  - Semanal.

Aplicações:

- Sistema de irrigação;
- Aquecimento e preparação de máquinas industriais (fornos, etc.);
- Sistemas de aquecimento central para água (residencial ou industrial);
- Ar condicionado central;
- Sistemas de alarmes;
- Controle de circuito de iluminação acionado por interruptor automático de presença;
- Controle automático de luminosos, vitrines, jardins, etc;
- Ligação pontual de sinos, sirenes, buzinas, etc.

Programação:

- A programação do interruptor horário é rápida e fácil, permitindo a utilização tanto para uso industrial como doméstico. Nos interruptores horários eletrônicos, a

programação é acertada de maneira digital, semelhante à feita em rádios-relógios, possibilitando, com isso, muitas variações: liga-desliga todos os dias, apenas nos dias úteis, e outras situações conforme a necessidade.

- Os interruptores horários intermediários possuem base de tempo por meio de oscilador a quartz, visor graduado por micromotor passo a passo e a regulagem é feita por cavaletes extraíveis.

### 3.4. Contactores e Chaves Magnéticas

Muitas vezes, temos necessidade de comandar circuitos elétricos a distância (controle remoto), quer manual, que automaticamente.

Contactores e chaves magnéticas são dispositivos com dois circuitos básicos, de comando e de força, que se prestam a esse objetivo.

O circuito de comando opera com corrente pequena, apenas o suficiente para operar uma bobina, que fecha o contato do circuito de força.

(figura funcionamento: Creder)

Os contactores são semelhantes às chaves magnéticas, porém simplificados, pois não possuem relé térmico de proteção contra sobrecargas.

### 3.5. Controles com Intertravamento

Em diversas instalações elétricas torna-se necessário o intertravamento entre equipamentos, ou seja, determinada máquina só entra em operação quando são satisfeitas certas condições relativas a outras máquinas. O intertravamento elétrico é muito utilizado em instalações industriais e eletromecânicas (elevadores, ar condicionado etc.).

### 3.6. Controle Master Switch

Existe um tipo de controle de circuitos denominado *master switch*, que possibilita a um único ponto de comando acender várias lâmpadas em locais diferentes. Este tipo de controle é útil em grandes residências, servindo de alarme em uma emergência (ladrão, incêndio etc.) Há tipos de master switch para um, dois, ou mais circuitos.

(figura: Creder)

### 3.7. Relé de Impulso

Funcionamento:

O relé de impulso ( $R_i$ ), quando inserido num circuito, tem a característica de alterar o seu estado ou posição do(s) seu(s) contato(s) (aberto - fechado; fechado – aberto ) quando aplicada uma tensão nos bornes (A1 e A2) da bobina, ou seja, enviando um pulso de tensão à bobina do relé (que permanece energizada somente enquanto durar o pulso), o efeito magnético faz acionar uma espécie de roda dentada que abre e fecha contatos. Ao término de cada pulso, esses contatos permanecem fechados ou abertos, e a bobina desenergizada.

Vantagens:

- Pode substituir com eficiência os interruptores paralelos e intermediários;
- Pode acionar mais de um circuito ao mesmo tempo com um único sinal;
- Possibilita a redução de custos do material necessário para os condutores, uma vez que o comando se processa por meio de pulsadores com apenas dois condutores;
- Pode ser utilizado para o comando de grande quantidade de lâmpadas fluorescentes (de 10 A ou 16 A) com apenas um pulsador;

- A tensão de controle da bobina (entrada) pode ser consideravelmente menor que a dos contatos (saída).

### 3.8. Interruptor Automático por Presença

O interruptor automático por presença é eletrônico e capta, através de um sensor infravermelho, a radiação de calor de pessoas, animais, automóveis, etc., que estejam nos limites perceptíveis do dispositivo.

Possibilita o comando automático da iluminação de ambientes onde não é necessário manter as lâmpadas permanentemente acesas, ou seja, as lâmpadas ficam acesas somente na presença de pessoas, proporcionando considerável economia de energia.

#### Aplicações:

- Nas residências: iluminação de área externa, ante-salas, escadas, banheiros, garagens;
- Nos edifícios residenciais ou comerciais: iluminação de salas, escadas, recepções, estacionamentos, jardins, etc.;
- Nas lojas: iluminação de provadores;
- Nas indústrias: iluminação de pátios, jardins, almoxarifados, vestiários ou estacionamentos;
- Na segurança: acionamento de alarmes sonoros ou luminosos;
- Na automação de portas de lojas, escritórios, garagens, shoppings ou aeroportos.

#### Instalação:

- Em local protegido, onde não incidam diretamente os raios solares ou chuva;
- Instalação a uma altura aproximada de 2,50 metros do solo, de maneira que a movimentação de pessoas, animais, veículos, etc. seja de preferência na transversal, atingindo o maior número de raios possível, bem como o seu visor articulável deve ser posicionado de modo que o seu campo de atuação seja cortado na altura da cabeça do indivíduo.

(figura: Creder)

### 3.9. Relé Fotoelétrico

### 3.10. Cigarras e Campainhas

## 4. Luminotécnica

---

### 4.1. Conceitos Básicos

No princípio dos tempos, o homem vivia entre o medo da noite e a sua sobrevivência. Depois de dominar o fogo, além de ganhar um poderoso aliado contra seus inimigos naturais - as feras e o frio - nossos ancestrais passaram a usar parte da noite agora iluminada pelas fogueiras e tochas, para algumas atividades de artesanato e principalmente para o convívio.

Podemos até dizer que todo desenvolvimento da espécie humana e de seu cérebro privilegiado foi ofuscado pela conquista do fogo e da luz. Durante milhares de anos, estamos desenvolvendo métodos e conceitos para o melhor aproveitamento da luz solar e o melhor rendimento para a luz artificial, sempre visando o conforto visual e os exercícios das atividades relacionadas ao ambiente. Outro aspecto fundamental é a utilização da luz para destacar e embelezar as construções. A arquitetura religiosa usou e abusou dos efeitos gerados pela luz solar para criar atmosferas místicas e mágicas dentro de seus templos.

Nesse caso a função da luz não era apenas iluminar, mas sim criar emoções, tanto religiosa nas igrejas quanto estéticas nos palácios.

Hoje, ao iluminarmos nossas residências, ainda temos as mesmas preocupações como: ter uma boa luz para as atividades que fazemos em cada ambiente, os deixando mais bonito e agradáveis, além de destacar detalhes da arquitetura, objetos de arte e quadros. Ao considerarmos conceitos básicos de iluminação, promovemos à nossa casa ambientes belos e mais aconchegantes, além de economizarmos em eletricidade.

#### 4.1.1. Temperatura de Cor

Quando falamos em luz quente ou fria, não estamos nos referindo ao calor físico da lâmpada, e sim a tonalidade de cor que ela dá ao ambiente.

A tonalidade de cor de luz por uma fonte luminosa é denominada Temperatura de Cor e sua unidade de medida é o Kelvin (K).

Quanto mais alta a temperatura de cor de uma lâmpada, mais clara a tonalidade de luz emitida por ela. Ex.: uma lâmpada de temperatura de cor de 2.700K tem tonalidade suave, uma de 6500K tem tonalidade clara. Em uma residência o ideal é variar entre 2.700 e 5.000K conforme o ambiente a ser iluminado.

Em uma residência, as áreas sociais e os dormitórios devem ter tonalidade mais suave ou neutra (3.000K / 4.000K) e salas de estudos devem ter tom neutro ou frio, induzindo maior atividade.

Hoje estão disponíveis no mercado lâmpadas fluorescentes com uma nova tecnologia, que permite apresentar várias temperaturas de cor. Antes elas só existiam em tom claro e estas lâmpadas emitem menos calor, e são erroneamente chamadas lâmpadas frias. Atualmente já são usadas na casa inteira e com grande efeito decorativo. As fluorescentes compactas estão disponíveis em temperatura de cor clara(6.500K) e também em cor suave (2.700K), semelhante às lâmpadas incandescentes.

#### 4.1.2. Reprodução de Cor

Um dos pontos mais importantes na decoração de um ambiente é a harmonia e combinação das cores, porém isto pode ser prejudicado se você não escolher as lâmpadas adequadas.

A reprodução de cores de uma lâmpada é medida por uma escala chamada IRC (Índice de Reprodução de Cores). Quanto mais próximo este índice for ao IRC 100 (dado à luz solar), mais fielmente as cores serão vistas na decoração. Isto ocorre porque, na verdade, o que enxergamos é o reflexo da luz que ilumina os objetos, já que no escuro não vemos as cores.

A capacidade das lâmpadas reproduzirem bem as cores (IRC) independe de sua temperatura de cor (K). Existem lâmpadas com diferentes temperaturas de cor e que apresentam o mesmo IRC.

Em áreas residências e comerciais devemos utilizar lâmpadas com boa reprodução de cores (IRC acima de 80), pois a cor é fundamental para o conforto e beleza do ambiente.

**LEGENDA:** Cor Luz (Síntese Aditiva) - A luz branca é dividida em três cores básicas: azul, vermelha e verde. Na foto acima, mostramos que o pigmento da poltrona absorve as cores azul e verde, eliminando o vermelho, criando para os nossos olhos o tom Azul Cyan que vemos na poltrona e carpete.

**TABELA DE LÂMPADAS:** Veja quais as lâmpadas que você pode utilizar para garantir a fidelidade de cores em sua casa: As lâmpadas fluorescentes compactas Philips economizam energia e têm IRC 82, considerado muito bom. A linha de fluorescentes Super 80 Philips é adequada para várias aplicações residenciais, possuindo IRC 85 e diferentes tonalidades de cor (K). As lâmpadas halógenas dão mais brilho e destaque para sua residência com ótima reprodução de cores (IRC 100). As incandescentes têm o IRC 100 e podem ser usadas em todos os ambientes com a potência adequada.



#### 4.1.3. Eficiência e Economia

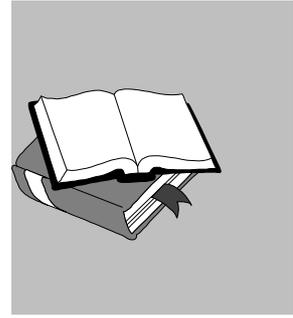
Provavelmente estas não são as primeiras palavras que vêm a sua mente quando você pensa em comprar lâmpadas para iluminar sua casa. Geralmente você está pensando em beleza e destaque para sua decoração ou ainda em deixar a casa clara e bem iluminada.

**EFICIÊNCIA:** A eficiência de uma lâmpada é a maneira como ela consome energia elétrica. Nas lâmpadas incandescentes e halógenas, 80% da energia utilizada é transformada em calor e apenas 15% gera luz. Toda esta energia transformada em calor é lançada no ambiente,

causando aumento da temperatura e desconforto. As lâmpadas fluorescentes e as fluorescentes compactas (Energy Saver - economizadoras de energia) tem outra maneira de funcionar, produzindo mais luz e emitindo pouco calor. Então, podemos dizer que uma lâmpada é mais eficiente à medida que a maior parte da energia consumida por ela é destinada à produção de luz.

**ECONOMIA:** Estima-se que a iluminação seja responsável por uma pequena parcela do consumo de energia do lar (entre 10% e 20%). Porém esta parcela pode ser ainda mais reduzida com a troca das lâmpadas convencionais por lâmpadas de alta tecnologia como as Energy Saver. Isso sem nenhum prejuízo no nível de iluminação e com uma série de benefícios, como por exemplo: a redução do volume de calor lançado no ambiente e a diminuição da troca de lâmpadas, pois elas além da economia no consumo, têm a vida útil maior que as lâmpadas incandescentes.





## 5. Referências

---

- [1] CREA-MG <http://www.crea-mg.com.br>
- [2] LIMA FILHO, DOMINGOS LEITE; “Projetos de Instalações Elétricas Prediais”, Editora Érica, São Paulo, 1997.
- [3] CREDER, HÉLIO; “Instalações Elétricas”, 14ª edição, Editora LTC, Rio de Janeiro, 2004.
- [4] Manual de Instalações Elétricas - Pirelli; [www.pirelli.com.br](http://www.pirelli.com.br)
- [5] Notas de aula Prof. Abramo, Faculdade de Engenharia, UFJF, 1999.
- [6] Notas de aula Prof. Tonelli, Faculdade de Engenharia, UFJF, 2005.
- [7] Notas de aula Prof. André Marcato, Faculdade de Engenharia, UFJF, 2004.
- [8] Notas de aula Prof. Rodrigo, Faculdade de Engenharia, UFJF, 2005.
- [9] Manual de Fornecimento de Energia Elétrica em Baixa Tensão, CEMIG, [www.cemig.com.br](http://www.cemig.com.br), 2005.
- [10] Norma NBR-5410, Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT.