

PROJETO DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS PREDIAIS DE BAIXA TENSÃO

Engº Ricardo P. Tamietti

Objetivo

■ **Mostrar de forma clara, simples e objetiva, todas as etapas para a elaboração de um projeto de instalações elétricas residenciais de baixa tensão, conforme prescrições da NBR 5410:2004.**

Público-alvo

■ **Engenheiros, Arquitetos, estudantes de engenharia e arquitetura e demais profissionais envolvidos com projeto, instalação e manutenção de instalações elétricas de baixa tensão.**

Recursos didáticos

- Apostila com “slides” da apresentação;
- Ebook “passo a passo das instalações elétricas residenciais” em CD-Rom;
- Software QDC Pro para cálculos eletrotécnicos;
- Apresentação de vídeos técnicos;
- Exercícios em sala.

Sumário

- **Normalização e legislação;**
- **Documentação técnica do projeto de eletricidade;**
- **Fases do projeto de eletricidade;**
- **Eletricidade básica;**
- **Elaboração de projeto elétrico: previsão de carga, divisão da instalação em circuitos, linhas elétricas, dimensionamento de condutores, dispositivos de proteção e aterramento, dimensionamento da proteção, lista de material.**

1. SISTEMA NORMATIVO BRASILEIRO

ABNT

- **ABNT** - Associação Brasileira de Normas Técnicas (fundada em 28/09/1940 – RJ);
- Único “Fórum Nacional de Normalização” (Resolução nº 7 – **CONMETRO**);
- Privada, sem fins lucrativos e de utilidade pública;
- Membro fundador da ISO (International Organization for Standardization), COPANT (Comissão Panamericana de Normas Técnicas) e AMN (Associação Mercosul de Normalização) e membro da IEC (International Electrotechnical Commission) desde a criação da ABNT;
- Responsável pela gestão do processo de elaboração de normas brasileiras.

ABNT



O sistema nacional

- O Governo instituiu no país, em 1973, o SISTEMA NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL (SINMETRO), o qual é integrado por entidades públicas e privadas, entre as quais a ABNT. Exerce atividades relacionadas com metrologia, normalização, qualidade industrial e certificação de conformidade;
- Órgão executivo do SINMETRO é o INMETRO;
- Dentro do SINMETRO, a ABNT tem sido reconhecida como o único fórum de normalização brasileiro até o momento.

Norma x Regulamento

- Norma
- Normalização
- Regulamento

Norma

■ **Documento**, estabelecido por consenso e aprovado por um organismo reconhecido, que fornece, para uso comum e repetitivo, regras, diretrizes ou características para atividades ou seus resultados, visando à obtenção de um grau ótimo de ordenação em um dado contexto. Convém que as normas sejam baseadas em resultados consolidados da ciência, tecnologia e da experiência acumulada, visando à obtenção de benefícios para a comunidade (ABNT ISO/IEC Guia 2).

Normalização

■ **Atividade** que estabelece, em relação a problemas existentes ou potenciais, prescrições destinadas à utilização comum e repetitiva, com vistas à obtenção do grau ótimo de ordem, em um dado contexto.

Nota: Em particular, a atividade **consiste nos processos de elaboração, difusão e implementação de normas**. A normalização proporciona importantes benefícios, melhorando a adequação dos produtos, processos e serviços às finalidades para as quais foram concebidos, contribuindo para evitar barreiras comerciais e facilitando a cooperação tecnológica (ABNT ISO/IEC Guia 2).

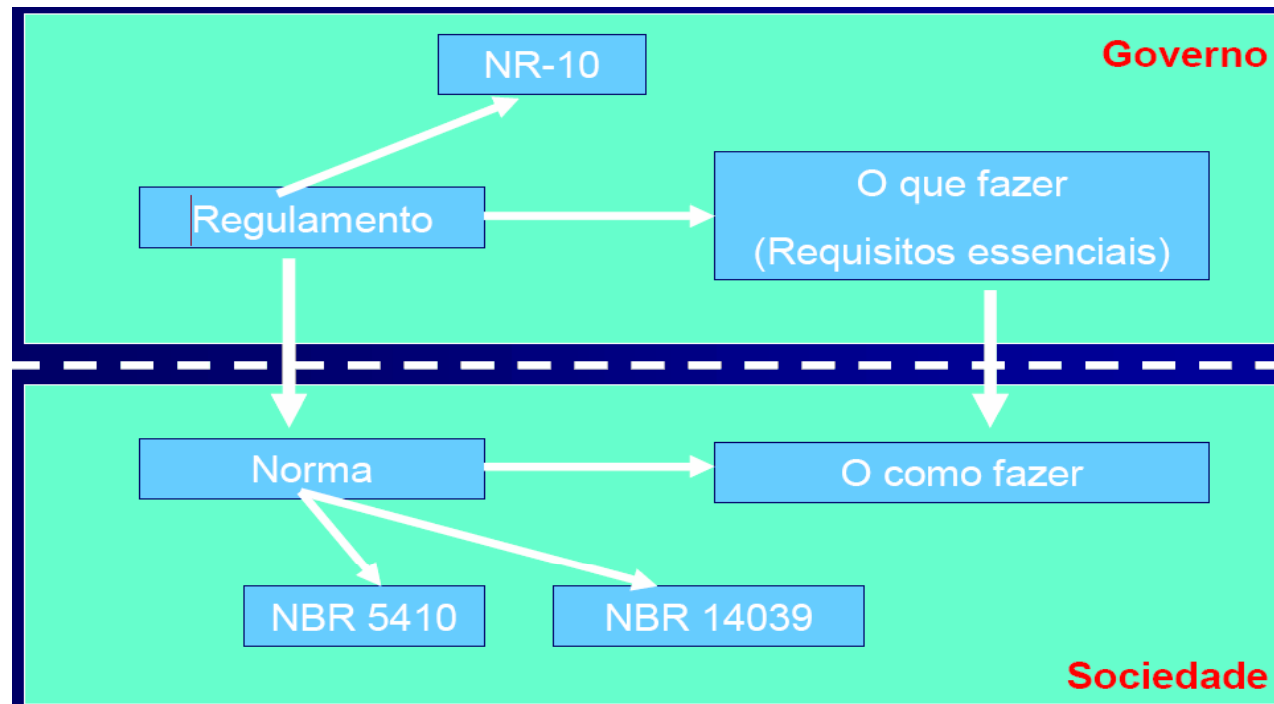
Normalização

■ Principais objetivos:

Economia	Proporcionar a redução da crescente variedade de produtos e procedimentos
Comunicação	Proporcionar meios mais eficientes na troca de informação entre o fabricante e o cliente, melhorando a confiabilidade das relações comerciais e de serviços
Segurança	Proteger a vida humana e a saúde
Proteção do Consumidor	Prover a sociedade de meios eficazes para aferir a qualidade dos produtos
Eliminação de Barreiras Técnicas e Comerciais	Evitar a existência de regulamentos conflitantes sobre produtos e serviços em diferentes países, facilitando assim, o intercâmbio comercial

Regulamento

- Documento que contém regras de caráter obrigatório e que é adotado por uma **autoridade** (ABNT ISO/IEC GUIA 2).



Norma Brasileira

- Uma norma brasileira (NBR - Norma Brasileira Registrada) é o documento elaborado segundo procedimentos e conceitos emanados do SINMETRO, conforme Lei número 5966, de 11 de dezembro de 1973, e demais documentos legais desta decorrentes.
- As normas brasileiras são resultantes de um processo de **consenso** nos diferentes fóruns do Sistema, cujo universo abrange o Governo, o setor produtivo e os consumidores.

Processo de elaboração de uma NBR

A sociedade manifesta a necessidade



Comissão de Estudo elabora o Projeto de Norma



Projeto de Norma é submetido a Consulta Pública



Norma é aprovada e colocada à disposição da sociedade



A ABNT faz a gestão deste processo

Normalização Técnica

O que fazer

(solução para um problema de engenharia)



Como fazer

(conhecimento das normas/legislações)



Poder fazer

(habilitação)



Saber fazer

(qualificação)

Normalização Técnica

Normas técnicas ABNT

Orientar e uniformizar produtos/serviços



Mecanismo de uso facultativo
(em sua essência)



Ganham status de requisito **obrigatório** caso
o estado determine



NR's
(SSMT/MTb)



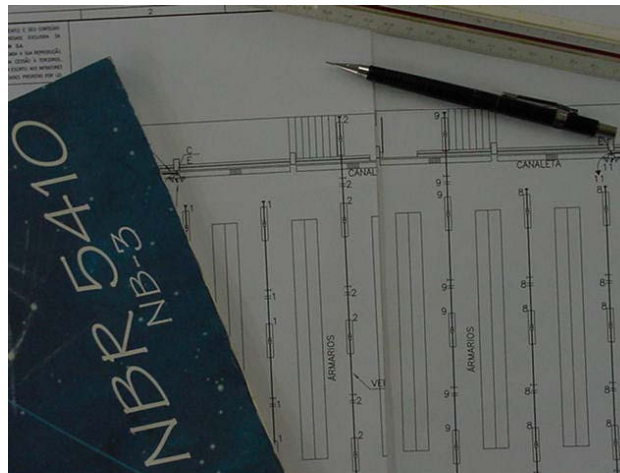
Portarias



Lei Federal
8078/90 (CDC)

Normalização Técnica

**NO BRASIL, A UTILIZAÇÃO DE
NORMAS TÉCNICAS OFICIAIS
(ABNT) É OBRIGATÓRIA**



Normalização Técnica

■ Normas Regulamentadoras (NR) - SSMT/MTb

"NR-10 em 10.1.2 : "Esta NR se aplica às fases de geração, transmissão, distribuição e consumo, incluindo as etapas de projeto, construção, montagem, operação, manutenção das instalações elétricas e quaisquer trabalhos realizados nas suas proximidades, observando-se as **normas técnicas oficiais** estabelecidas pelos órgãos competentes e, na ausência ou omissão destas, as normas internacionais cabíveis."

Normalização Técnica

■ Portaria nº 456/00 - ANEEL/MME

“Art. 3º - I a) Efetivado o pedido de fornecimento à concessionária, esta cientificará o interessado quanto à obrigatoriedade de observância, nas instalações elétricas da unidade consumidora, das normas... Oficiais... da Associação Brasileira de Normas Técnicas - **ABNT** e das normas e padrões da concessionária, postos à disposição do interessado”

Normalização Técnica

■ Lei Federal nº 8078/90 - Código de Defesa do consumidor (CDC)

“Art. 39 - VIII : É vedado ao fornecedor de produtos ou serviços, colocar, no mercado de consumo, qualquer produto ou serviço em desacordo com as normas expedidas pelos órgãos oficiais competentes ou, se normas específicas não existirem, pela [Associação Brasileira de Normas Técnicas](#) ou outra entidade credenciada pelo Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial-CONMETRO.”

Normalização Técnica

■ NBR 5410 (Instalações elétricas de baixa tensão)

Esta Norma estabelece as condições a que devem satisfazer as instalações elétricas de baixa tensão, a fim de garantir a segurança de pessoas e animais, o funcionamento adequado da instalação e a conservação dos bens.

Instalações novas e a reformas em instalações existentes.



$< 1.000 \text{ Vca}$

Normalização Técnica

■ NBR 5410 (Instalações elétricas de baixa tensão)

Esta Norma aplica-se principalmente às instalações elétricas de edificações, qualquer que seja seu uso (residencial, comercial, público, industrial, de serviços, agropecuário, hortigranjeiro, etc.), incluindo as pré-fabricadas.

Aplica-se também áreas descobertas das propriedades, externas às edificações, reboques de acampamento (*trailers*), locais de acampamento (*campings*), marinas e instalações

Análogas, canteiros de obra, feiras, exposições e outras instalações temporárias.

Normalização Técnica

■ NBR 5410 (Instalações elétricas de baixa tensão)

Esta Norma não se aplica:

- a) instalações de tração elétrica;
- b) instalações elétricas de veículos automotores;
- c) instalações elétricas de embarcações e aeronaves;
- d) equipamentos para supressão de perturbações radioelétricas, na medida que não comprometam a segurança das instalações;
- e) instalações de iluminação pública;

Normalização Técnica

■ NBR 5410 (Instalações elétricas de baixa tensão)

Esta Norma não se aplica:

- f) redes públicas de distribuição de energia elétrica;
- g) instalações de proteção contra quedas diretas de raios. No entanto, esta Norma considera as consequências dos fenômenos atmosféricos sobre as instalações (por exemplo, seleção dos dispositivos de proteção contra sobretensões);
- h) instalações em minas;
- i) instalações de cercas eletrificadas (ver IEC 60335-2-76).

Normalização Técnica

■ NBR 5410 (Instalações elétricas de baixa tensão)

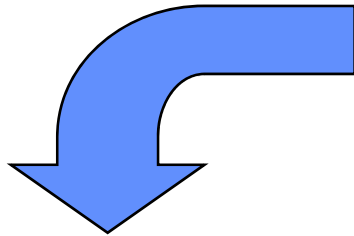
A aplicação desta Norma não dispensa o respeito aos regulamentos de órgãos públicos aos quais a instalação deva satisfazer.

As instalações elétricas cobertas por esta Norma estão sujeitas também, naquilo que for pertinente, às normas para fornecimento de energia estabelecidas pelas autoridades reguladoras e pelas empresas distribuidoras de eletricidade.

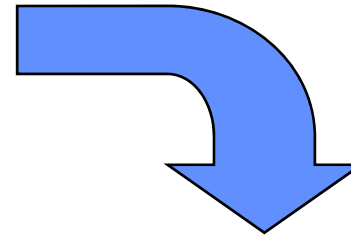


2. LEGISLAÇÃO

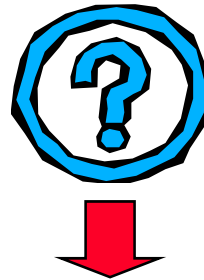
Panorama



Legislação profissional



Legislação ordinária (comum)



Os profissionais enfrentam processos judiciais muitas vezes por **falta de conhecimento** da legislação



Responsabilidades

■ RESPONSABILIDADES:

- TÉCNICA: em relação ao trabalho que realizam (ART)
- CIVIL: indenização por dano causado no exercício de sua atividade (contratual, solidez e segurança da construção, especific. materiais)
- PENAL/CRIMINAL: decorre de fatos considerados crimes (ex. incêndio provocado por sobrecarga elétrica por erro na especificação e dimensionamento dos componentes)
- ADMINISTRATIVA: restrições impostas pelos órgãos públicos, através do Código de Obras, Código de Água e Esgoto, **Normas Técnicas**, **Regulamento Profissional**
- ÉTICA: Resulta de faltas éticas que contrariam a conduta moral na execução da atividade profissional - **Código de Ética Profissional**, estabelecido na [Resolução nº 205, de 30/09/71, do CONFEA](#).

Garantias

- Contratual (escrito)
- Legal (ART – Anotação de Responsabilidade técnica): instrumento indispensável para garantir a qualidade do serviço prestado e a segurança, não apenas para quem contrata, mas por toda a sociedade. **Instituída pela Lei Federal 6.496/77** e regulamentada pelas resoluções 317/86, 394/95, decisão Normativa 064/99 entre outros.

Atribuições profissionais

- Definem que tipo de atividades uma determinada categoria profissional pode desenvolver;
- Toda atribuição é dada a partir da formação técnico-científica.
- As atribuições estão previstas de forma genérica nas leis e, de forma específica, nas resoluções do Conselho Federal:
 - ➔ ENGENHEIRO ELETRICISTA: Decreto Fed. N° 23.569/33; Art.32 (Mec. Eletr), 33 (Eletr); Lei Fed. N° 5.194/66; Resolução CONFEA N° 26/43; Resolução CONFEA N° 218/73.

Infrações

Na maioria dos casos (o que é lamentável), as infrações são cometidas por puro desconhecimento da legislação.

Infrações

■ Principais infrações cometidas:

- ➔ Leigos atuando na área tecnológica;
- ➔ Empresas/Profissionais atuando sem registros;
- ➔ Empresas sem responsáveis técnicos por projetos, execução, etc;
- ➔ Profissionais executando serviços incompatíveis com a sua atribuição profissional;

Infrações

■ Principais infrações cometidas:

- ➔ Empresas executando serviços incompatíveis com o objeto do Contrato Social;
- ➔ Não cumprimento dos termos contratuais;
- ➔ Desconhecimento da legislação profissional;
- ➔ Ausência de ART.

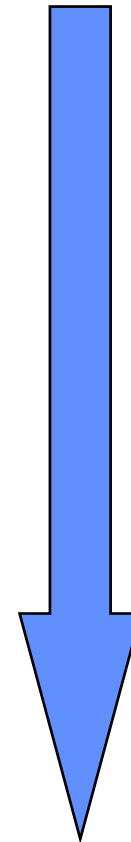
Infrações

- Cabe aos profissionais conhecer a legislação que rege o exercício profissional (artigo 9º do Código de Ética) e a legislação geral (de acordo com a Lei de Introdução ao Código Civil, **a ninguém é permitido desconhecer a lei**)

Panorama Geral

- Constituição
- Lei
- Decreto-lei
- Decreto
- Resolução
- Regulamento (INMETRO)
- Decisão normativa
- Normalização Técnica (ABNT)

> poder



< poder

Legislação

■ *Norma ABNT NBR 13 531 - Elaboração de projetos de edificações*

➔ Refere-se às atividades técnicas de projeto e à terminologia apresentada para a designação dos documentos técnicos. Assim, serão evitadas expressões do tipo "projetinho", "projeto simples", "croqui" etc. Embora a norma esteja mais direcionada a projetos de arquitetura, há elementos interessantes para serem aplicados nos projetos de energia elétrica.

Legislação

■ *Lei Federal nº 5194/66, que regula o exercício das profissões de engenheiro, arquiteto e engenheiro agrônomo.*

➔ **Artigo 6:** que trata do exercício ilegal da profissão:

- ➔ não possuir registro no CREA;
- ➔ exercer atividades estranhas às atribuições discriminadas em seu registro;
- ➔ emprestar seu nome a pessoas, firmas ou empresas executantes de obras/serviços sem sua real participação;
- ➔ executar a atividade profissional estando dela suspenso;

Legislação

- ➔ **Artigo 13**, do valor jurídico de um trabalho de engenharia:
 - ➔ estudos, plantas, projetos, laudos ou qualquer outro trabalho de engenharia somente podem ser submetidos ao julgamento das autoridades competentes e só tem valor jurídico quando seus autores forem profissionais habilitados de acordo com a própria lei.
- ➔ **Artigo 16**, da obrigação da colocação de placas em qualquer tipo de serviço técnico; o **Artigo 18**, segundo o qual somente o autor de um projeto poderá modificá-lo; e o **Artigo 22**, o qual assegura ao autor de um projeto o direito de acompanhar a execução da obra.
- ➔ **Artigo 71**, das Penalidades: advertência reservada, censura pública, multa, suspensão temporária, cancelamento do registro.

Legislação

■ *Decreto federal nº 90922/85, que dispõe sobre o exercício da profissão de técnico industrial (2º grau).*

➔ Entre outras providências, fixam-se as atribuições dos técnicos, principalmente as relativas ao projeto, apresentando algumas limitações.

Legislação

■ *Resolução do Confea nº 218/73 (a ser substituída pela nº 1010)*

➔ Discrimina as atividades técnicas e as atribuições das diversas modalidades profissionais. Esclarece principalmente que a atividade de projeto de instalações elétricas é exclusiva dos profissionais da área elétrica.

Legislação

■ *Código de Ética Profissional (06/11/2002)*

➔ Este trata, entre outras coisas, da postura e da conduta do profissional perante os demais profissionais e a sociedade, da conferência desleal da intervenção em trabalhos de outros profissionais, dos direitos/deveres.

Casos de condenação

“O cumprimento das normas técnicas pode ser o diferencial jurídico que dá ganho ou perda de causa a uma empresa ou prestador de serviços, em casos de processos envolvendo acidentes ou danos materiais, por exemplo.”

JUSTIÇA

Condenados fabricantes de chuveiro defeituoso

O juiz da 7ª Vara Criminal, Fernando Cirillo, condenou por homicídio culposo dois engenheiros e o dono da

Indústria e Comércio Ltda., fabricante da ducha. Há três anos, esse produto da empresa causou a morte de Paula de Castro Esposto, de 13 anos. Ela recebeu uma descarga de 220 volts e morreu eletrocutada durante o banho, em sua casa, na Rua da União, 420, apartamento 41, na Vila Mariana. A perícia constatou que a ducha tinha defeito.

O engenheiro de 17 anos, foi condenado a um ano de detenção. O engenheiro de 42, e o dono da empresa, de 30, receberam penas de 1 ano e 4 meses. Os três foram responsabilizados pela

tragédia por terem lançado o produto no mercado sem fazer teste de qualidade.

Os réus ainda não tomaram conhecimento oficialmente da sentença. Estão sendo intimados por carta precatória remetida à comarca de Avaré, onde moram. O juiz concedeu aos três o benefício da suspensão condicional da pena, pelo prazo de três anos, mas determinou que, no primeiro ano, prestem serviços à comunidade, ainda a ser estabelecidos.

Paula foi encontrada caída no box ainda segurando o tubo de desvio da água, por onde recebeu a descarga elétrica. A perícia apurou que o registro de aquecimento da ducha, recém-instalada na residência, entrava em curto-circuito com a carcaça, quando a água passava.

■ são paulo

Argentino de 7 anos morre em hotel na BA

CHRISTIANNE GONZÁLEZ
da Agência Folha, em Salvador

O garoto argentino Farid Affad, 7, morreu eletrocutado, anteontem à tarde, na piscina do Praia do Forte Eco Resort, um dos mais luxuosos do país.

O acidente ocorreu quando o menino nadava na piscina infantil, acompanhado de recreadores do hotel, localizado na praia do Forte (litoral norte da Bahia).

Segundo funcionários, Affad colocou a mão em um fio desencapado em um refletor localizado a meio metro da borda da piscina.

O menino foi levado ainda com vida à enfermaria, onde morreu após ser atendido por um médico.

O assessor de imprensa do resort, Oldack Miranda, negou que

a causa do acidente tenha sido um fio desencapado. Ele disse que o hotel vai aguardar a perícia.

O pai do menino, Falman Affad, a mãe, Ana Narcui (grávida de 6 meses), e outro filho deixaram o resort e foram para Salvador.

Além desse acidente, o hotel registrou pelo menos mais duas ocorrências envolvendo crianças na semana passada. As duas escorregaram na borda de outra piscina e tiveram que ser atendidas no centro médico.

A Agência Folha apurou que os hóspedes do Praia do Forte Eco Resort têm reclamado das condições inadequadas da área infantil.

Juntamente com o Club Med, em Itaparica, e com o Transamérica (ambos na BA), o Praia do Forte é considerado um dos me-

lhores hotéis de lazer do Brasil. A diária varia de R\$ 411 (apartamento duplo standard) a R\$ 644 (suíte master). As reservas estão esgotadas até o próximo dia 12.

O hotel é um dos preferidos de políticos e artistas. Um de seus hóspedes mais assíduos é o presidente do Senado, Antonio Carlos Magalhães (PFL-BA).

JUIZO DE DIREITO DA 2ª VARA CÍVEL
COMARCA DE FLORIANÓPOLIS

MANDADO DE CITAÇÃO

Autos:

Ação: EXECUÇÃO

Autor:

Réu : EMPREENDIMENTOS E ENGENHARIA LTDA E OUTROS.

OBJETIVO: A citação de EMPREENDIMENTOS E ENGENHARIA LTDA, nas pessoas dos sócios para, em 10(dez)dias, cumprirem a obrigação contratual de fazer todos os serviços ainda não executados ou os executados em desatenção às normas da ABNT, sob pena de multa de 10%(dez por cento) sobre o valor das parcelas já pagas pelos autores por dia de atraso.

O Juiz de Direito, Doutor ANTÔNIO DO RÊGO MONTEIRO ROCHA,

MANDA ao Oficial de Justiça designado que, em cumprimento do presente, extraído dos autos do processo acima referido, se dirija ao local indicado, ou onde lhe for apontado e proceda à citação da ré, com observância das formalidades legais, fazendo-lhe, outrossim, a advertência de que não sendo contestada a ação presumir-se-ão aceitos como verdadeiros os fatos articulados pela parte autora na inicial.

Florianópolis, 03 de abril de 1997.

Eu, Ligia Maria Bach Costa, Escrivã Judicial, o subscrevo.

ANTÔNIO DO RÊGO MONTEIRO ROCHA
Juiz de Direito

modelo\mandado\citação\cobrança

3. A DOCUMENTAÇÃO DO PROJETO ELÉTRICO

O Projeto

■ Conjunto de estudos e realizações físicas que vão desde a concepção inicial de uma idéia (materializada através de documentos técnicos) até sua concretização na forma de um empreendimento em operação. É um trabalho intelectual, de grande importância técnica, envolvendo experiência e significativa abrangência de conhecimentos **normativos**, físicos, matemáticos e da **legislação**, para proporcionar segurança e conforto, objetivando o melhor custo/benefício ao usuário e ao empreendimento.

O Projeto

■ Projetar, no sentido mais amplo 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.

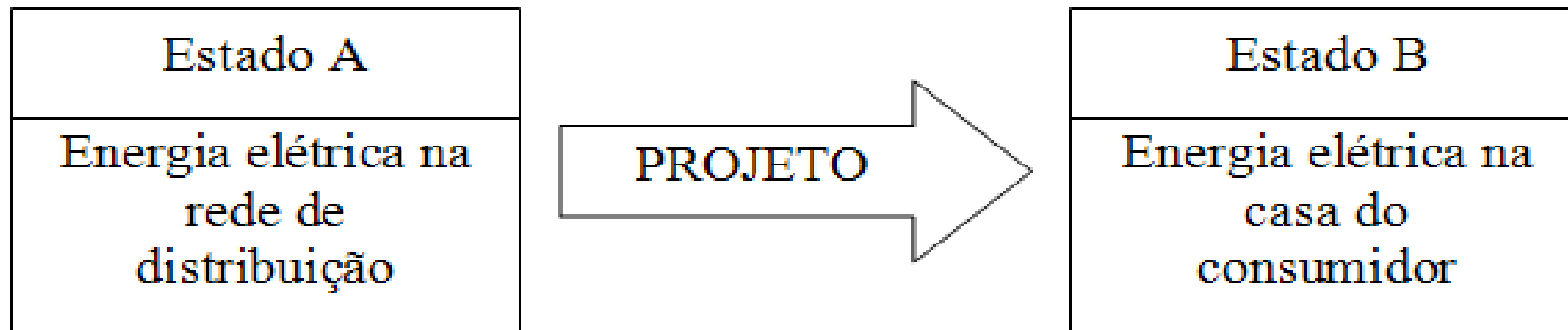
O Projeto

■ Por exemplo, “definir de que forma a energia elétrica será conduzida da rede de distribuição da concessionária até os pontos de utilização em uma determinada residência”, abrangendo todos os aspectos envolvidos (seleção, dimensionamento e localização de equipamentos e componentes elétricos) é o enunciado geral do problema que será objeto do estudo do projetista de instalações elétricas.

O Projeto

■ Segundo a NBR 5679/77 o termo projeto é apresentado como "definição qualitativa e quantitativa dos atributos técnicos, econômicos e financeiros de uma obra de engenharia e arquitetura, com base em dados, elementos, informações, estudos, discriminações técnicas, cálculos, desenhos, normas, projeções e disposições especiais".

O Projeto



O Projeto

- A solução de um projeto não é única;
- Projeto x pseudo-projetos;
- Proposta para elaboração de projetos x proposta para elaboração de desenhos;
- Melhor preço x menor preço;
- Custo do projeto: de 3 a 5% do investimento.

O Projeto

- Um bom projeto deve prever:
 - segurança;
 - funcionalidade;
 - capacidade de reserva;
 - flexibilidade;
 - acessibilidade;
 - condições de fornecimento (continuidade) de energia elétrica.

O Projeto

■ A falta de um projeto elétrico causa:

Retrabalho na obra

Desarme de dispositivos de proteção

Aumento do consumo de energia (perdas)

Queima de componentes, lâmpadas, etc

Falta de pontos de tomadas

Falta de materiais

Iluminação inadequada

Propensão ao choque elétrico

Curto-circuitos e sobrecargas

Aumento do custo de execução

Projeto Básico

- Reune as informações iniciais relativas a um empreendimento;
- Estuda as alternativas existentes e as apresenta de forma ordenada sob o aspecto de desenhos preliminares, memoriais descritivos e critérios de projeto;
- A documentação técnica gerada permite em geral a preparação de cronogramas (definição de prazos) e estimativas de custo de referência;
- Destina a consolidar diversos aspectos de engenharia de uma planta, antes que sejam efetuados dispendios importantes com a aquisição de componentes e execução de obras.

Projeto Básico

■ Como exemplo de projetos básicos de eletricidade, podemos citar as listas de cargas, diagramas unifilares, arranjo de equipamentos internos e no campo, especificações preliminares de equipamentos e listas de materiais avançadas.

Benefícios do Projeto Básico

- Possibilita estudar, discutir e definir antes do detalhamento a melhor alternativa diante dos CRITÉRIOS DE PROJETO pré-estabelecidos com o cliente;
- Pode-se fazer cálculos alternativos, trabalhar com mais de uma opção e até mesmo, em certas situações, retroagir em alguma decisão sem maiores impactos;
- Uma vez definida a solução e aprovado o projeto básico, o detalhamento ocorrerá num tempo menor e sem retrabalho.

Projeto Detalhado

- Consiste no desenvolvimento detalhado das decisões básicas, no nível de fornecimento, fabricação, compra, construção, montagem e posta em marcha ("start up") das instalações.
- Os dois tipos de projeto (básico e detalhado), diferem substancialmente quanto ao objetivo, sendo o primeiro fonte de informações para o segundo.

Projeto Detalhado

■ Como exemplo de projetos executivos de eletricidade, podemos citar as plantas e detalhes de montagem, esquemas, memoriais de cálculo e descritivo, listas de materiais definitivas, além da adequação de alguns documentos do projeto básico, como, por exemplo, os diagramas unifilares da instalação.

Benefícios do Projeto Detalhado

- Permite fornecer, fabricar, comprar, construir, montar e por em marcha ("start up") a instalação projetada;
- Facilita muito o entendimento e a montagem do projeto, bem como a aquisição e utilização adequada dos materiais especificados.

Documento "as-built"

- O documento "as built" ("*como construído*") contempla os dados do projeto inicial (básico e executivo), acrescido ou modificado pelas informações (alterações) surgidas na fase de execução da instalação.
- A **NBR 5410, no item 6.1.8.2**, estabelece que: "após concluída a instalação, a documentação indicada em 6.1.8.1 deve ser revisada e atualizada de forma a corresponder fielmente ao que foi executado (documentação "*como construído*", ou "*as built*"). **NOTA:** Esta atualização pode ser realizada pelo projetista, pelo executor ou por outro profissional, conforme acordado previamente entre as partes "

Projeto "as-built"

Não cabe ao responsável pela elaboração de um projeto "*as built*" a análise técnica dos fatos, mas, sim, a representação deles!

A documentação técnica

■ Chamamos de "**documentação técnica do projeto**" o conjunto de conhecimentos e técnicas disponibilizadas para um determinado fim, fixada materialmente e disposta de maneira que se possa utilizar para consulta ou estudo, permitindo a posterior execução do projeto.



A documentação técnica

- Documentos exigidos conforme NBR 5410 (item 6.1.8.1):
 - ➔ Plantas;
 - ➔ Esquemas unifilares e outros, quando aplicáveis;
 - ➔ Detalhes de montagem, quando necessários;
 - ➔ Memorial descritivo da instalação;
 - ➔ Especificação dos componentes (descrição, características nominais e normas que devem atender);
 - ➔ Parâmetros de projeto (correntes de curto-circuito, queda de tensão, fatores de demanda classificação das influências externas, etc).

A documentação técnica

- Outros documentos também normalmente elaborados são:
 - ➔ Memorial de cálculo;
 - ➔ Lista de Materiais.



A documentação técnica

■ A NBR 5410, no seu item 6.1.8.3, estabelece a necessidade de elaborar um "**manual do usuário**" (principalmente para as unidades residenciais e pequenos locais comerciais, ou seja, predomínio de pessoal BA1 - leigos), que contenha, no mínimo, os seguintes elementos:

- esquema(s) do(s) quadro(s) de distribuição com indicação dos circuitos e respectivas finalidades, incluindo relação dos pontos alimentados, no caso de circuitos terminais;
- potências máximas que podem ser ligadas em cada circuito terminal efetivamente disponível;
- potências máximas previstas nos circuitos terminais deixados como reserva, quando for o caso;
- recomendação explícita para que não sejam trocados, por tipos com características diferentes, os dispositivos de proteção existentes no(s) quadro(s).

4. O PROJETO ELÉTRICO E SUAS ETAPAS

1- Introdução

Projetar uma instalação elétrica para qualquer tipo de residência, edifício ou local consiste essencialmente em **selecionar, dimensionar e localizar**, de maneira racional, os equipamentos e outros componentes necessários a fim de proporcionar, de modo seguro e efetivo, a transferência de energia elétrica desde uma fonte até os pontos de utilização.



1 - Introdução

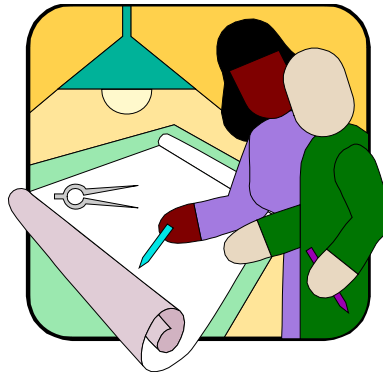


O projeto de instalação elétrica não se resume, como alguns ainda pensam (e o que é pior, praticam!), num simples trabalho mecânico de consulta a tabelas e fórmulas padronizadas.

Muito pelo contrário, o projeto é dinâmico e diretamente ligado aos avanços tecnológicos.

1 - Introdução

O projetista deve conhecer a fundo a normalização aplicável e utilizá-la devidamente, preocupando-se constantemente com a segurança das pessoas, funcionalidade da instalação e a conservação da energia elétrica.



1 - Introdução

É importante lembrar que o projeto de instalações elétricas é apenas um dos vários projetos necessários à construção de uma edificação e, assim, sua elaboração deve ser conduzida em perfeita harmonia com os demais projetos (civil, arquitetura, estrutura, tubulações, decoração, etc.).

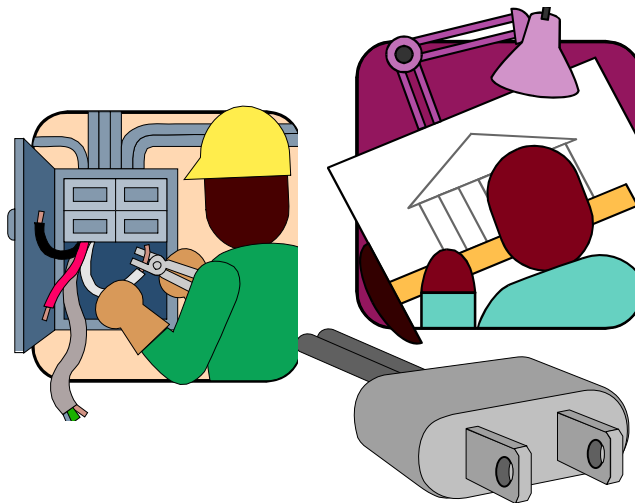


1 - Introdução

Projeto Elétrico



Segurança e
Funcionabilidade das
instalações elétricas



- Projeto civil
- Projeto arquitetônico
- Decoração



2 - O projeto e suas Etapas

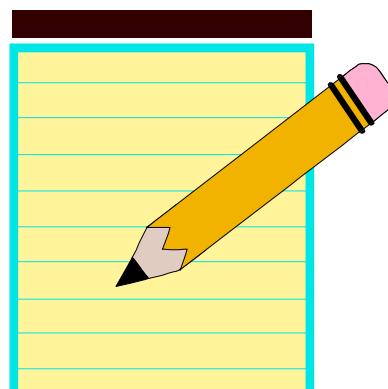
As principais etapas num projeto de instalações elétricas (residencial, comercial ou industrial) são:

- Análise inicial;
- Fornecimento de energia normal;
- Quantificação da instalação;
- Esquema básico da instalação;
- Seleção e dimensionamento dos componentes;
- Especificações e contagem dos componentes.



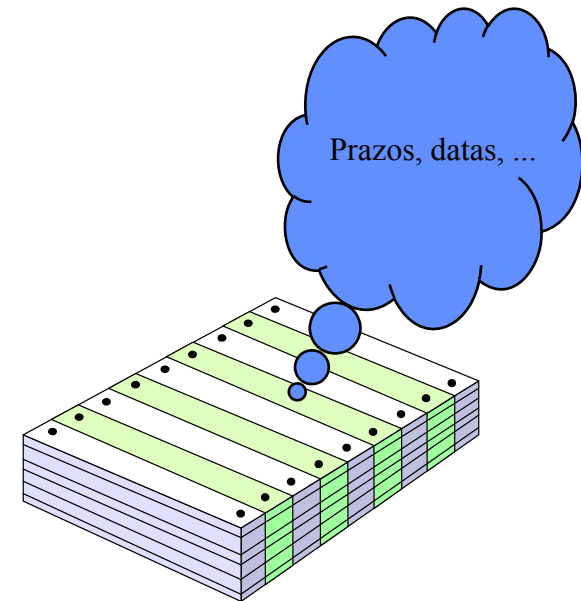
2.1 - Análise inicial

É a etapa preliminar do projeto de instalações elétricas de qualquer edificação. Nela são colhidos os dados básicos que orientarão a execução do projeto.



2.1.1 - Elementos necessários

- Desenhos de arquitetura (plantas, cortes, detalhes, etc.);
- Contato com consultores/projetistas de outros sistemas a serem implantados no local (hidráulicos, tubulações, ar condicionado, etc.);
- Cronograma da obra.



2.1.2 - Determinar

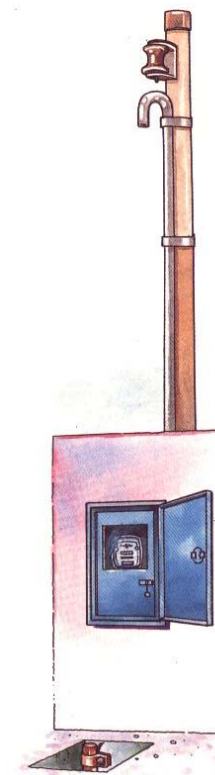
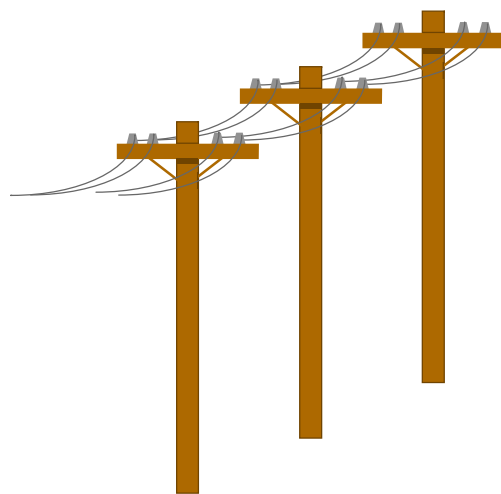
- Uso previsto para todas as áreas da edificação; limitações físicas à instalação;
- Arranjo ("lay-out") dos equipamentos de utilização previstos;
- Características elétricas dos equipamentos de utilização previstos;
- Classificação de todas as áreas da edificação quanto às influências externas;
- Tipos de linhas elétricas a utilizar;
- Setores/equipamentos que necessitam de energia de substituição ("no-breaks");
- Setores que necessitam de iluminação de segurança;
- Estimativa preliminar da potência instalada;
- Localização preferencial de entrada de energia.

2.1.3 - Documentos gerados

- Tabela(s)/planta(s) com a classificação de todas as áreas quanto as influências externas;

2.2 - Fornecimento de Energia Normal

Nesta etapa deverão ser determinadas as condições em que o prédio será alimentado com energia elétrica chamada "normal", ou seja, a energia que alimentará em condições normais. Esta, na imensa maioria dos casos, provém de rede de distribuição pública (de baixa ou média tensão), de propriedade de uma concessionária.



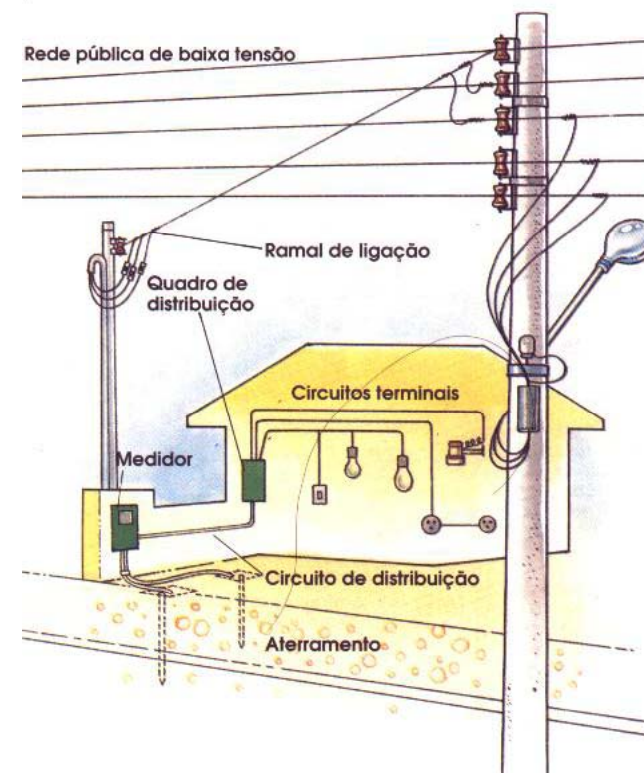
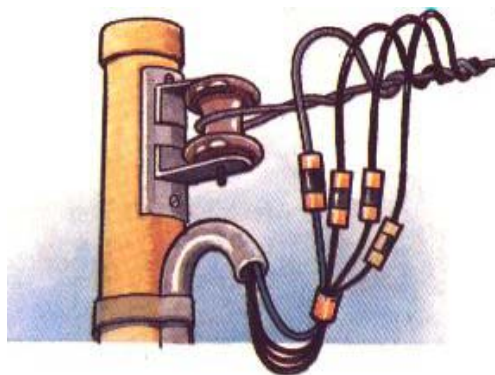
2.2.1 - Elementos Necessários

- Dados obtidos na análise inicial;
- Regulamento da concessionária;
- Contato com a concessionária.



2.2.2 - Determinar

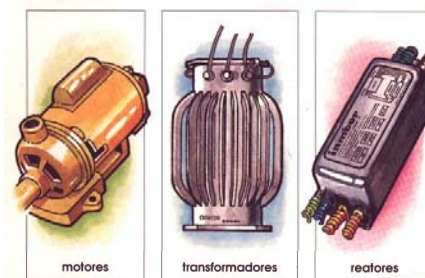
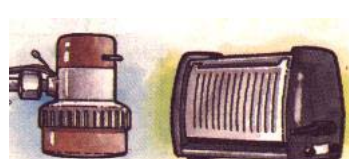
- Modalidade e tensões de fornecimento; tipo de entrada;
- Ponto de entrega e localização da entrada de energia;
- Padrão de entrada a utilizar;
- Nível de curto-circuito no ponto de entrega;
- Esquema(s) de aterramento a utilizar.



2.3 - Quantificação da Instalação

Nesta etapa devem ser determinadas as potências instaladas e as potências de alimentação como um todo e de todos os setores e subsetores a serem considerados. A rigor, isso só poderá ser feito conhecendo-se todos os pontos de utilização.

É importante observar que, em muitos casos, é comum não termos ainda informação a respeito de todos os equipamentos de utilização. É então necessário estimar, via de regra, comparando o sistema elétrico com instalações semelhantes, obviamente sujeitos a revisões posteriores.



2.3.1 - Elementos necessários

- Todos os dados obtidos nas etapas anteriores (Análise Inicial e Fornecimento de Energia Normal).

2.3.2 - Determinar

- Iluminação de todas as áreas; marcação dos pontos de luz em planta;
- Tomadas de corrente e outros pontos de utilização em todas as áreas; marcação em planta;
- Divisão da instalação em setores/subsetores;
- Localização dos centros de carga dos setores/subsetores para instalação dos quadros de distribuição;
- Potências instaladas e de alimentação dos setores/subsetores e global;
- Localização/características da(s) fonte(s) de substituição; marcação em planta;
- Tensões de distribuição e utilização.

2.4 - Esquema Básico da Instalação

Esta etapa resultará um esquema unifilar inicial, no qual estarão indicados os componentes principais da instalação e suas interligações principais.

Inicialmente, deverá ser escolhido o sistema de distribuição adequado às condições da instalação. Desse esquema não deverá constar detalhes quantitativos resultantes de dimensionamentos (que serão feitos posteriormente) e sim, apenas aspectos qualitativos.

O esquema básico pode ser concebido, inicialmente, como um diagrama de blocos, onde são indicados as subestações e os quadros de distribuição. A implementação do esquema básico, através do dimensionamento de todos os componentes, resultará no esquema unifilar final da instalação.

2.4.1 - Elementos Necessários

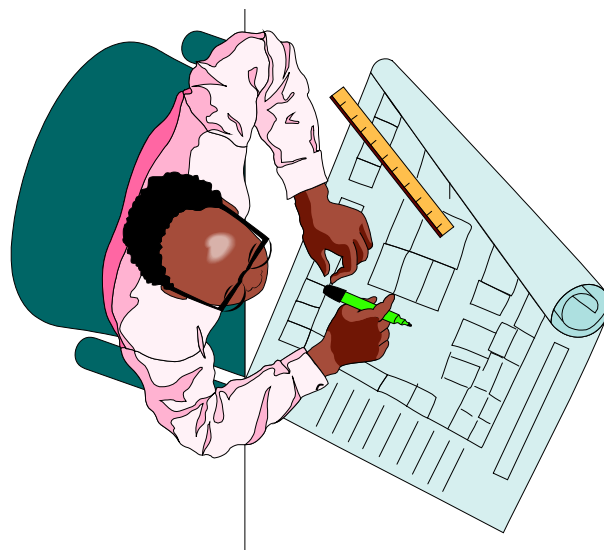
- Dados obtidos nos itens “Fornecimento de Energia Normal” e “Quantificação da Instalação”.

2.4.2 - Determinar

- Esquema unifilar básico da instalação (componentes e ligações principais).

2.5 - Seleção e Dimensionamento

Esta etapa é de fundamental importância, pois serão escolhidos e dimensionados todos os componentes da instalação do projeto elétrico.



2.5.1 - Elementos Necessários

- Dados obtidos nos itens “Fornecimento de Energia Normal” e “Quantificação da Instalação” e “Esquema Básico da Instalação”.

2.5.2 - Determinar

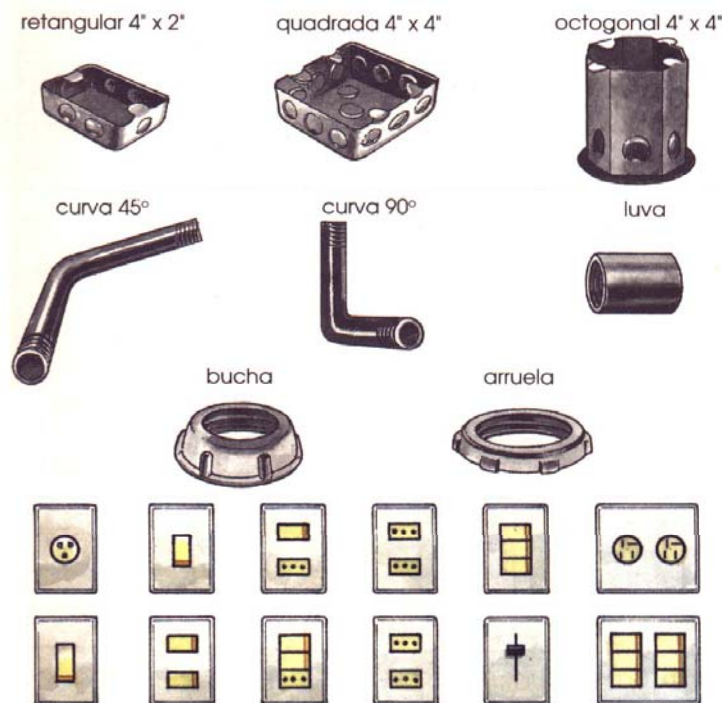
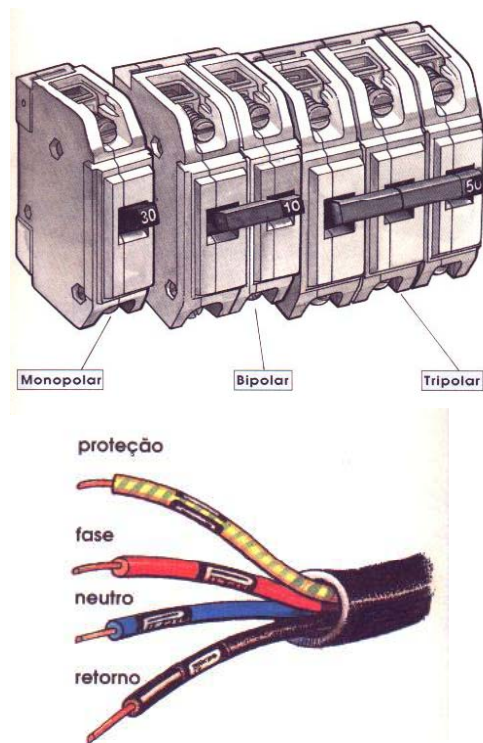
- Seleção e dimensionamento dos componentes da entrada, subestações (para plantas industriais), linhas elétricas (condutores e condutos elétricos), quadros de distribuição, componentes dos aterramentos funcionais e de proteção, componentes do(s) sistema(s) de proteção contra descargas atmosféricas;
- Cálculos de curto-circuito;
- Verificação da coordenação seletiva das proteções;
- Revisão dos desenhos/verificação de interferências.

2.5.3 - Documentos Gerados

- Esquemas Unifilares/trifilares;
- Esquemas funcionais;
- Desenhos de Iluminação;
- Desenhos de Força;
- Desenhos de aterramento;
- Desenhos de pára-raios;
- Memória de cálculo.

2.6 - Definição e Contagem dos componentes

É nesta etapa que serão especificados e contados todos os componentes necessários para a execução do projeto elétrico.

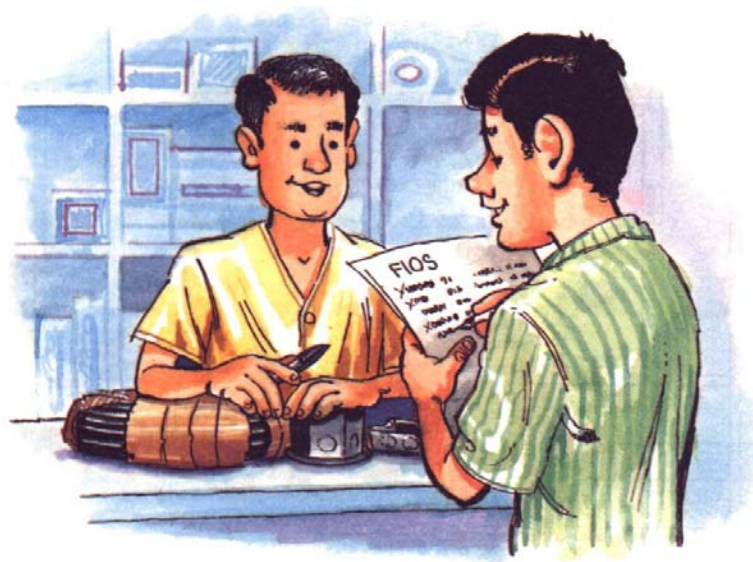


2.6.1 - Determinar

- Especificações dos componentes;
- Contagem dos componentes.

2.6.1 - Documentos Gerados

- Especificações Técnicas dos componentes;
- Lista/relação quantitativa dos componentes.



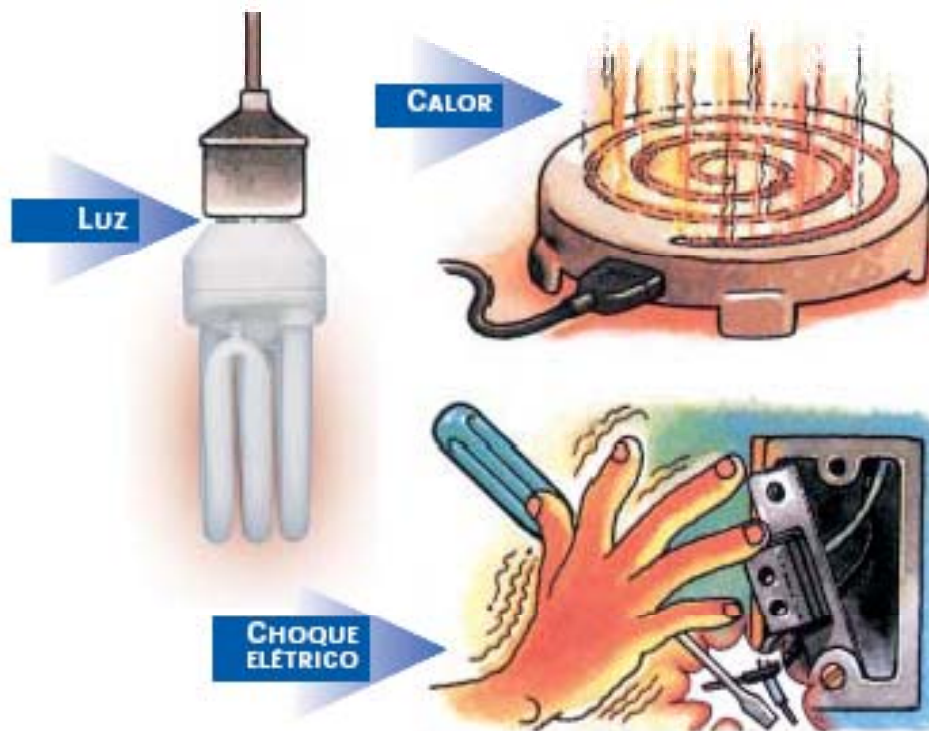
5. CONCEITOS BÁSICOS

1- Introdução

- **Energia é a capacidade de realizar trabalho;**
- **Apresentando-se sob as mais variadas formas: atômica, elétrica, mecânica, química, térmica etc;**
- **Ela não pode ser criada, mas apenas transformada de uma forma para outra (processo pelo qual paga-se um preço: rendimento).**

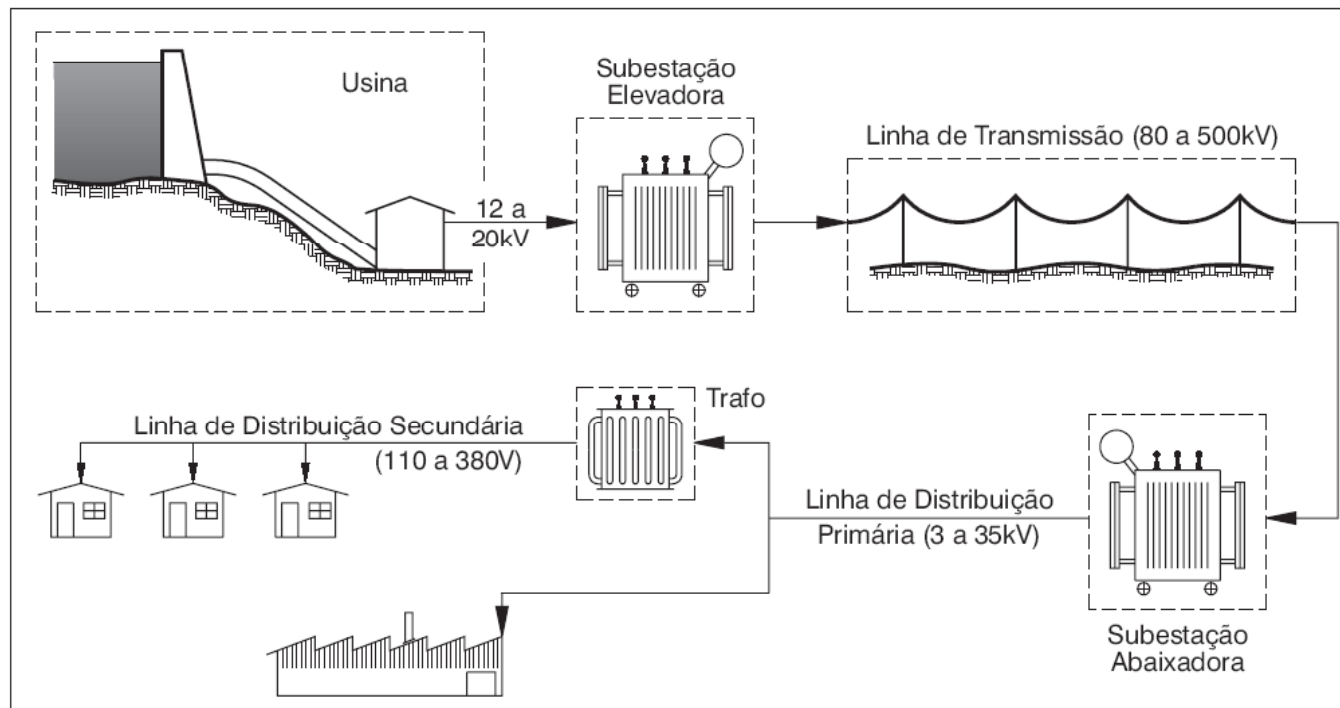
1- Introdução

■ Efeitos da energia elétrica:



1- Introdução

■ O sistema elétrico:



- **Geração**
- **Transmissão**
- **Distribuição**
- **Utilização**

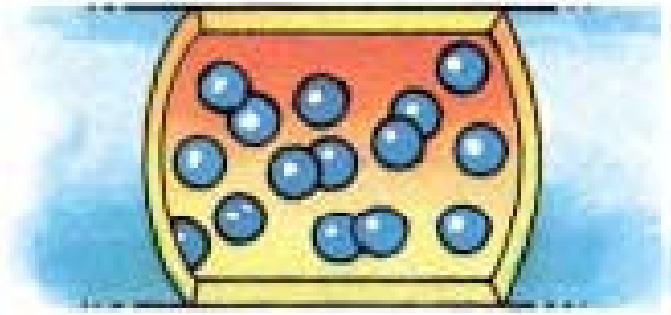
1- Introdução

■ O sistema elétrico:

ALTA TENSÃO		750 KV	
		440 KV	NÃO HÁ LEGISLAÇÃO
		345 KV	
	Tensão de transmissão	230 KV	Transmissão da energia elétrica das usinas para as cidades
		138 KV	
		69 KV	
		34,5 KV	
NBR 14039 - Instalações Elétricas de Alta (média) Tensão – de 1kV a 36,2kV			
BAIXA TENSÃO	Tensão de distribuição	15 KV	Transmissão da energia elétrica de âmbito urbano e rural
		6,6 KV	
		2,3 KV	
	NBR 5410 - Instalações Elétricas de Baixa Tensão – de 50V a 1kV		
	Tensões mais usuais	127/220 Volts	
		220/380 Volts	Residencial, iluminação, motores e tração urbana
		380/440 Volts	
		600 Volts	

1- Introdução

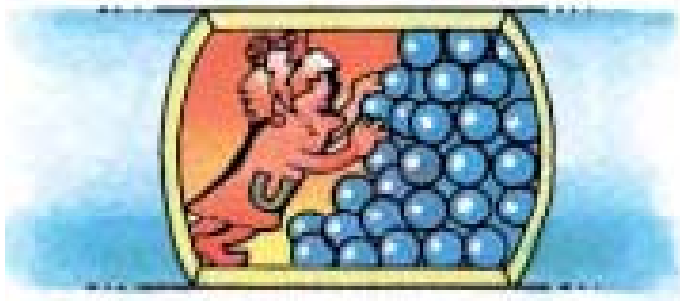
■ Tensão elétrica



Nos materiais condutores, como os fios, existem partículas invisíveis chamadas **elétrons livres**, que estão em constante movimento de forma **desordenada**.

1- Introdução

■ Tensão elétrica

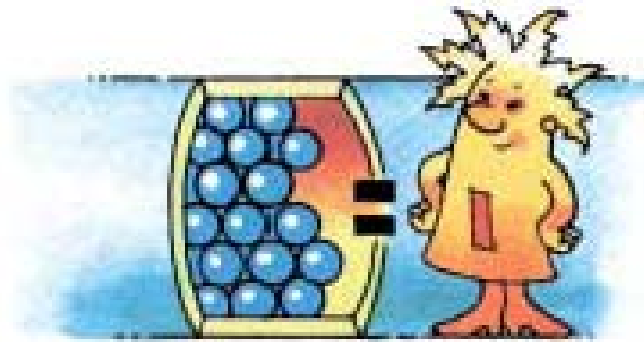


Unidade de medida:
volt (V)

Para que estes **elétrons livres** passem a se movimentar de forma ordenada nos fios, é necessário ter uma força que os empurre em uma mesma direção. A esta força é dado o nome de **tensão elétrica (U)**. Na verdade, o que faz com que os elétrons se movimentem é a **diferença de potencial (tensão)** entre dois pontos no fio, ou seja, uma diferença entre as concentrações de elétrons (carga elétrica).

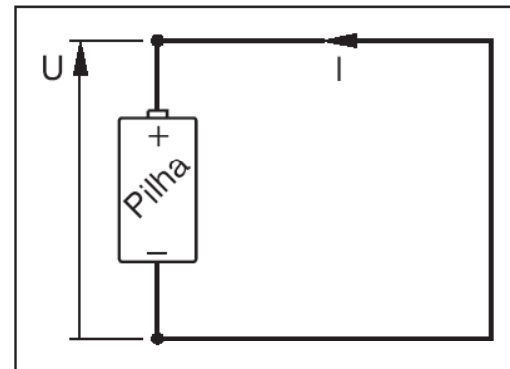
1- Introdução

■ Corrente elétrica



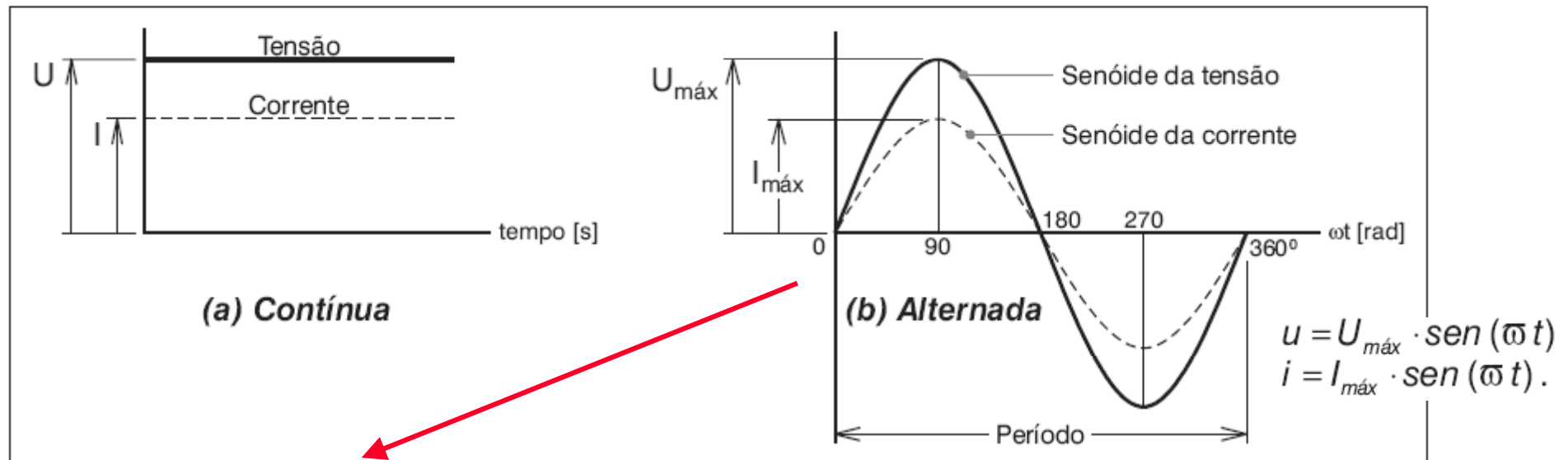
Unidade de medida:
ampère (A)

Esse movimento ordenado dos elétrons livres, provocado pela ação da diferença de potencial (tensão), forma uma corrente de elétrons. Essa corrente ordenada de elétrons livres é chamada de **corrente elétrica (I)**.



1- Introdução

■ Tensão e corrente contínua e alternada



Frequência (Hz) = 1/período (s)

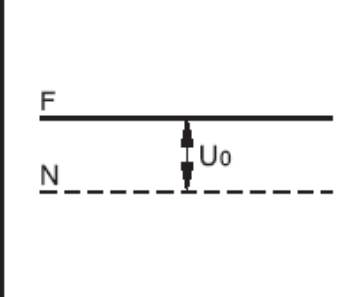
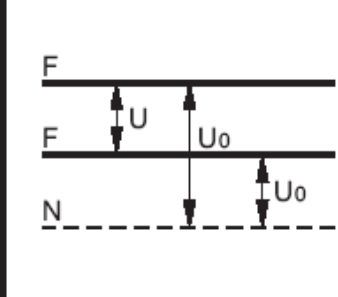
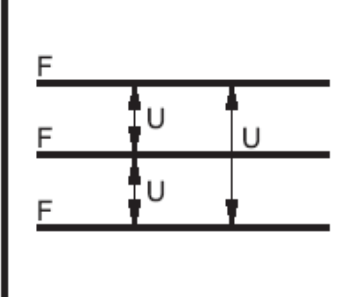
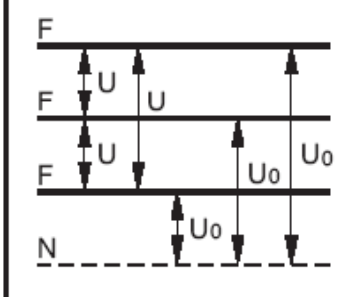
Brasil, $f = 60$ Hz

Tensão Eficaz	2.2
$U = \frac{U_{\text{máx}}}{\sqrt{2}}$	

Corrente Eficaz	2.3
$I = \frac{I_{\text{máx}}}{\sqrt{2}}$	

1- Introdução

■ Esquema de condutores vivos (fases + neutro)

Tabela 2.1 Esquemas de Condutores Vivos			
			
Monofásico a 2 Fios	Monofásico a 3 Fios	Trifásico a 3 Fios	Trifásico a 4 Fios (estrela)
—	$U_0 = \frac{U}{2}$	—	$U_0 = \frac{U}{\sqrt{3}}$

U = tensão de linha (fase-fase)

U_0 = tensão de fase (fase-neutro)

1- Introdução

■ Tensões secundárias no Brasil

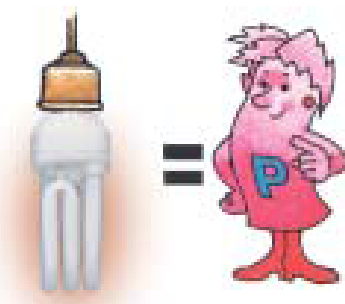
Tabela 2.2 Tensões Secundárias Disponíveis no Brasil		
Sistemas Monofásicos a 3 fios U_0 / U [V]	Sistemas Trifásicos a 3 fios U [V]	Sistemas Trifásicos a 4 fios U_0 / U [V]
110 / 220 115 / 230 127 / 254	220 440	120 / 208 127 / 220 220 / 380 254 / 440

1- Introdução

■ Potência elétrica



Tendo a corrente elétrica, a lâmpada se acende e se aquece com uma certa intensidade.



Essa intensidade de luz e calor percebida por nós (efeitos), nada mais é do que a potência elétrica que foi transformada em potência luminosa (luz) e potência térmica (calor).

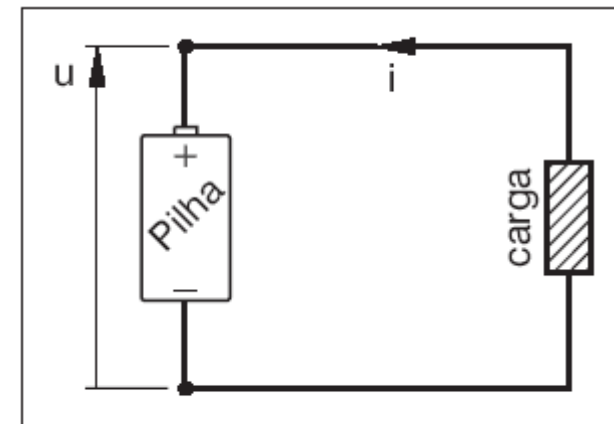
Para haver **potência elétrica**, é necessário haver **TENSÃO E CORRENTE**

1- Introdução

■ Potência elétrica

$$P \text{ (VA)} = U \text{ (V)} \cdot I \text{ (A)}$$

A unidade de medida da **potência aparente** é o volt-ampère (VA)



$$\text{Potência aparente (VA)} = \text{potência ativa (W)} + \text{potência reativa (VAr)}$$

1- Introdução

■ Potência ativa

A parcela P (potência ativa) quantifica o trabalho útil produzido pelo circuito (por exemplo: mecânico, nos liquidificadores; térmico, nos aquecedores; luminoso, nas lâmpadas etc.), sendo medida em watt [W]



1- Introdução

■ Potência ativa

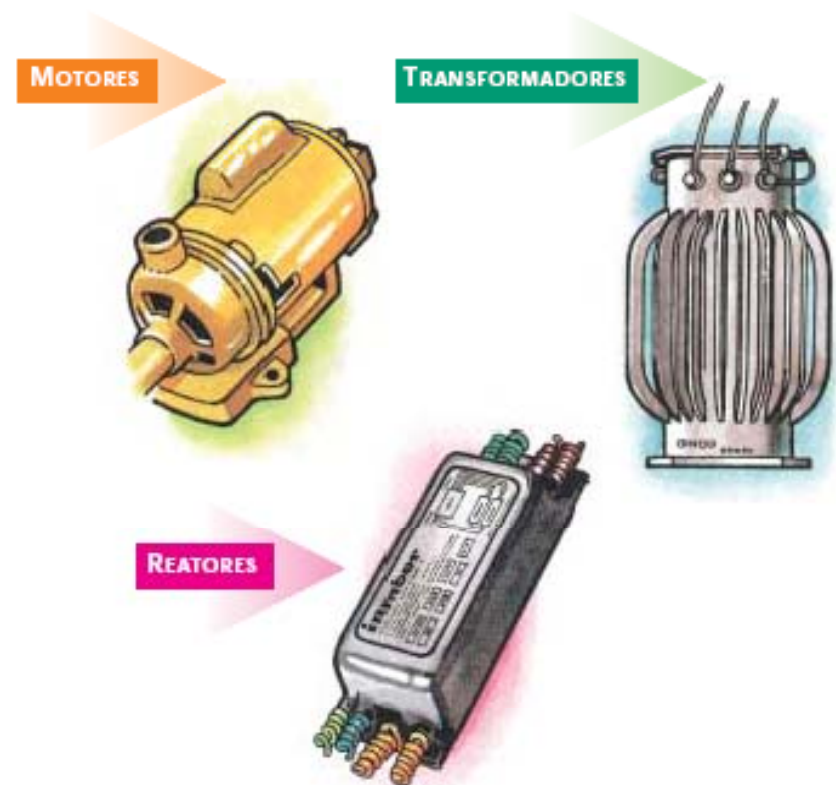
Potência Ativa Absorvida por Cargas Ligadas entre:			2.9
Fase e Neutro	2 Fases	3 Fases	
a $P = U_0 \cdot I \cdot \cos \varphi$	b $P = U \cdot I \cdot \cos \varphi$	c $P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi$	
Nota: os valores das tensões (U_0 e U) dependem do sistema de distribuição, veja a tabela 2.1.			

$\cos \varphi$ = fator de potência

1- Introdução

■ Potência reativa

A parcela Q (potência reativa) representa quanto da potência aparente foi transformada em campo magnético (ao circular, por exemplo, através de motores de indução e reatores), sendo medida em volt.ampère-reactivo [VAr]



1- Introdução

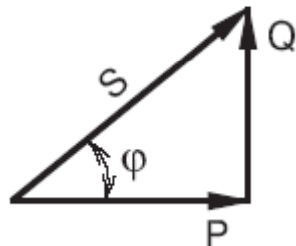
■ Potência reativa

Potência Reativa Absorvida por Cargas Ligadas entre:			2.10
Fase e Neutro	2 Fases	3 Fases	
a $Q = U_0 \cdot I \cdot \text{sen} \varphi$	b $Q = U \cdot I \cdot \text{sen} \varphi$	c $Q = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \text{sen} \varphi$	
Nota: os valores das tensões (U_0 e U) dependem do sistema de distribuição, veja a tabela 2.1.			

$\text{sen} \varphi = \text{fator reativo}$

1- Introdução

■ Triângulo de potências



Triângulo de
potências

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$
$$P = S \cdot \cos \varphi$$
$$Q = S \cdot \sin \varphi$$

Potência Aparente Absorvida por Cargas Ligadas entre:			2.11
Fase e Neutro	2 Fases	3 Fases	
a $S = U_0 \cdot I$	b $S = U \cdot I$	c $S = \sqrt{3} \cdot U \cdot I$	
Nota: os valores das tensões (U_0 e U) dependem do sistema de distribuição, veja a tabela 2.1.			

Potência nos Circuitos Contínuos	2.12
Potência Ativa = Potência Aparente = $U_{cc} \cdot I$	

onde U_{cc} é a tensão entre os terminais positivo e negativo.

1- Introdução

■ Fator de potência

Sendo a potência ativa uma parcela da potência aparente, pode-se dizer que ela representa uma **porcentagem** da potência aparente que é transformada em potência útil, como por exemplo, potência mecânica, térmica ou luminosa.

1- Introdução

■ Fator de potência

O fator de potência (grandeza adimensional que atinge no máximo a unidade) traduz quanto da potência aparente efetivamente produziu trabalho, ou seja:

Fator de Potência		2.13
$\cos \varphi = \frac{P}{S}$	sendo usualmente adotado: $\cos \varphi = 1,0$ p/ iluminação incandescente (a) $\cos \varphi = 0,8$ p/ tomadas de uso geral (b)	
<u>Notas:</u> (a): como a iluminação incandescente não consome potência reativa ($Q = 0$), pois é puramente resistiva, sua potência aparente é igual a potência ativa ($P = S$). Logo: $\cos \varphi = \frac{P}{P} = \frac{S}{S} = 1,0$ (b): valor médio, pois podem ser ligadas cargas com diferentes fatores de potência nesse tipo de tomadas. (c): nas instalações elétricas residenciais, onde as cargas são predominantemente resistivas, o valor do fator de potência global da instalação fica situado em torno de 0,95.		

1- Introdução

■ Fator de potência

Exemplos	potência de iluminação (aparente) = 660 VA	fator de potência a ser aplicado = 1	potência ativa de iluminação (W) = $1 \times 660 \text{ VA} = 660 \text{ W}$
	potência de tomada de uso geral = 7300 VA	fator de potência a ser aplicado = 0,8	potência ativa de tomada de uso geral = $0,8 \times 7300 \text{ VA} = 5840 \text{ W}$

Quando o fator de potência é igual a 1, significa que toda potência aparente é transformada em potência ativa. Isto acontece nos equipamentos que só possuem resistência, tais como: chuveiro elétrico, torneira elétrica, lâmpadas incandescentes, fogão elétrico, etc.

1- Introdução

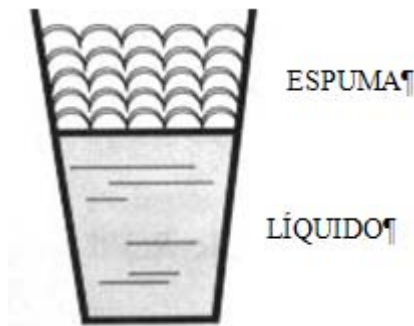
■ Fator de potência

Fatores de potência abaixo de 1 significam que apenas parte da potência aparente foi transformada em ativa ou, melhor, em trabalho em virtude de haver no circuito equipamentos com resistência e reatância, como motores de indução e reatores de lâmpadas fluorescentes, por exemplo.

Em qualquer instalação elétrica, fatores de potência os mais próximos possíveis da unidade são desejáveis por diversas razões.

1- Introdução

■ Fator de potência



Se, em um copo cheio de cerveja, a espuma corresponder à potência reativa e o líquido à ativa, o total da espuma mais líquido seria a potência aparente. Como a capacidade do copo é limitada, caso se queira mais líquido (potência ativa), a espuma (potência reativa) teria que ser diminuída.

Da mesma forma que o copo, os transformadores têm uma capacidade limitada de fornecer potência aparente. Assim, se, para determinado circuito, for preciso aumentar a potência ativa (líquido) será preciso diminuir sua parcela reativa (espuma), o que só poderá ser conseguido aumentando seu fator de potência (diz-se corrigí-lo).

1- Introdução

■ Fator de potência

Quanto maior o fator de potência menor a corrente e, conseqüentemente, menores os custos dos condutores e dos dispositivos de proteção.

Para demonstrar, seja uma carga entre duas fases, sob tensão de 220V e com potência ativa de 10kW:

- se seu fator de potência for 0,5, pela expressão 2.13, sua potência aparente será:

$$\cos \varphi = \frac{P}{S} \rightarrow S = \frac{P}{\cos \varphi} = \frac{10}{0,5} = 20 \text{ kVA} = 20.000 \text{ VA}$$

resultando, pela expressão 2.11.(b), uma corrente de:

$$S = U \cdot I \rightarrow I = \frac{S}{U} = \frac{20.000}{220} = 90 \text{ A}$$

- porém, se seu fator de potência for 1, então:

$$\cos \varphi = \frac{P}{S} \rightarrow S = \frac{P}{\cos \varphi} = \frac{10}{1} = 10 \text{ kVA} = 10.000 \text{ VA}$$

$$S = U \cdot I \rightarrow I = \frac{S}{U} = \frac{10.000}{220} = 45 \text{ A}$$

Ou seja, duplicando o fator de potência, a corrente foi reduzida pela metade e, certamente, o custo de implantação do circuito será menor.

1- Introdução

■ Fator de potência

As principais causas de baixo fator de potência nas instalações elétricas residenciais são: lâmpadas fluorescentes com reatores de baixo fator de potência; grande quantidade de aparelhos de ar condicionado e/ou de motores de indução de pequena potência; motores de indução superdimensionados.

1- Introdução

■ Fator de potência

As concessionárias multam os consumidores cujas instalações apresentem fator de potência inferior a 0,92.

O motivo é os medidores de energia só registrarem potência ativa, enquanto, na verdade, o consumidor recebe potência aparente, composta, como já sabemos, de uma parcela ativa e outra reativa.

1- Introdução

■ Fator de potência

Como fatores de potência inferiores a 1 significam haver potência reativa na instalação, a concessionária não é ressarcida por esta parte do fornecimento, compensando-se, portanto, através da multa, que pode ser calculada da seguinte maneira:

$$Multa = (\text{valor da conta de energia}) \times \left(\frac{0,92}{\cos \varphi} - 1 \right)$$

Por exemplo, se a conta de energia de um consumidor exibir um valor de R\$ 357,34 e o seu fator de potência for 0,85, então, ele terá sido multado em:

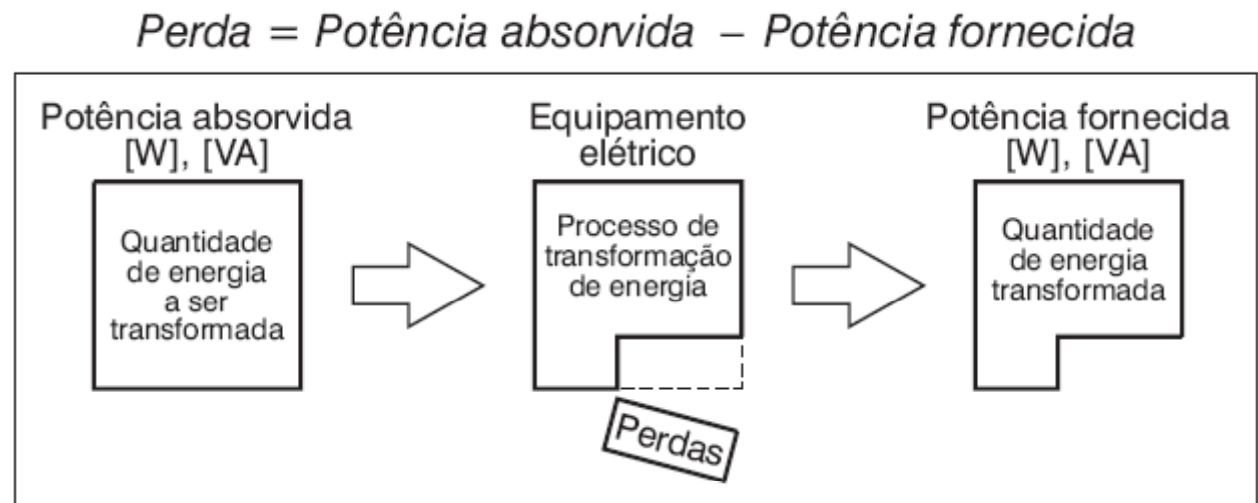
$$Multa = R\$357,34 \times \left(\frac{0,92}{0,85} - 1 \right) = R\$29,42$$

1- Introdução

■ Rendimento

Vimos que paga-se um preço, denominado rendimento, para transformar energia de uma forma para outra, ou seja, a quantidade de energia obtida na transformação é sempre menor que a quantidade original.

Rendimento	2.14
$\eta = \frac{\text{Potência fornecida}}{\text{Potência absorvida}} = \frac{P'}{P}$	



1- Introdução

■ Rendimento

*Ao longo deste curso,
sempre que nos
referirmos à potência de
um equipamento,
estaremos pressupondo
tratar-se da **absorvida**.*



Entretanto, para determinados Equipamentos, como motores de indução e reatores de lâmpadas fluorescentes, a potência indicada é a fornecida. Evidentemente, nestes casos, para se conhecer a potência absorvida, é preciso dividi-la pelo rendimento, como se deduz da expressão 2.14.

1- Introdução

■ Rendimento

Para exemplificar, seja uma luminária, com duas lâmpadas fluorescentes de 65W e um reator duplo, cujo fator de potência é 0,92, inserida em um circuito sob tensão de 220V, pela qual circula uma corrente de 0,72A.

Pela expressão 2.9.(b), a potência absorvida pelo conjunto é igual a: $P = 220 \times 0,72 \times 0,92 = 145,7 \text{ W}$.

Pelo enunciado, a potência fornecida (um dado de placa do equipamento) é: $2 \times 65 = 130 \text{ W}$.

Em vista disso, pela expressão 2.14, o rendimento obtido é:

$$\eta = \frac{130}{145,7} = 0,89 \text{ (em números exatos: 0,8922)}$$

significando que 11% da energia absorvida é perdida, ou seja: $\text{Perda} = 145,7 - 130 = 15,7 \text{ W}$

Alternativamente, como comentamos acima, sendo conhecido o rendimento, a potência absorvida é dada por:

$$P = \frac{130}{0,8922} = 145,7 \text{ W}$$

6. LEVANTAMENTO DA CARGA ELÉTRICA

Introdução

- O levantamento das potências é feito mediante uma previsão das potências (cargas) mínimas de **iluminação** e **tomadas** a serem instaladas, possibilitando, assim, determinar a potência total prevista para a instalação elétrica residencial.

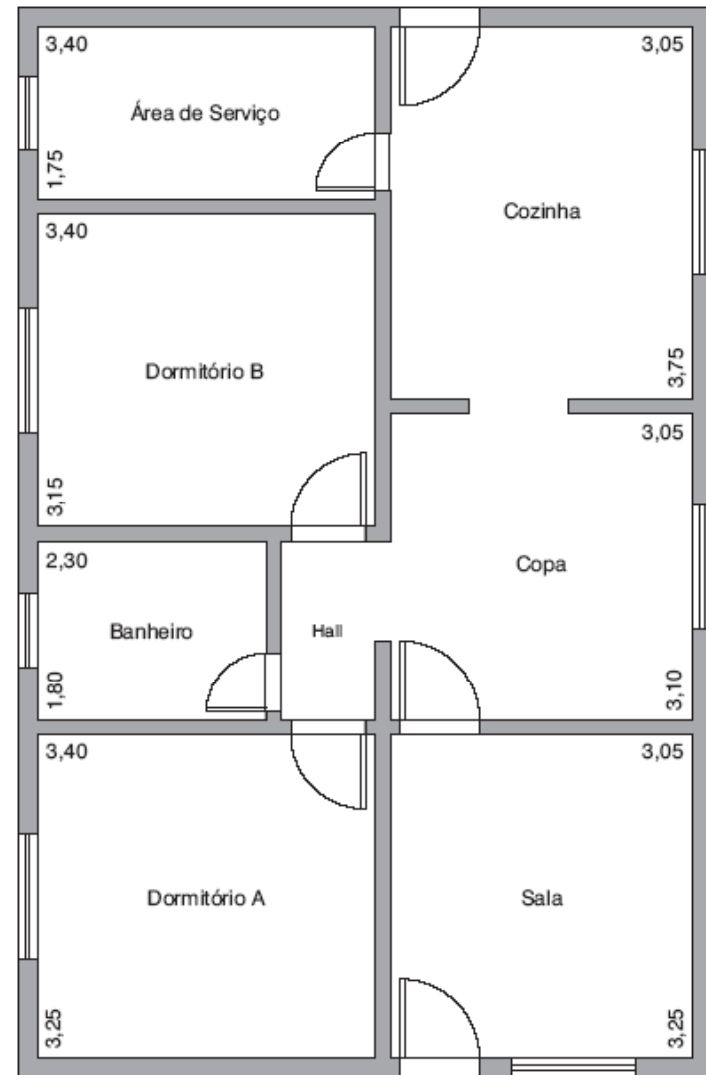
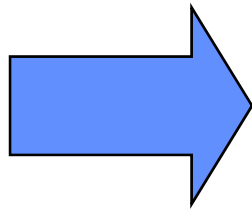
$$\text{POTÊNCIA INSTALADA} = \text{ILUMINAÇÃO} + \text{TOMADAS}$$

Introdução

- **O levantamento de cargas é o primeiro passo a ser dado num projeto de instalação elétrica, servindo de subsídio para consultas prévias às concessionárias, para elaboração de anteprojetos, orçamentos preliminares e definição da viabilidade econômica da obra.**

Planta-exemplo

A planta a seguir servirá de exemplo para a execução de um projeto de instalações elétricas. Iniciaremos com o levantamento das potências.



Iluminação

- Preferencialmente, a carga de iluminação de um determinado local de uma edificação deve ser determinada a partir de um projeto específico, tomando como base as iluminâncias prescritas na NBR 5413.
- A NBR 5410 estabelece um critério **alternativo**, em função da geometria do ambiente. Não há critérios normativos para iluminação de áreas externas em residências, ficando a decisão por conta do projetista e do cliente.

Iluminação

Tabela 4.1

Critérios e Parâmetros da NBR 5410 para Levantamento da Carga de Iluminação

Quantidade mínima:

Prever pelo menos 1 ponto de iluminação no teto, comandado por interruptor de parede.

Potência aparente mínima para cada cômodo:

- área até 6m²: 100VA;
- área acima de 6m²: 100VA para os primeiros 6m², acrescidos de 60VA para cada parcela adicional de 4m² inteiros.

Notas:

- os valores apurados se referem à potência destinada ao dimensionamento dos circuitos, não correspondendo necessariamente à potência das lâmpadas;
- a NBR 5410 não estabelece critérios para iluminação externa;
- nos banheiros, as arandelas devem estar situadas, no mínimo, a 60 centímetros do limite do box.
- em cômodos com área a partir de 15m² ou com ambientes distintos, desde que respeitado o mínimo aqui previsto, a potência de iluminação pode ser dividida entre dois ou mais pontos, visando uma melhor distribuição do fluxo luminoso.

Iluminação

■ IMPORTANTE:

Os valores apurados correspondem à potência destinada a iluminação para efeito de dimensionamento dos circuitos, e não necessariamente à potência nominal das lâmpadas. Por exemplo, se tivermos um cômodo com potência de iluminação igual a 220VA, não significa que tenhamos necessariamente de instalar uma lâmpada com tal potência, que é a potência de iluminação atribuída à dependência, para efeito de cálculo da potência de alimentação.

Iluminação

- Admite-se que este ponto seja substituído por ponto na parede em espaços sob escada, depósitos, despensas, lavabos e varandas, desde que de **pequenas dimensões (!)** e onde a colocação do ponto no teto seja de **difícil execução (!)** ou **não conveniente (!)**.
- Nas acomodações de hotéis, motéis e similares, pode-se substituir o ponto de luz fixo no teto por tomada de corrente, com potência mínima de 100 VA, comanda por interruptor de parede.

Iluminação

- A exigência de, pelo menos, um ponto de luz no teto não implica na necessidade da existência de aparelho ou aparelhos de iluminação efetivamente instalados no teto.
- O objetivo é que exista pelo menos uma caixa no teto que permita, a qualquer momento, a instalação do aparelho.

Iluminação

■ Aplicando ao projeto-exemplo (quantidade de pontos):

Cômodo	Área		
	do Cômodo [m ²]	Parcela de 6m ²	Parcelas de 4m ²
Sala	3,25 × 3,05 9,91	1	9,91 – 6 = 3,91 < 4 0
Copa	3,10 × 3,05 9,45	1	9,45 – 6 = 3,45 < 4 0
Cozinha	3,75 × 3,05 11,43	1	11,43 – 6 = 5,43 = 4 + 1,43 . . . 1
Dormitório A	3,25 × 3,40 11,05	1	11,05 – 6 = 5,05 = 4 + 1,05 . . . 1
Banheiro	1,80 × 2,30 4,14	1	0
Hall	1,80 × 1,00 1,80	1	0
Dormitório B	3,15 × 3,40 10,71	1	10,71 – 6 = 4,71 = 4 + 0,71 . . . 1
Área de serviço	1,75 × 3,40 5,95	1	0

Iluminação

■ Aplicando ao projeto-exemplo (potência de iluminação):

Tabela 4.2 Potência de Iluminação [VA]			
Cômodo	Potência Relativa às Parcelas		Potência Total
	6m ²	4m ²	
Sala	$1 \times 100 = 100$	$0 \times 60 = 0$	100
Copa	$1 \times 100 = 100$	$0 \times 60 = 0$	100
Cozinha	$1 \times 100 = 100$	$1 \times 60 = 60$	160
Dormitório A	$1 \times 100 = 100$	$1 \times 60 = 60$	160
Banheiro	$1 \times 100 = 100$	$0 \times 60 = 0$	100
Hall	$1 \times 100 = 100$	$0 \times 60 = 0$	100
Dormitório B	$1 \times 100 = 100$	$1 \times 60 = 60$	160
Área de serviço	$1 \times 100 = 100$	$0 \times 60 = 0$	100
Área externa (a)	—	—	100
Nota (a): como a norma não estabelece critérios par a área externa, optamos por iluminá-la com uma potência de 100VA.			

Pontos de tomada

■ Ponto de tomada:

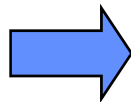
Ponto de utilização em que a conexão do equipamento ou equipamentos a serem alimentados é feita através de tomada de corrente.



Pontos de tomada

NOTAS

1 Um ponto de tomada pode conter uma ou mais tomadas de corrente. A idéia neste caso é estimular a presença de um número adequado de tomadas de corrente nos diversos cômodos de forma a reduzir ao máximo a utilização de benjamins ou tês.



Ponto de tomada com 4 tomadas de corrente 2P+T (modelo conforme NBR 14136)



2 Um ponto de tomada pode ser classificado, entre outros critérios, de acordo com a tensão do circuito que o alimenta, o número de tomadas de corrente nele previsto, o tipo de equipamento a ser alimentado (quando houver algum que tenha sido especialmente previsto para utilização do ponto) e a corrente nominal da ou das tomadas de corrente nele utilizadas.

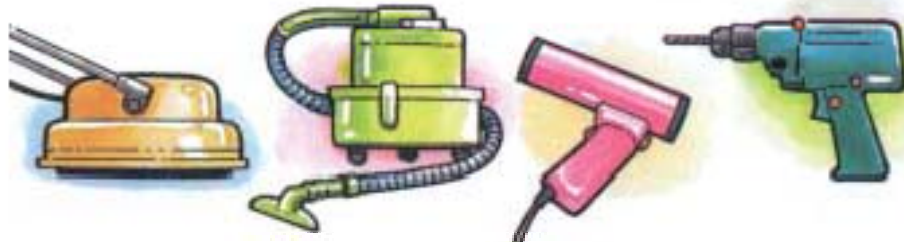
Pontos de tomada

- Quanto à disposição das tomadas em um cômodo ou dependência de unidade residencial ou acomodação de hotel, motel ou similar, cabe observar que, no caso de *lay-out* prefixado para móveis e / ou equipamentos de utilização estacionários, as distâncias mínimas entre tomadas podem não ser atendidas, devendo-se, no entanto, observar a quantidade mínima prescrita.

Pontos de tomada

TOMADAS DE Uso GERAL (TUG's)

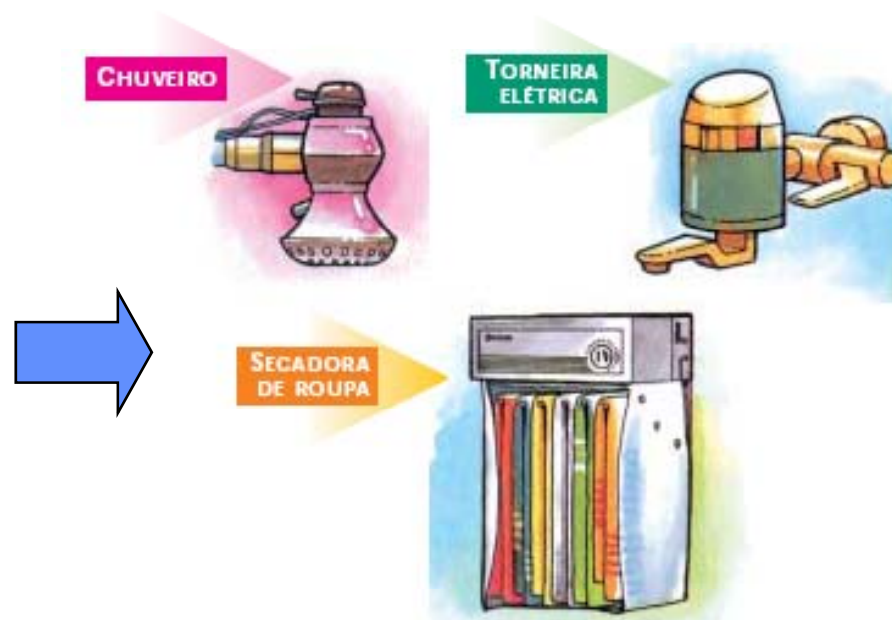
Não se destinam à ligação de equipamentos específicos e nelas são sempre ligados: aparelhos móveis ou aparelhos portáteis.



Nota: quando usamos 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 ligação direta (emenda) de fios ou por uso de conectores (para chuveiro é obrigatório, não podendo utilizar tomada). Limite de distância à carga: 1,5 m.

TOMADAS DE Uso ESPECÍFICO (TUE's)

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



Pontos de tomada

■ Número de pontos de tomada:

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

Pontos de tomada

■ Número de pontos de tomada:

c) Em varandas, deve ser previsto pelo menos um ponto de tomada;

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

Pontos de tomada

■ Número de pontos de tomada:

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

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

Pontos de tomada

■ Número de pontos de tomada:

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

- um ponto de tomada, se a área do cômodo ou dependência for igual ou inferior a 2,25 m². Admite-se que esse ponto seja posicionado externamente ao cômodo ou dependência, a até 0,80 m no máximo de sua porta de acesso;
- um ponto de tomada, se a área do cômodo ou dependência for superior a 2,25 m² e igual ou inferior a 6 m²;
- um ponto de tomada para cada 5 m, ou fração, de perímetro, se a área do cômodo ou dependência for superior a 6 m², devendo esses pontos ser espaçados tão uniformemente quanto possível.

Pontos de tomada

■ Potências atribuíveis aos pontos de tomada:

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

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

Pontos de tomada

■ Dois exemplos:

- Seja uma cozinha onde há a previsão de 5 pontos de tomadas. Pela regra indicada, a NBR 5410 de 2004 consideraria para esta cozinha uma potência mínima de $600 + 600 + 600 + 100 + 100 = 2000$ VA;
- Seja outra cozinha onde há a previsão de 7 pontos de tomadas. Pela regra indicada, a NBR 5410 de 2004 consideraria para esta cozinha uma potência mínima de $600 + 600 + 100 + 100 + 100 + 100 + 100 = 1700$ VA.

No primeiro caso, temos uma potência média por ponto de tomada de $2000/5 = 400$ VA, enquanto que, no segundo caso, a potência média é de $1700/7 = 243$ VA. O raciocínio aqui é que, utilizando-se um número maior de pontos de tomadas, haveria naturalmente uma menor simultaneidade de uso dos equipamentos, diminuindo assim a demanda necessária para aquele cômodo da casa.

Pontos de tomada

■ Importante:

→ Vamos lembrar que aqueles valores de 600 VA e 100 VA determinados pela norma nada mais são do que demandas previstas para pontos de tomadas e não potências instaladas naqueles pontos, até porque quase nunca se conhece exata e previamente a potência dos aparelhos a serem ligados nas tomadas.

Pontos de tomada

■ Aplicando ao projeto-exemplo (quantidade de pontos de tomada):

- Banheiro: 1 TUG + 1 TUE (chuveiro)
- Copa: $2 \times (3,10 + 3,05) = 12,3 \text{ m} \rightarrow 12,3/3,5 = 3,5$ (4 TUG)
- Cozinha: $2 \times (3,75 + 3,05) = 13,6 \text{ m} \rightarrow 13,6/3,5 = 3,9$ (4 TUG) + 1 TUE: torneira elétrica
- Área de serviço: $2 \times (1,75 + 3,40) = 10,3 \text{ m} \rightarrow 10,3/3,5 = 2,9$ (3 TUG)
- Hall: 1 TUG ($< 2,25 \text{ m}^2$)
- Sala: $2 \times (3,25 + 3,05) = 12,6 \text{ m} \rightarrow 12,6/5 = 2,5$ (3 TUG)
- Dormitório A: $2 \times (3,25 + 3,40) = 13,3 \text{ m} \rightarrow 13,3/5 = 2,7$ (3 TUG)
- Dormitório B: $2 \times (3,15 + 3,40) = 13,1 \text{ m} \rightarrow 13,1/5 = 2,6$ (3 TUG)

Pontos de tomada

■ Aplicando ao projeto-exemplo (potência dos pontos de tomada):

Tabela 4.6 Potência das Tomadas				
Cômodo	TUG's [VA]		TUE's [W]	
	Quant.	Potência	Quant.	Potência
Sala	3	3 × 100	—	—
Copa (a)	4	3 × 600 1 × 100	—	—
Cozinha (a)	4	3 × 600 1 × 100	1	1 × 3500 (b)
Dormitório A	3	3 × 100	—	—
Banheiro (a)	1	1 × 600	1	1 × 4400 (c)
Hall	1	1 × 100	—	—
Dormitório B	3	3 × 100	—	—
Área de serviço (a)	3	3 × 600	—	—
Notas: (a): conforme a tabela 4.3, para estes cômodos, “para as 3 primeiras TUG's, atribuir 600VA por TUG. Para cada uma das excedentes, atribuir 100VA”; (b): torneira elétrica (veja a tabela 4.5); (c): chuveiro elétrico (veja a tabela 4.5).				

Previsão de carga

■ Previsão de carga (projeto-exemplo):

Tabela 4.7 Quantidade de Pontos e Previsão de Carga por Cômodo						
Cômodos	Potência Aparente				Pot. Ativa	
	Iluminação		TUG's		TUE's	
	Quant.	[VA]	Quant.	[VA]	Quant.	[W]
Sala	1	100	3	300	—	—
Copa	1	100	4	1900	—	—
Cozinha	1	160	4	1900	1	3500
Dormitório A	1	160	3	300	—	—
Banheiro	1	100	1	600	1	4400
Hall	1	100	1	100	—	—
Dormitório B	1	160	3	300	—	—
Área de serviço	1	100	3	1800	—	—
Área externa	1	100	—	—	—	—
Totais:		1080		7200		7900

Cuidado: a soma algébrica da potência em VA só pode ser feita se o fator de potência for o mesmo para todas as cargas.

iluminação incandescente $\cos \varphi = 1,0$
tomadas de uso geral (TUG's) $\cos \varphi = 0,8$

SOFTWARE



*Que tal utilizar o
software QDC
Pro ® ?*



Previsão de carga

■ **Após concluída a previsão de carga, seguem-se as seguintes etapas:**

- **Definição da potência instalada;**
- **Definição da potência de alimentação (demanda);**
- **Definição do tipo de fornecimento;**

Potência instalada

- A potência instalada de uma instalação, de um setor de uma instalação ou de um conjunto de equipamentos de utilização é a **soma das potências** nominais (de entrada) dos equipamentos de utilização da instalação, do setor da instalação ou do conjunto de equipamentos. A potência instalada, via de regra, é dada em termos de potência ativa (W).

Potência instalada

$$P_{inst.}(W) = \sum_{i=1}^m P_i(W) + \sum_{j=1}^n P_j(W)$$

P_i = potência instalada de um conjunto genérico de cargas (soma das potências nominais dos equipamentos do conjunto);
 P_j = potência nominal de uma carga isolada genérica;
 m = *quantidade de* conjuntos de cargas;
 n = *quantidade de* cargas isoladas.

Potência instalada

No caso do projeto do nosso exemplo, temos como “potências nominais dos equipamentos de conjunto” as potências de iluminação e das tomadas de uso geral. Por outro lado, como “cargas isoladas”, temos as potências das tomadas de uso específico (chuveiro e torneira elétrica), resultando na expressão:

$$P_{inst.}(W) = P_{ilum.}(W) + P_{TUG}(W) + P_{TUE}(W)$$

É importante observar que as tomadas de uso específico não são necessariamente classificadas como cargas isoladas. Se uma instalação possuir, por exemplo, três chuveiros e uma torneira elétrica, a soma das potências dos chuveiros serão consideradas como “potências nominais dos equipamentos de conjunto”, e a torneira elétrica (como continua apenas uma), será considerada como “carga isolada”.

Potência instalada

A potência instalada é calculada a partir dos dados da tabela 4.7, com o cuidado de usar a mesma unidade de medida, no caso, o watt. Isto pode ser facilmente conseguido com o auxílio da expressão: $P = S \times \cos \varphi$:

Tabela 4.9 Potência Instalada			
Carga	Potência Prevista	Fator de Potência $\cos \varphi$ (a)	Potência Ativa [W]
Iluminação	1080 VA	1,0	$1080 \times 1,0 = 1080$
TUG's	7200 VA	0,8	$7200 \times 0,8 = 5760$
TUE's	7900 W	—	7900
$P_I =$ Potência Instalada =			14740
Nota (a): para valores, veja a expressão 2.13.			

Potência de alimentação (demanda)

- **Nas instalações elétricas nem todas as cargas são energizadas simultaneamente. Então, para que os elementos dos circuitos não sejam superdimensionados, é preciso aplicar à potência instalada um fator de correção que traduza o maior consumo de potência provável de ocorrer.**

Potência de alimentação (demanda)

- Essa potência é dita **potência de demanda** (ou de **alimentação**) e, o fator que a determina, **fator de demanda**, valendo a seguinte expressão:

Potência de Demanda	4.1
$P_D = g \cdot P_I$	

onde:

P_D = potência de demanda, em [W] ou [VA];

g = fator de demanda, grandeza adimensional no máximo igual à unidade;

P_I = potência instalada, em [W] ou [VA].

Potência de alimentação (demanda)

No caso de unidades consumidoras urbanas e/ou rurais com **PI** > 15kW situadas na área de concessão da CEMIG, além de evitar que os circuitos sejam superdimensionados, a potência de demanda é utilizada para dimensionar a entrada de serviço.

Tabela 4.10
Fatores de Demanda (a)

Iluminação e TUG's (b)		TUE's (c)			
Potência [W]	g	Nº de circuitos	g	Nº de circuitos	g
0 a 1000	0,86	1	1,00	14	0,45
1001 a 2000	0,81	2	0,92	15	0,44
2001 a 3000	0,76	3	0,84	16	0,43
3001 a 4000	0,72	4	0,76	17	0,42
4001 a 5000	0,68	5	0,70	18	0,41
5001 a 6000	0,64	6	0,65	19	0,40
6001 a 7000	0,60	7	0,60	20	
7001 a 8000	0,57	8	0,57	21	
8001 a 9000	0,54	9	0,54	22	0,39
9001 a 10000	0,52	10	0,52	23	
acima de 10000	0,45	11	0,49	24	0,38
		12	0,48	25	
		13	0,46	26 a 30	0,37

Notas:

- (a): o fator de demanda tem que ser aplicado, separadamente, a cada grupo de aparelhos;
- (b): para residências, hotéis e similares;
- (c): para aparelhos eletrodomésticos, refrigeradores, aquecedores e condicionadores de ar.

Potência de alimentação (demanda)

■ Calculando a demanda do projeto-exemplo:

Iluminação e TUG's:

da tabela 4.9 $P_i = 1080 + 5760 = 6840 W$

da tabela 4.10 $g = 0,60$

da expressão 4.1 $0,60 \times 6840 = 4104 W$

TUE do chuveiro elétrico do banheiro:

do item 4.3 (quantidade de TUE's) 1 circuito

da tabela 4.10 $g = 1,00$

da tabela 4.7 $P_i = 4400 W$

da expressão 4.1 $1 \times 1,00 \times 4400 = 4400 W$

TUE da torneira elétrica da cozinha:

do item 4.3 (quantidade de TUE's) 1 circuito

da tabela 4.10 $g = 1,00$

da tabela 4.7 $P_i = 3500 W$

da expressão 4.1 $1 \times 1,00 \times 3500 = 3500 W$

Resultando, finalmente:

$$P_d = 4104 + 4400 + 3500 = 12004 W$$

Nota: observe a significativa diferença entre a potência instalada (14740W) e a demandada (12004W).

Potência de alimentação (demanda)

■ Exemplo de cálculo de demanda:

Então, ilustrando melhor este aspecto, seja que, além da torneira elétrica, houvessem 3 chuveiros elétricos, de 4400W cada, 2 aparelhos de ar condicionado, de 2000W cada, e 1 lavadora de pratos de 1200W. Nesse caso, a potência demandada pelas TUE's seria calculada assim:

- torneira elétrica (já determinado) 3500 W
- chuveiros elétricos:
número de circuitos 3
da tabela 4.10 $g = 0,84$
potência instalada $P_i = 4400 W$
da expressão 4.1 $3 \times 0,84 \times 4400 = 11088 W$
- aparelhos de ar condicionado:
número de circuitos 2
da tabela 4.10 $g = 0,92$
potência instalada $P_i = 2000 W$
da expressão 4.1 $2 \times 0,92 \times 2000 = 3680 W$

- lavadora de pratos:
número de circuitos 1
da tabela 4.10 $g = 1,00$
potência instalada $P_i = 1200 W$
da expressão 4.1 $1 \times 1,00 \times 1200 = 1200 W$
- resultando, finalmente:
 $P_D = 3500 + 11088 + 3680 + 1200 = 19468 W$

SOFTWARE



*Que tal utilizar o
software QDC
Pro ® ?*



Condições gerais de fornecimento

Sistemas trifásicos a três ou quatro fios (V) U_0/U	Sistemas monofásicos a 3 fios (V) U_0/U
120/208 127/220 220/380 220 254/440 440	110/220 115/230 127/254

O fornecimento de energia deve ser sempre efetuado em tensão secundária de distribuição, às unidades consumidoras que apresentarem carga instalada igual ou inferior a 75000W.

Nas áreas de concessão da CEMIG, o fornecimento de energia é efetuado em uma das seguintes tensões secundárias em baixa tensão:

- 127/220V (sistema trifásico, estrela com neutro multi-aterrado, frequência 60HZ)
- 127/254V (sistema monofásico com neutro multi-aterrado, frequência 60Hz, em substituição gradativa a 120/240V)

Condições gerais de fornecimento

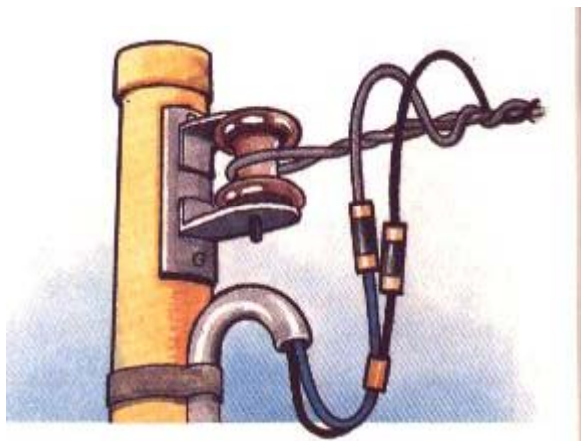
■ Até agora, vimos que:

- Com a **potência instalada**, definiremos o tipo de fornecimento de energia;
- Com a **potência de alimentação (demanda)**, dimensionaremos a entrada de serviço.

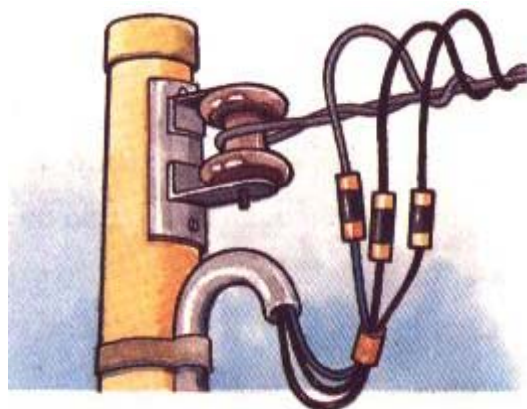
Tipo de fornecimento de energia

- Em função da potência instalada (potência ativa total) prevista para a residência é que se determina:
 - O tipo de fornecimento,
 - A tensão de alimentação;
 - O padrão de entrada.
- As unidades consumidoras ligadas em baixa tensão podem ser atendidas das seguintes maneiras:
 - A dois fios (uma fase e um neutro);
 - A três fios (duas fases e um neutro);
 - A quatro fios (três fases e um neutro).

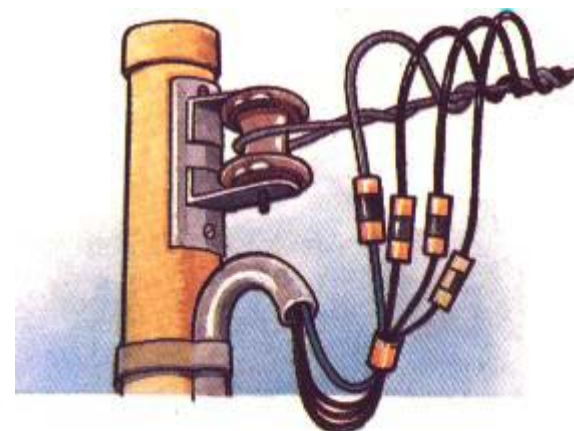
Tipo de fornecimento de energia



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



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



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

Tipo de fornecimento de energia

Tabela 4.11 (CEMIG ND-5.1)
Tipos de Fornecimento de Energia Elétrica

Tipo	Potência Instalada	Fios		Especificação da Instalação
		Fase	Neutro	
A	Até 10kW	1	1	Unidades urbanas, atendidas por redes secundárias monofásicas (127V) ou trifásicas (127V), na qual não constem: – motores monofásicos com potência superior a 2CV; – máquinas de solda a transformador com potência nominal superior a 2kVA.
B	Entre 10kW e 15kW	2	1	Unidades urbanas, atendidas por redes secundárias monofásicas (127/254V) ou trifásicas (127/220V), não enquadradas no tipo A e na qual não constem: – os aparelhos vetados ao tipo A, se alimentados a 127V; – motores monofásicos com potência superior a 5CV, alimentados em 220 ou 254V; – máquinas de solda a transformador com potência nominal superior a 9kVA, alimentada em 220 ou 254V.
C	Entre 10kW e 20kW	2	1	Unidades rurais ou de periferia urbana (sítios, chácaras etc.), atendidas por redes secundárias monofásicas (3 fios), na qual não constem: – os aparelhos vetados ao tipo A, se alimentados em 127V; – motores monofásicos com potência superior a 5CV, alimentados em 254V; – máquinas de solda a transformador com potência nominal superior a 9kVA, alimentada em 220 ou 254V.
D	Entre 15 kW e 75kW	3	1	Unidades urbanas, atendidas por redes secundárias trifásicas (127/220V), não enquadradas nos tipos A, B e C e na qual não constem: – os aparelhos vetados ao tipo A, se alimentados em 127V; – motores monofásicos com potência superior a 5CV, alimentados em 220V; – motores de indução trifásicos com potência superior a 15CV

Entrada de energia

Tabela 4.12 (CEMIG ND-5.1)
Dimensionamento para Unidades Consumidoras Urbanas e/ou Rurais — Ligações a 2 e 3 Fios

Fornecimento		Carga Instalada [kW]		Número de Fios		Proteção [A]	Ramal de Entrada Embutido		Aterramento	
							Condutor [mm ²]	Eletroduto (tamanho nominal)	Quant. Eletrodos	Condutor Aço Φ [mm]
Tipo	Faixa	De	Até	Fase	Neutro	nota (a)	nota (b)	PVC	Aço	
A	A1	—	5,0	1	1	40	6	25	20	1
	A2	5,1	10,0	1	1	70	16	25	20	1
B	B	10,1	15,0	2	1	60	16	32	25	1
C	C1	10,1	15,0	2	1	60	16	40	32	2
	C2	15,1	20,0	2	1	70	25	40	32	2

(a): disjuntores termo-magnéticos;
(b): b.1. condutor de cobre, PVC - 70°C. Para seções superiores a 10 mm², é obrigatório o uso de cabo. A seção do neutro deve ser igual à da fase.

Entrada de energia

Tabela 4.13 (CEMIG ND-5.1)
Dimensionamento para Unidades Consumidoras Urbanas e/ou Rurais — Ligações a 4 Fios

Fornecimento		Demanda Provável [kW]		Número de Fios		Proteção [A]	Ramal de Entrada Embutido		Aterramento	
							Condutor [mm ²]	Eletroduto (tamanho nominal)	Quant. Eletrodos	Condutor Aço Φ [mm]
Tipo	Faixa	De	Até	Fase	Neutro	nota (a)	nota (b)	PVC	Aço	
D	D1	—	15,0	4	3	40	10	32	25	2
	D2	15,1	23,0			60	16	32	25	2
	D3	23,1	27,0			70	25	40	32	2
	D4	27,1	38,0			100	35	40	32	2
	D5	38,1	47,0			120	50	50	40	2
	D6	47,1	57,0			150	70	60	50	3
	D7	57,1	66,0			175	95	75	65	3
	D8	66,1	75,0			200	120	75	65	3

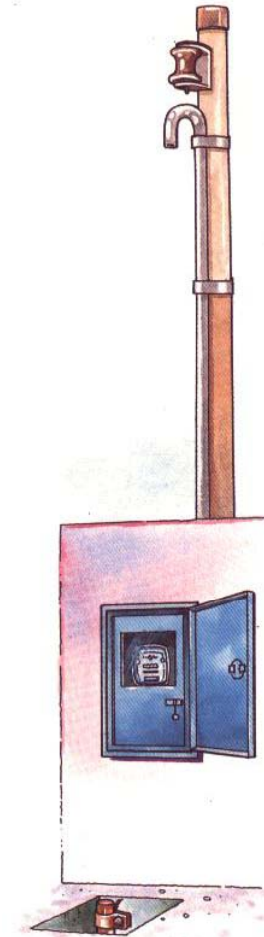
Notas:
(a): disjuntores termo-magnéticos;
(b): b.1. condutor de cobre, PVC - 70°C. Para seções superiores a 10 mm², é obrigatório o uso de cabo. A seção do neutro deve ser igual à da fase.

A nossa residência foi enquadrada como:

- pela tabela 4.11: potência instalada de 14,74kW, unidade urbana, sem motores monofásicos com potência acima de 5cv e máquinas de solda a transformador — **tipo B**;
- pela tabela 4.12: sistema de fornecimento bifásico a 3 fios (2 fases+ neutro) — **faixa B**.

Padrão de entrada

Padrão de entrada nada mais é do que o **poste com isolador de roldana, bengala, caixa de medição/proteção e haste de aterramento**, de responsabilidade do consumidor, preparado de forma a permitir a ligação da unidade consumidora à rede da CEMIG. Os materiais padronizados e os detalhes de instalação e preparo para inspeção pela CEMIG podem ser observados nas normas da CEMIG ND-5.1 e ND-5.2.



Padrão de entrada

CONSULTA PRÉVIA E PEDIDO DE LIGAÇÃO:

Antes de construir ou adquirir os materiais para a execução do seu padrão de entrada, o consumidor deve procurar uma Agência de Atendimento da concessionária de energia visando obter inicialmente, informações orientativas a respeito das condições de fornecimento de energia à sua unidade consumidora.

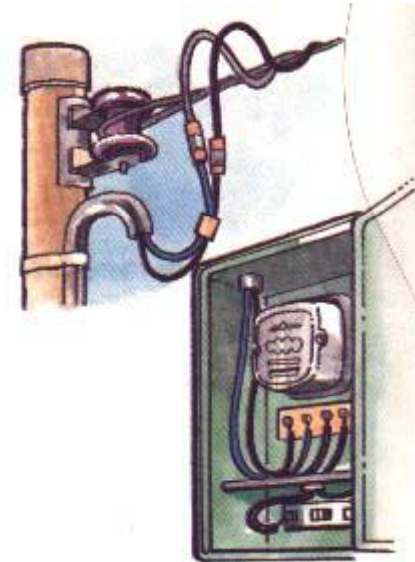
Tais orientações apresentam as primeiras providências a serem tomadas pelos consumidores, relativas a:

- Verificação da posição da rede de distribuição (poste) em relação ao imóvel;
- Definição do tipo de fornecimento;
- Carga instalada a ser ligada;
- Localização e escolha do tipo de padrão;
- Identificação clara da numeração da edificação;
- Perfeita demarcação da propriedade;

Padrão de entrada

A concessionária somente efetuará as ligações após a vistoria e aprovação do padrão de entrada, que deve atender as prescrições da ND-5.1 (CEMIG).

A Concessionária se reserva o direito de vistoriar as instalações elétricas internas da unidade consumidora e não efetuar a ligação, caso as prescrições da NBR 5410/04 não tenham sido seguidas em seus aspectos técnicos e de segurança.



Estando tudo certo, a concessionária instala e liga o medidor e o ramal de serviço.

Padrão de entrada

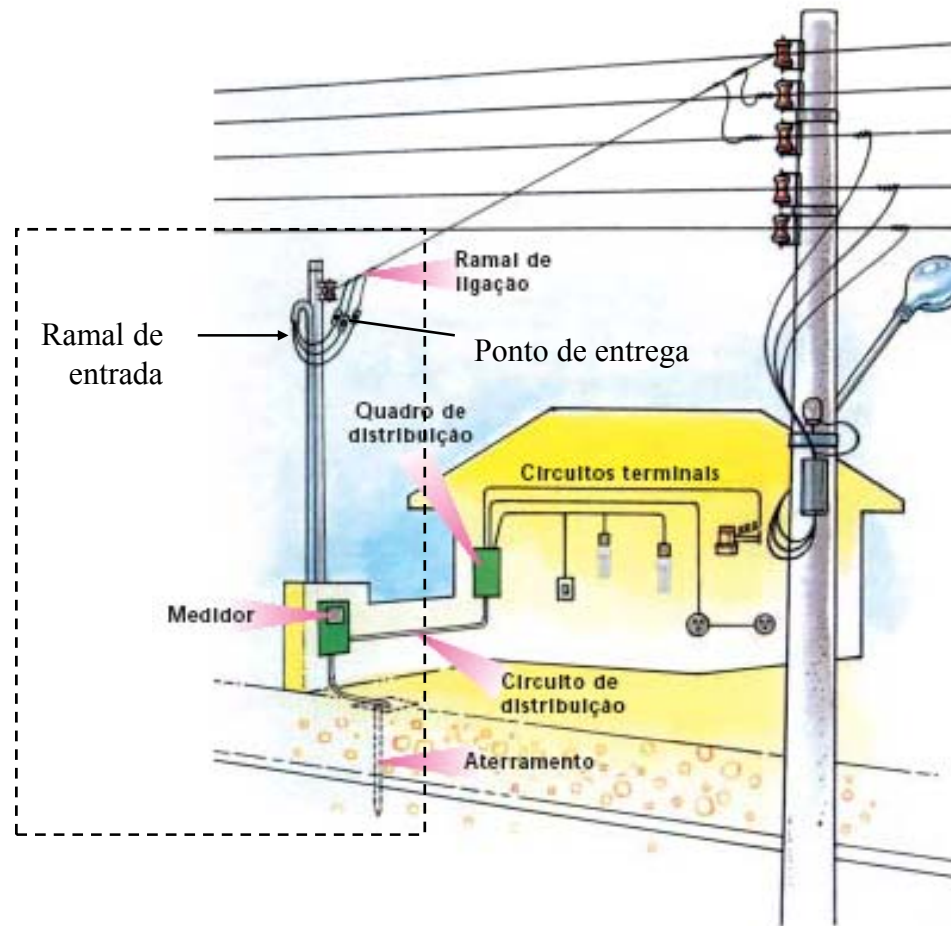
Ponto de entrega: é o ponto até o qual a concessionária se obriga a fornecer energia elétrica, com participação nos investimentos necessários, bem como, responsabilizando-se pela execução dos serviços de operação e de manutenção do sistema.

Entrada de Serviço: é o conjunto constituído pelos condutores, equipamentos e acessórios instalados entre o ponto de derivação da rede secundária da CEMIG 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 CEMIG entre o ponto de derivação da rede secundária e o ponto de entrega.

Ramal de entrada: é o conjunto de condutores e acessórios instalados pelo consumidor entre o ponto de entrega e a medição e proteção.

REDE PÚBLICA DE BAIXA TENSÃO



Quadro de distribuição

■ **Quadro de distribuição** é o centro de distribuição de toda a instalação elétrica de uma residência.

Ele é o centro de distribuição, pois:
recebe os fios que vêm do medidor.

nele é que se encontram os dispositivos de proteção.



dele é que partem os circuitos terminais que vão alimentar diretamente as lâmpadas, tomadas e aparelhos elétricos.

CIRCUITO 1
Iluminação
social

CIRCUITO 2
Iluminação de
serviço

CIRCUITO 3 (TUG's)
Tomadas de
uso geral

CIRCUITO 4 (TUG's)
Tomadas de
uso geral

CIRCUITO 5 (TUE)
Tomada de uso
específico
(ex. tomada elétrica)

CIRCUITO 6 (TUE)
Tomada de uso
específico
(ex. chuveiro elétrico)

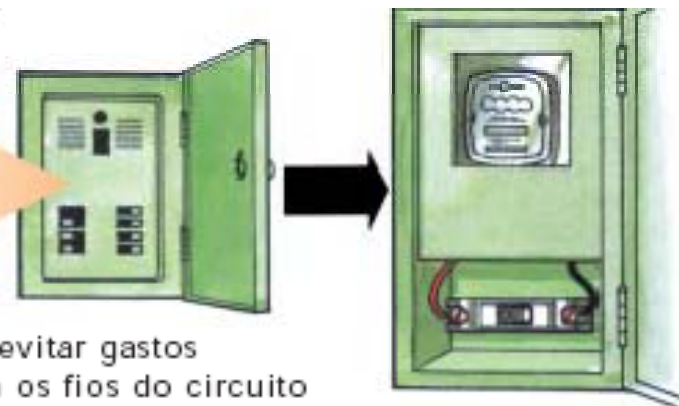
Quadro de distribuição

O quadro de distribuição deve estar localizado:

em lugar de fácil acesso



e o mais próximo possível do medidor

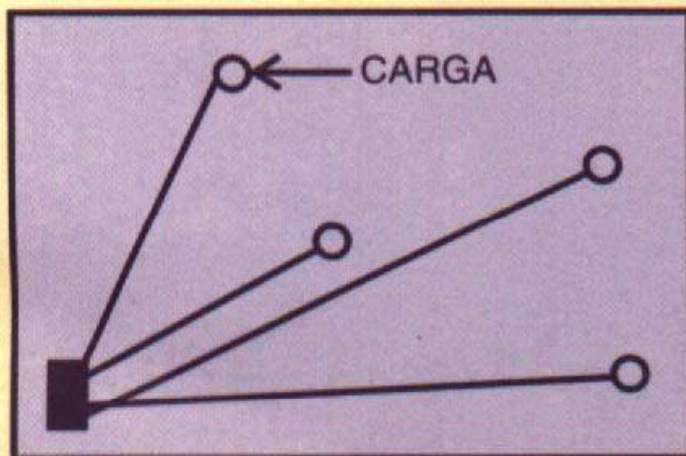


Isto é feito para se evitar gastos desnecessários com os fios do circuito de distribuição, que são os mais grossos de toda a instalação e, portanto, os mais caros.

Quadro de distribuição

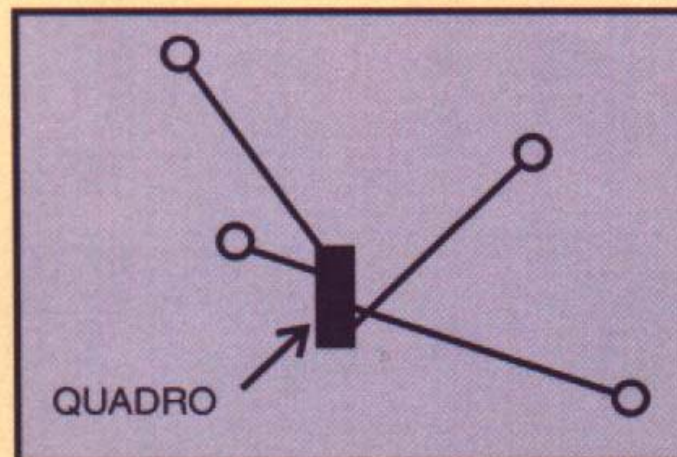
Conceito de “centro de carga”

a) quadro fora do centro de carga



(maior comprimento dos circuitos)

b) quadro no centro de carga



(menor comprimento dos circuitos)

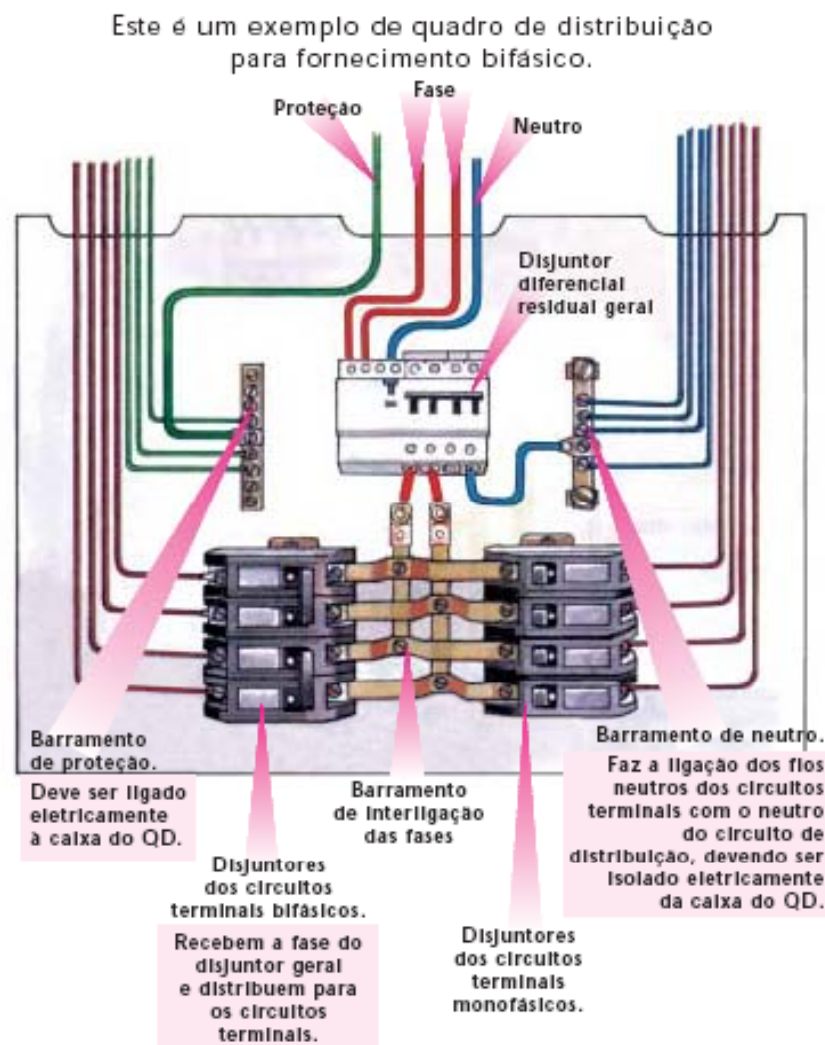
SOFTWARE



*Que tal utilizar o
software QDC
Pro ® ?*



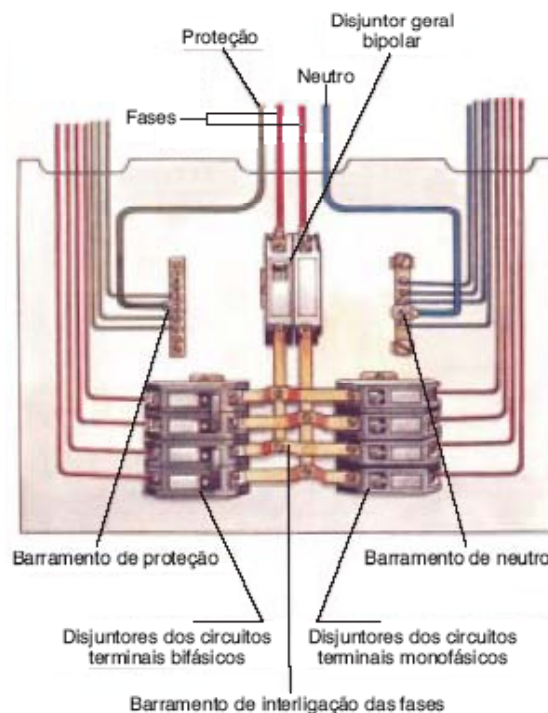
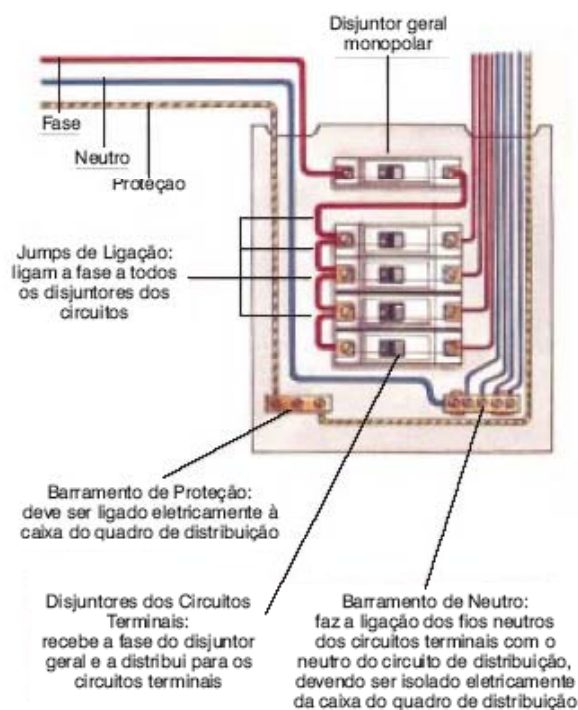
Quadro de distribuição



Na edição 2004 surge uma importante exigência: a fixação no quadro (externa ou internamente) vinda de fábrica ou fixada na obra de texto de advertência.

Quadro de distribuição

Monofásico



Bifásico

Trifásico

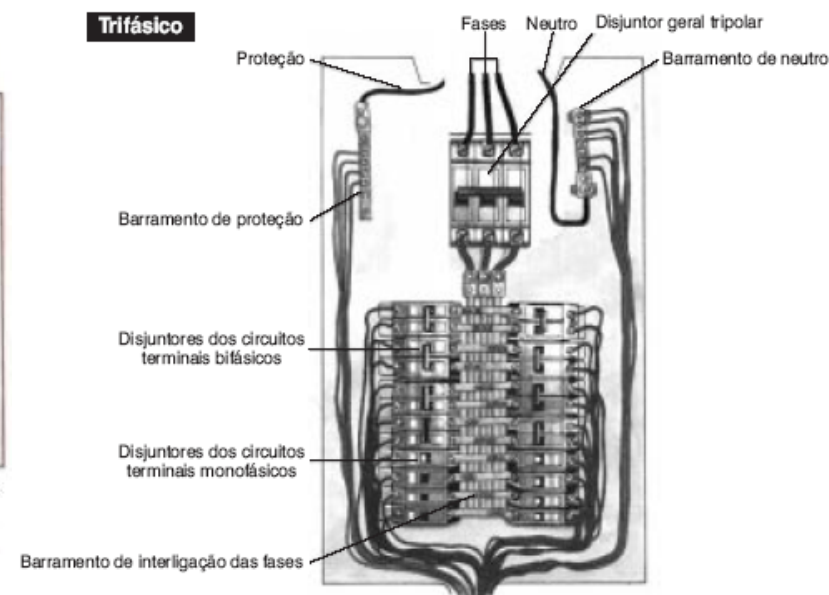
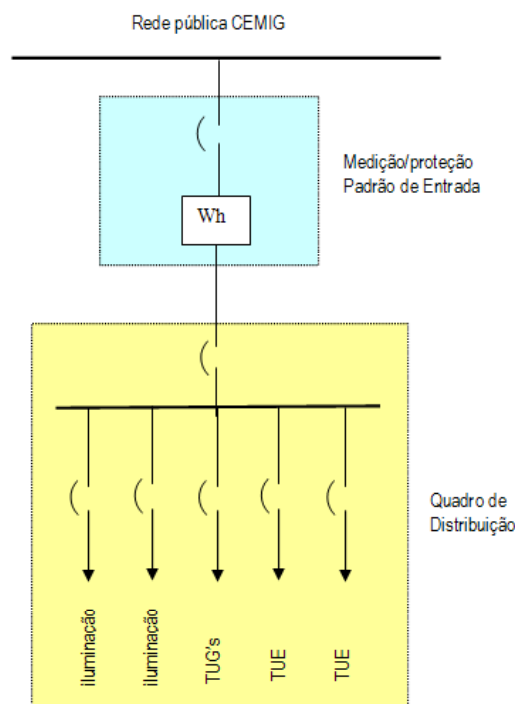


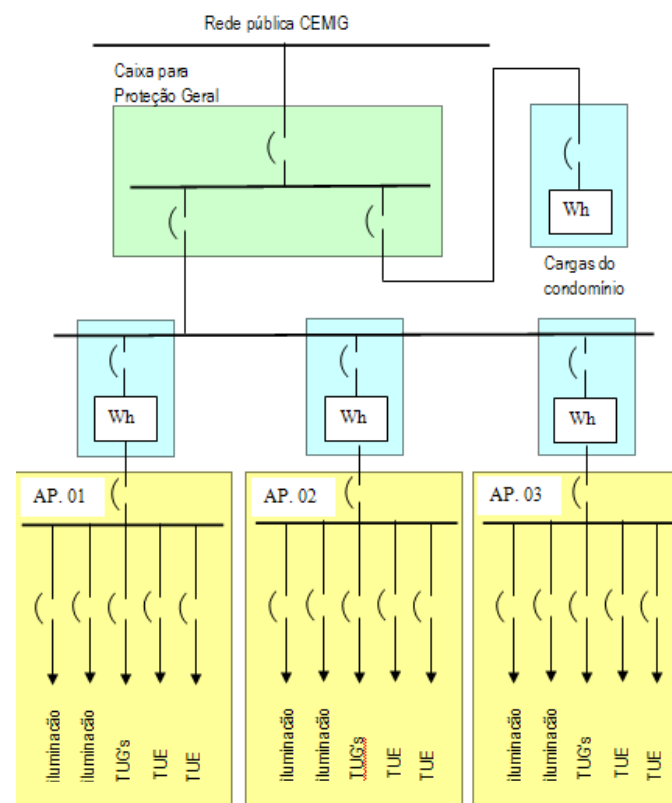
Diagrama unifilar

O Diagrama unifilar é utilizado para **representar graficamente como está interligada toda a instalação elétrica.**

a) Diagrama Unifilar residencial típico:

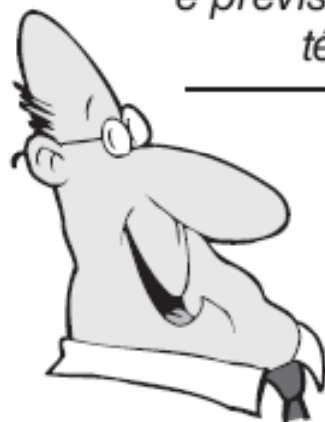


b) Diagrama Unifilar predial típico:



Locação dos pontos

Para a locação dos pontos elétricos (lâmpadas, tomadas, interruptores etc.), prevalece apenas o bom senso, já que este aspecto do projeto não é previsto nas normas técnicas.



Locação dos pontos

- O desenho do projeto elétrico, elaborado a partir da planta baixa de arquitetura, começa com a locação dos pontos de iluminação, interruptores e tomadas.
- O que usualmente se faz é copiar da planta baixa de arquitetura apenas o contorno das paredes, dos muros de divisa (até onde forem do interesse do projeto elétrico), os vãos das portas e das janelas. Em resumo, desprezam-se todas as informações e realces arquitetônicos que não sejam de interesse do projeto elétrico.

Locação dos pontos

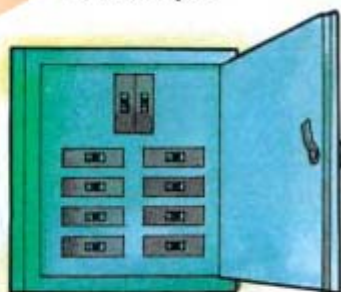
- **simbologia:** está baseada na publicação IEC 617-11, da *International Electrotechnical Commission*, complementada por símbolos de uso consagrado no Brasil (NBR 5444/77).
- Nunca é demais enfatizar que, para escolher a locação, principalmente das tomadas e dos interruptores, é preciso analisar cuidadosamente todos os demais projetos de construção da residência (arquitetônico, estrutural, hidráulico e de decoração, entre outros) para evitar interferências.

Locação dos pontos

SÍMBOLO



Quadro de distribuição



SÍMBOLO



Ponto de luz no teto

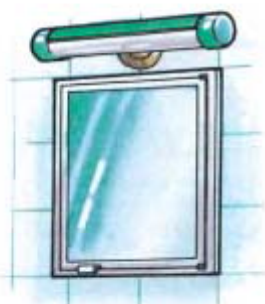
100 - potência de iluminação
2 - número do circuito
a - comando



SÍMBOLO



Ponto de luz na parede



SÍMBOLOS



Tomada baixa monofásica
com terra





Tomada baixa bifásica
com terra

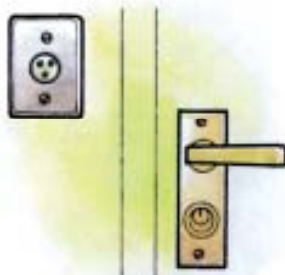


Locação dos pontos


SÍMBOLOS


 Tomada média monofásica com terra

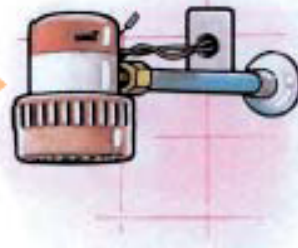
 Tomada média bifásica com terra



SÍMBOLOS

 Caixa de saída alta monofásica com terra

 Caixa de saída alta bifásica com terra



SÍMBOLO

S

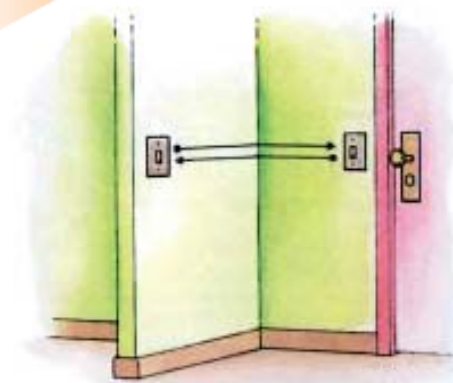
Interruptor simples



SÍMBOLO

S

Interruptor paralelo



Locação dos pontos

SÍMBOLO



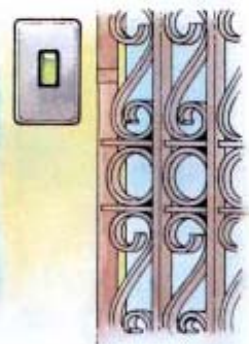
Campainha



SÍMBOLO



Botão de campainha



SÍMBOLO



Eletroduto embutido na laje



SÍMBOLO



Eletroduto embutido na parede



SÍMBOLO



Eletroduto embutido no piso

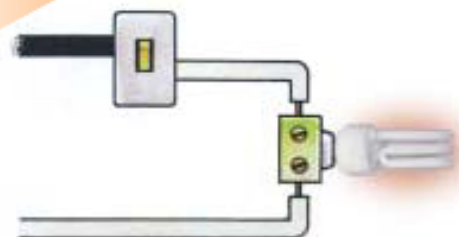


Locação dos pontos

SÍMBOLO



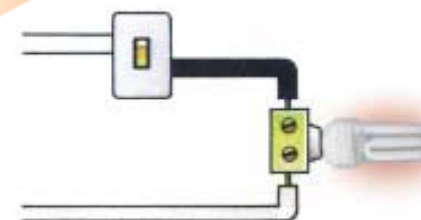
Fio fase



SÍMBOLO



Fio de retorno

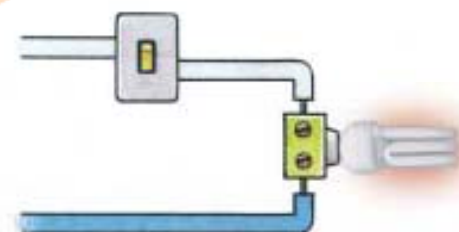


SÍMBOLO



Fio neutro

(necessariamente azul claro)

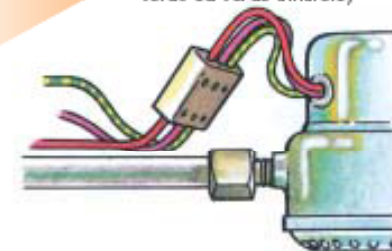


SÍMBOLO

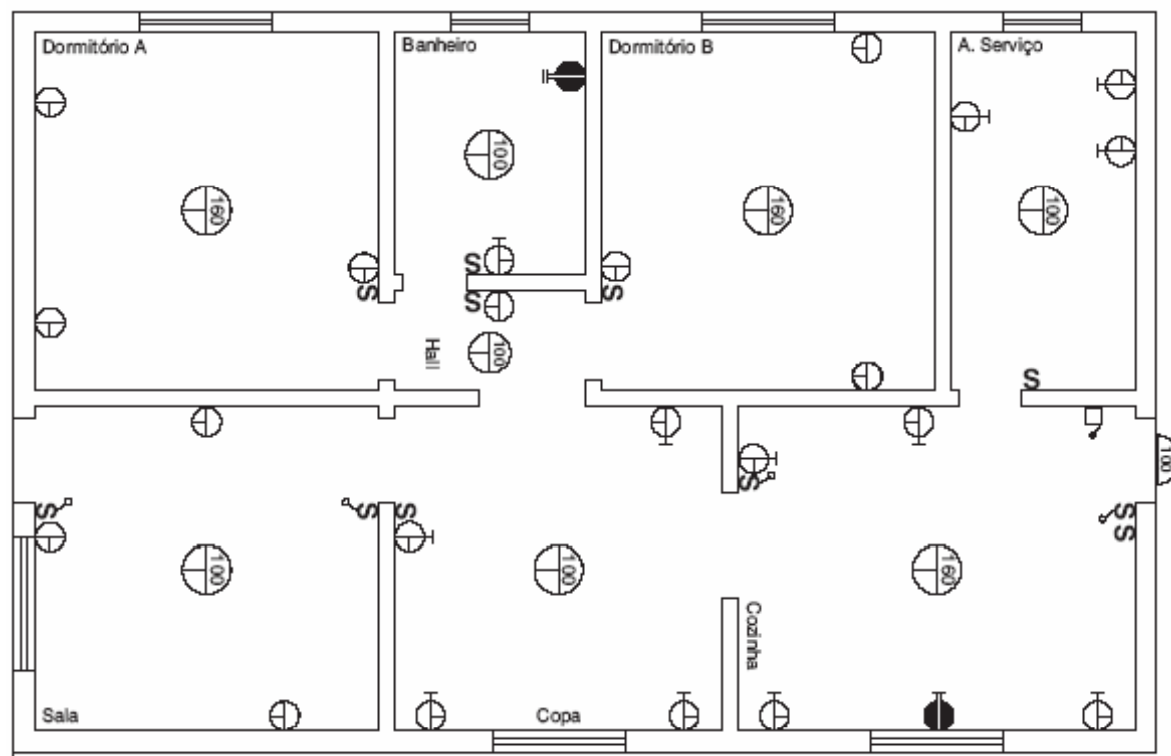


Condutor de proteção

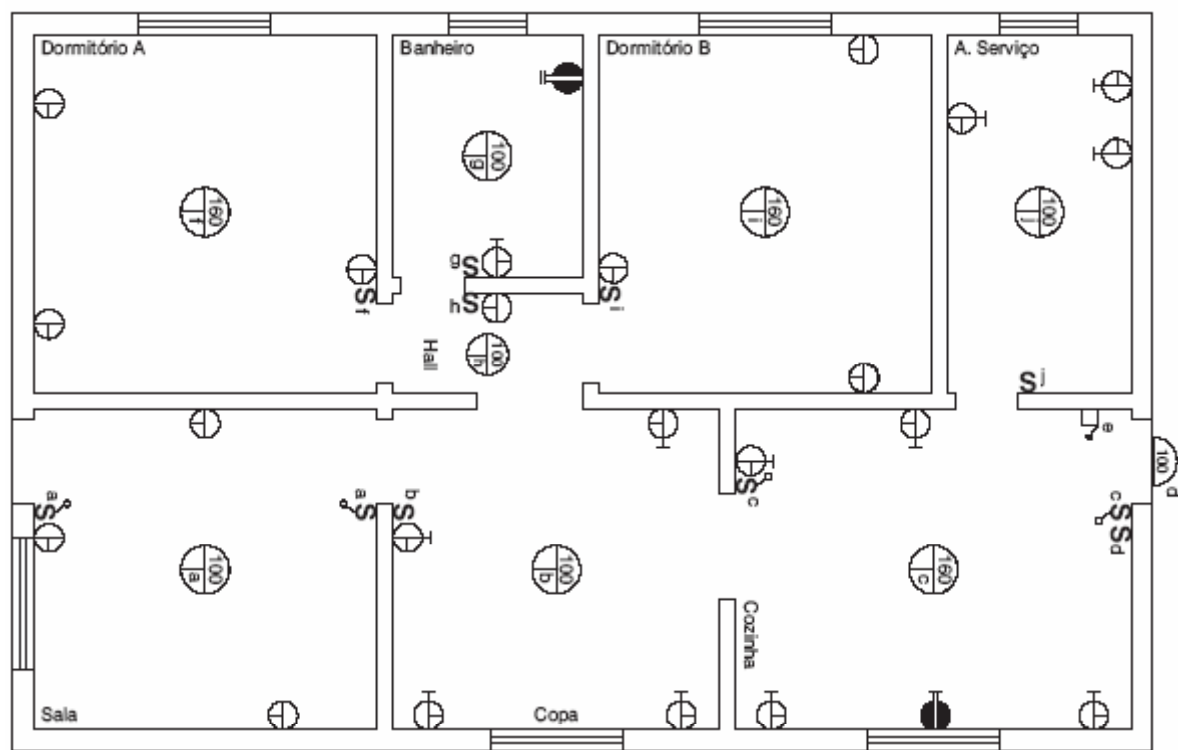
(fio terra necessariamente verde ou verde-amarelo)



Locação dos pontos



Locação dos pontos



Para correlacionar os interruptores aos pontos de iluminação que eles comandam, são utilizadas letras minúsculas.

o interruptor marcado como "a" comanda o ponto de iluminação "a".

7. **DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO**

Conceitos

Dispositivos de proteção são dispositivos instalados junto aos circuitos elétricos a fim de **proteger as pessoas contra choques elétricos, proteger o circuito elétrico (condutores) e o patrimônio contra incêndios originados por curto-circuitos.**

Conceitos

Sobrecorrente

Corrente que exceda um valor nominal pré-fixado.

Correntes de sobrecarga, que são sobrecorrentes não produzidas por faltas, e que circulam nos condutores de um circuito (causadas por subdimensionamento de circuitos ou substituição de equipamentos;

Correntes de falta, que são as correntes que fluem de um condutor para outro e/ou para a terra, no caso de uma falta; em particular, quando a falta é direta e entre condutores vivos, falamos em curto-circuito.

Conceitos

■ **As correntes de sobrecarga e de curto-circuito são indesejáveis em uma instalação elétrica, devendo ser eliminadas. Os dispositivos destinados a proteger a instalação elétrica contra as sobrecorrentes são chamados de dispositivos de proteção. Entre eles, podem-se citar:**

→ **Disjuntores termomagnéticos;**

→ **Fusíveis.**

Conceitos

- Os dispositivos de proteção se encontram instalados no interior do quadro de distribuição (QD) e, em condições normais da instalação (ausência de sobrecorrente), são “transparentes para a instalação”, isto é, não atuam sobre a instalação.
- Quando da ocorrência de uma sobrecorrente, os dispositivos de proteção irão “entrar em ação”, desligando o circuito, impedindo o superaquecimento e a inutilização dos condutores.

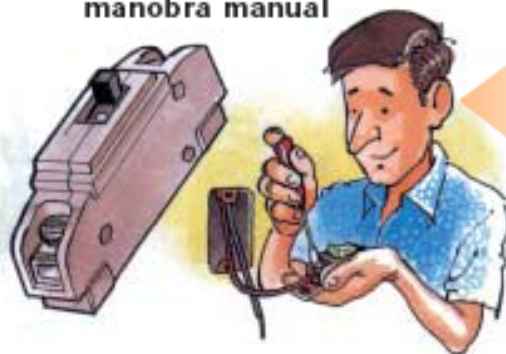
Disjuntores termomagnéticos

Disjuntores termomagnéticos são dispositivos que:
oferecem proteção aos
fios do circuito



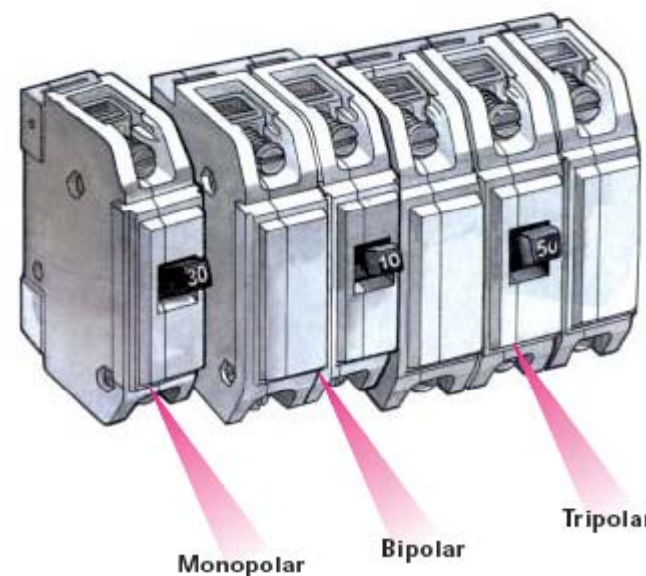
Desligando-o
automaticamente
quando da ocorrência
de uma sobrecorrente
provocada por um
curto-circuito
ou sobrecarga.

permitem
manobra manual



Operando-o como
um interruptor,
secciona somente o
circuito necessário
numa eventual
manutenção.

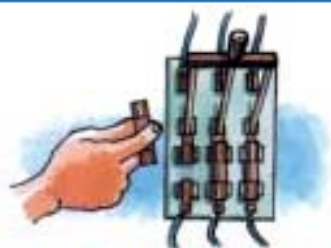
É muito importante o correto dimensionamento dos disjuntores, como será visto mais adiante. Um dispositivo de proteção mal dimensionado causa uma falsa idéia de proteção, o que é muito perigoso.



Disjuntores termomagnéticos

Os disjuntores termomagnéticos têm a mesma função que as chaves fusíveis. Entretanto:

O fusível se queima necessitando ser trocado

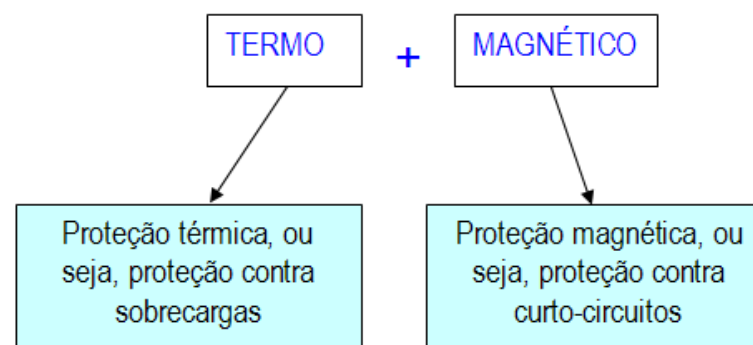


O disjuntor desliga-se necessitando religá-lo



No quadro de distribuição, encontra-se também:
- o disjuntor diferencial residual ou, então,
- o interruptor diferencial residual.

É importante observar a origem da palavra TERMOMAGNETICO, empregada em disjuntores:



DISJUNTOR É PARA PROTEÇÃO DO CONDUTOR E NÃO DO EQUIPAMENTO

Os disjuntores termomagnéticos devem ser ligados aos condutores fase dos circuitos

Os disjuntores termomagnéticos **NÃO** protegem as pessoas contra choques elétricos.

Disjuntores termomagnéticos

- **A edição de 2004 exige que "todo circuito terminal deve ser protegido contra sobrecorrente por dispositivo que assegure o seccionamento simultâneo de todos os condutores de fase". E acrescenta que "dispositivos unipolares montados lado a lado, apenas com suas alavancas de manobra acopladas não são considerados dispositivos multipolares".**

Disjuntores termomagnéticos

- **A edição de 2004 exige que "todo circuito terminal deve ser protegido contra sobrecorrente por dispositivo que assegure o seccionamento simultâneo de todos os condutores de fase". E acrescenta que "dispositivos unipolares montados lado a lado, apenas com suas alavancas de manobra acopladas não são considerados dispositivos multipolares".**

Disjuntores termomagnéticos

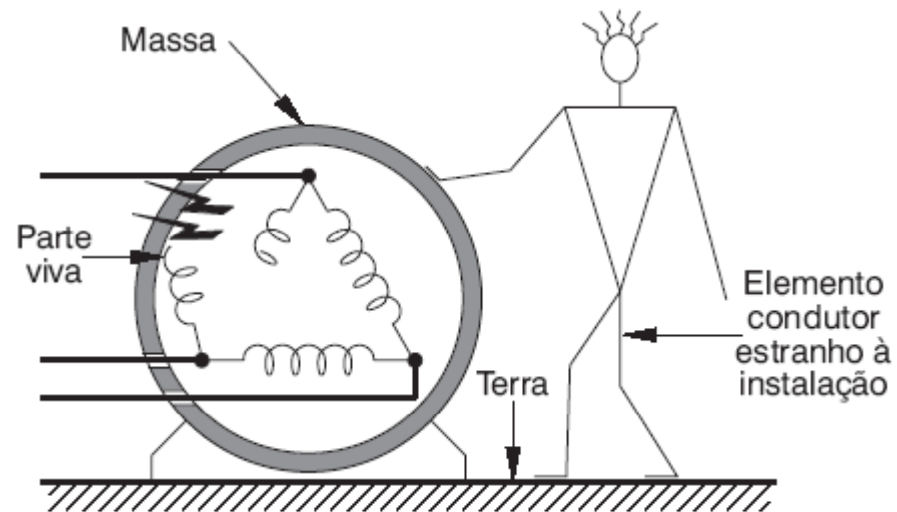
- **Assim, na prática, circuitos terminais bi e tripolares deverão utilizar exclusivamente disjuntores bi e tripolares. Em adição, esta prescrição praticamente inviabiliza o uso de dispositivos fusíveis em circuitos terminais nos locais de habitação, uma vez que é muito difícil de conseguir garantir que todos os condutores de fase sejam seccionados simultaneamente através do uso de fusíveis.**

Disjuntores termomagnéticos

- **Resta, nos casos de habitações, a possibilidade do uso de fusíveis como dispositivos gerais de proteção nos quadros.**
- **Note que esta prescrição é restrita aos locais de habitação, não criando, portanto, barreiras aos fusíveis nos circuitos terminais em outras aplicações tais como comerciais e industriais.**

Choque elétrico

■ É o efeito patofisiológico que resulta da passagem de uma corrente elétrica através do corpo de uma pessoa ou animal.



A IEC reuniu na Publicação N° 479-1, *Effects of Current Passing Through The Human Body*, de 1984, os estudos e experiências realizados em diversos países.

Choque elétrico

Contato direto



É o contato acidental, seja por falha de isolamento, por ruptura ou remoção indevida de partes isolantes: ou, então, por atitude imprudente de uma pessoa com uma parte elétrica normalmente energizada (parte viva).

É o contato entre uma pessoa e uma parte metálica de uma instalação ou componente, normalmente sem tensão, mas que pode ficar energizada por falha de isolamento ou por uma falha interna.

Contato indireto



Choque elétrico

■ Os principais efeitos que uma corrente elétrica produz no corpo humano são:

DIRETAS

- Contrações musculares,
- fibrilação ventricular,
- parada cardíaca,
- queimaduras,
- asfixia, anoxia, anoxemia.

INDIRETAS

- Quedas de níveis elevados,
- batidas,
- fraturas,
- traumatismos,
- perda de membros.



MORTE

Choque elétrico

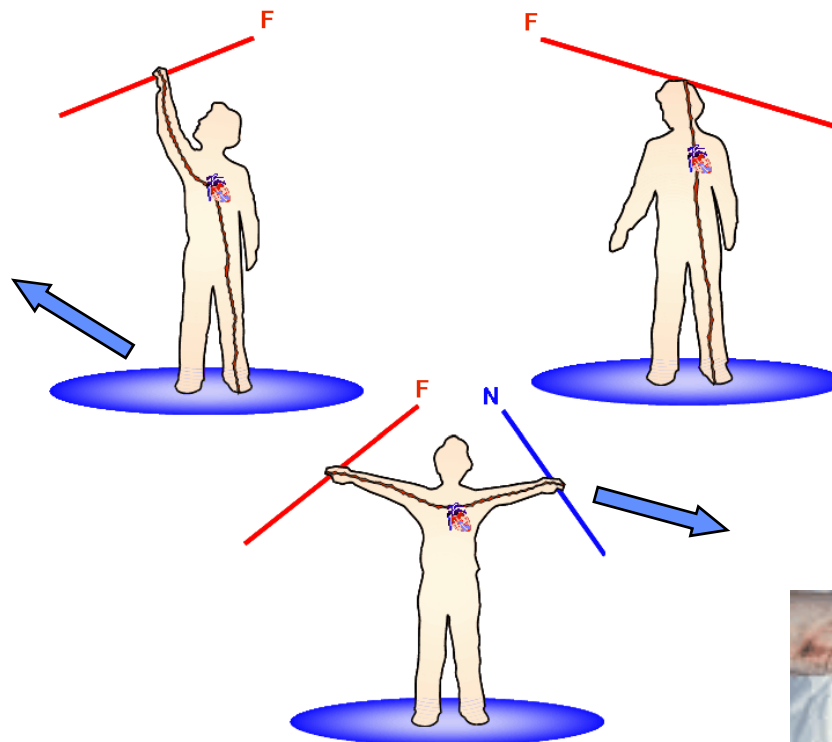
- Tetanização: é o fenômeno decorrente da contração muscular produzida por um impulso elétrico.
- Parada respiratória: quando estão envolvidos na tetanização os músculos peitorais, os pulmões são bloqueados e pára a função vital de respiração. Trata-se de uma de emergência.
- Queimaduras: a passagem de corrente elétrica pelo corpo humano é acompanhada do desenvolvimento de calor por Efeito Joule, podendo produzir queimaduras.
- Fibrilação ventricular: se a corrente atinge diretamente o músculo cardíaco, poderá perturbar seu funcionamento regular. O coração vibra desordenadamente e, em termos técnicos, "perde o passo". A situação é de emergência extrema, porque cessa o fluxo vital de sangue ao corpo. A fibrilação é um fenômeno irreversível, que se mantém mesmo quando cessa a causa; só pode ser anulada mediante o emprego de um equipamento chamado "desfibrilador" disponível, via de regra, apenas em hospitais e pronto-socorros.

Choque elétrico

- A gravidade do choque elétrico pode variar em função de fatores que interferem na intensidade da corrente e nos efeitos provocados no organismo.



Choque elétrico



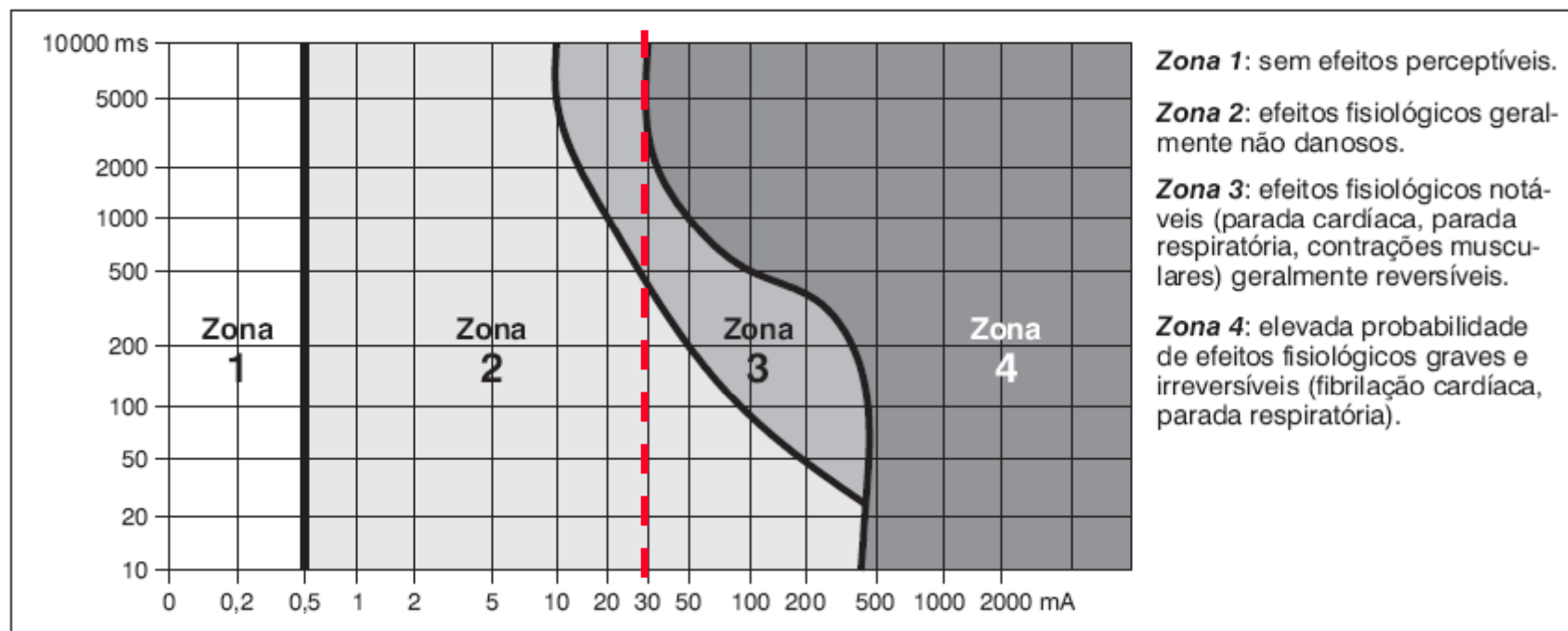
Os perigos do choque elétrico
podem ser mais danosos ainda,
desde que a corrente passe
a transitar com maior
intensidade pelo coração.



Choque elétrico

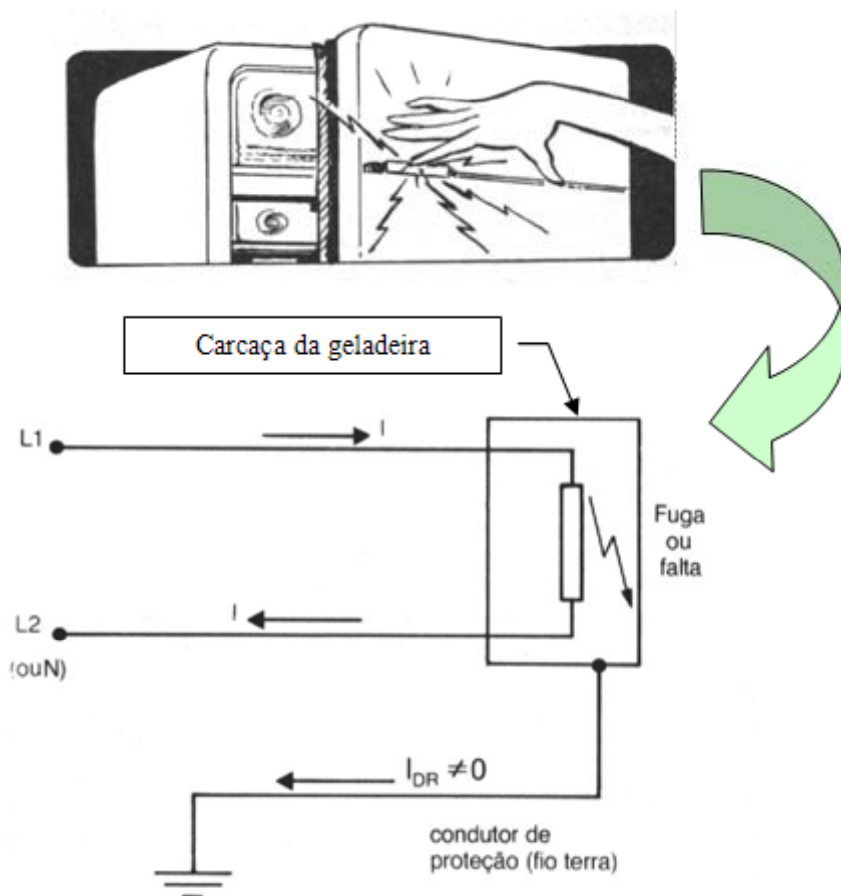
Efeitos da Corrente Elétrica Alternada, na Frequência de 15 a 100Hz, em Indivíduos com 50kg de Massa Corporal, ao Percorrer o Trajeto da Mão Esquerda aos Pés	
Corrente [mA]	Efeitos Fisiológicos
0,1 a 0,5	Leve percepção superficial, na forma de pequeno “formigamento” e habitualmente sem nenhum efeito.
0,5 a 10	Ligeira paralisia dos músculos do braço, com início de tetanização, habitualmente sem nenhum efeito.
10 a 30	Mesmo efeito da corrente de 0,5 a 10mA. Geralmente sem nenhum efeito perigoso, desde que haja interrupção, no máximo, em 5 segundos.
30 a 500	Efeitos fisiológicos notáveis. Paralisia estendida aos músculos do tórax, com sensação de falta de ar e tontura. Possibilidade de fibrilação ventricular, quando a descarga elétrica se manifesta na fase crítica do ciclo cardíaco e por tempo superior a 200ms.
acima de 500	Efeitos fisiológicos graves. Traumas cardíacos persistentes, caso em que o efeito é letal, salvo intervenção imediata de pessoal especializado com equipamento adequado (desfibrilador).

Choque elétrico



zonas tempo-corrente de efeitos de corrente elétrica alternada, na frequência de 15 a 100Hz, ao percorrer o trajeto da mão esquerda aos pés dos indivíduos de 50kg de massa corporal.

Corrente de fuga

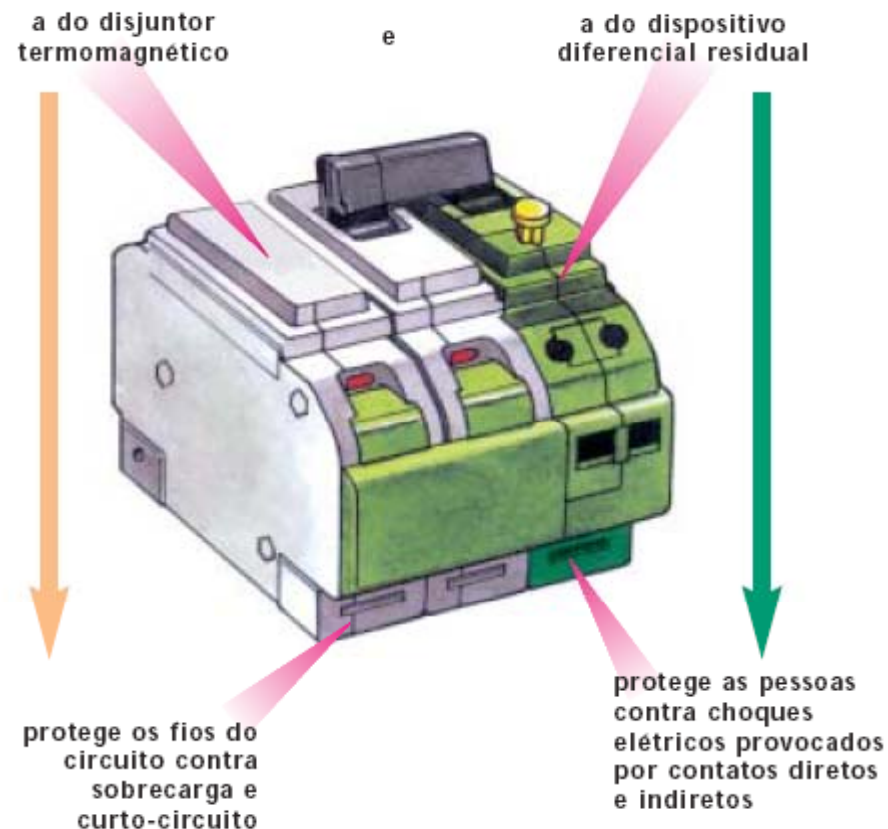


A fuga de corrente é uma perda de energia devido a uma falha de isolamento na instalação ou por uma falha interna nos equipamentos. Esta corrente normalmente flui para a terra ou para elementos condutores estranhos à instalação.

Esta fuga de corrente é prejudicial porque pode causar **curto-circuitos, perda desnecessária de energia, choque elétrico e incêndios.**

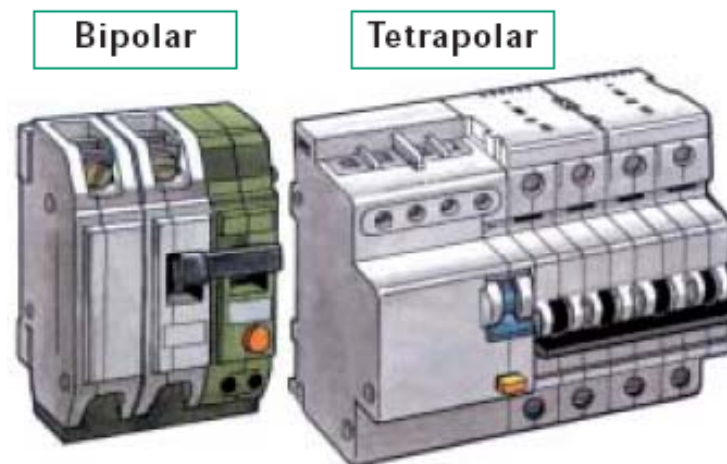
Disjuntor diferencial residual

- O DR é um dispositivo constituído de um disjuntor termomagnético acoplado a um outro dispositivo: o diferencial-residual. Sendo assim, ele conjuga as duas funções:



Disjuntor diferencial residual

- Os tipos usuais de disjuntores residuais de alta sensibilidade (no máximo 30 mA) existentes no mercado são:



Nota: os disjuntores DR devem ser ligados aos condutores fase e neutro dos circuitos, sendo que o neutro não pode ser aterrado após o DR.

Disjuntor diferencial residual

Houve uma sutil, porém importante mudança no uso obrigatório de dispositivos diferenciais-residuais (DR) nas instalações em locais de habitação.

A NBR 5410/97, estabelece que, qualquer que seja o esquema de aterramento, devem ser utilizados dispositivos DR de alta sensibilidade, isto é, com corrente diferencial-residual nominal igual ou inferior a 30 mA, nos circuitos que sirvam a pontos situados em locais contendo banheira ou chuveiro, exceto os circuitos que alimentem aparelhos de iluminação posicionados a uma altura igual ou superior a 2,50 m.

Disjuntor diferencial residual

A versão de 2004 mantém que devem ser usados DRs de alta sensibilidade, porém não dispensa a proteção dos circuitos que contêm os aparelhos de iluminação em banheiros, mesmo que situados acima de 2,50 m.

Na edição de 1997, os DRs de alta sensibilidade também eram exigidos apenas nos circuitos de tomadas de corrente de cozinhas, copas-cozinhas, lavanderias, áreas de serviço, garagens e, no geral, a todo local interno molhado em uso normal ou sujeito a lavagens, permitindo a não proteção de circuitos exclusivos de refrigeradores e congeladores.

Disjuntor diferencial residual

Na versão 2004, existe a mesma exigência, porém ampliada, passando de "tomadas de corrente" para pontos de utilização situados em cozinhas, etc. Isto significa que a nova norma exige a proteção por DR, além dos circuitos de tomadas, também nos circuitos de iluminação daqueles locais.

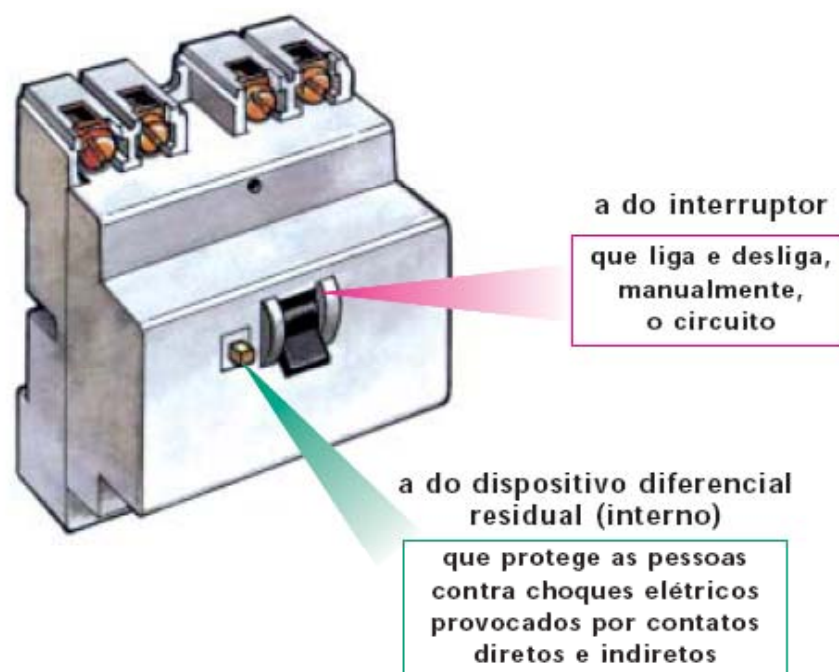
Há uma exceção a esta regra para os casos de pontos de iluminação situados a mais de 2,50 m do piso. Também deixou de existir na versão 2004 a dispensa da proteção por DR no circuito de refrigeradores, passando-se a recomendar (não obrigar) o uso de dispositivos DR de alta imunidade a perturbações transitórias, produtos não muito fáceis de serem encontrados no mercado brasileiro até a data de publicação deste curso.

Disjuntor diferencial residual

A alternativa ao uso deste DR especial, é a proteção do circuito do refrigerador por um DR "normal", correndo um risco maior de haver um desligamento do circuito por ocasião de uma perturbação eletromagnética (quedas de raios próximo ao local, manobras na rede da concessionária, etc) num momento em que não haja a presença do usuário, com a conseqüente possibilidade de perda dos produtos perecíveis contidos no refrigerador ou congelador, uma vez que o DR não possui rearme automático.

Interruptor diferencial residual

- É um dispositivo composto de um interruptor acoplado a um outro dispositivo: o diferencial-residual. Sendo assim, conjuga as duas funções:



NOTA: O interruptor diferencial residual é um dispositivo que: liga e desliga, manualmente, o circuito e protege as pessoas contra choques elétricos.

Interruptor diferencial residual

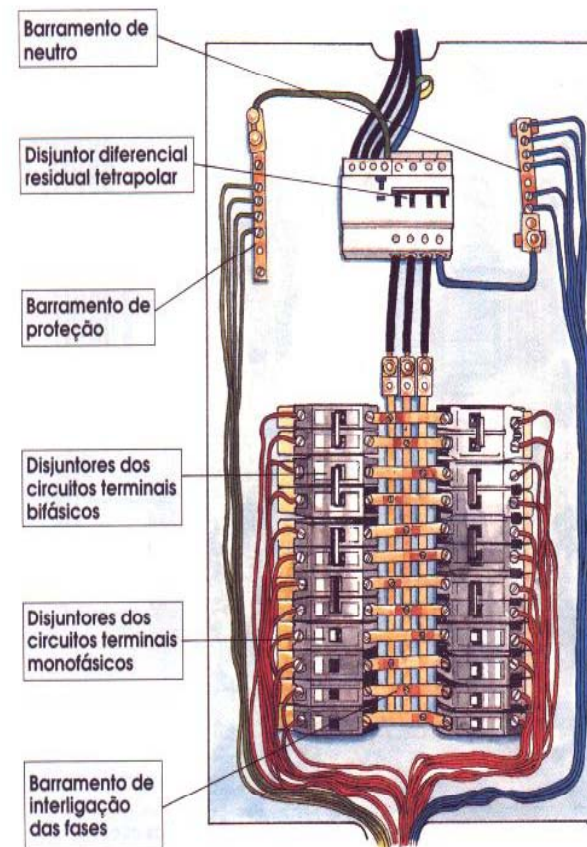
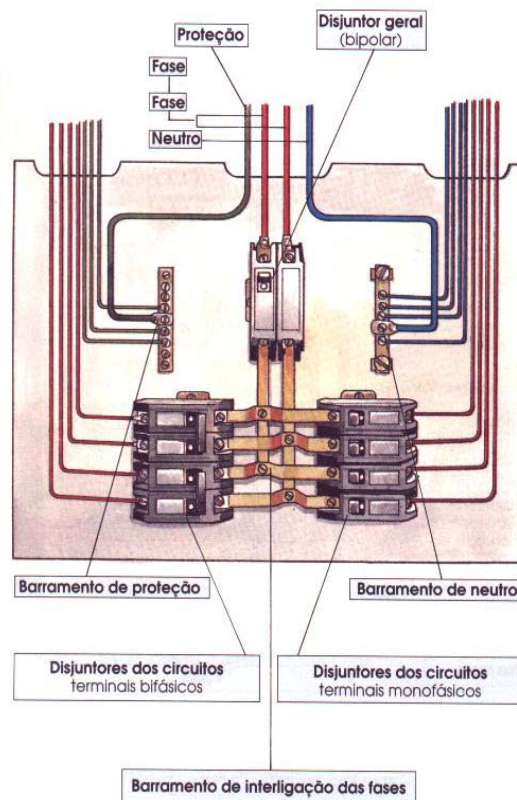
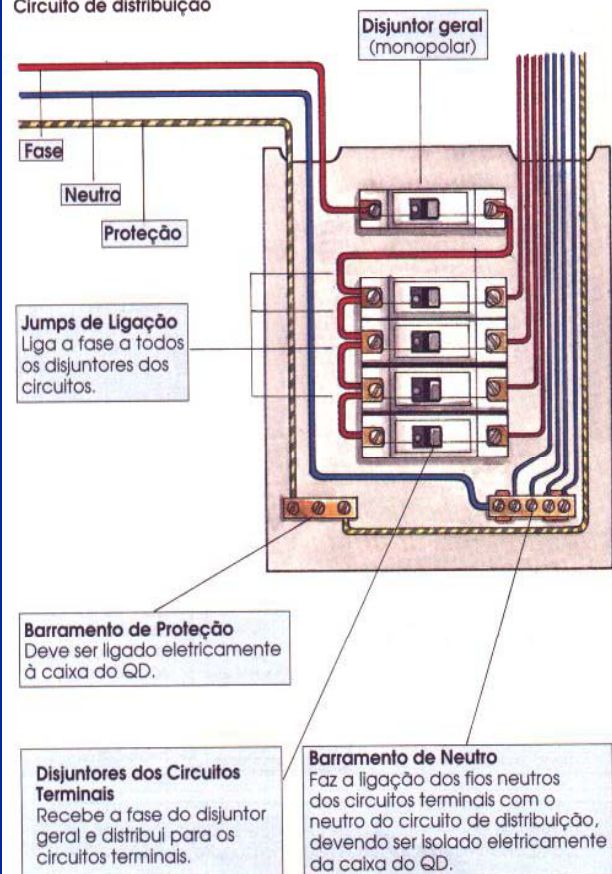
- Um tipo de interruptor diferencial residual de alta sensibilidade (no máximo 30 mA) existente no mercado é o tetrapolar (figura abaixo), existindo ainda o bipolar. Seu custo (mesmo associado à um disjuntor termomagnético) é bem menor em comparação ao Disjuntor DR.



NOTA: O interruptor diferencial residual deve ser utilizado nos circuitos em conjunto com dispositivos a sobrecorrente (disjuntor ou fusível), colocados ANTES do interruptor DR.

Exemplos de montagem em quadros

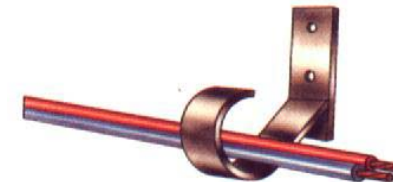
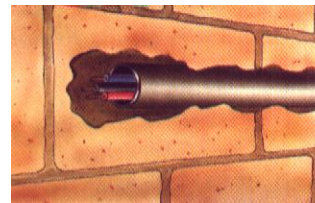
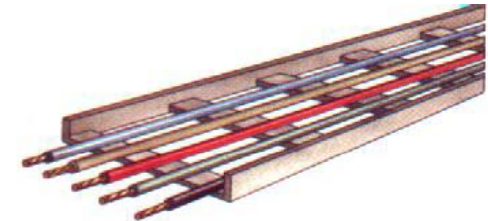
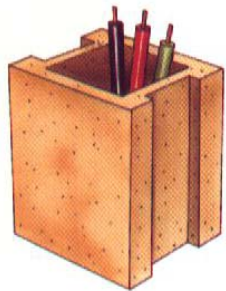
Circuito de distribuição



8. LINHAS ELÉTRICAS

Linha elétrica

- **Conjunto constituído por um ou mais condutores, com os elementos de sua fixação e suporte e, se for o caso, de proteção mecânica, destinado a transportar energia elétrica ou a transmitir sinais elétricos (a linha pode ser aérea, aparente, embutida ou subterrânea).**



Condutores elétricos

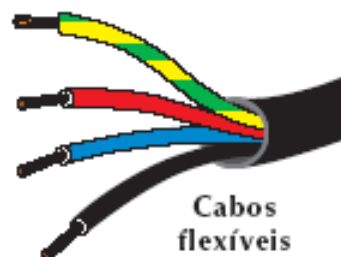
- Pela excelente relação custo *versus* resistência mecânica e condutividade (capacidade de conduzir corrente elétrica), o cobre e o alumínio são os dois metais de escolha para fabricação dos condutores.
- A NBR 5410 não admite condutor de alumínio em instalações elétricas de locais com alta taxa de ocupação, caso em que se enquadram residências, hotéis e hospitais - exceto como condutores de aterramento e proteção, que têm especificação própria.



Condutores elétricos

- **FIO**: Produto metálico maciço e flexível, de seção transversal invariável e de comprimento muito maior do que a maior dimensão transversal.
- **CABO**: Conjunto de fios encordoados, isolados ou não entre si, podendo o conjunto ser isolado ou não. Quanto à flexibilidade, a NBR 6880 atribui seis classes: os fios ficando enquadrados na classe 1; a classe 6 correspondendo aos cabos de máxima flexibilidade.

Condutores elétricos



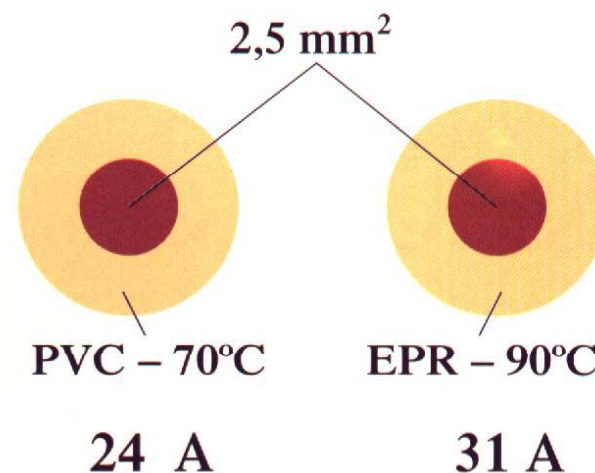
Os condutores têm que passar por curvas e caixas de passagem até o destino final, inclusive, com condutores de outros circuitos dentro do mesmo eletroduto. A experiência mostra que cabos flexíveis (mínimo classe 5) facilitada e colocação e retirada do interior do eletroduto.

Condutores elétricos

- **CONDUTOR ISOLADO**: Cabo constituído de uma ou mais veias e, se existentes, o envoltório individual de cada veia, o envoltório do conjunto de veias e os envoltórios de proteção do cabo, podendo ter também um ou mais condutores não isolados.
- **CABO UNIPOLAR**: Cabo constituído por um único condutor isolado e dotado, no mínimo, de cobertura.
- **CABO MULTIPOLAR**: Cabo constituído por dois ou mais condutores isolados e dotado, no mínimo, de cobertura.

Condutores elétricos

- **ISOLAÇÃO**: Conjunto dos materiais isolantes utilizados para isolar eletricamente. Nota: Por extensão, a ação ou técnica de isolar eletricamente, tem sentido estritamente qualitativo, por exemplo, isolação de PVC, EPR etc.

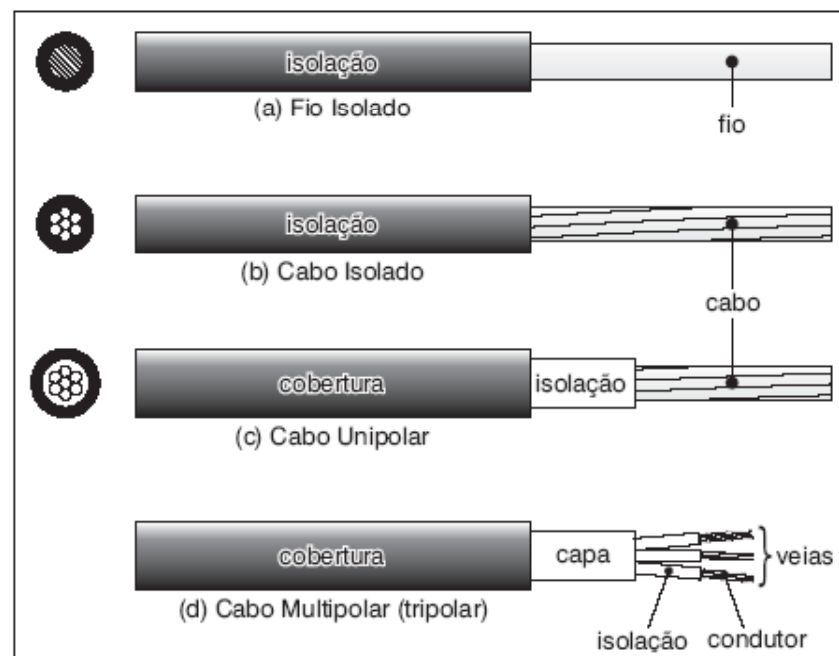


Condutores elétricos

- **ISOLAMENTO**: Conjunto das propriedades adquiridas por um corpo condutor decorrentes de sua **isolação**. NOTA: Este termo tem sentido estritamente quantitativo e o seu emprego é sempre associado à idéia de valor, que pode ser dado explicitamente (isolamento para 450/750 V – condutores isolados, 0,6/1 kV – condutores multipolares, etc) ou implicitamente (coordenação do isolamento, distância de isolamento, nível de isolamento, resistência de isolamento etc).

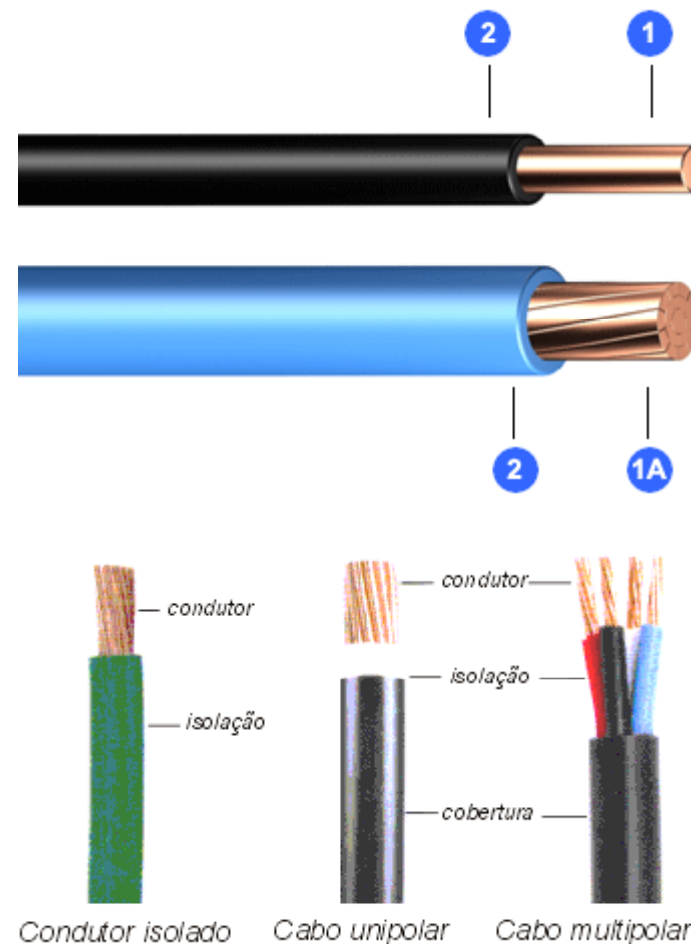
PVC ~ 6 kV; EPR ~ 138 kV

Condutores elétricos



Atenção

Segundo a NBR 5410, os cabos multipolares só devem conter os condutores de um único circuito e, se for o caso, do condutor de proteção respectivo.



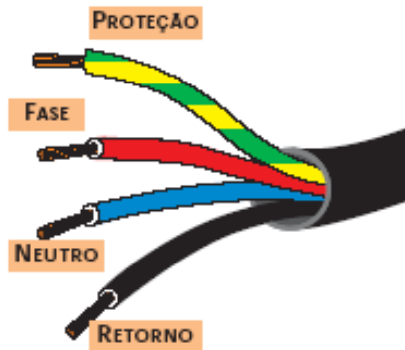
Condutores elétricos

- **Seção nominal:** Caracteriza-se os condutores pela seção nominal S , em $[\text{mm}^2]$. Diferentemente do que possa parecer, S não se refere à área transversal da seção metálica AS , mas ao enquadramento do condutor em uma série de valores padrões de resistência elétrica.

Série Métrica IEC	
Seção Nominal [mm ²]	
0,5	70
0,75	95
1	120
1,5	150
2,5	185
4	240
6	300
10	400
16	500
25	630
35	800
50	1000

Condutores elétricos

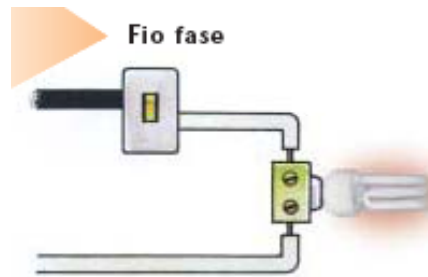
■ Função:



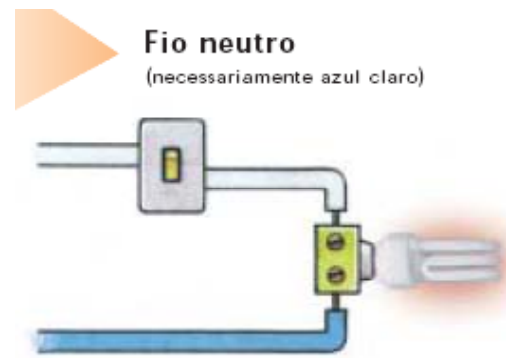
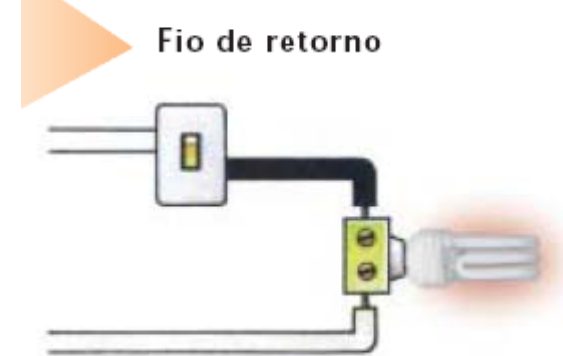
Identificação dos Condutores pela Cor

Azul Claro neutro
Verde proteção
Preto, Vermelho, Branco fase

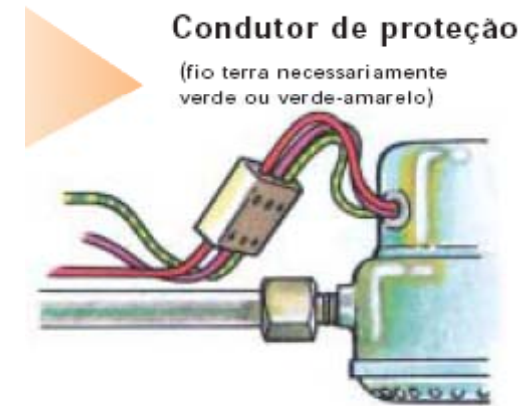
Nota: escolhida a cor para os condutores fase, qualquer uma das duas remanescentes pode ser usada para o de retorno.



Condutor de um circuito polifásico, exceto o condutor neutro.



Condutor ligado ao neutro do sistema de alimentação e capaz de contribuir para o transporte de energia elétrica (símbolo: N)

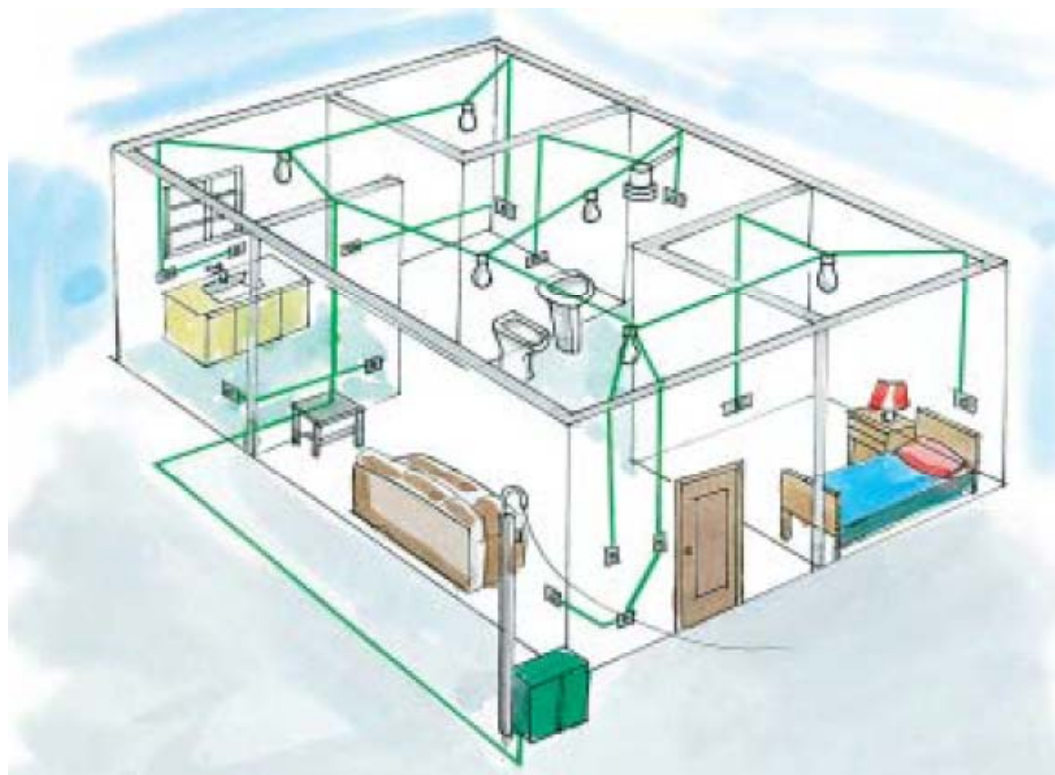


Condutores elétricos

- **Condutor de proteção:** De uma instalação predial: Condutor prescrito em certas medidas de proteção contra choques elétricos e destinado a interligar eletricamente massas, elementos condutores estranhos à instalação, terminal (ou barra) de aterramento e/ou pontos de alimentação ligados à terra. Símbolo: PE.
- **Nota:** O condutor de proteção é conhecido popularmente como “fio terra”.

Condutores elétricos

■ Como instalar o “fio terra”:



Pode ser instalado um único fio terra **por eletroduto**, interligando todas as tomadas e massas dos aparelhos de iluminação.

Condutores elétricos

Neutro é neutro, terra é terra !

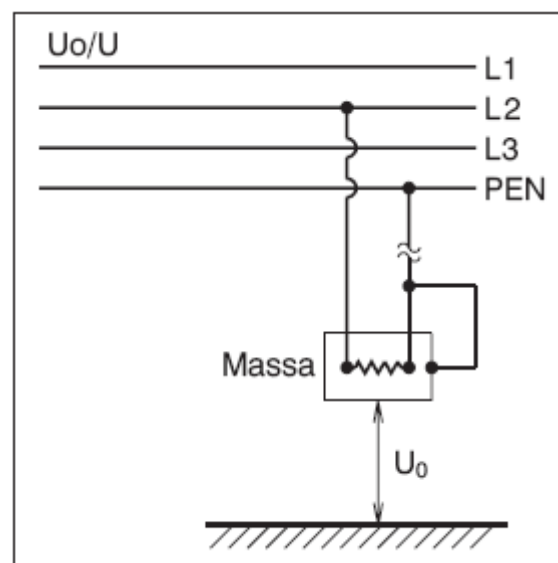


Figura - o rompimento do condutor PEN coloca a massa num potencial igual à tensão fase-neutro.

Condutores elétricos

■ Há dois itens novos da norma que afetam todos os tipos de instalação e mais diretamente as instalações em locais de habitação.

→ "5.1.2.2.3.6 - Todo circuito deve dispor de condutor de proteção, em toda sua extensão. NOTA – Um condutor de proteção pode ser comum a mais de um circuito (...)"

→ "6.5.3.1 - Todas as tomadas de corrente fixas das instalações devem ser do tipo com contato de aterramento (PE). As tomadas de uso residencial e análogo devem ser conforme NBR 6147 e NBR 14136 (...)"

Condutores elétricos

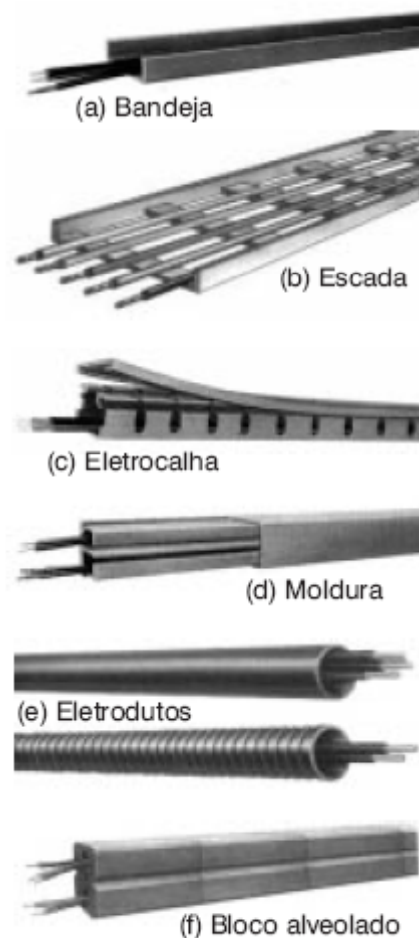
- Estas duas prescrições já fazem parte da NBR 5410 desde a edição de 1980, mas nunca estiveram escritas de maneira tão clara como agora na versão 2004. Não há mais espaço para dúvidas ou interpretações, ou seja: **é obrigatório distribuir o condutor de proteção (fio terra) em todos os circuitos (inclusive os de iluminação) e utilizar TODAS as tomadas de corrente na configuração 2P + T (dois pólos e terra).**

Condutores elétricos

- Assim, todas as caixas de derivação e passagem deverão disponibilizar o fio terra (verde ou verde-amarelo) e, naquelas caixas onde forem instaladas tomadas estas deverão ser de três pólos (2P + T) que atendam as normas NBR 6147 e NBR 14136.
- A NBR 6147 é a norma que testa as tomadas em geral qualquer que seja o seu desenho (configuração) e a NBR 14136 é a norma que padroniza o formato das tomadas para uso residencial e análogo até 20 A – 250 V.

Condutos elétricos

■ **CONDUTO ELÉTRICO:**
Elemento de linha elétrica
destinado a conter
condutores elétricos.



Condutos elétricos

Métodos de Instalação versus Condutores Permitidos

Tipo de Linha Elétrica	Condutor Isolado	Cabo Unipolar	Cabo Multipolar
Afastado da parede ou suspenso por cabo de suporte ^(a)	Não	✓	✓
Bandejas não perfuradas ou prateleiras	Não	✓	✓
Bandejas perfuradas (horizontal ou vertical)	Não	✓	✓
Canaleta fechada no piso, solo ou parede	✓	✓	✓
Canaleta ventilada no piso ou solo	Não	✓	✓
Diretamente em espaço de construção ^(b) : $1,5De \leq V < 5De$	Não	✓	✓
Diretamente em espaço de construção ^(b) : $5De \leq V \leq 50De$	Não	✓	✓
Diretamente enterrado	Não	✓	✓
Eletrocalha	✓	✓	✓
Eletroduto aparente	✓	✓	✓
Eletroduto de seção não circular embutido em alvenaria	Não	✓	✓
Eletroduto de seção não circular embutido em alvenaria ^(b) : $1,5De \leq V < 5De$	✓	Não	Não
Eletroduto de seção não circular embutido em alvenaria ^(b) : $5De \leq V \leq 50De$	✓	Não	Não
Eletroduto em canaleta fechada ^(b) : $1,5De \leq V < 20De$	✓	✓	Não
Eletroduto em canaleta fechada ^(b) : $V \geq 20De$	✓	✓	Não
Eletroduto em canaleta ventilada no piso ou solo	✓	Não	Não
Eletroduto em espaço de construção	Não	✓	✓



Eletroduto em espaço de construção ^(b) : $1,5De \leq V < 20De$	✓	Não	Não
Eletroduto em espaço de construção ^(b) : $V \geq 20De$	✓	Não	Não
Eletroduto embutido em alvenaria	✓	✓	✓
Eletroduto embutido em caixilho de porta ou janela	✓	Não	Não
Eletroduto embutido em parede isolante	✓	✓	✓
Eletroduto enterrado no solo ou canaleta não ventilada no solo	Não	✓	✓
Embutimento direto em alvenaria	Não	✓	✓
Embutimento direto em caixilho de porta ou janela	Não	✓	✓
Embutimento direto em parede isolante	Não	Não	✓
Fixação direta em parede ou teto ^(c)	Não	✓	✓
Forro falso ou piso elevado ^(b) : $1,5De \leq V < 5De$	Não	✓	✓
Forro falso ou piso elevado ^(b) : $5De \leq V \leq 50De$	Não	✓	✓
Leitos, suportes horizontais ou telas	Não	✓	✓
Moldura	✓	✓	Não
Sobre isoladores	✓	Não	Não

Notas:

(a): a distância entre o cabo e a parede deve ser, no mínimo, igual a 30% do diâmetro externo do cabo;

(b): De = diâmetro externo do cabo; V = altura do espaço de construção ou da canaleta;

(c): a distância entre o cabo e a parede ou teto deve ser menor ou igual a 30% do diâmetro externo do cabo.

Conduitos elétricos

■ Quanto à instalação dos condutores nos conduitos, observar:

- Todos os condutores vivos do mesmo circuito, inclusive o neutro, devem ser agrupados no mesmo conduto.
- Em eletrodutos, eletrocalhas e blocos alveolados podem ser instalados condutores de mais de um circuito, quando:
 - os circuitos forem da mesma instalação, isto é, tiverem sua origem no mesmo dispositivo de manobra e proteção;
 - as seções nominais dos condutores fase estiverem contidas no intervalo de três valores normalizados sucessivos (por exemplo: 4, 6 e 10mm²).

Linhas com eletrodutos

- Embora a norma prescreva eletrodutos de seções diferentes, a forma circular é a mais utilizada. Além de proteger os condutores contra ações mecânicas e contra a corrosão, este tipo de conduto exerce as funções de:
 - proteção ao meio ambiente contra o perigo de incêndio, causado por superaquecimento dos condutores, e de formação de arcos por curto-circuitos;
 - quando metálicos, de aterramento para os condutores (evitando choques elétricos) e, conseqüentemente, de condutor de proteção.

Linhas com eletrodutos

Nas instalações elétricas residenciais, a prática é utilizar-se eletrodutos rígidos apenas no piso, onde os esforços mecânicos são mais elevados, e transversalmente elásticos (flexíveis) nas paredes e lajes.

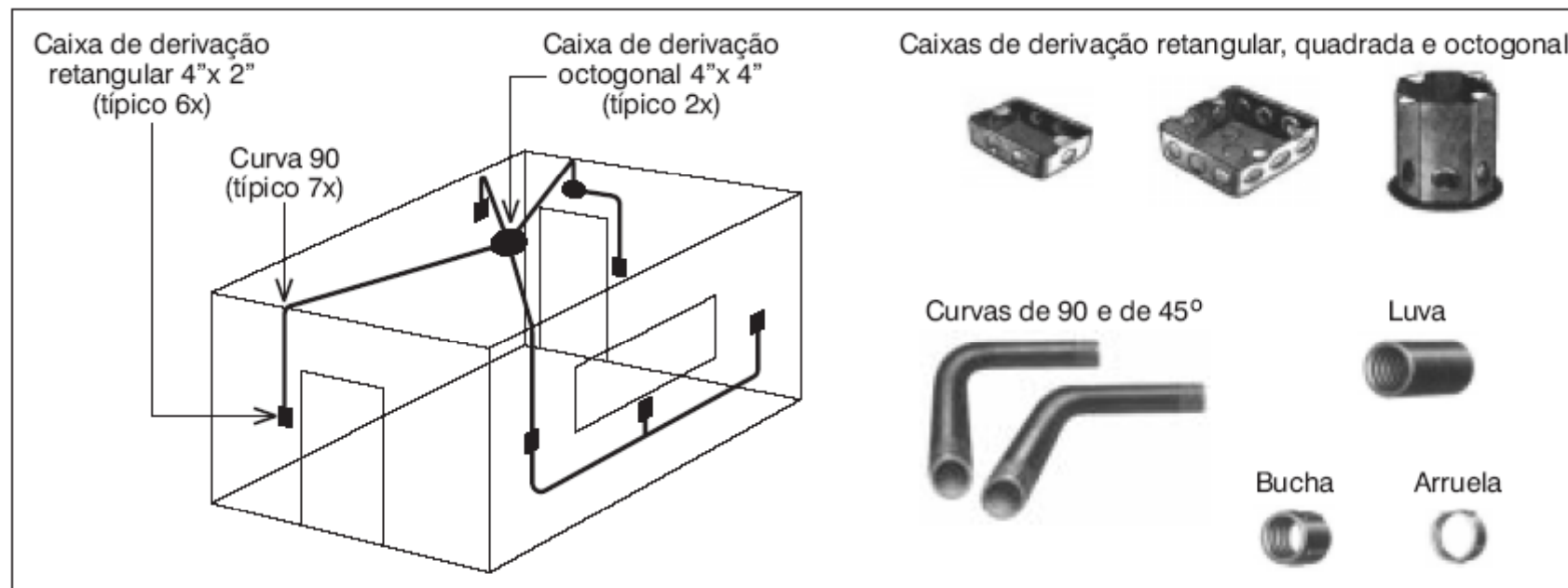


Linhas com eletrodutos

- **Eletrodutos Metálicos Rígidos (magnéticos): NBR 5597, NBR 5598, NBR 5624;**
- **NBR15465: Sistemas de eletrodutos plásticos para instalações elétricas de baixa tensão;**
- **Eletrodutos Transversalmente Elásticos (flexíveis): normas estrangeiras – NFC 68-101.**

As "mangueiras", apesar de vastamente empregadas, não o deveriam ser, pois sua capacidade de suportar esforços transversais é extremamente reduzida, o que compromete a integridade dos condutores.

Linhas com eletrodutos



arranjo típico de eletrodutos rígidos roscáveis e seus acessórios mais comuns.

Linhas com eletrodutos

■ Prescrições para projeto:

1) Os trechos contínuos de tubulação, sem interposição de caixas ou equipamentos, não devem exceder 15 m de comprimento para linhas internas às edificações e 30 m para as linhas em áreas externas às edificações, se os trechos forem retilíneos. Se os trechos incluírem curvas, o limite de 15 m e o de 30 m devem ser reduzidos em 3 m para cada curva de 90°.

NOTA Quando não for possível evitar a passagem da linha por locais que impeçam, por algum motivo, a colocação de caixa intermediária, o comprimento do trecho contínuo pode ser aumentado, desde que seja utilizado um eletroduto de tamanho nominal imediatamente superior para cada 6 m, ou fração, de aumento da distância máxima calculada. Assim, um aumento, por exemplo, de 9 m implica um eletroduto com tamanho dois degraus acima do inicialmente definido.

Linhas com eletrodutos

■ Prescrições para projeto e instalação:

- 2) Em cada trecho de tubulação delimitado, de um lado e de outro, por caixa ou extremidade de linha, qualquer que seja essa combinação (caixa-caixa, caixa-extremidade ou extremidade-extremidade), podem ser instaladas no máximo três curvas de 90° ou seu equivalente até no máximo 270° . Em nenhuma hipótese devem ser instaladas curvas com deflexão superior a 90° .
- 3) As curvas, quando originadas do dobramento do eletroduto, sem o uso de acessório específico, não devem resultar em redução das dimensões internas do eletroduto.

Linhas com eletrodutos

■ Prescrições para projeto e instalação:

4) Devem ser empregadas caixas: a) em todos os pontos da tubulação onde houver entrada ou saída de condutores, exceto nos pontos de transição de uma linha aberta para a linha em eletrodutos, os quais, nestes casos, devem ser rematados com buchas; b) em todos os pontos de emenda ou de derivação de condutores; c) sempre que for necessário segmentar a tubulação.

5) Os condutores devem formar trechos contínuos entre as caixas, não se admitindo emendas e derivações senão no interior das caixas. Condutores emendados ou cuja isolação tenha sido danificada e recomposta com fita isolante ou outro material não devem ser enfiados em eletrodutos.

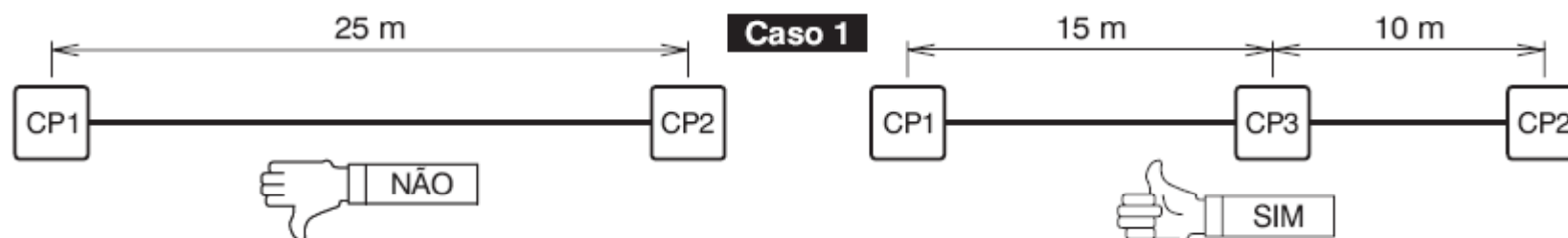
Linhas com eletrodutos

■ Prescrições para projeto e instalação:

6) A localização das caixas deve ser de modo a garantir que elas sejam facilmente acessíveis. Elas devem ser providas de tampas ou, caso alojem interruptores, tomadas de corrente e congêneres, fechadas com os espelhos que completam a instalação desses dispositivos. As caixas de saída para alimentação de equipamentos podem ser fechadas com as placas destinadas à fixação desses equipamentos.

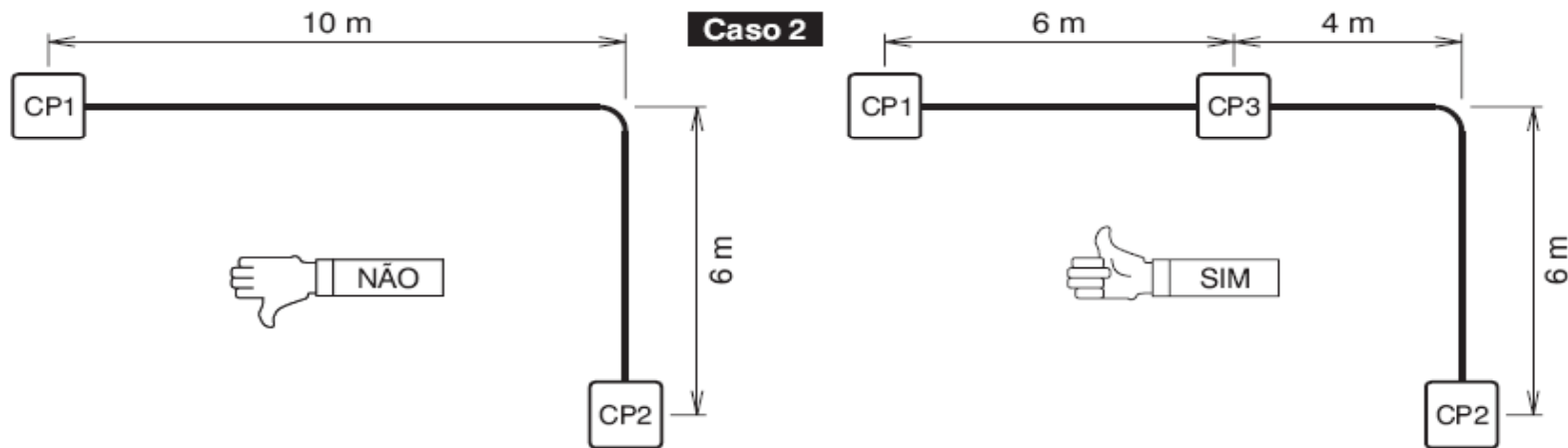
NOTA Admite-se a ausência de tampa em caixas de derivação ou de passagem instaladas em forros ou pisos falsos, desde que essas caixas efetivamente só se tornem acessíveis com a remoção das placas do forro ou do piso falso e que se destinem exclusivamente a emenda e/ou derivação de condutores, sem acomodar nenhum dispositivo ou equipamento.

Linhas com eletrodutos



O comprimento do trecho (25m) excede o máximo permitido (15m), o que levou à inserção de mais uma caixa de passagem (CP3).

Linhas com eletrodutos

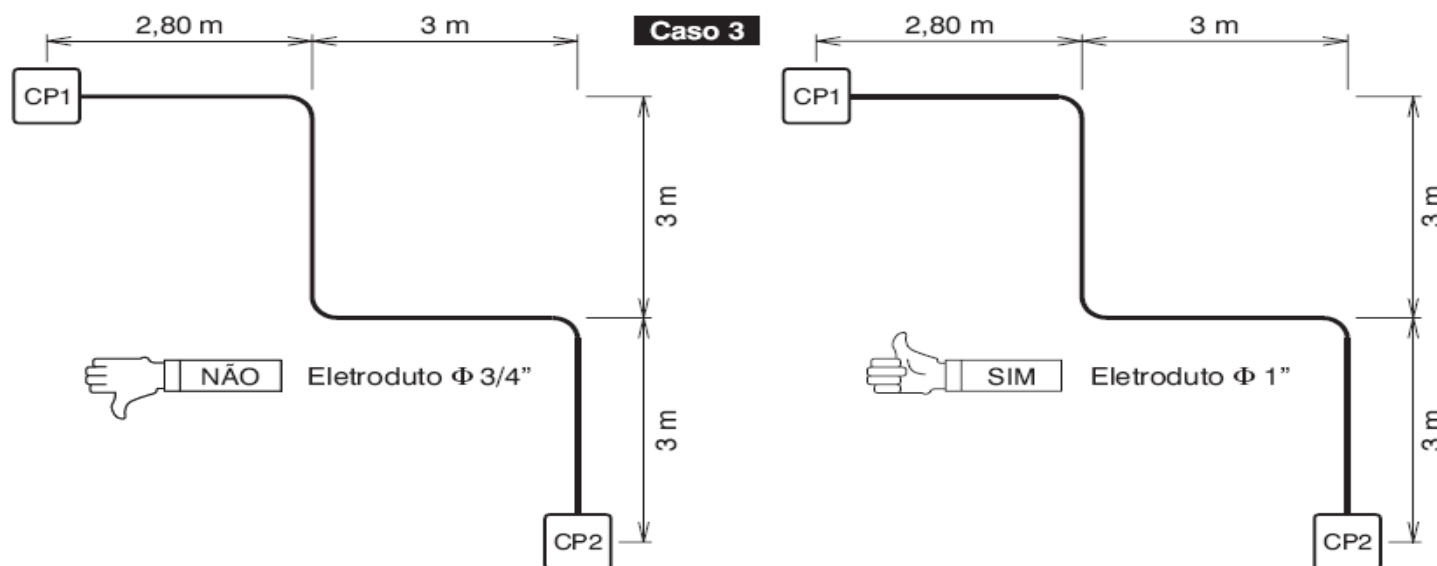


Como há uma curva de 90° no trecho, o comprimento máximo permitido para o eletroduto, ao serem descontados 3m referentes à curva, é:

$$15 \text{ m} - (1 \text{ curva} \times 3 \text{ m}) = 12 \text{ m}$$

Como o comprimento do trecho é: $10 + 6 = 16 \text{ m}$, superior, portanto, ao máximo permitido (12m), é preciso interpor mais uma caixa de passagem (CP3). Observe que, com esta interposição, o comprimento máximo entre duas caixas com uma curva passa a ser: $4 + 6 = 10 \text{ m}$, inferior, portanto, ao máximo permitido (12m).

Linhas com eletrodutos



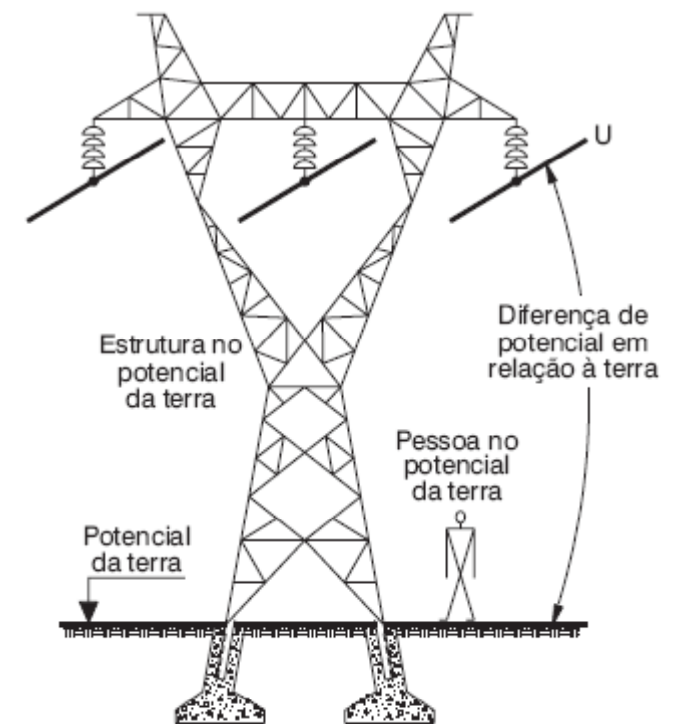
Representa a situação em que não é possível a interposição de novas caixas de passagem. Pelo disposto, o comprimento máximo que seria permitido, considerando as 3 curvas de 90° existentes, é: $15 \text{ m} - (3 \text{ curvas} \times 3 \text{ m}) = 6 \text{ m}$.

O comprimento real do trecho, que é igual a: $2,80 + 3 + 3 + 3 = 11,80 \text{ m}$, excede o máximo permitido em: $11,80 - 6 = 5,80 \text{ m}$. Logo, a quantidade de aumentos no tamanho nominal do eletroduto previsto é: $5,80 / 6 = 0,96 = 1$ aumento de diâmetro.

9. ATERRAMENTO

Conceitos

- A massa do globo terrestre é tão grande que seu potencial, não importando a quantidade de cargas elétricas que receba, praticamente não varia.
- À Terra é atribuído o potencial zero, tornando-a referência para as medidas desta grandeza (veja a figura).
- Qualquer objeto condutor em contato com ela é levado a um potencial próximo de zero, como a pessoa e a estrutura metálica da figura.



Conceitos

■ **Aterramento é a ligação intencional de um condutor à terra. Existem dois tipos de aterramento:**

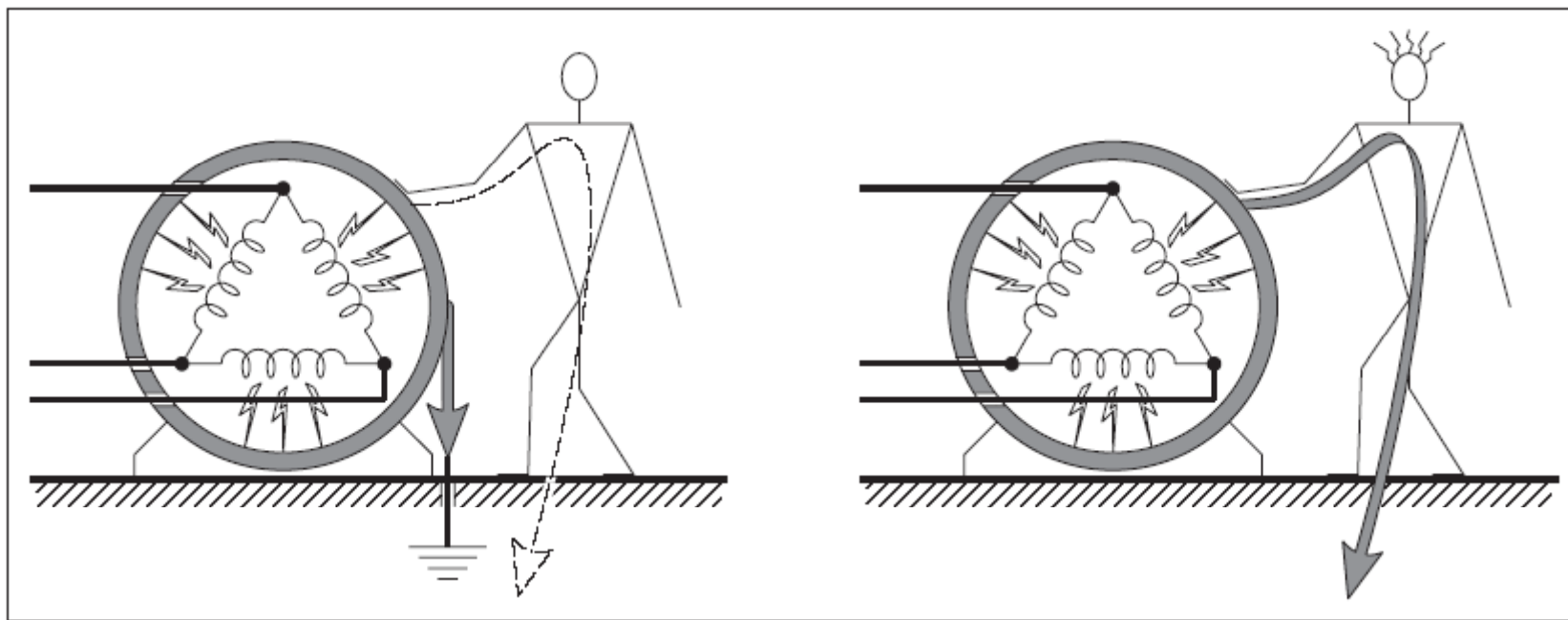
- **funcional: em que liga-se à terra um dos condutores do sistema (geralmente o neutro), para garantir o funcionamento correto e confiável da instalação;**
- **proteção: em que liga-se à terra as massas e os elementos condutores estranhos à instalação, com o único objetivo de proteção contra contatos indiretos.**

Função básica

- Em síntese, o aterramento procura obter, tanto quanto possível, a condição de diferença nula de potencial (também referida como *equipotencialidade*) entre os condutores de proteção dos equipamentos, as carcaças destes, os condutos metálicos e todas as demais partes condutoras da instalação, incluindo os elementos metálicos estruturais das edificações.

Note bem: a equipotencialidade significa apenas que todos os elementos condutores da instalação estão submetidos ao mesmo potencial, ainda que diferente de zero.

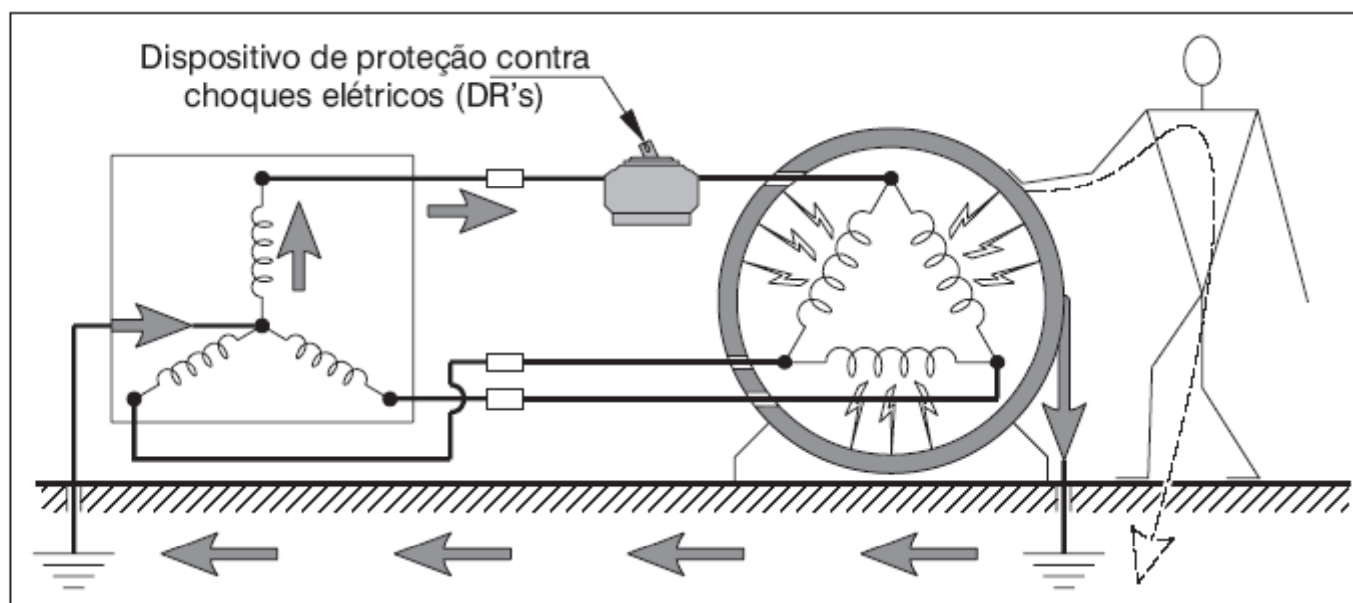
Função básica



o uso do aterramento para minimizar os efeitos do choque elétrico.

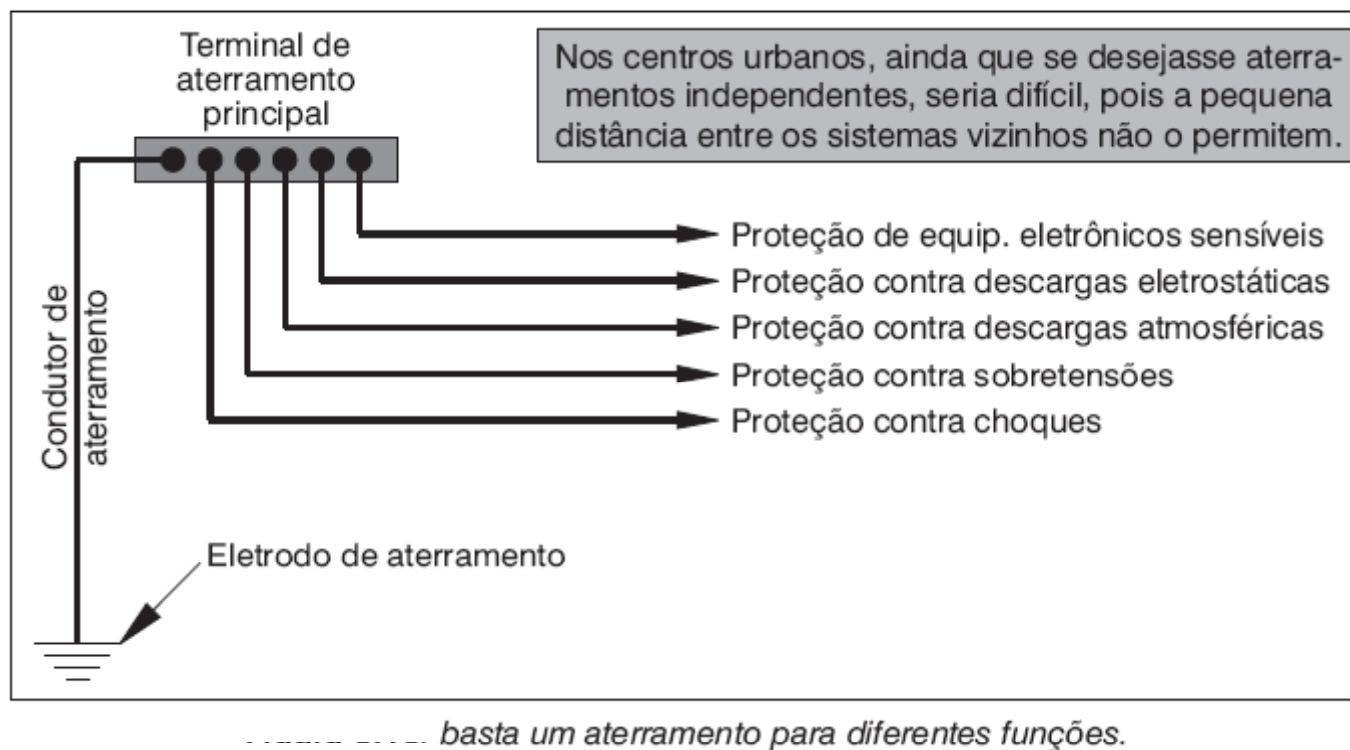
Função básica

Como representado na figura ao lado, os DR's não impedem a circulação de corrente nas pessoas. Eles apenas limitam o tempo de circulação a valores seguros!



o uso simultâneo de DR's com o aterramento — a mais eficaz proteção contra os choques elétricos.

Função básica



Esquemas de aterramento

- A NBR 5410 prescreve que os sistemas de distribuição devem possuir um dos seguintes esquemas de aterramento: *TT*, *IT* ou *TN* – cuja classificação depende da situação da alimentação em relação à terra (primeira letra) e da situação das massas em relação à terra (segunda letra).

1ª letra: situação da alimentação em relação à terra. Seu código é:

T = um ponto diretamente aterrado;

I = isolamento de todas as partes vivas em relação à terra ou, então, aterramento de um ponto através de uma impedância;

2ª letra: situação das massas da instalação em relação à terra. Seu código é:

T = massas diretamente aterradas, independentemente do eventual aterramento de um ponto da alimentação;

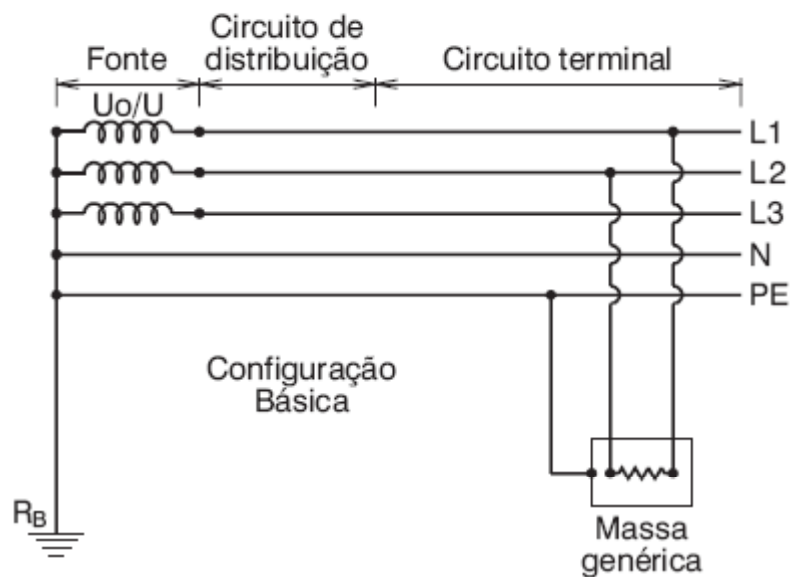
N = massas ligadas diretamente ao ponto aterrado da alimentação (em CA, normalmente o neutro);

S = funções de neutro (N) e de proteção (PE) asseguradas por condutores distintos;

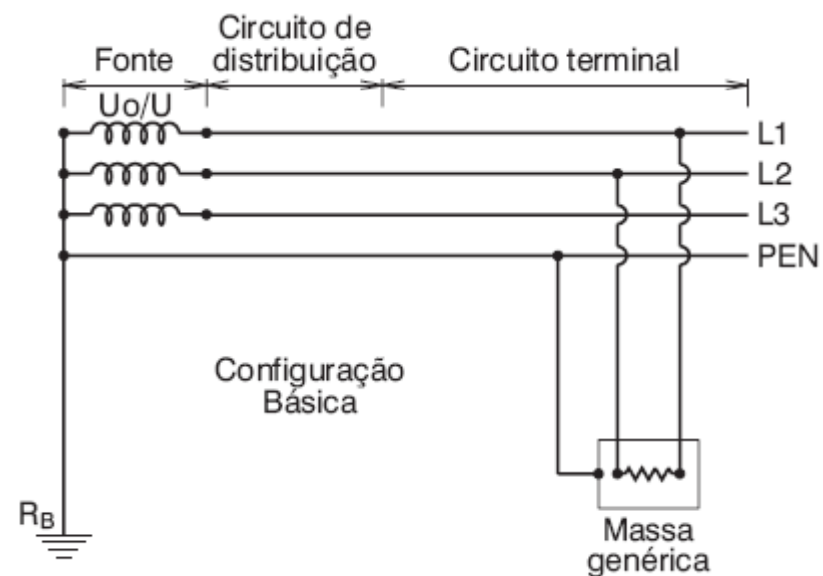
C = funções de neutro (N) e de proteção (PE) combinadas em um único condutor (PEN).

Esquemas de aterramento

Esquema TN-S

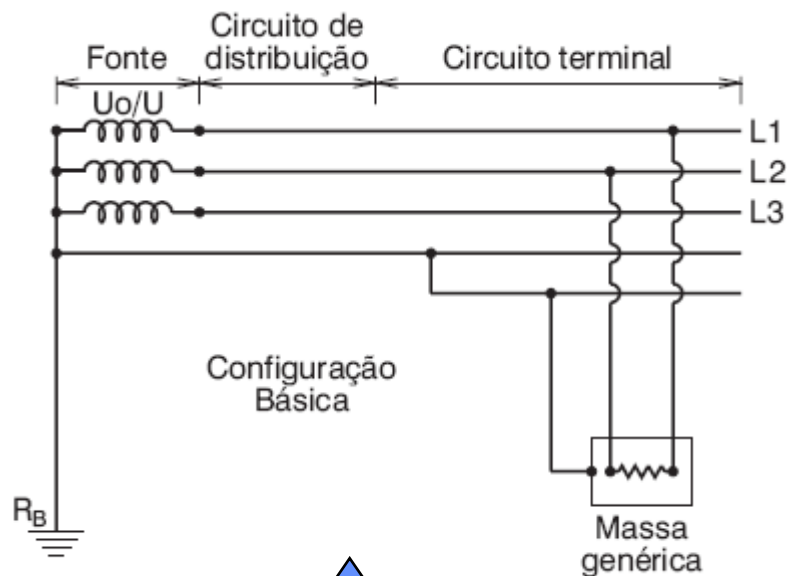


Esquema TN-C

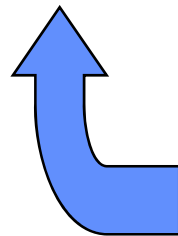
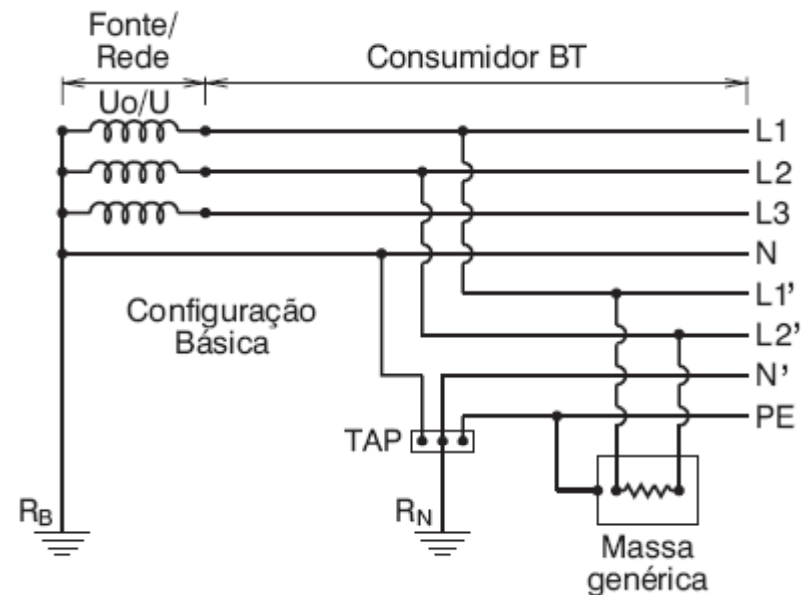


Esquemas de aterramento

Esquema TN-C-S

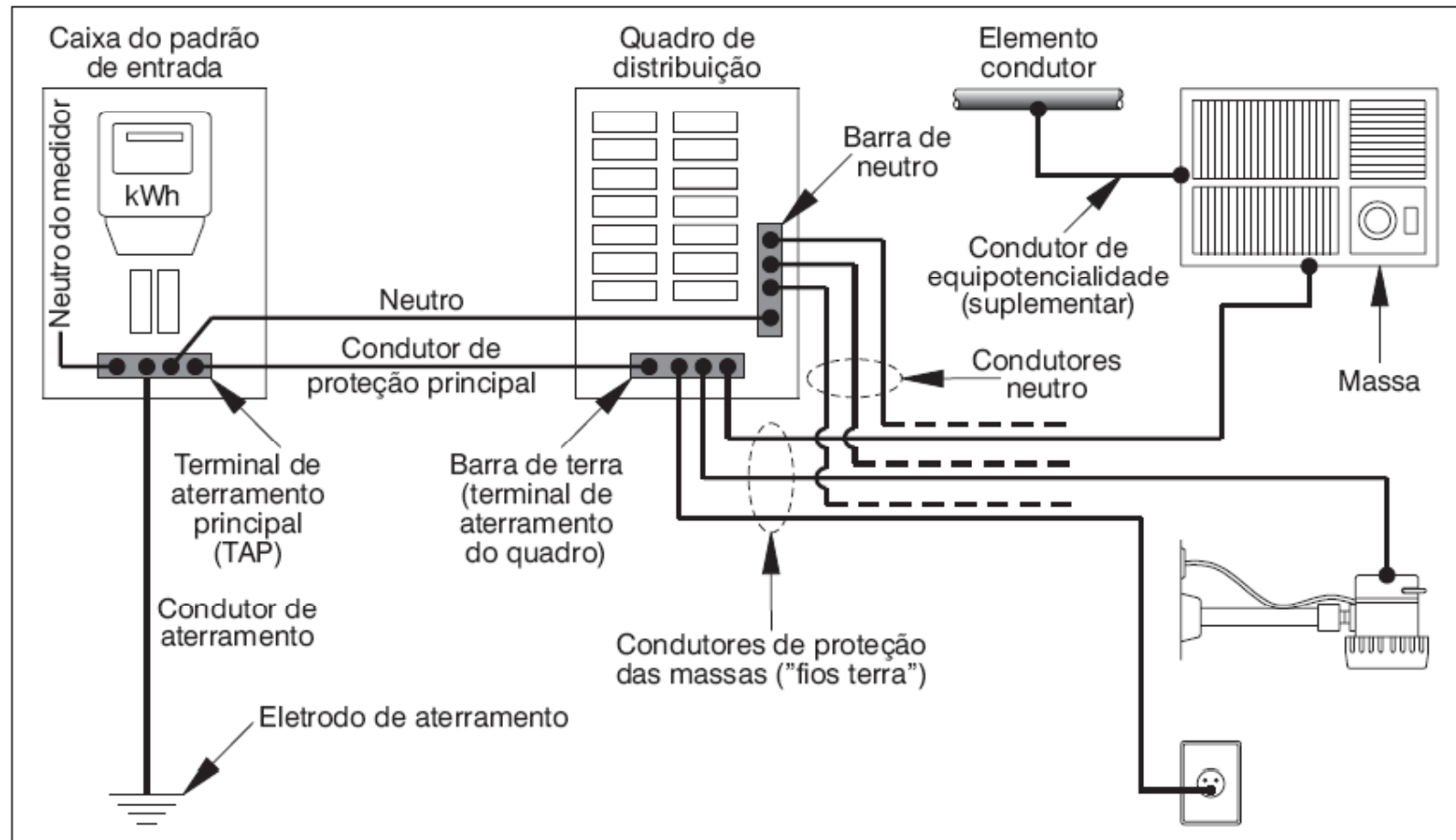


Esquema TN-C-S com Alimentação por Rede Pública de Baixa Tensão



No Brasil, em instalações alimentadas diretamente pela rede pública de baixa tensão, o esquema TN é o mais utilizado, principalmente o TN-C-S. A propósito, *o TN-C-S é o esquema utilizado nas instalações elétricas residenciais (e o escolhido para o nosso projeto).*

Esquemas de aterramento

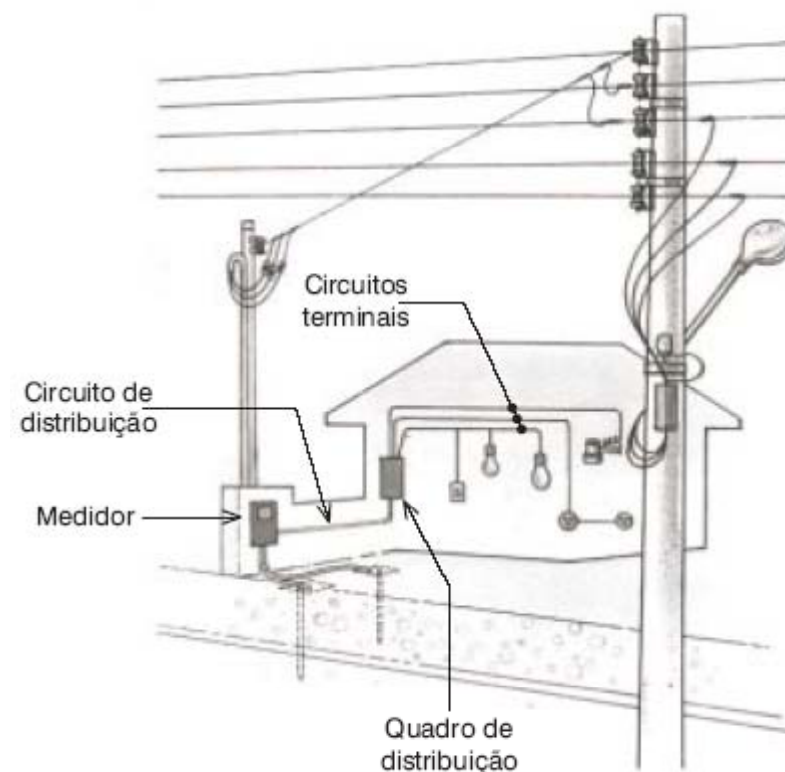


esquema TN-C-S de aterramento.

10. **DIVISÃO DA INSTALAÇÃO EM CIRCUITOS**

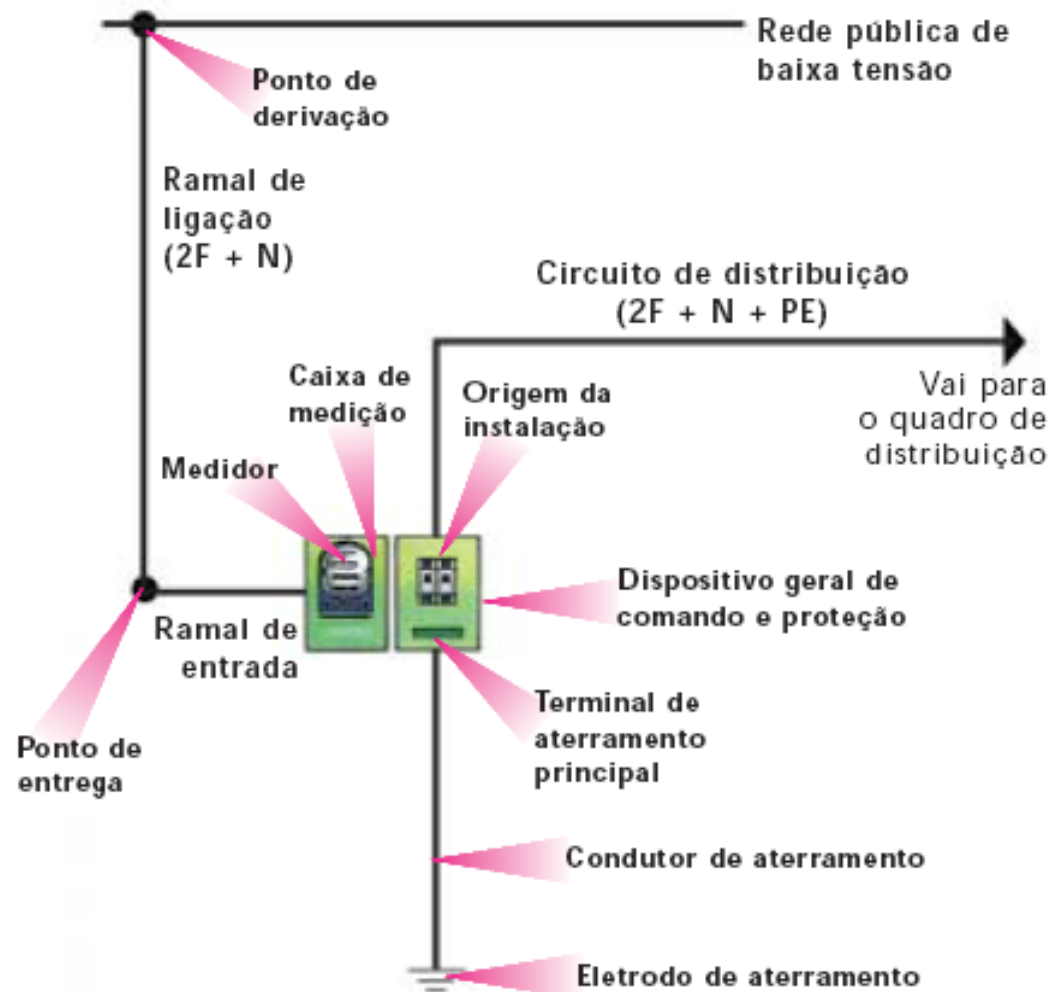
Circuito elétrico

- É o conjunto de equipamentos e fios, ligados ao mesmo dispositivo de proteção.
- Em uma instalação elétrica residencial, encontramos dois tipos de circuitos: o de distribuição e os circuitos terminais.



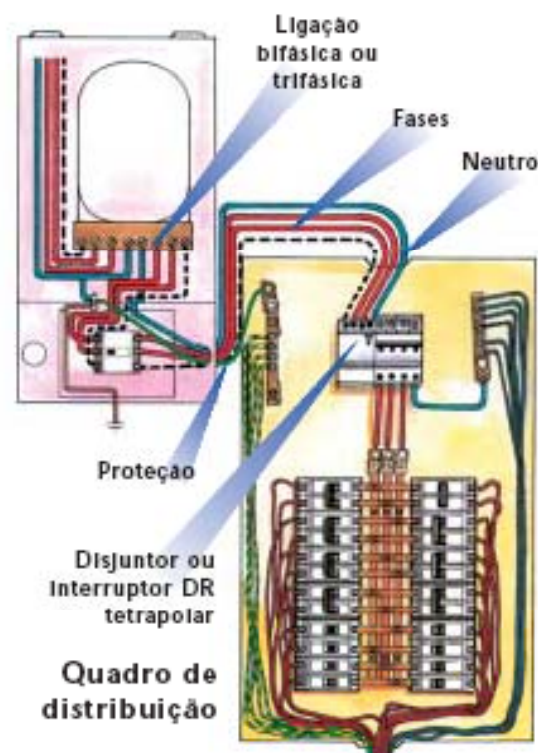
Circuito de distribuição

- O circuito de distribuição liga o medidor do padrão de entrada ao quadro de distribuição.



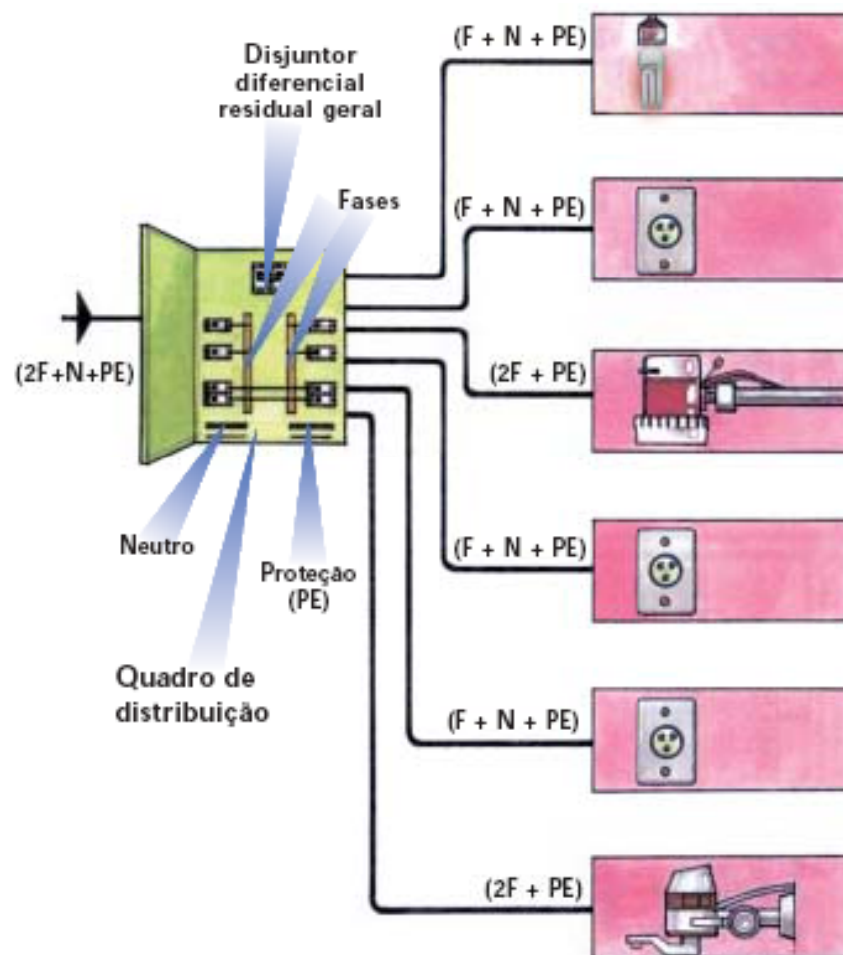
Circuito de distribuição

- Exemplo de circuito de distribuição bifásico ou trifásico protegido por disjuntor termomagnético.



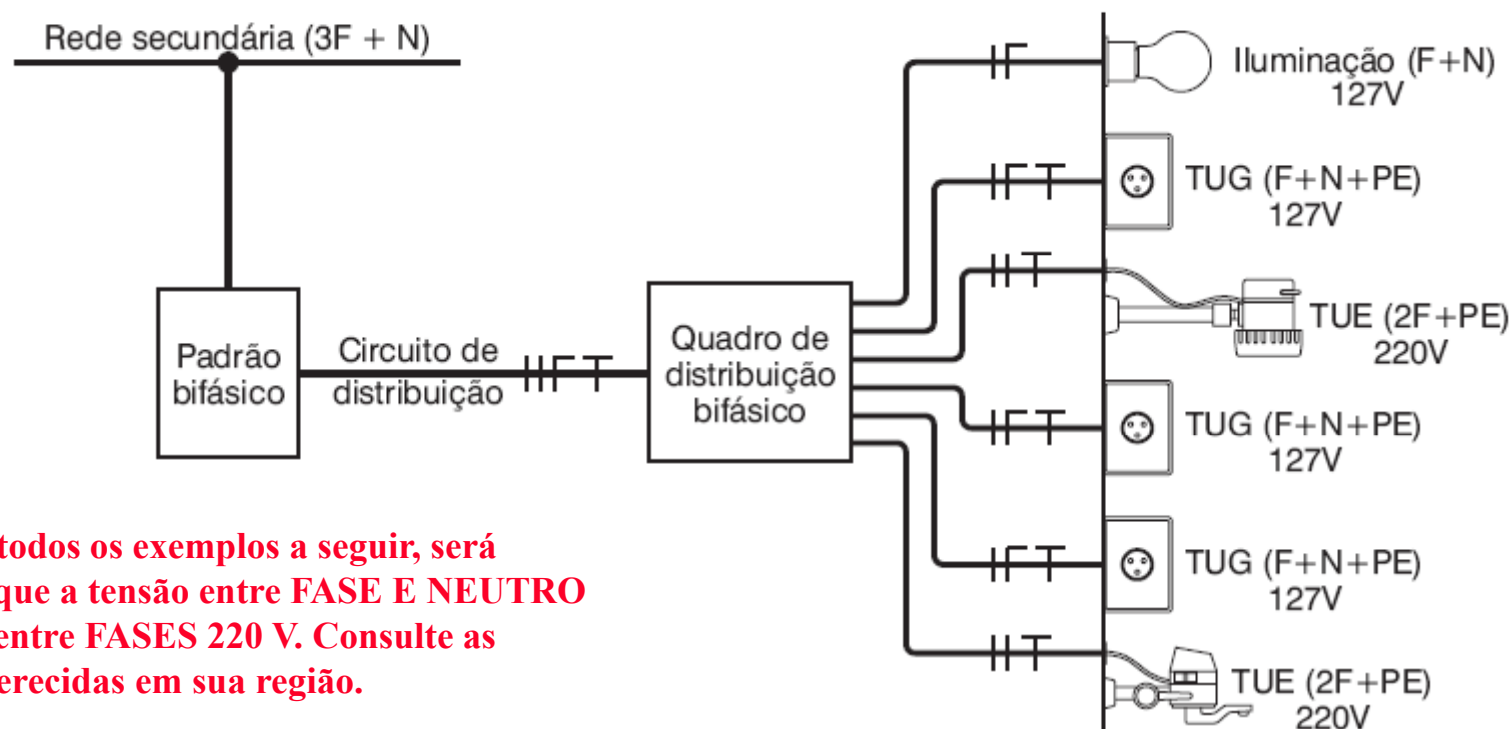
Circuito terminais

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



Circuito terminais

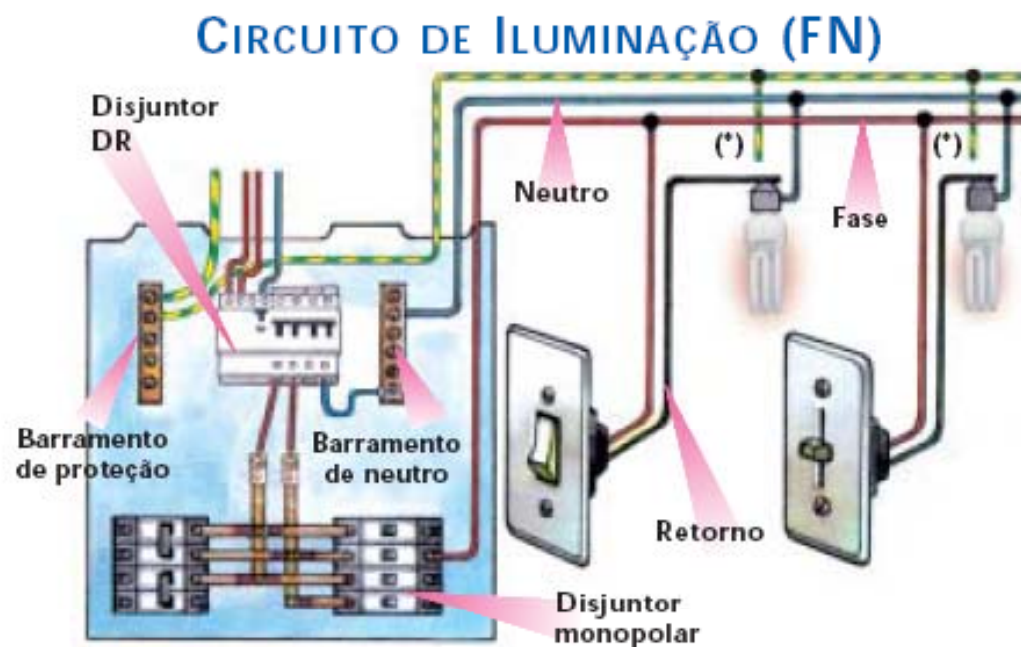
■ Representação esquemática dos circuitos de distribuição + terminais.



Nota: em todos os exemplos a seguir, será admitido que a tensão entre FASE E NEUTRO é 120 V e entre FASES 220 V. Consulte as tensões oferecidas em sua região.

Circuito terminais

■ Exemplos de circuitos terminais protegidos por disjuntores termomagnéticos:

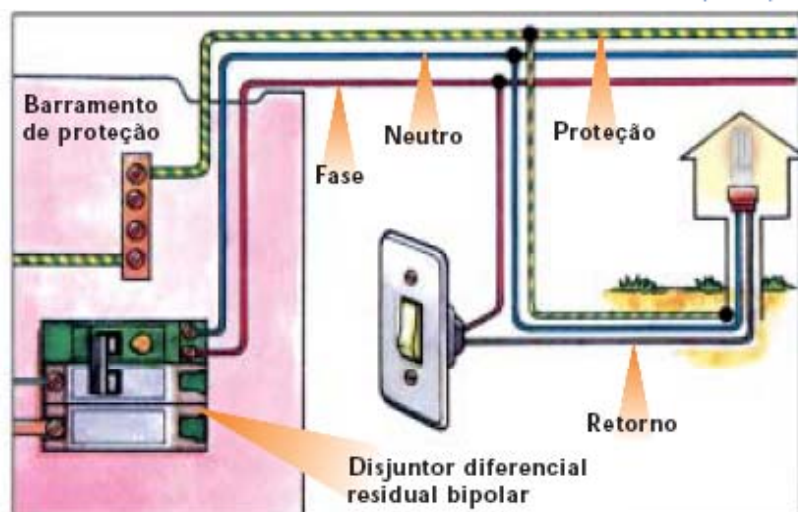


* se possível, ligar o condutor de proteção (terra) à carcaça da luminária.

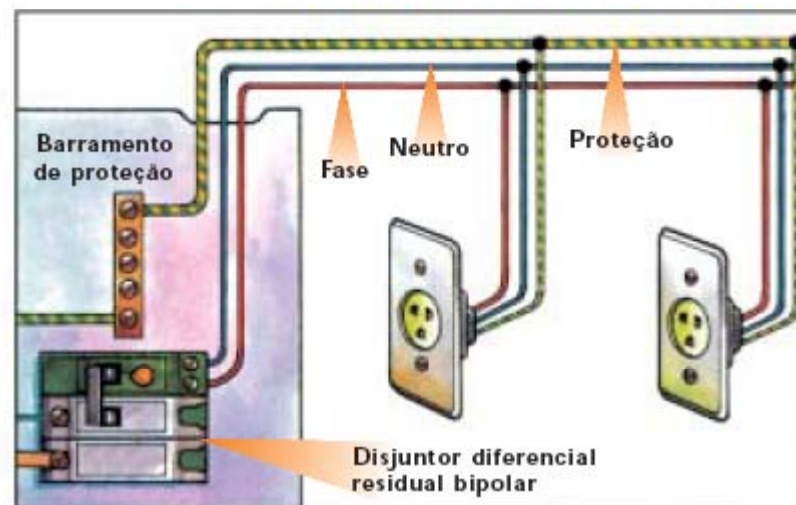
Circuito terminais

■ Exemplos de circuitos terminais protegidos por disjuntores DR:

CIRCUITO DE ILUMINAÇÃO EXTERNA (FN)



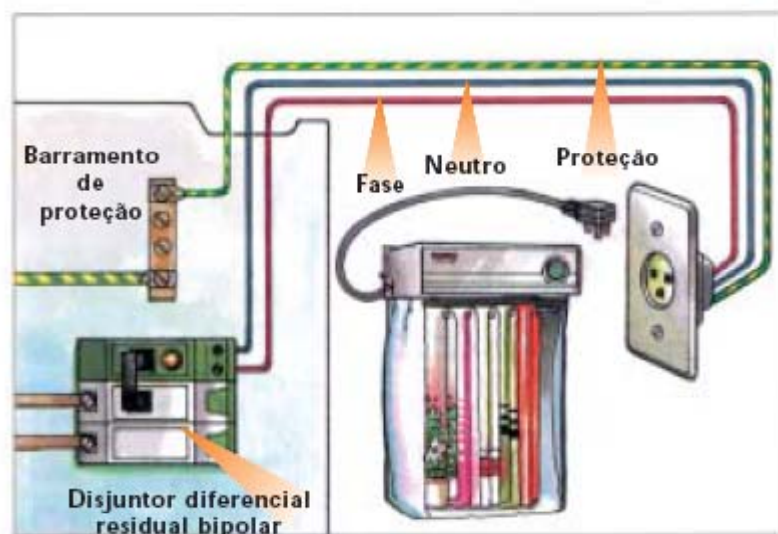
CIRCUITO DE TOMADAS DE USO GERAL (FN)



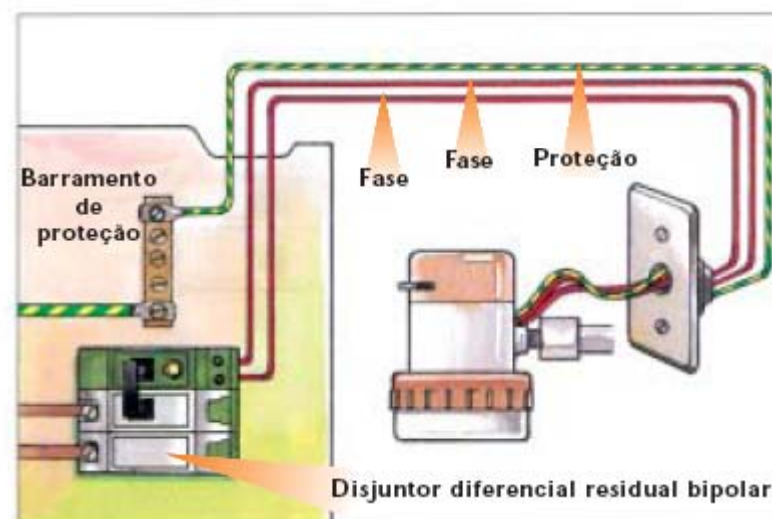
Circuito terminais

■ Exemplos de circuitos terminais protegidos por disjuntores DR:

CIRCUITO DE TOMADA DE USO ESPECÍFICO (FN)



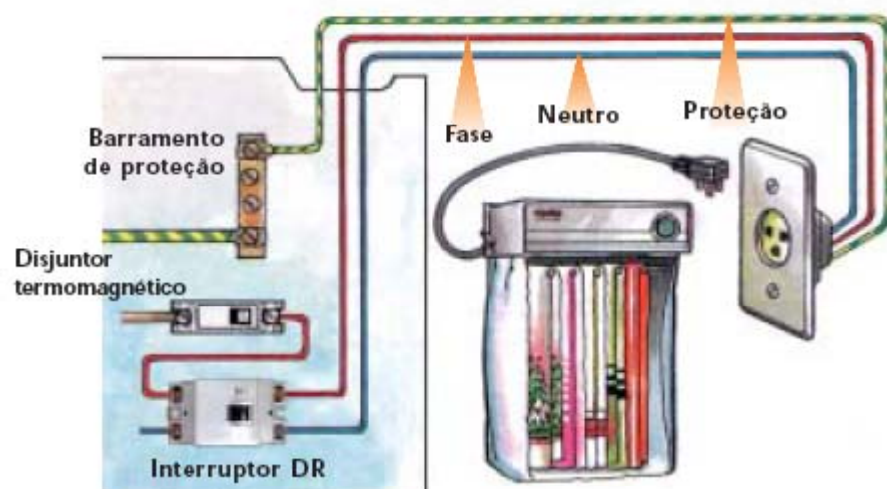
CIRCUITO DE TOMADA DE USO ESPECÍFICO (FF)



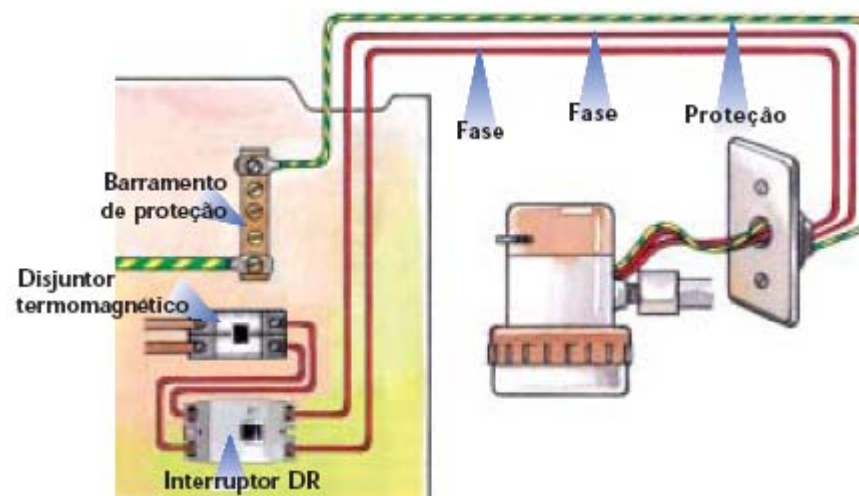
Circuito terminais

■ Exemplos de circuitos terminais protegidos por interruptor DR:

CIRCUITO DE TOMADA DE USO ESPECÍFICO (FN)



CIRCUITO DE TOMADA DE USO ESPECÍFICO (FF)



Divisão da instalação em circuitos

■ Segundo a NBR 5410, a divisão da instalação em circuitos deve ser de modo a atender, entre outras, às seguintes exigências:

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

Divisão da instalação em circuitos

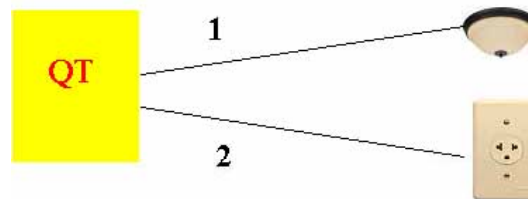
■ Principais critérios (NBR 5410):

1. Toda instalação deve ser dividida em circuitos (tantos quantos necessários), de forma que cada um possa ser seccionado sem risco de realimentação inadvertida através de curto-circuito;
2. Cada circuito terminal será ligado a um dispositivo de proteção. No caso de instalações residenciais, poderão ser utilizados disjuntores termomagnéticos e DRs;
3. Considerar as necessidades futuras;
4. Equilíbrio de carga nas fases;
5. Prever circuitos distintos para partes da instalação que requeiram controle específico;

Divisão da instalação em circuitos

■ Principais critérios (NBR 5410):

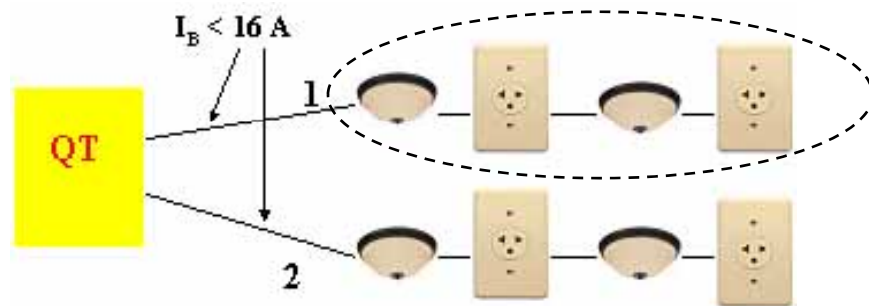
6. Os circuitos terminais devem ser individualizados pela função dos equipamentos de utilização que alimentam. **Em particular, devem ser previstos circuitos terminais distintos para pontos de iluminação e para pontos de tomada.**



- Como exceção à esta regra, em locais de habitação, admite-se que pontos de tomada (exceto os indicados no item 7) e pontos de iluminação possam ser alimentados por circuito comum, desde que as seguintes condições sejam **SIMULTANEAMENTE** atendidas:
 - a) a corrente de projeto (IB) do circuito comum (iluminação + tomadas) não deve ser superior a 16 A;
 - b) os pontos de iluminação não sejam alimentados, em sua totalidade, por um só circuito, caso esse circuito seja comum (iluminação + tomadas); e
 - c) os pontos de tomadas, já excluídos os indicados no item 7, não sejam alimentados, em sua totalidade, por um só circuito, caso esse circuito seja comum (iluminação mais tomadas).

Divisão da instalação em circuitos

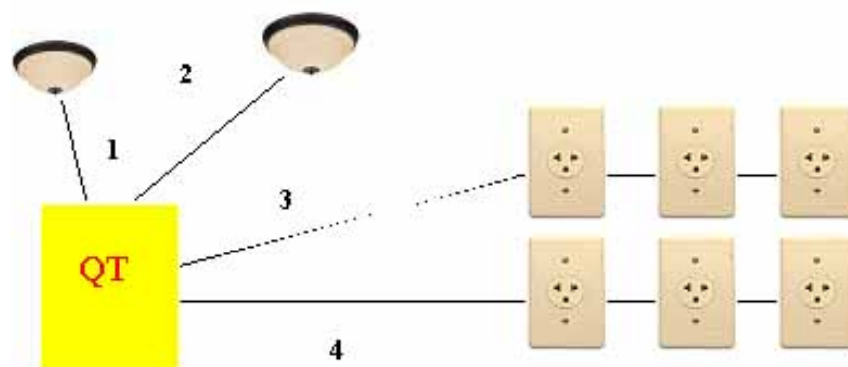
Analizando o item 6, por partes. Em primeiro lugar (item a), em locais de habitação, como regra geral, passa a ser permitido juntar circuitos de iluminação e tomadas, desde que a corrente de projeto (I_B) do circuito comum (iluminação + tomadas) não seja superior a 16 A.



Qualquer dependência, exceto cozinha, copa, área de serviço, lavanderia e locais análogos)

Divisão da instalação em circuitos

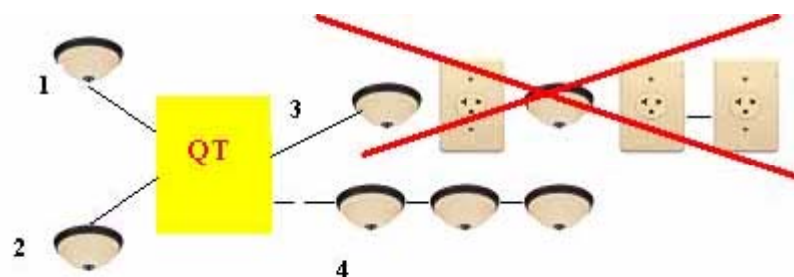
A exceção a regra anterior está no caso de cozinhas, copas, copas-cozinhas, áreas de serviço, lavanderias e locais análogos, onde iluminação e tomadas têm que estar em circuitos separados.



Porém, neste caso, a norma não proíbe que o(s) circuito(s) de iluminação de cozinhas, copas, copas-cozinhas, áreas de serviço, lavanderias e locais análogos esteja(m) no mesmo circuito de outras áreas. Por exemplo, é permitido um circuito que junte a iluminação da cozinha e da lavanderia com a iluminação e tomadas do quarto.

Divisão da instalação em circuitos

Com relação aos itens b e c, se a opção for juntar iluminação e tomadas nos cômodos onde isto é permitido, deverão existir pelo menos dois circuitos de iluminação mais tomadas, fora o circuito exclusivo para tomadas em cozinha + área de serviço, etc.



NOTA: Se houver a opção (recomendável) por separar iluminação e tomadas em toda a instalação, é possível existir apenas um circuito de iluminação, enquanto deveriam existir pelo menos dois circuitos de tomadas (um para cozinha + área de serviço, etc. e outro para os demais cômodos, conforme vimos anteriormente). Neste caso, o número mínimo de circuitos também é três.

Divisão da instalação em circuitos

Como se vê, em ambos os casos de aplicação da versão de 2004, o número mínimo de circuitos é de três circuitos, enquanto que na versão de 1997, o número mínimo é de dois circuitos (um para toda iluminação e outro para todas as tomadas).

Ao contrário do que possa parecer, o aumento do custo de uma instalação elétrica é quase insignificante quando se separam os circuitos de iluminação e tomadas.



Divisão da instalação em circuitos

■ Principais critérios (NBR 5410):

7. Os pontos de tomada de cozinhas, copas, copas-cozinhas, áreas de serviço, lavanderias e locais análogos, devem ser atendidos por circuitos **exclusivamente** destinados à alimentação de tomadas desses locais. Os demais cômodos podem ter suas tomadas agrupadas em um mesmo circuito.

Obs: Note que a norma não determina que cada área destas tenha que ter um circuito só para si, ficando a critério do profissional definir a quantidade de circuitos que atendem estas áreas. A regra tem por objetivo não misturar circuitos de pontos de tomadas daquelas áreas com os de outros cômodos, tais como salas, dormitórios, banheiros. Com esta prescrição, fica evidenciado que uma instalação qualquer em local de habitação tem que ter, no mínimo, dois circuitos de tomadas.

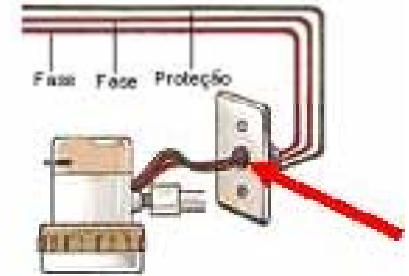
Divisão da instalação em circuitos

■ Principais critérios (NBR 5410):

8. Todo ponto de utilização previsto para alimentar, de modo **exclusivo** ou virtualmente dedicado, equipamento com corrente superior a 10 A, deve constituir um circuito independente;
9. Não normativo: como forma de evitar grandes seções nominais de condutores (o que resultaria em dificuldades de confecção das ligações nos interruptores e tomadas e de passar o cabo, inclusive, pelo eletroduto), a potência do circuito deve ser limitada em:
 - Iluminação: 1500 VA (127 V) e 2500 VA (220 V)
 - TUGs: 2500 VA (127 V) e 4300 VA (220 V)

Divisão da instalação em circuitos

- A norma explicita que "a conexão do aquecedor elétrico de água ao ponto de utilização deve ser direta, sem uso de tomada de corrente".



- ➔ A forma de fazer a ligação direta não é detalhada na norma, estando abertas as possibilidades de ligação direta entre condutores com reparo da isolação por fita isolante, uso de conectores, etc. Só não vale instalar um plugue no cabo do aquecedor (chuveiro, torneira, etc) e ligá-lo a uma tomada de corrente instalada na caixa de ligação na parede.

Divisão da instalação em circuitos

■ Para a nossa residência, aplicando os critérios que acabamos de ver, teríamos, no mínimo, 5 circuitos:

- dois circuitos de iluminação mais tomadas,
- um circuito exclusivo para tomadas em cozinha + área de serviço, etc.
- Chuveiro
- Torneira elétrica

OU

- um circuitos de iluminação
- um circuito de tomada exclusivo para tomadas em cozinha + área de serviço, etc.
- um circuito de tomada para os demais cômodos
- Chuveiro
- Torneira elétrica

Divisão da instalação em circuitos

- Por razões de ordem prática (a norma prescreve o mínimo, mas deve prevalecer as “boas práticas da engenharia”), a instalação será dividida em:

OS CIRCUITOS DE ILUMINAÇÃO EM 2:



OS CIRCUITOS DE TOMADAS DE USO GERAL EM 4:



Com relação aos circuitos de tomadas de uso específico, permanecem os 2 circuitos independentes:

Chuveiro elétrico

Torneira elétrica

Divisão da instalação em circuitos

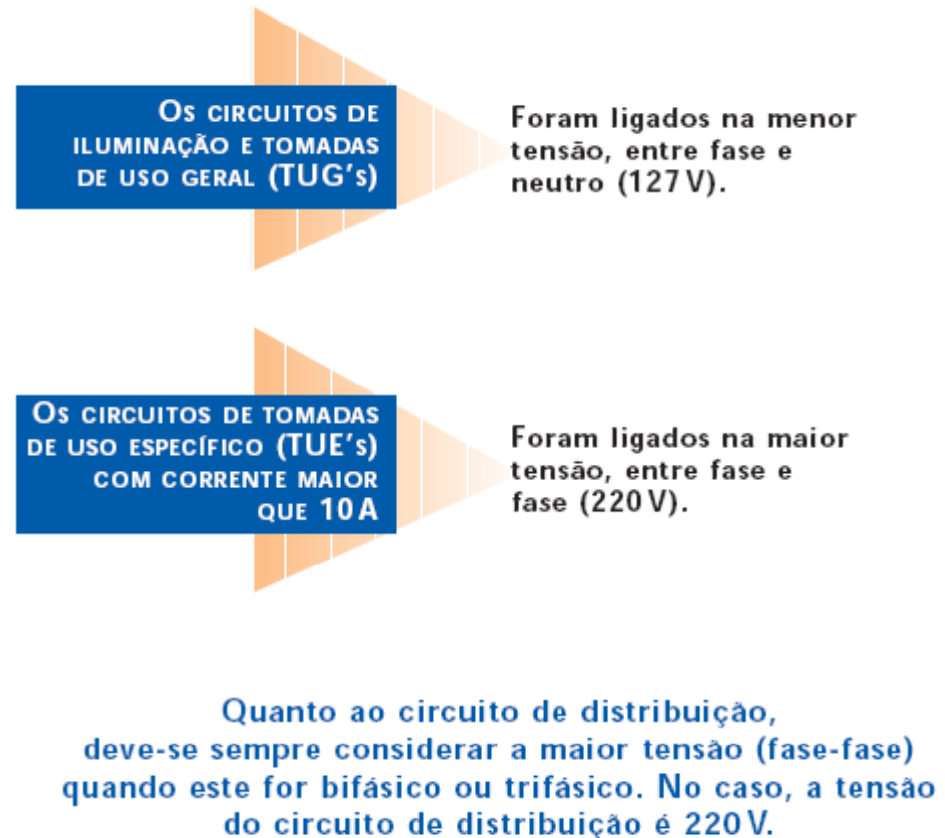
Quadro de Distribuição de Cargas												
Circuitos Terminais		Tensão [V]	Local	Potência ^(a) [VA]		Corrente [A]			Condutor	Proteção		
Nº	Tipo			Unit.	Total	Calculada	Fator de Correção	Corrigida	Seção Nominal [mm²]	Tipo	Nº Polos	Corrente [A]
1	Ilumin. Social	127	Sala Dorm. A Banho Hall Dorm. B	1 x 100 1 x 160 1 x 100 1 x 100 1 x 160	620							
2	Ilumin. Serviço	127	Copa Cozinha A. Serv. A. Ext.	1 x 100 1 x 160 1 x 100 1 x 100	460							
3	TUG's	127	Sala Dorm. A Banho Hall Dorm. B	3 x 100 3 x 100 1 x 600 1 x 100 3 x 100	1600							
4	TUG's	127	Copa	3 x 600 1 x 100	1900							
5	TUG's	127	Cozinha	3 x 600 1 x 100	1900							
6	TUG's	127	A. Serv.	3 x 600	1800							
7	TUE	220	Chuveiro	1 x 4400	4400							
8	TUE	220	Torneira	1 x 3500	3500							
Circuito de Distribuição		220	Quadro	12636 ^(b)								
			Padrão									

Notas:
 (a): dados transcritos da tabela 4.7;
 (b): este valor foi calculado da seguinte maneira:
 – pelo item 4.5.1, a potência de demanda de nossa residência é $P_D = 12004 \text{ W}$;
 – pela nota (c) da expressão 2.13, nas instalações residenciais, na prática, o fator de potência é 0,95;
 – logo, aplicando a expressão 2.13:

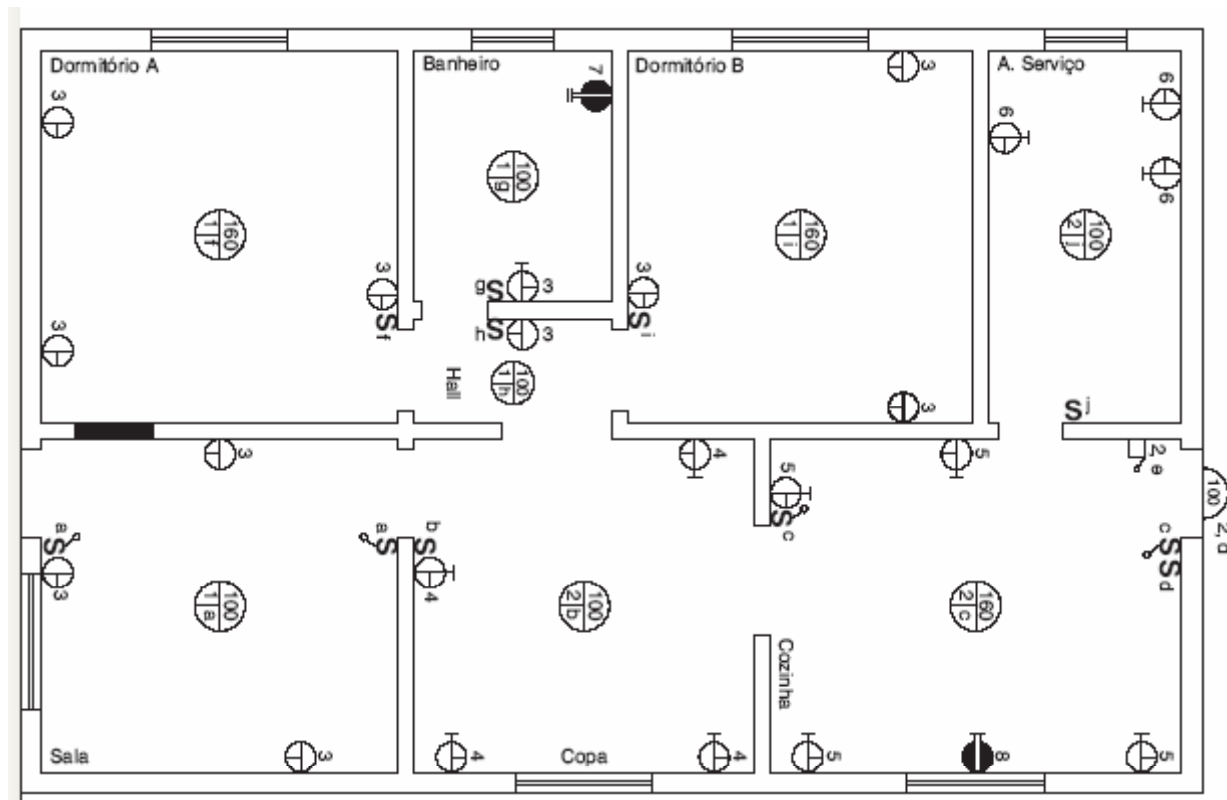
$$\cos \varphi = \frac{P_D}{S} \rightarrow S = \frac{P_D}{\cos \varphi} = \frac{12004}{0,95} = 12636 \text{ VA}$$

Divisão da instalação em circuitos

Como o tipo de fornecimento determinado para o projeto-exemplo em questão é bifásico, têm-se duas fases e um neutro alimentando o quadro de distribuição. Sendo assim, neste projeto foram adotados os seguintes critérios:

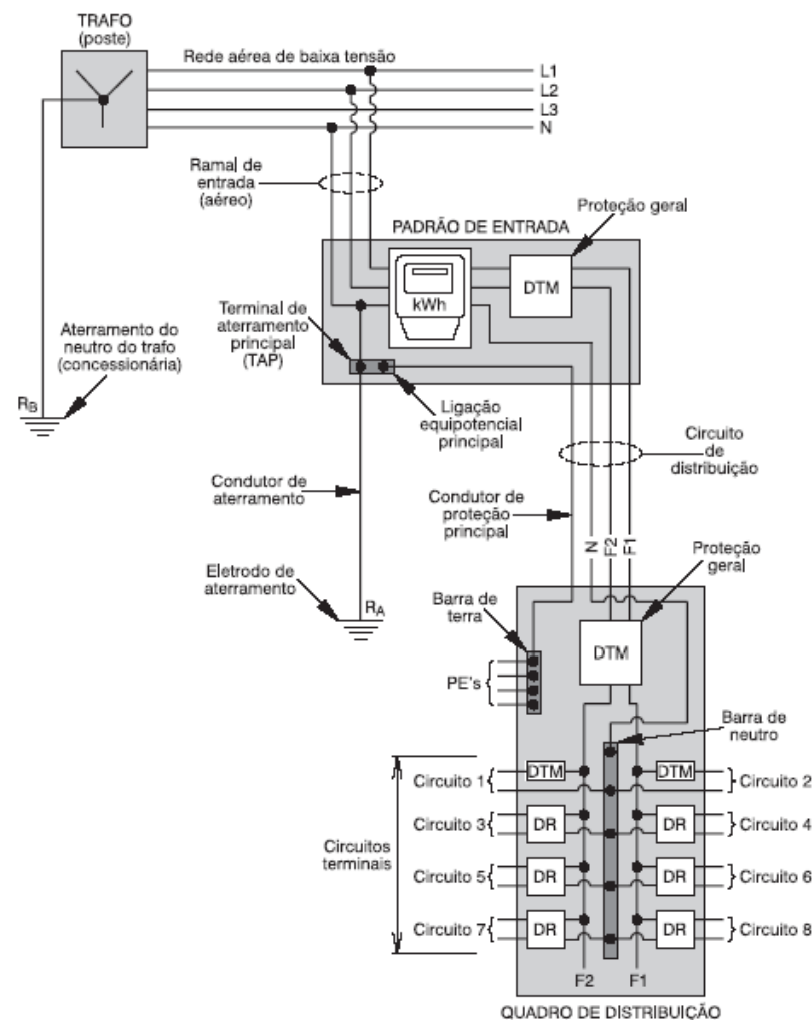


Divisão da instalação em circuitos



Tipo de proteção a ser empregada

■ Vamos optar pela instalação do DR nos circuitos terminais e DTM na entrada + demais terminais.

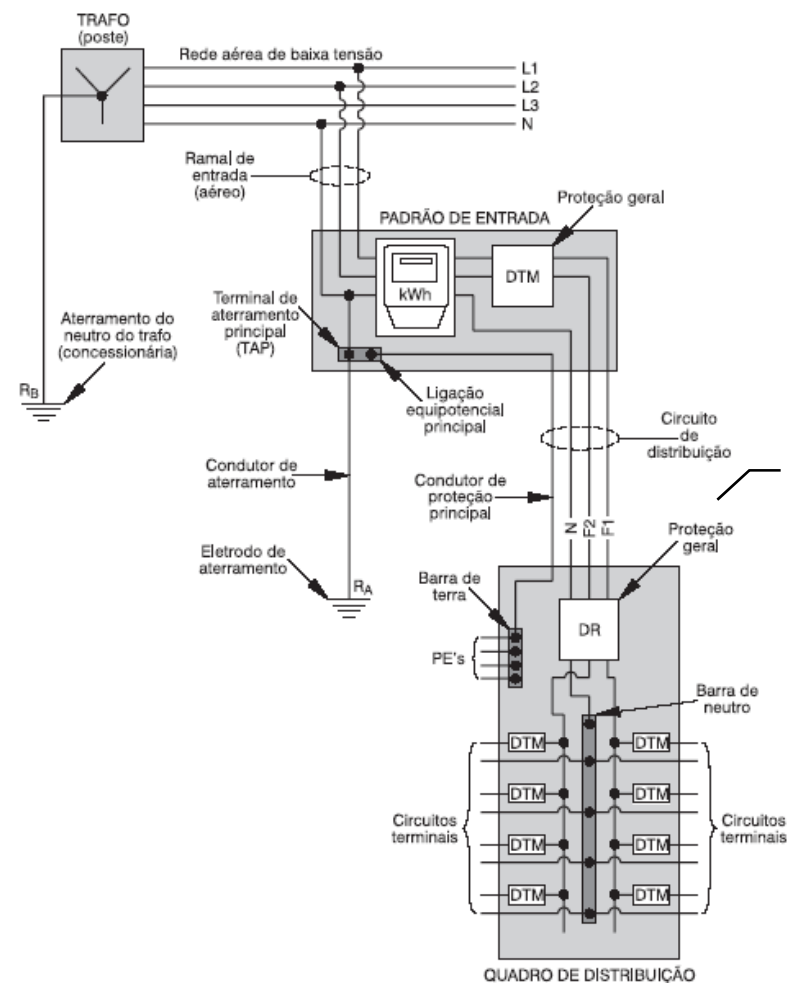
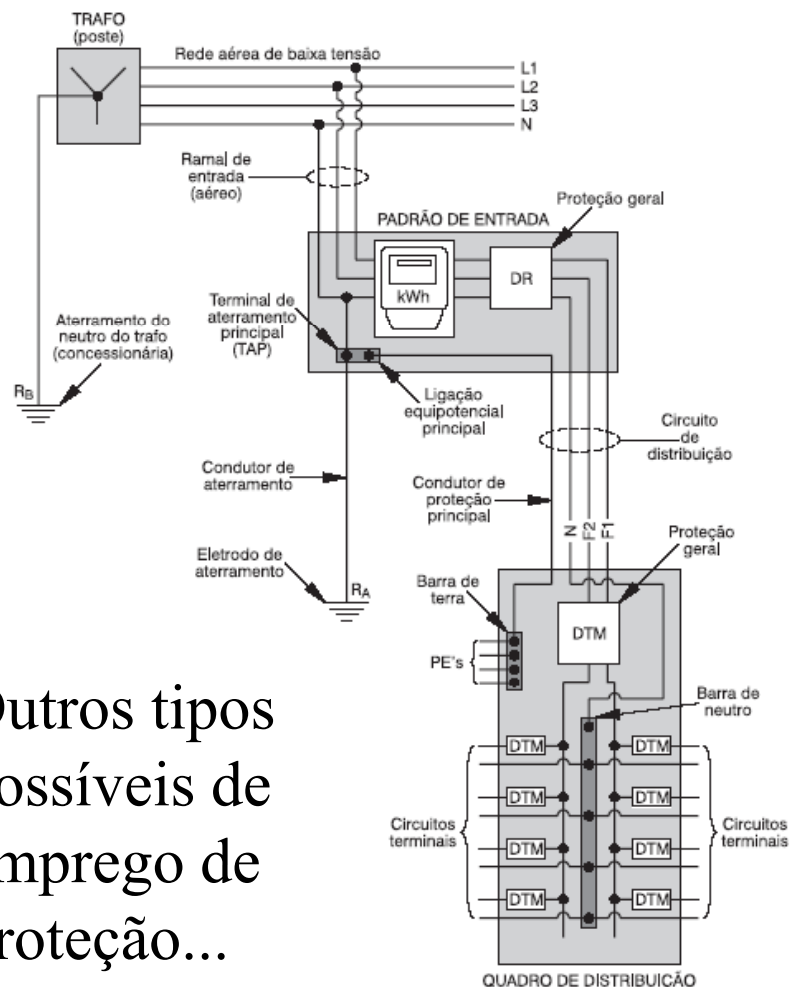


Tipo de proteção a ser empregada

Quadro de Distribuição de Cargas												
Circuitos Terminais		Tensão [V]	Local	Potência ^(a) [VA]		Corrente [A]			Condutor	Proteção		
Nº	Tipo			Unit.	Total	Calculada	Fator de Correção	Corrigida	Seção Nominal [mm²]	Tipo	Nº Polos	Corrente [A]
1	Ilumin. Social	127	Sala Dorm. A Banho Hall Dorm.B	1 x 100 1 x 160 1 x 100 1 x 100 1 x 160	620					DTM	1	
2	Ilumin. Serviço	127	Copa Cozinha A. Serv. A. Ext.	1 x 100 1 x 160 1 x 100 1 x 100	460					DTM	1	
3	TUG's	127	Sala Dorm. A Banho Hall Dorm.B	3 x 100 3 x 100 1 x 600 1 x 100 3 x 100	1600					DR	2	
4	TUG's	127	Copa	3 x 600 1 x 100	1900					DR	2	
5	TUG's	127	Cozinha	3 x 600 1 x 100	1900					DR	2	
6	TUG's	127	A. Serv.	3 x 600	1800					DR	2	
7	TUE	220	Chuveiro	1 x 4400	4400					DR	2	
8	TUE	220	Torneira	1 x 3500	3500					DR	2	
Circuito de Distribuição		220	Quadro	12636 ^(b)						DTM	2	
			Padrão							DTM	2	

Notas:
(a): dados transcritos da tabela 4.7;
(b): este valor foi calculado da seguinte maneira:
– pelo item 4.5.1, a potência de demanda de nossa residência é $P_D = 12004\text{ W}$;
– pela nota (c) da expressão 2.13, nas instalações residenciais, na prática, o fator de potência é 0,95;
– logo, aplicando a expressão 2.13:
$$\cos \varphi = \frac{P_D}{S} \rightarrow S = \frac{P_D}{\cos \varphi} = \frac{12004}{0,95} = 12636\text{ VA}$$

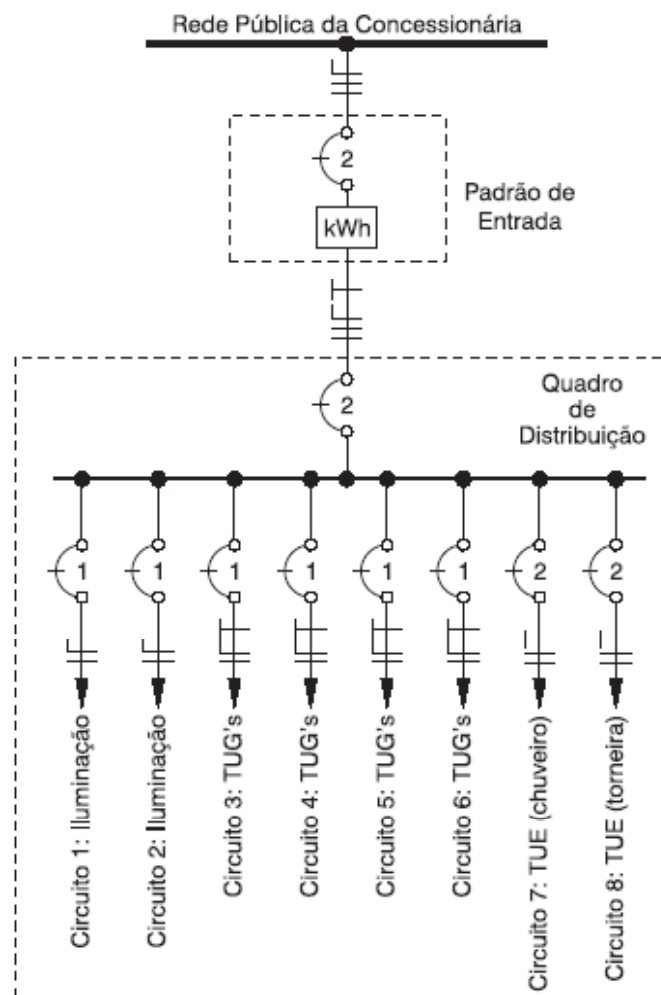
Tipo de proteção a ser empregada



Ou IDR
com DTM
na
retaguarda

Outros tipos
possíveis de
emprego de
proteção...

Diagrama unifilar



Caminhamento dos eletrodutos

- **Concluída a locação dos pontos elétricos e especificados os circuitos terminais, é hora de traçar o caminhoamento dos eletrodutos que irão interligá-los.**
- **Isto tem que ser muito bem estudado, procurando os trajetos mais curtos, com cuidado para não deixar algum ponto esquecido (adeus cliente!) e evitando, sempre que possível, cruzamentos.**

Caminhamento dos eletrodutos

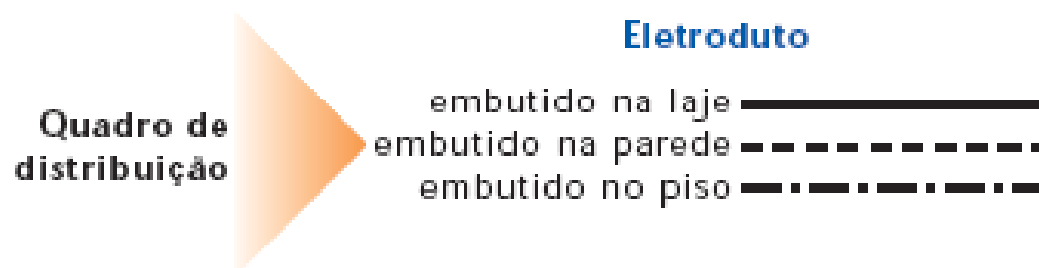
■ Considerar os seguintes aspectos para planejar o caminhamento:

- considerar que os eletrodutos podem “chegar” às caixas de derivação situadas nas paredes não apenas a partir do teto, mas, também, do piso (principalmente no caso das tomadas baixas);
- não permitir que as caixas de derivação octogonais, onde são instalados os pontos de iluminação situados no teto, recebam a interligação de mais de 6 ou 7 eletrodutos, para evitar seu congestionamento com emendas e passagem de condutores;
- pela mesma razão, não permitir que as caixas de derivação retangulares e quadradas, onde são instalados os interruptores e as tomadas situadas nas paredes, recebam a interligação de mais de 4 eletrodutos;

Caminhamento dos eletrodutos

■ Considerar os seguintes aspectos para planejar o caminhamento:

- preferencialmente, limitar em 5 a quantidade de circuitos dentro de um eletroduto (melhor ainda, 6 a 7 fios), para evitar grandes diâmetros e seções nominais elevadas dos condutores (pela influência do fator de agrupamento de circuitos, que será visto mais adiante). Esta recomendação é crítica no trecho inicial (saída do quadro de distribuição), onde, normalmente, são previstos mais de 1 eletroduto;
- Utilizar a simbologia gráfica para representar na planta do projeto o caminhamento do elet

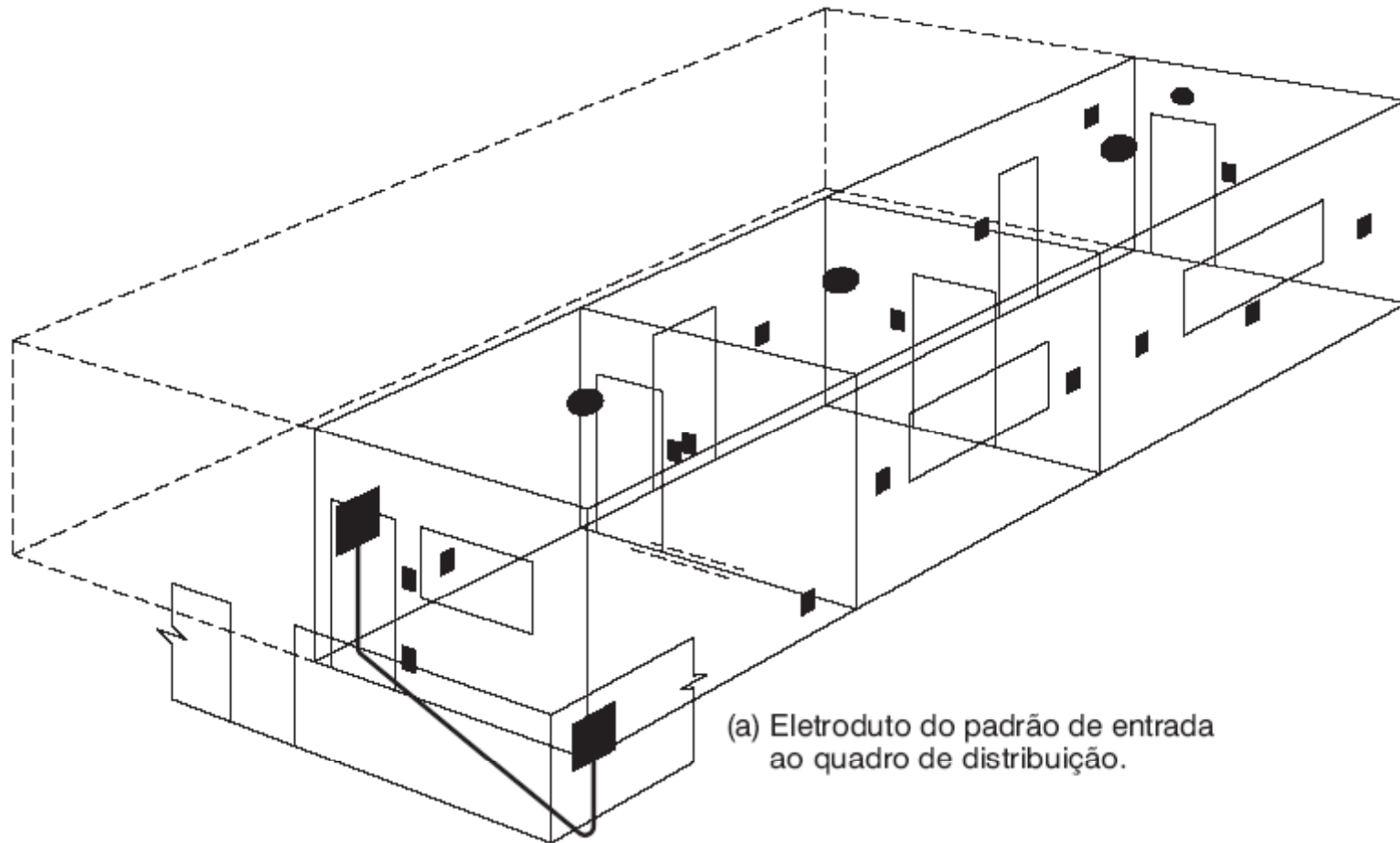


Caminhamento dos eletrodutos

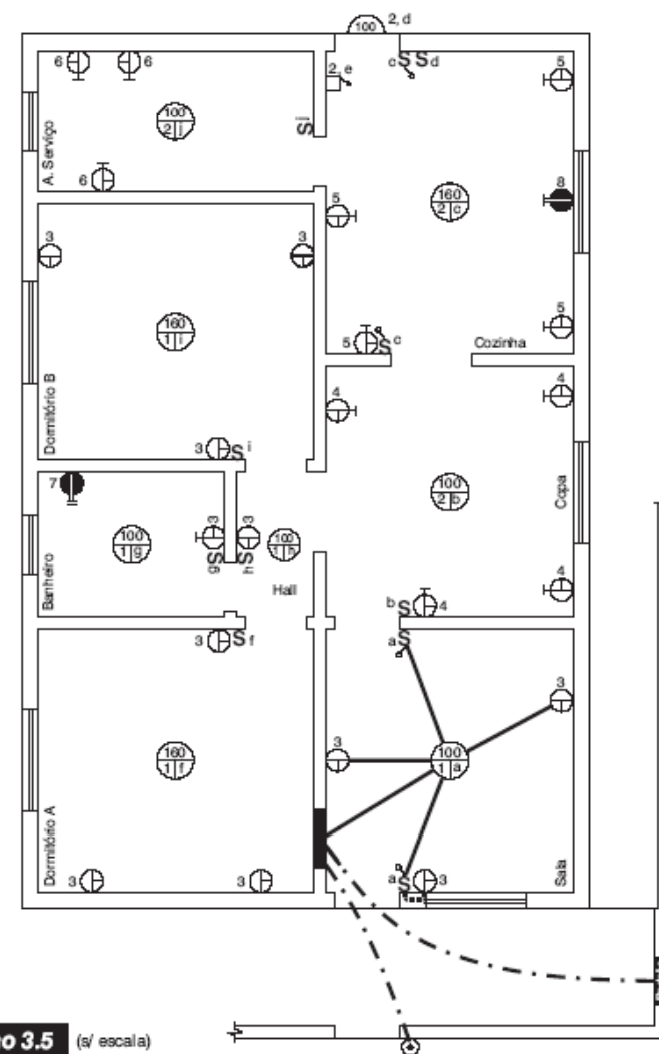
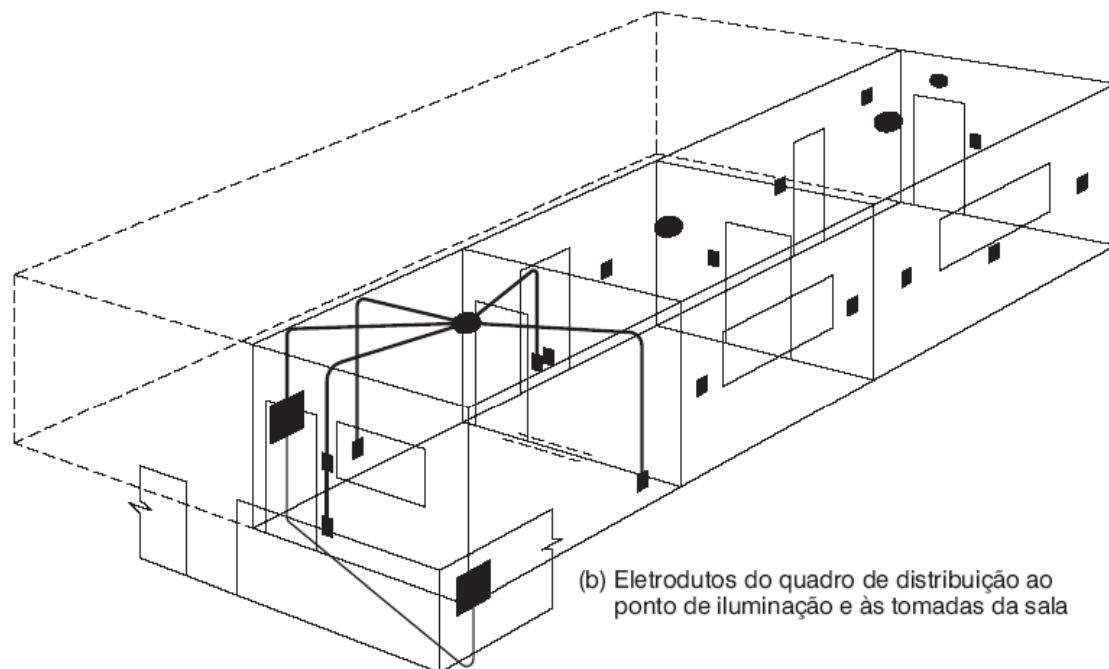
■ Considerar os seguintes aspectos para planejar o caminhamento:

- inicialmente, interligar o padrão de entrada ao quadro de distribuição;
- em cada cômodo, interligar o ponto de iluminação (começar pelo que abriga o quadro de distribuição);
- em cada cômodo, interligar o ponto de iluminação aos interruptores e tomadas. Caso exista mais de uma tomada na mesma parede, não há necessidade de eletrodutos individuais para cada uma, basta interligar uma ao ponto de iluminação e, dela, interligar as demais.

Caminhamento dos eletrodutos

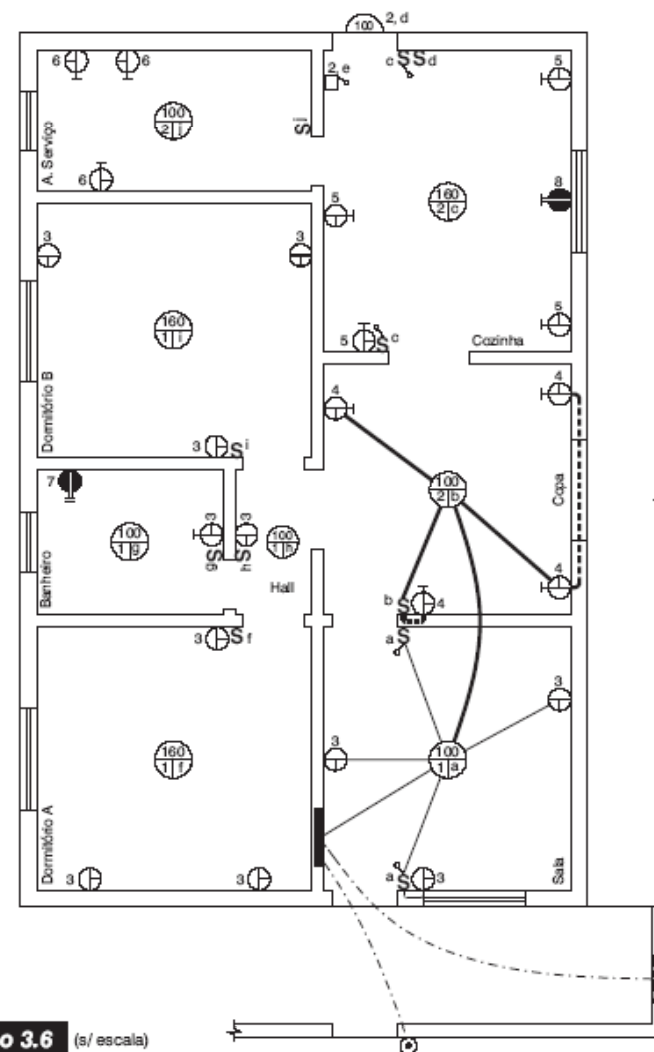
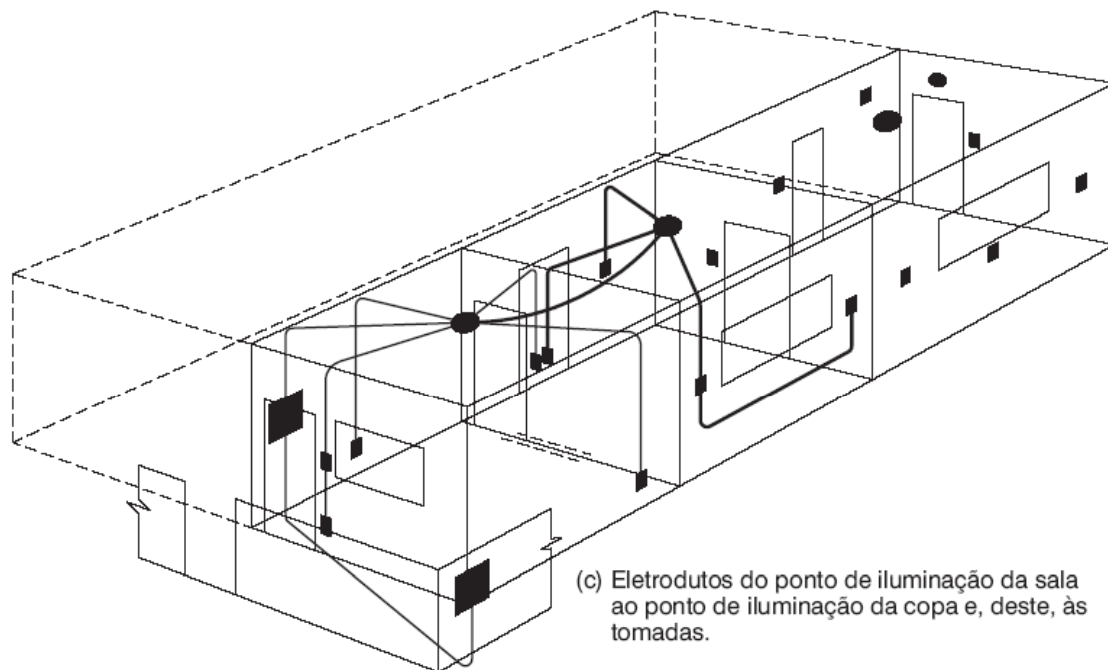


Caminhamento dos eletrodutos



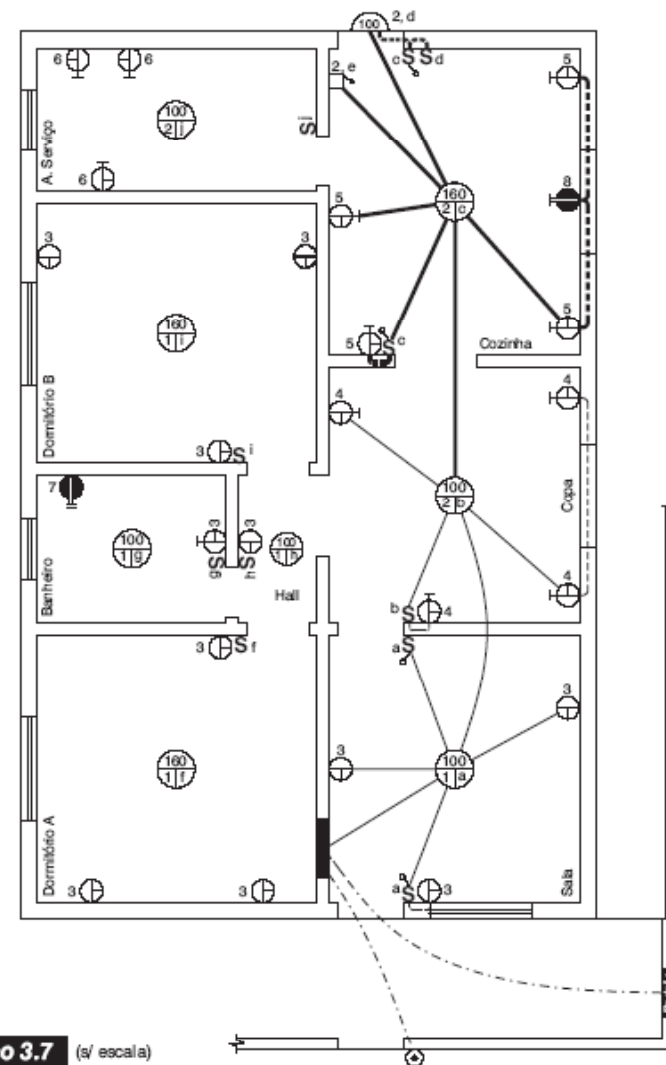
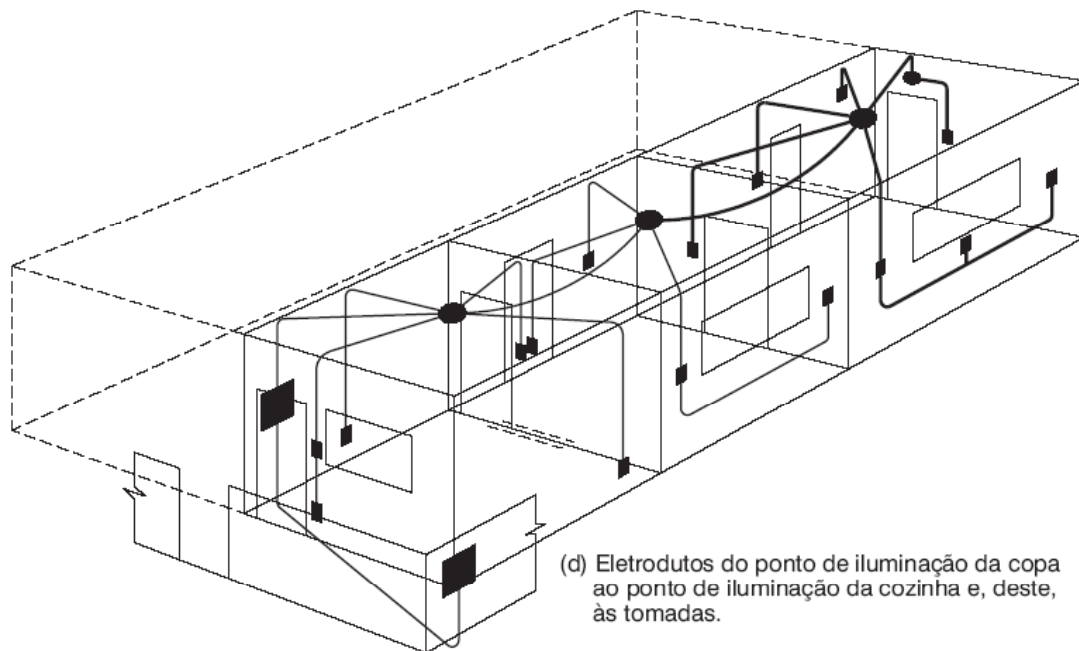
Desenho 3.5 (s/ escala)

Caminhamento dos eletrodutos



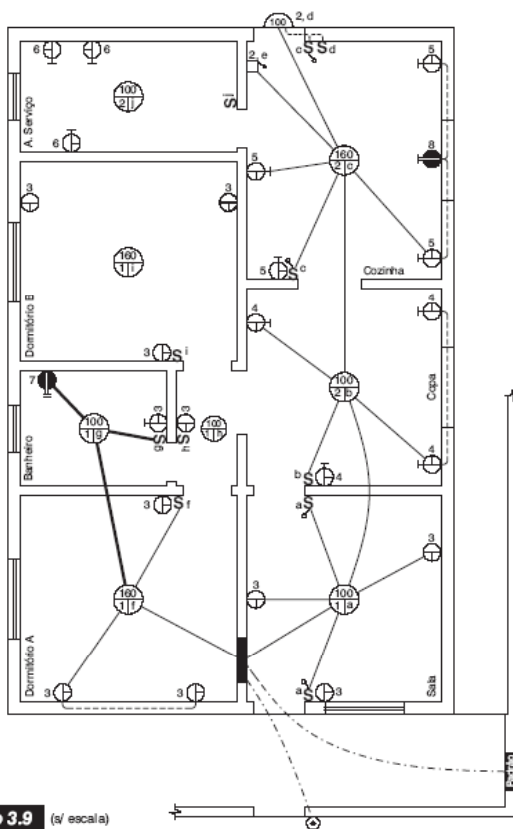
Desenho 3.6 (s/ escala)

Caminhamento dos eletrodutos

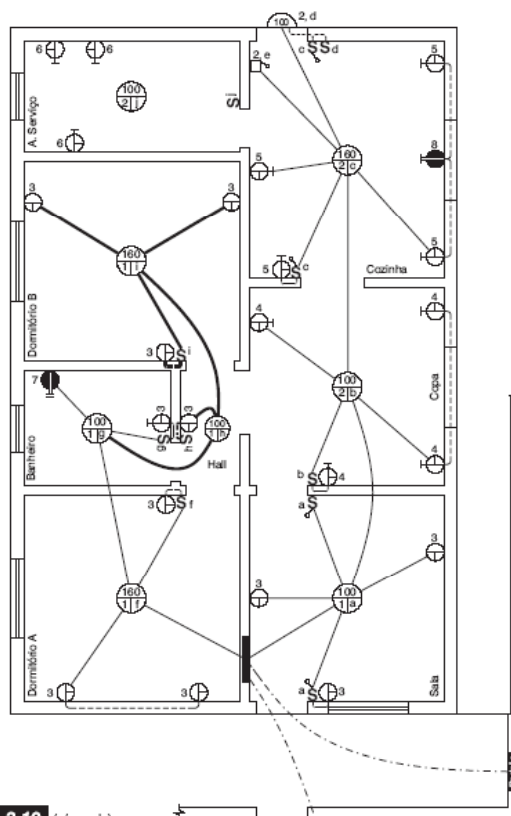


Desenho 3.7 (s/ escala)

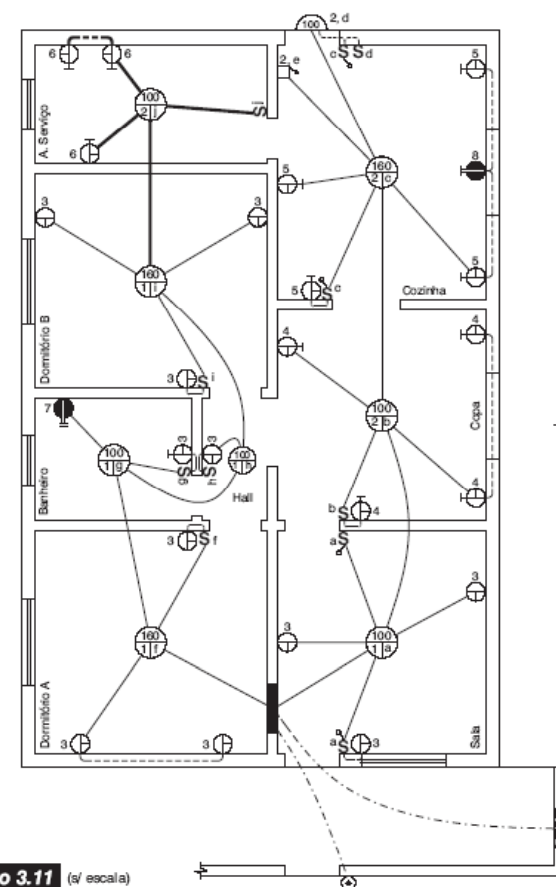
Caminhamento dos eletrodutos



Desenho 3.9 (s/ escala)



Desenho 3.10 (s/ escala)



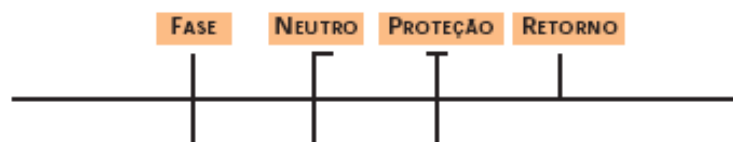
Desenho 3.11 (s/ escala)

Fiação

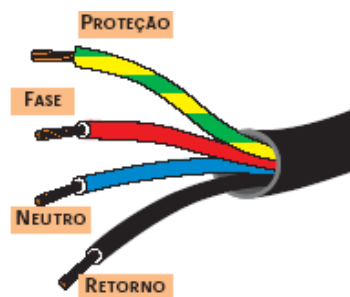
- Uma vez conhecido o caminhamento dos eletrodutos, o próximo passo é representar graficamente os fios dos circuitos que eles conduzem.
- Primeiramente, entretanto, é imprescindível conhecer os esquemas das principais ligações que precisarão ser executadas.

Fiação

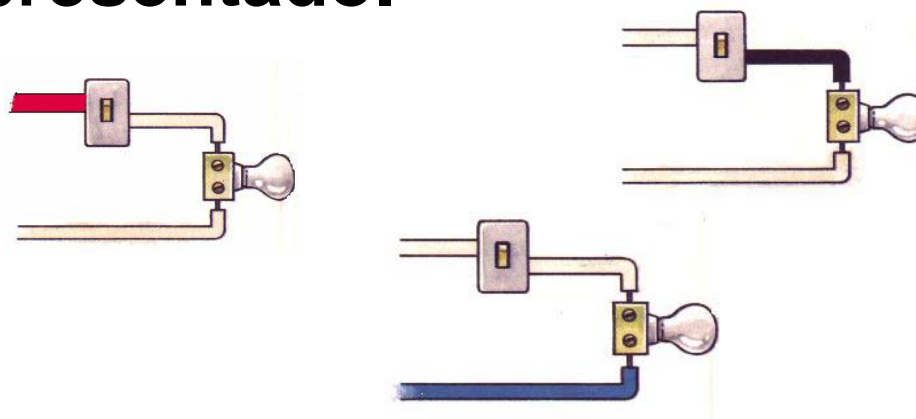
■ Simbologia:



- Para aplicar a simbologia, deve-se saber identificar quais os fios estão passando dentro de cada eletroduto representado.

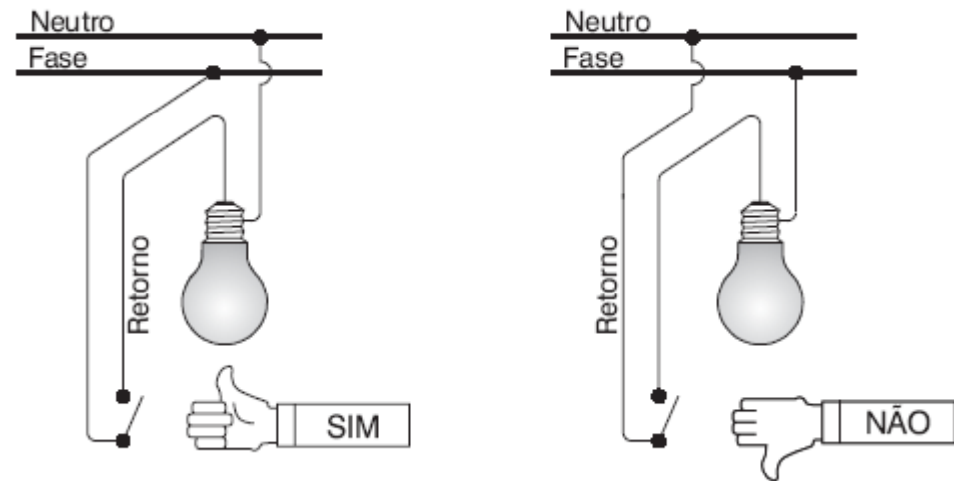
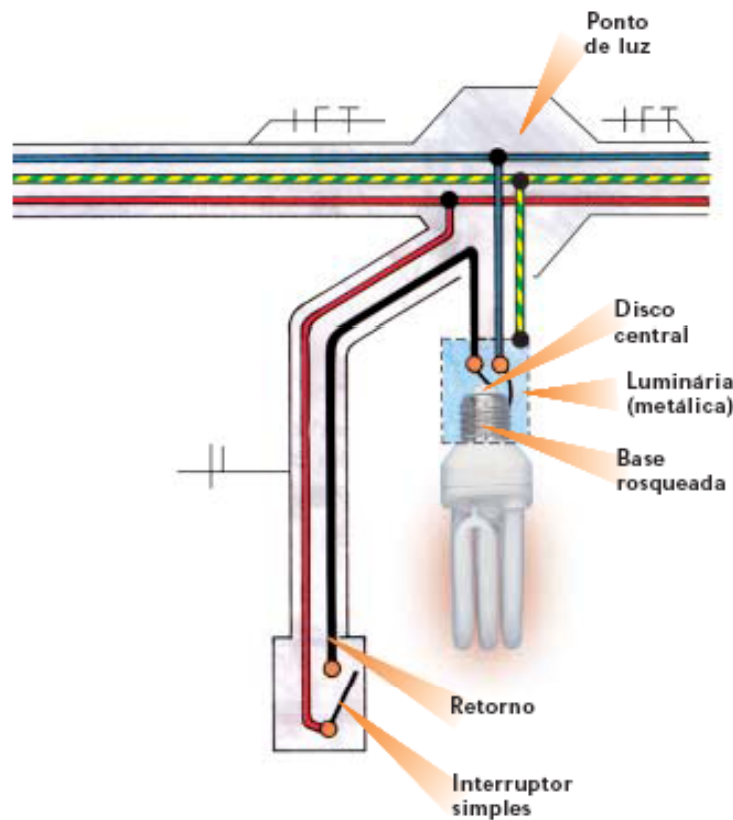


Esta identificação é feita com facilidade desde que se saiba como são ligadas as lâmpadas, interruptores e tomadas.



Fiação

1- Ligação de uma lâmpada comandada por interruptor simples.



(a) Lâmpada comandada por interruptor simples

Interruptores sempre seccionam a fase, nunca o neutro, como exigido pela NBR 5410, para impedir choque elétrico nas trocas de lâmpadas com este acionado - esquemas (a), (b), (d), (e), (f) e (g) - Observe a existência do condutor de retorno, assim chamada a fase após ser seccionada .

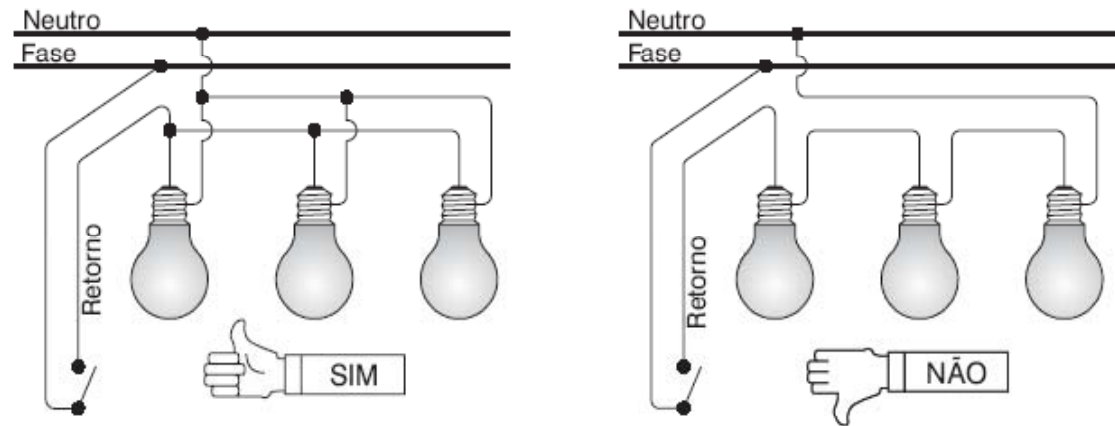
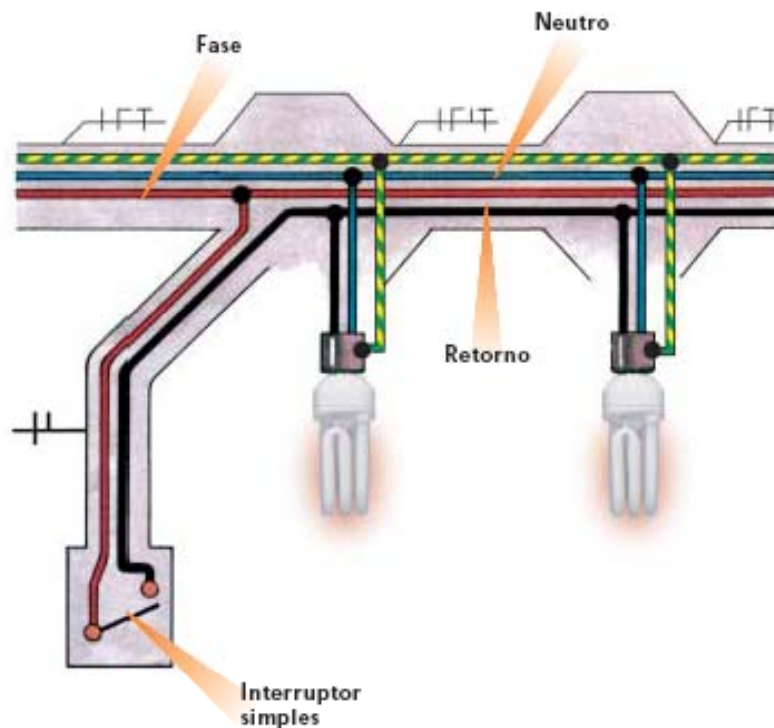
SÍMBOLO
S

Interruptor
simples



Fiação

2- Ligação de mais de uma lâmpada comandada por interruptor simples.

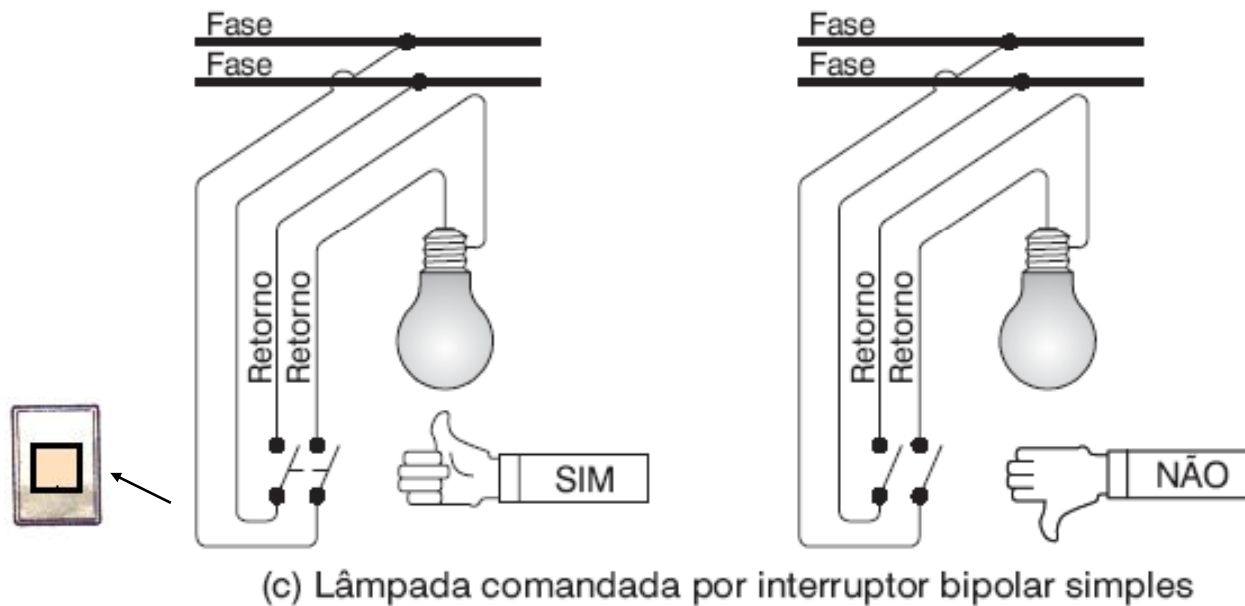


(b) Várias lâmpadas comandadas por 1 interruptor simples

Diversas lâmpadas comandadas pelo mesmo interruptor têm que ser ligadas em paralelo. Se ligadas em série, caso uma queime, o circuito será interrompido e as outras se desligam - esquema (b);

Fiação

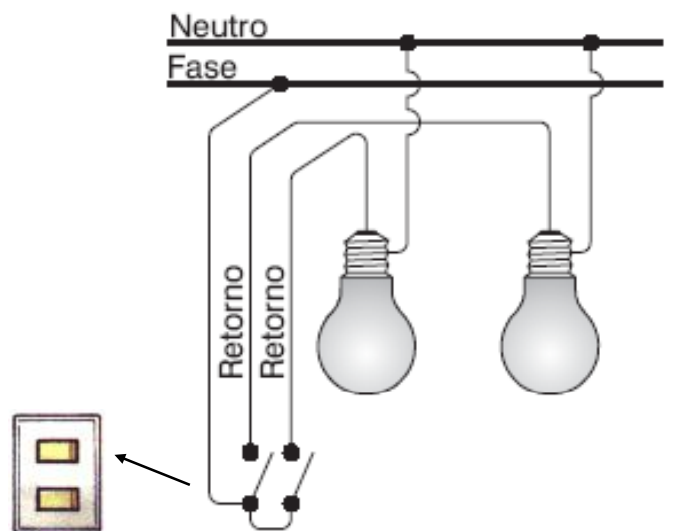
3- Ligação de lâmpada comandada por interruptor bipolar simples



Lâmpadas alimentadas por duas fases exigem interruptores bipolar simples, construídos para seccionar duas fases. Nunca use 2 interruptores simples. esquema (c);

Fiação

4- Ligação de duas lâmpadas comandadas por dois interruptores simples

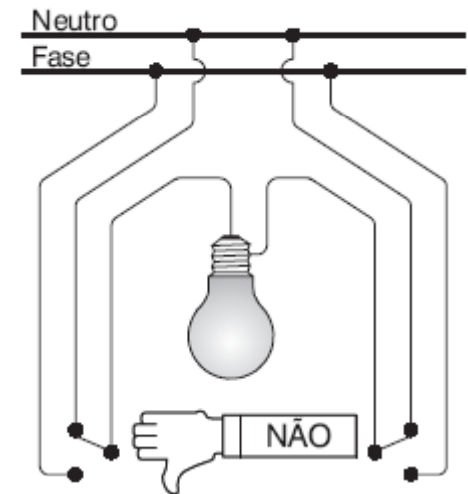
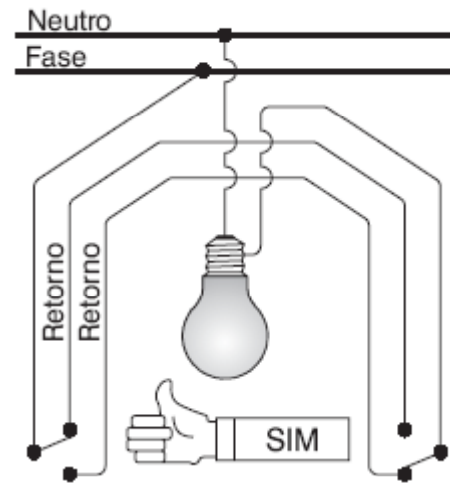
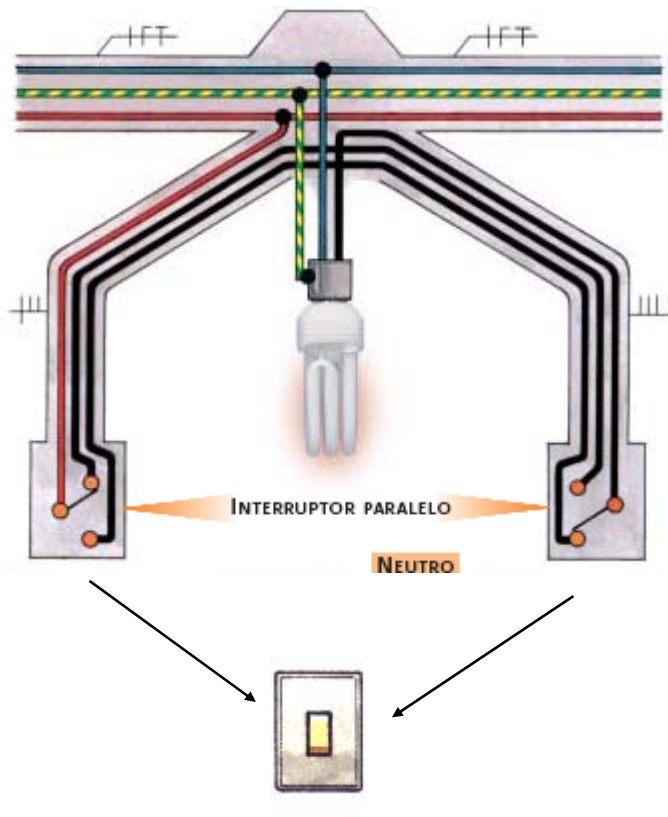


(d) 2 lâmpadas comandadas por 2 interruptores simples

O esquema (d) mostra o comando independente, mas do mesmo ponto, de lâmpadas de um mesmo circuito (em cômodos com mais de um ambiente), através de dois interruptores simples (há módulos com 2 ou mais). Observe que, em consequência, existem dois condutores de retorno;

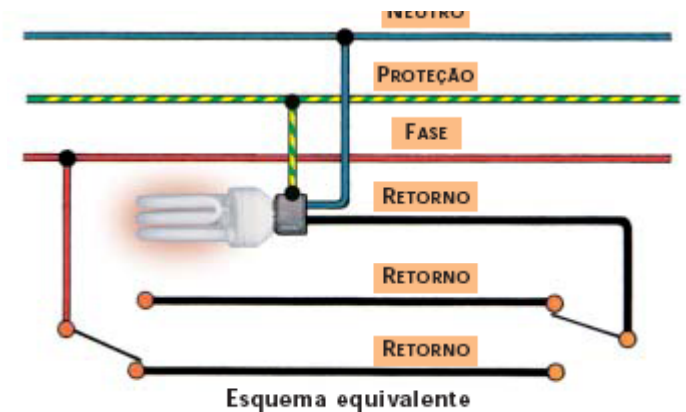
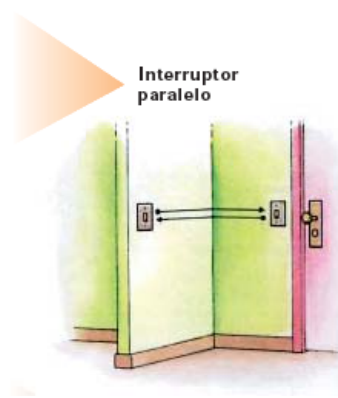
Fiação

5- Ligação de lâmpadas comandadas de dois pontos



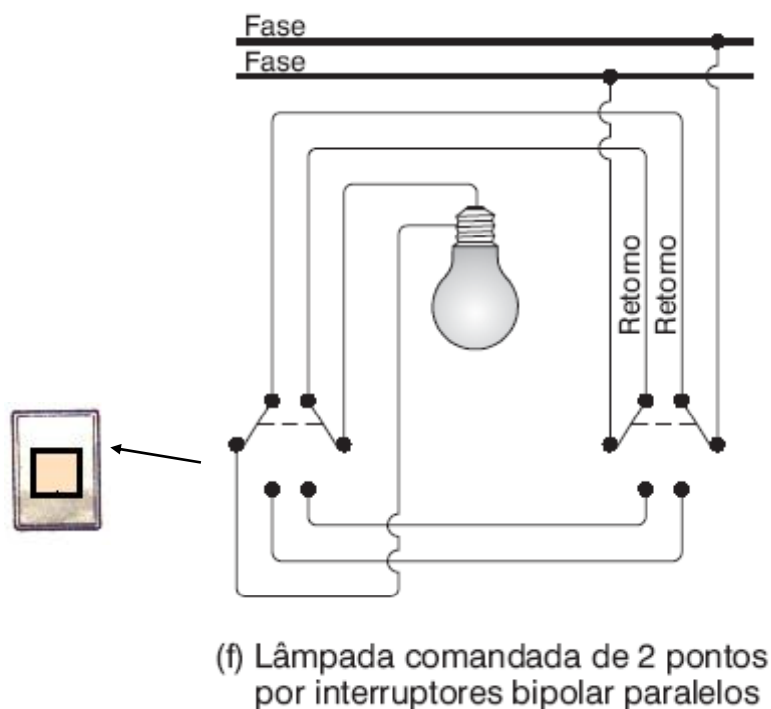
(e) Lâmpada comandada de 2 pontos por interruptores paralelos

SÍMBOLO
§



Fiação

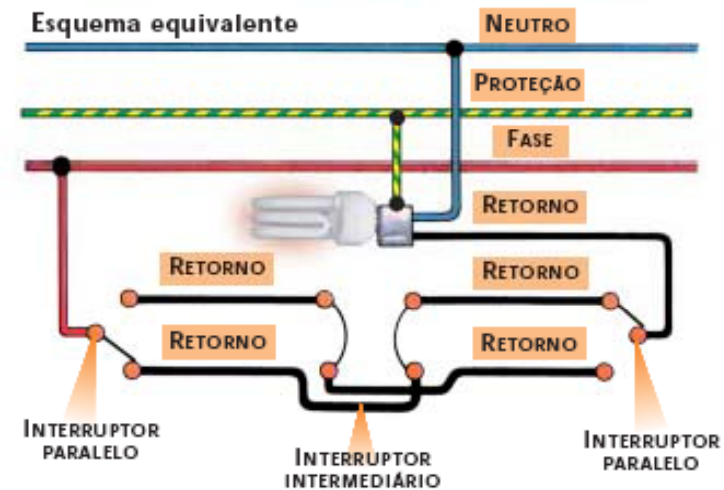
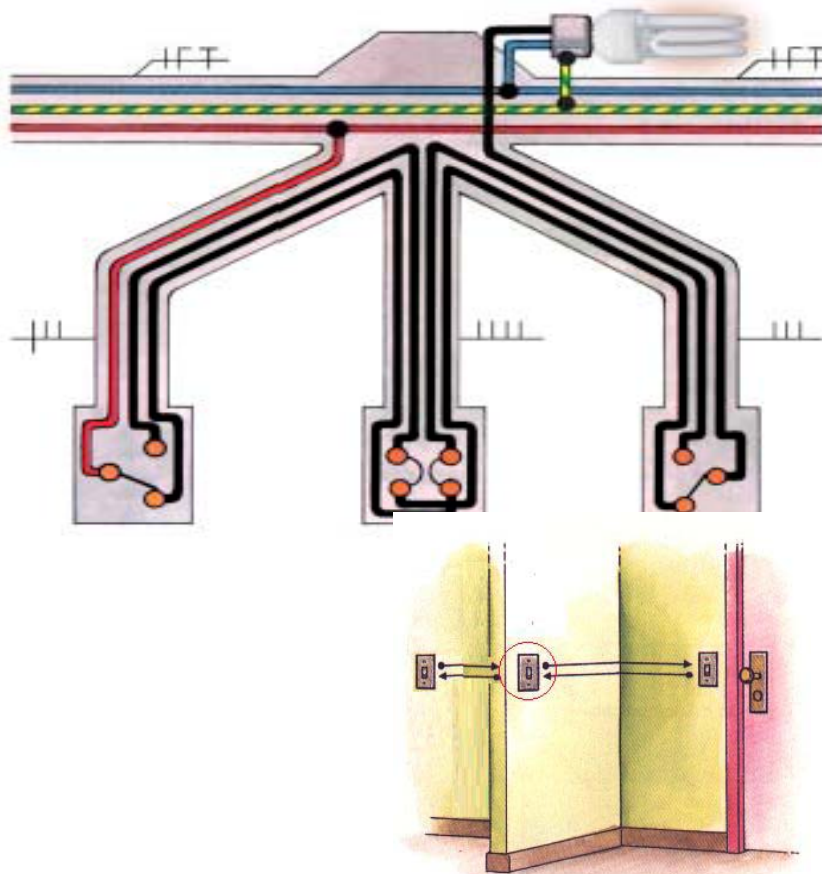
6- Ligação de lâmpada comandada de dois pontos por interruptores bipolar paralelos.



O esquema (e) retrata o caso da sala e da cozinha de nossa residência, onde a lâmpada é comandada de dois pontos diferentes, através de interruptores paralelos simples (*three way*). Observe que é sempre preciso usar 2 interruptores paralelos. Se a lâmpada for alimentada por duas fases, utilize interruptores bipolar paralelos, como representado no esquema (f);

Fiação

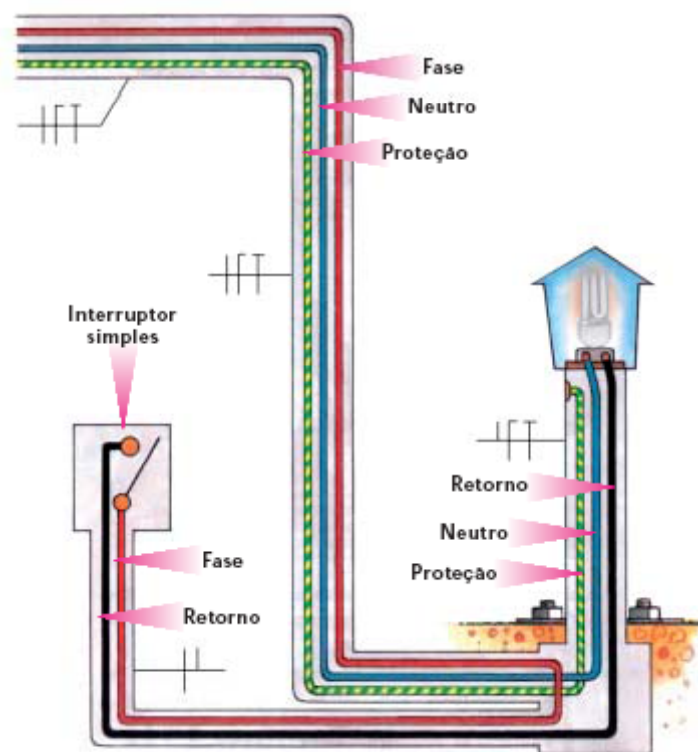
7- Ligação de lâmpada comandada de três pontos por interruptores paralelos e intermediário.



O esquema (g) mostra o comando de uma lâmpada a partir de três pontos distintos. Nestes casos, utilizam-se dois interruptores paralelos, para os primeiros dois pontos de comando, e um interruptor intermediário (*four way*) para cada ponto de comando suplementar. Portanto, se fossem quatro pontos de comando, permaneceriam os dois paralelos, aos quais seriam acrescentados dois intermediários;

Fiação

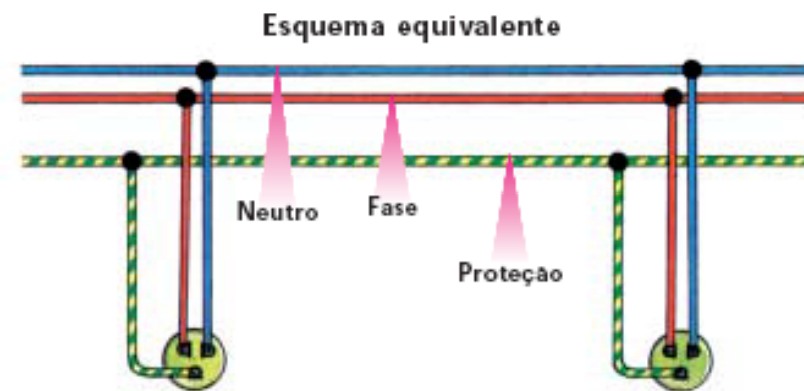
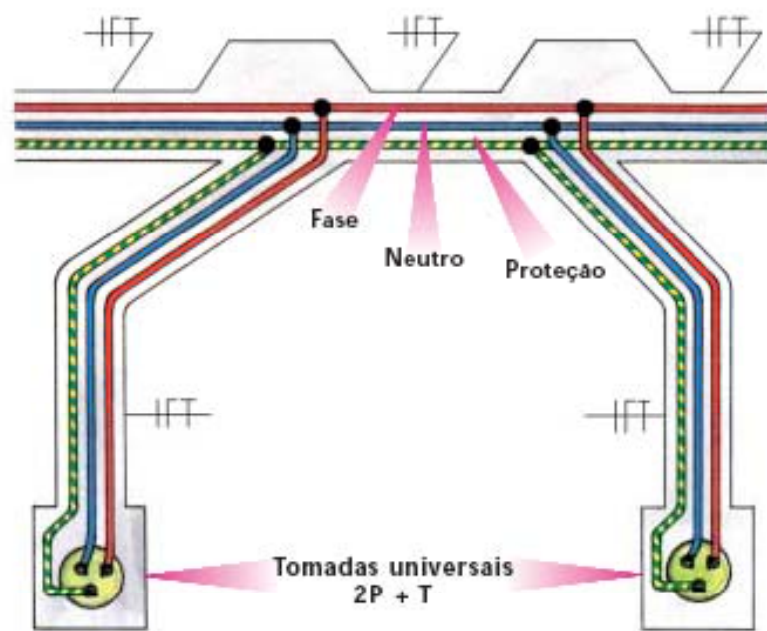
8- Ligação de lâmpada externa comandada por interruptor simples.



O esquema (h) mostra que luminárias externas exigem a conexão do fio terra à carcaça metálica, por duas razões: para proteção das pessoas, já que podem ser facilmente tocadas, e pela exposição à umidade, que favorece a fuga de corrente .

Fiação

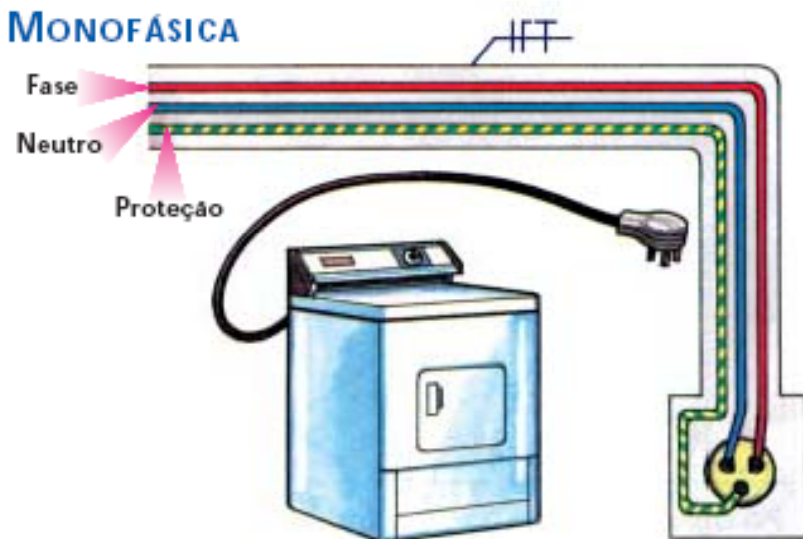
9- Ligação de tomadas de uso geral (monofásicas).



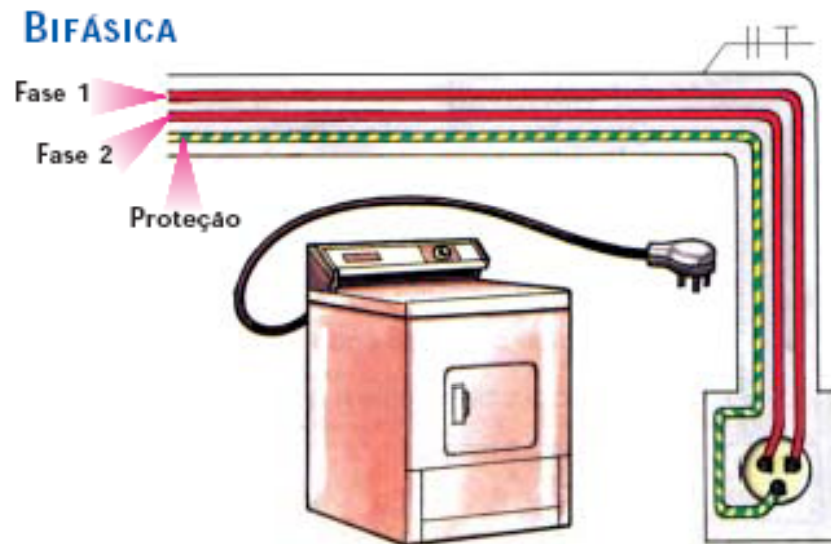
Fiação

10- Ligação de tomadas de uso específico

MONOFÁSICA



BIFÁSICA



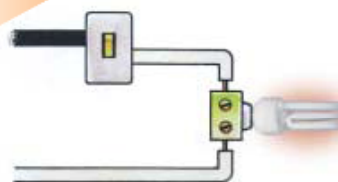
Representação gráfica dos condutores

- Esta representação, feita com a simbologia apresentada, é usada para representar de forma clara, mas bastante compacta, **quantos** e **quais** condutores que passam em cada trecho de eletroduto e **identificar** os circuitos a que pertencem.

SÍMBOLO



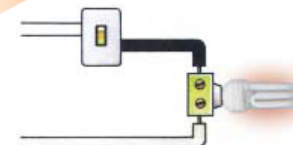
Fio fase



SÍMBOLO



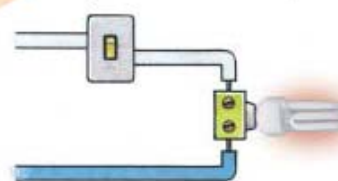
Fio de retorno



SÍMBOLO



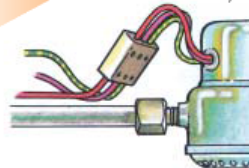
Fio neutro
(necessariamente azul claro)



SÍMBOLO

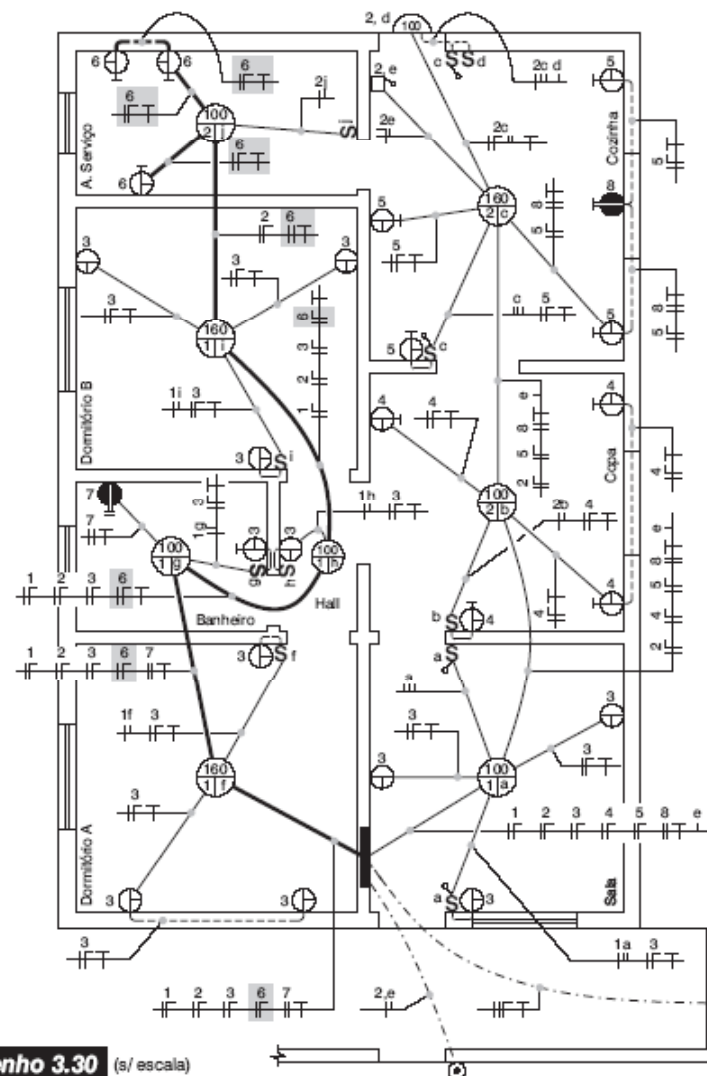


Condutor de proteção
(fio terra necessariamente verde ou verde-amarelo)



Representação gráfica dos condutores

- Ver, pelo ebook (CD), as figuras 3.12 a 3.30. Em destaque na 3.31 um trecho cheio ($>$ de 5 circuitos). Na figura 3.32, uma alternativa tecnicamente melhor.



Desenho 3.30 (s/ escala)

11.

DIMENSIONAMENTO DOS CONDUTORES

Cálculo da corrente elétrica

- **Condutores elétricos mal dimensionados geram aquecimento, o que degrada a isolação e acarreta, em consequência, fuga de corrente e curto-circuitos.**
- **Esta lição trata, portanto, de uma das etapas mais importantes do projeto, pois será aqui que as seções nominais mínimas dos condutores dos circuitos de distribuição e terminais de nossa residência começarão a ser especificadas.**

Cálculo da corrente elétrica

- Para isto, o primeiro passo consiste em **determinar a corrente** que tais circuitos consomem em regime contínuo de funcionamento (circuitos terminais e de distribuição).

Cálculo da corrente elétrica

		Circuitos Alternados				7.1
		Corrente Consumida por Cargas Ligadas entre:				
		Fase e Neutro	2 Fases		3 Fases	
Potência Ativa	a	$I = \frac{P}{U_0 \cdot \cos \varphi}$	b	$I = \frac{P}{U \cdot \cos \varphi}$	c	$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi}$
	d	$I = \frac{P'}{U_0 \cdot \cos \varphi \cdot \eta}$	e	$I = \frac{P'}{U \cdot \cos \varphi \cdot \eta}$	f	$I = \frac{P'}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi \cdot \eta}$
Potência Aparente	g	$I = \frac{S}{U_0}$	h	$I = \frac{S}{U}$	i	$I = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U}$

Notas:

- 1) os valores das tensões (U_0 e U) dependem do sistema de distribuição, veja a tabela 2.1;
- 2) as expressões (d), (e) e (f) são válidas para cargas motoras e de iluminação de descarga com reatores (fluorescente, vapor de mercúrio etc.), para as quais, normalmente, tem-se disponível a potência fornecida (P'), veja a expressão 2.14;
- 3) os catálogos dos fabricantes de reatores de lâmpadas de descarga, ao invés do rendimento, costumam fornecer as perdas do reator. Quando este for o caso, as expressões (d), (e) e (f) precisam ser modificadas da seguinte maneira: retire o termo (η), que expressa o rendimento; adicione a perda a (P');
- 4) é muito comum os fabricantes fornecerem a potência dos motores em cv (cavalo-vapor). Quando este for o caso, antes de usar as expressões (d), (e) e (f), converta para watt, como indicado na tabela 2.4;
- 5) cuidado com os múltiplos de unidades:
se a potência estiver em [kW], [kVAr] ou [kVA] trabalhe com a tensão em [kV];
se a potência estiver em [W], [VAr] ou [VA] trabalhe com a tensão em [V];
(para tanto, use a tabela 2.5);
- 6) na falta de dados dos fabricantes, a tabela 7.1 indica alguns valores típicos para rendimento e para fatores de potência.
- 7) para circuitos de distribuição compostos de F+N, usar as equações (a), (d) ou (g); para 2F+N, usar as equações (b), (e) ou (h); para 3F+N, usar as equações (c), (f) ou (i).
- 8) para circuitos de distribuição compostos de F+N, utilizar as equações (a), (d) ou (g). Para os compostos de 2F+N, utilizar (b), (e) ou (h). Para os compostos de 3F+N, utilizar (c), (f) ou (i).

Cálculo da corrente elétrica

Tabela 7.1 Fator de Potência e Rendimento: Valores Típicos		
Iluminação	$\cos \varphi$	η
– incandescente	1,00	1,00
– mista	$\approx 1,00$	1,00
– vapor de sódio a baixa pressão (sempre aparelhos compensados): 18 a 180W	0,85	0,70 a 0,80
Iluminação com aparelhos não compensados (baixo $\cos \varphi$)	$\cos \varphi$	η
– iodeto metálico: 220V; 230 a 1000W	0,60	0,90 a 0,95
– iodeto metálico: 380V; 2000W	0,60	0,90
– fluorescente com starter: 18 a 65W	0,50	0,60 a 0,83
– partida rápida: 20 a 110W	0,50	0,54 a 0,80
– vapor de mercúrio: 220V; 50 a 1000W	0,50	0,87 a 0,95
– vapor de sódio a alta pressão: 70 a 1000W	0,40	0,90
Iluminação com aparelhos compensados (alto $\cos \varphi$)	$\cos \varphi$	η
– iodeto metálico: 220V; 230 a 1000W	0,85	0,90 a 0,95
– iodeto metálico: 380V; 2000W	0,85	0,90
– fluorescente com starter: 18 a 65W	0,85	0,60 a 0,83
– partida rápida: 20 a 110W	0,85	0,54 a 0,80
– vapor de mercúrio: 220V; 50 a 1000W	0,85	0,87 a 0,95
– vapor de sódio a alta pressão: 70 a 1000W	0,85	0,90
Motores trifásicos de gaiola	$\cos \varphi$	η
– até 600W	0,50	—
– de 1 a 4cv	0,75	0,75
– de 5 a 50cv	0,85	0,80
– acima de 50cv	0,90	0,90
Aquecimento	$\cos \varphi$	η
– por resistor (chuveiros elétricos, por exemplo)	1,00	1,00

Cálculo da corrente elétrica

- circuito 1 (iluminação) $I = \frac{620}{127} = 4,9 \text{ A}$
- circuito 2 (iluminação) $I = \frac{460}{127} = 3,6 \text{ A}$
- circuito 3 (TUG's) $I = \frac{1600}{127} = 12,6 \text{ A}$
- circuito 4 (TUG's) $I = \frac{1900}{127} = 15,0 \text{ A}$
- circuito 5 (TUG's) $I = \frac{1900}{127} = 15,0 \text{ A}$
- circuito 6 (TUG's) $I = \frac{1800}{127} = 14,2 \text{ A}$
- circuito 7 (TUE's) $I = \frac{4400}{220} = 20,0 \text{ A}$
- circuito 8 (TUE's) $I = \frac{3500}{220} = 15,9 \text{ A}$
- circuito de distribuição $I = \frac{12636}{220} = 57,4 \text{ A}$

Cálculo da corrente elétrica

Tabela 7.2 Quadro de Distribuição de Cargas												
Circuitos Terminais		Tensão [V]	Local	Potência [VA]		Corrente [A]			Condutor	Proteção		
Nº	Tipo			Unit.	Total	Calculada	Fator de Correção	Corrigida	Seção Nominal [mm²]	Tipo	Nº Polos	Corrente [A]
1	Ilumin. Social	127	Sala Dorm. A Banho Hall Dorm.B	1 x 100 1 x 160 1 x 100 1 x 100 1 x 160	620	4,9				DTM	1	
2	Ilumin. Serviço	127	Copa Cozinha A. Serv. A. Ext.	1 x 100 1 x 160 1 x 100 1 x 100	460	3,6				DTM	1	
3	TUG's	127	Sala Dorm. A Banho Hall Dorm.B	3 x 100 3 x 100 1 x 600 1 x 100 3 x 100	1600	12,6				DR	2	
4	TUG's	127	Copa	3 x 600 1 x 100	1900	15,0				DR	2	
5	TUG's	127	Cozinha	3 x 600 1 x 100	1900	15,0				DR	2	
6	TUG's	127	A. Serv.	3 x 600	1800	14,2				DR	2	
7	TUE	220	Chuveiro	1 x 4400	4400	20,0				DR	2	
8	TUE	220	Torneira	1 x 3500	3500	15,9				DR	2	
Circuito de Distribuição		220	Quadro	12636		57,4				DTM	2	
			Padrão							DTM	2	

Dimensionamento do condutor fase

- Para as instalações elétricas de baixa tensão, o dimensionamento dos condutores é essencialmente uma questão térmica - trata-se de, para cada circuito, fixar a seção nominal padronizada mínima dos condutores de forma que não ocorra superaquecimento.
- Isto é feito através de quatro critérios, que devem ser atendidos simultaneamente. São eles: *capacidade de corrente; seção nominal mínima; queda de tensão; sobrecarga.*

Seção técnica ???

Critério da capacidade de corrente

- **PASSO 1**: escolhe-se o tipo de isolamento do condutor (PVC, EPR, etc);
- **PASSO 2**: Determina-se, como mostrado na tabela 7.3, a quantidade de condutores carregados, que são aqueles efetivamente percorridos por corrente, ou seja, os condutores fase e neutro (os de proteção não são considerados).

Critério da capacidade de corrente

Tabela 7.3
Quantidade de Condutores Carregados

Circuito	Quantidade de Condutores Carregados	Exemplo
Monofásicos a 2 Fios (Fase-Fase ou Fase-Neutro)	2	– Circuitos de distribuição (alimentadores de quadros monofásicos); – Circuitos terminais (iluminação, TUG's, TUE's).
Monofásicos a 3 Fios (2 Fases + Neutro)	3	– Circuitos alimentadores derivados de transformadores monofásicos com derivação central no secundário.
Bifásico a 3 Fios (2 Fases + Neutro)	3	– Circuitos de distribuição (alimentadores de quadros bifásicos).
3 Fases	3	– Circuitos terminais para motores trifásicos.
3 Fases + Neutro (a) (equilibrado)	3	– Circuitos de distribuição (alimentadores de quadros trifásicos).
3 Fases + Neutro (b) (desequilibrado ou alimentando lâmpadas fluorescentes)	4 (consideram-se 2 circuitos, cada um com 2 condutores carregados)	

Notas:
(a): circuito equilibrado é aquele em que a distribuição de cargas entre as fases é a mesma;
(b): circuito desequilibrado é aquele em que a distribuição de cargas entre as fases é desigual.

Atenção

Se ao longo de seus diversos trechos um circuito apresentar variação na quantidade de condutores carregados, considere a situação que corresponda à condição mais desfavorável.

Se ao longo de seus diversos trechos um circuito apresentar mais de um método de instalação, considere a situação que corresponda à condição mais desfavorável para dissipação de calor.

Critério da capacidade de corrente

- **PASSO 3**: Escolhe-se o método de instalação dos condutores (isto é, se em eletrodutos embutidos ou aparentes, em canaletas ou bandejas etc.), e acha-se o código respectivo na tabela 7.4. Conforme seja o método, maior ou menor será a capacidade de dissipação do calor gerado pela passagem da corrente e, por consequência, maior ou menor será a capacidade de condução dos condutores.

Critério da capacidade de corrente

Tabela 7.4
Codificação dos Métodos de Instalação de Condutores

Método de Instalação	Condutor Isolado	Cabo Unipolar	Cabo Multipolar
Afastado da parede ou suspenso por cabo de suporte ^(b)	(a)	F	E
Bandejas não perfuradas ou prateleiras	(a)	C	C
Bandejas perfuradas (horizontal ou vertical)	(a)	F	E
Canaleta fechada no piso, solo ou parede	B1	B1	B2
Canaleta ventilada no piso ou solo	(a)	B1	B1
Diretamente em espaço de construção ^(c) : $1,5De \leq V < 5De$	(a)	B2	B2
Diretamente em espaço de construção ^(c) : $5De \leq V \leq 50De$	(a)	B1	B1
Diretamente enterrado	(a)	D	D
Eletrocalha	B1	B1	B2
Eletroduto aparente	B1	B1	B2
Eletroduto de seção não circular embutido em alvenaria	(a)	B2	B2
Eletroduto de seção não circular embutido em alvenaria ^(c) : $1,5De \leq V < 5De$	B2	(a)	(a)
Eletroduto de seção não circular embutido em alvenaria ^(c) : $5De \leq V \leq 50De$	B1	(a)	(a)
Eletroduto em canaleta fechada ^(c) : $1,5De \leq V < 20De$	B2	B2	(a)
Eletroduto em canaleta fechada ^(c) : $V \geq 20De$	B1	B1	(a)
Eletroduto em canaleta ventilada no piso ou solo	B1	(a)	(a)

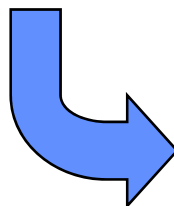


Tabela 33 da NBR 5410

Eletroduto em espaço de construção	(a)	B2	B2
Eletroduto em espaço de construção ^(c) : $1,5De \leq V < 20De$	B2	(a)	(a)
Eletroduto em espaço de construção ^(c) : $V \geq 20De$	B1	(a)	(a)
Eletroduto embutido em alvenaria	B1	B1	B2
Eletroduto embutido em caixilho de porta ou janela	A1	(a)	(a)
Eletroduto embutido em parede isolante	A1	A1	A1
Eletroduto enterrado no solo ou canaleta não ventilada no solo	(a)	D	D
Embutimento direto em alvenaria	(a)	C	C
Embutimento direto em caixilho de porta ou janela	(a)	A1	A1
Embutimento direto em parede isolante	(a)	(a)	A1
Fixação direta em parede ou teto ^(d)	(a)	C	C
Forno falso ou piso elevado ^(c) : $1,5De \leq V < 5De$	(a)	B2	B2
Forno falso ou piso elevado ^(c) : $5De \leq V \leq 50De$	(a)	B1	B1
Leitos, suportes horizontais ou telas	(a)	F	E
Moldura	A1	A1	(a)
Sobre isoladores	G	(a)	(a)

Notas:

- (a): de acordo com a NBR 5410, o cabo não pode ser instalado pelo método correspondente ou, então, o método não é usual para a instalação do cabo correspondente;
 (b): a distância entre o cabo e a parede deve ser, no mínimo, igual a 30% do diâmetro externo do cabo;
 (c): De = diâmetro externo do cabo; V = altura do espaço de construção ou da canaleta;
 (d): a distância entre o cabo e a parede ou teto deve ser menor ou igual a 30% do diâmetro externo do cabo.

Critério da capacidade de corrente

- **PASSO 4**: Determina-se o fator de correção de temperatura. Este fator, designado de *FCT*, é obtido da tabela 7.5 para duas diferentes situações de instalação: temperatura ambiente, no caso de condutores não enterrados, e temperatura do solo, no caso de condutores enterrados.

Critério da capacidade de corrente

Tabela 7.5 Fator de Correção de Temperatura (adaptada da NBR 5410)				
Temperatura [°C]	Material da Isolação			
	PVC	EPR ou XLPE	PVC	EPR ou XLPE
	Temperatura Ambiente		Temperatura 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

Tabela 35 da
NBR 5410

Importante

Como orientação geral, considerando o interior das edificações em diferentes regiões do país, sugere-se adotar no projeto os seguintes valores mínimos de temperatura ambiente:

- Sul, sudeste e centro-oeste: 30 °C;
- Norte e nordeste: 40 °C.

Critério da capacidade de corrente

- **PASSO 5**: Determina-se o fator de correção de agrupamento. Este fator, designado de FCA , é obtido da tabela 7.6 de acordo com o número de circuitos instalados no mesmo conduto e da forma construtiva do conduto.

Critério da capacidade de corrente

Tabela 7.6														Método de Instalação
Fator de Correção para Agrupamento de Circuitos ou Cabos Multipolares (adaptada da NBR 5410)														
Item	Disposição dos Cabos Justapostos	Número de Circuitos ou de Cabos Multipolares												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	16	20	
1	Feixe de cabos ao ar livre ou sobre superfície; cabos em condutos fechados	1,00	0,80	0,70	0,65	0,60	0,57	0,54	0,52	0,50	0,45	0,41	0,38	A a F
2	Camada única sobre parede, piso ou em bandeja não perfurada ou prateleira	1,00	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72	0,72	0,71	0,70	Nenhum fator de correção adicional para mais de 9 circuitos ou cabos multipolares			C
3	Camada única no teto	0,95	0,81	0,72	0,68	0,66	0,64	0,63	0,62	0,61				E F G
4	Camada única em bandeja perfurada, horizontal ou vertical	1,00	0,88	0,82	0,77	0,75	0,73	0,73	0,72	0,72				
5	Camada única em leito ou suporte	1,00	0,87	0,82	0,80	0,80	0,79	0,79	0,78	0,78				
Notas:														
– fatores aplicáveis a grupos de cabos uniformemente carregados;														
– quando a distância horizontal entre cabos adjacentes for superior ao dobro de seu diâmetro externo, não é necessário aplicar nenhum fator de correção;														
– os mesmos fatores de correção são aplicáveis a:														
– grupos de 2 ou 3 condutores isolados ou cabos unipolares;														
– cabos multipolares;														
– se um agrupamento é constituído tanto de cabos bipolares como de cabos tripolares, o número total de cabos é tomado igual ao número de circuitos e o fator de correção correspondente é aplicado às tabelas de 3 condutores carregados para cabos tripolares (tabelas 7.7 a 7.10);														
– se um agrupamento consiste de n condutores isolados ou cabos unipolares, pode-se considerar tanto $n/2$ circuitos com 2 condutores carregados como $n/3$ circuitos com 3 condutores carregados;														
– os valores indicados são médios para a faixa usual de seções nominais, com precisão de 5%;														
– os fatores de correção dos itens 4 e 5 são genéricos e podem não atender a situações específicas.														

Tabela 42 da
NBR 5410

Se um circuito for previsto para conduzir até 30% da capacidade de condução de corrente seus condutores (já considerando o fator de correção aplicável), ele pode ser omitido para efeito da obtenção do fator de correção do resto do grupo.



Critério da capacidade de corrente

- **PASSO 6:** Calcula-se a corrente corrigida I_c , em [A], usando a expressão 7.4 e implanta-se os valores na coluna correspondente do Quadro de Distribuição de Cargas.

Corrente Corrigida	7.4
$I_c = \frac{I}{FCT \cdot FCA}$	

onde:

I = corrente consumida nos circuitos (valores da coluna “Corrente Calculada” da tabela 7.2), em [A];

FCT = fator de correção de temperatura, adimensional;

FCA = fator de correção de agrupamento, adimensional.

Critério da capacidade de corrente

- **PASSO 7:** Com os dados determinados nos passos 1 a 6, uma das tabelas 7.7 a 7.10 (tabelas 36 a 39 da NBR 5410) fornecerá a seção nominal mínima relativa ao critério da capacidade de corrente.

Critério da capacidade de corrente

Tabela 7.7												
Capacidade de Condução de Corrente [A] em Baixa Tensão (adaptada da NBR 5410)												
Fios e Cabos Isolados, Uni e Multipolares					Temperatura em Regime Permanente no Condutor:						70 °C	
Material do Condutor:		Cobre			Temperatura Ambiente (fios e cabos não enterrados):						30 °C	
Material da Isolação:		PVC			Temperatura do Solo (fios e cabos enterrados):						20 °C	
Seção Nominal [mm²]	Códigos dos Métodos de Instalação ^(a) e Quantidade de Condutores Carregados											
	A1		A2		B1		B2		C		D	
	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
0,5	7	7	7	7	9	8	9	8	10	9	12	10
0,75	9	9	9	9	11	10	11	10	13	11	15	12
1	11	10	11	10	14	12	13	12	15	14	18	15
1,5	14,5	13,5	14	13	17,5	15,5	16,5	15	19,5	17,5	22	18
2,5	19,5	18	18,5	17,5	24	21	23	20	27	24	29	24
4	26	24	25	23	32	28	30	27	36	32	38	31
6	34	31	32	29	41	36	38	34	46	41	47	39
10	46	42	43	39	57	50	52	46	63	57	63	52
16	61	56	57	52	76	68	69	62	85	76	81	67
25	80	73	75	68	101	89	90	80	112	96	104	86
35	99	89	92	83	125	110	111	99	138	119	125	103
50	119	108	110	99	151	134	133	118	168	144	148	122
70	151	136	139	125	192	171	168	149	213	184	183	151
95	182	164	167	150	232	207	201	179	258	223	216	179

Critério da capacidade de corrente

■ Aplicando os 7 passos ao nosso projeto-exemplo:

- Passo 1: isolamento de PVC;
- Passo 2: distribuição (2F + N) → 3 condutores carregados; terminais (FF ou FN) → 2 condutores carregados;
- Passo 3: Método de instalação dos condutores: B1;
- Passo 4: Fator de correção de temperatura: considerando-se 30 °C, FCT = 1;

Critério da capacidade de corrente

■ Aplicando os 7 passos ao nosso projeto-exemplo:

→ Passo 5: Fator de correção de agrupamento

Inicialmente, para cada um dos 8 circuitos de nossa residência, é preciso “percorrer” todo o trajeto e verificar, entre seus diversos trechos, qual a quantidade máxima de circuitos agrupados no mesmo eletroduto.

Fizemos isto no desenho 3.33, onde destacamos os trechos críticos, a partir dos quais tem-se:

– circuito 1	4
– circuito 2	3
– circuito 3	4
– circuito 4	2
– circuito 5	3
– circuito 6	4
– circuito 7	4
– circuito 8	3
– circuito de distribuição	1

Nº do Circuito	Quant. de Circuitos Agrupados	FCA
1	4	0,65
2	3	0,70
3	4	0,65
4	2	0,80
5	3	0,70
6	4	0,65
7	4	0,65
8	3	0,70
Distribuição	1	1,00

Critério da capacidade de corrente

■ Aplicando os 7 passos ao nosso projeto-exemplo:

→ Passo 6: Corrente corrigida

- circuito 1 $I_c = \frac{4,9}{1 \times 0,65} = 7,5 \text{ A}$
- circuito 2 $I_c = \frac{3,6}{1 \times 0,70} = 5,1 \text{ A}$
- circuito 3 $I_c = \frac{12,6}{1 \times 0,65} = 19,4 \text{ A}$
- circuito 4 $I_c = \frac{15}{1 \times 0,80} = 18,8 \text{ A}$
- circuito 5. $I_c = \frac{15}{1 \times 0,70} = 21,4 \text{ A}$
- circuito 6. $I_c = \frac{14,2}{1 \times 0,65} = 21,9 \text{ A}$
- circuito 7 $I_c = \frac{20}{1 \times 0,65} = 30,8 \text{ A}$
- circuito 8 $I_c = \frac{15,9}{1 \times 0,70} = 22,7 \text{ A}$
- circuito de distribuição $I_c = \frac{57,4}{1 \times 1} = 57,4 \text{ A}$

Critério da capacidade de corrente

Tabela 7.11 Quadro de Distribuição de Cargas												
Circuitos Terminais		Tensão [V]	Local	Potência [VA]		Corrente [A]			Condutor Seção Nominal [mm²]	Proteção		
Nº	Tipo			Unit.	Total	Calculada	Fator de Correção	Corrigida		Tipo	Nº Polos	Corrente [A]
1	Ilumin. Social	127	Sala Dorm. A Banho Hall Dorm.B	1 x 100 1 x 160 1 x 100 1 x 100 1 x 160	620	4,9	0,65	7,5			DTM	1
2	Ilumin. Serviço	127	Copa Cozinha A. Serv. A. Ext.	1 x 100 1 x 160 1 x 100 1 x 100	460	3,6	0,70	5,1			DTM	1
3	TUG's	127	Sala Dorm. A Banho Hall Dorm.B	3 x 100 3 x 100 1 x 600 1 x 100 3 x 100	1600	12,6	0,65	19,4			DR	2
4	TUG's	127	Copa	3 x 600 1 x 100	1900	15,0	0,80	18,8			DR	2
5	TUG's	127	Cozinha	3 x 600 1 x 100	1900	15,0	0,70	21,4			DR	2
6	TUG's	127	A. Serv.	3 x 600	1800	14,2	0,65	21,9			DR	2
7	TUE	220	Chuveiro	1 x 4400	4400	20,0	0,65	30,8			DR	2
8	TUE	220	Torneira	1 x 3500	3500	15,9	0,70	22,7			DR	2
Circuito de Distribuição		220	Quadro	12636		57,4	1,00	57,4			DTM	2
			Padrão								DTM	2

Nota: na coluna "Fator de Correção", anota-se o resultado do produto do fator de correção de temperatura pelo de agrupamento. No caso de nossa residência, como o primeiro é unitário, este fator é igual ao de agrupamento.

Critério da capacidade de corrente

Tabela 7.12 Seção Nominal pelo Critério da Capacidade de Corrente				
Nº do Circuito	Quantidade de Condutores Carregados (passo 2)	Corrente Corrigida (passo 6)	Tabela 7.7	
			Corrente Imediatamente Acima	Seção Nominal Correspondente
1	2	7,5A	9A	0,5mm ²
2	2	5,1A	9A	0,5mm ²
3	2	19,4A	24A	2,5mm ²
4	2	18,8A	24A	2,5mm ²
5	2	21,4A	24A	2,5mm ²
6	2	21,9A	24A	2,5mm ²
7	2	30,8A	32A	4mm ²
8	2	22,7A	24A	2,5mm ²
Distribuição	3	57,4A	68A	16mm ²

Critério da seção mínima

Tabela 47 — Seção mínima dos condutores¹⁾

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

¹⁾ Seções mínimas ditadas por razões mecânicas

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

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

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

Critério da seção mínima

Tabela 7.13 Seção Nominal Atual dos Condutores Fase			
Nº do Circuito	Critério de Capacidade de Condução	Critério de Seção Nominal Mínima	Seção Nominal Adotada
1	0,5mm ²	Iluminação: 1,5mm ²	1,5mm ²
2	0,5mm ²	Iluminação: 1,5mm ²	1,5mm ²
3	2,5mm ²	Força (TUG's): 2,5mm ²	2,5mm ²
4	2,5mm ²	Força (TUG's): 2,5mm ²	2,5mm ²
5	2,5mm ²	Força (TUG's): 2,5mm ²	2,5mm ²
6	2,5mm ²	Força (TUG's): 2,5mm ²	2,5mm ²
7	4mm ²	Força (TUE): 2,5mm ²	4mm ²
8	2,5mm ²	Força (TUE): 2,5mm ²	2,5mm ²
Distribuição	16mm ²	Força: 2,5mm ²	16mm ²

Critério da queda de tensão

- **A menos de pequenas variações previstas nas normas, a tensão nos terminais de qualquer equipamento tem que ser aquela para a qual tenha sido projetado (designada de tensão nominal), caso contrário, alguma coisa será sacrificada, seja na vida útil ou no desempenho do equipamento.**
- **Como todos os circuitos apresentam alguma queda de tensão, o objetivo do critério em foco é re-analisar as seções adotadas para os condutores de maneira que a queda ocorra dentro dos limites estabelecidos pela NBR 5410.**

Critério da queda de tensão

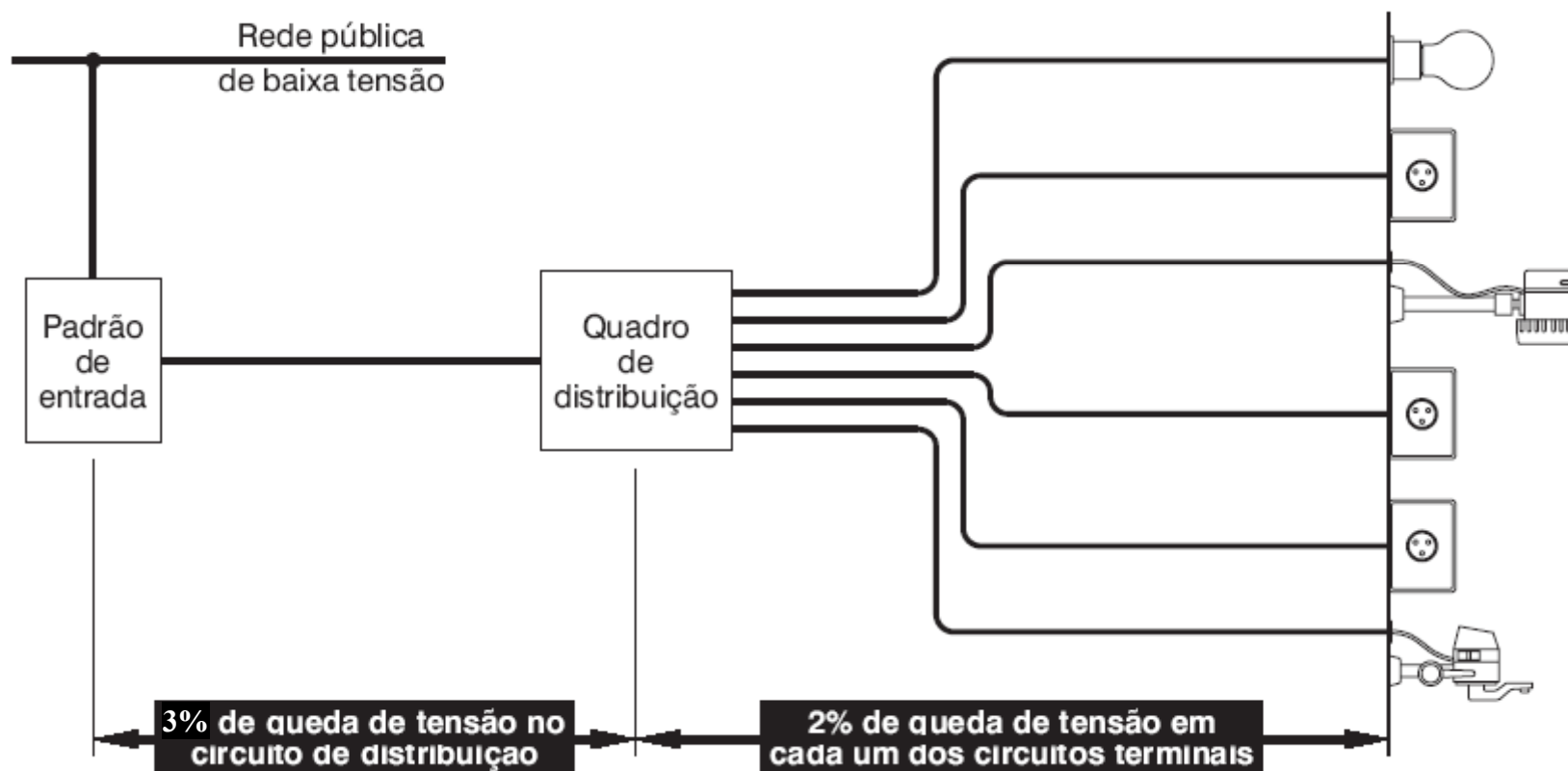
■ O que prescreve a NBR 5410?

6.2.7.1 Em qualquer ponto de utilização da instalação, a queda de tensão verificada não deve ser superior aos seguintes valores, dados em relação ao valor da tensão nominal da instalação:

a) 7%, calculados a partir dos terminais secundários do transformador MT/BT, no caso de transformador de propriedade da(s) unidade(s) consumidora(s);

c) 5%, calculados a partir do ponto de entrega, nos demais casos de ponto de entrega com fornecimento em tensão secundária de distribuição;

Critério da queda de tensão



Qualquer combinação cuja soma seja igual a 5 %.

Critério da queda de tensão

Queda de tensão unitária (valores tabelados)

$$\Delta U = t(r \cdot \cos \varphi + X \cdot \sin \varphi) \cdot I \cdot L \cdot 10^{-3} \dots \dots \dots (a)$$

onde:

ΔU = queda de tensão, em [V];

t = 2 para circuitos monofásicos (FF ou FN);

t = $\sqrt{3}$ para circuitos trifásicos (FFF ou 3F+N);

r = resistência do condutor, em [Ω /km];

$\cos \varphi$ = fator de potência do circuito, adimensional;

X = reatância do condutor, em [Ω /km];

$\sin \varphi$ = fator reativo do condutor, adimensional;

I = corrente calculada para o circuito, em [A];

L = comprimento do circuito, em [m].

$$\Delta U = \overline{\Delta U} \cdot I \cdot L \dots \dots \dots (b)$$

onde:

$\overline{\Delta U}$ = queda de tensão unitária, em [V/A.km].

Queda de Tensão (%)

7.6

$$\Delta U_{(\%)} = \frac{\Delta U}{U_N} \cdot 100$$

Critério da queda de tensão

Tabela 7.14						
Queda de Tensão Unitária [V/A.km] em Circuitos de Baixa Tensão ^(a)						
Tipo do Condutor:		Fio e Cabo Isolado		Temperatura em Regime Permanente no Condutor:		70 °C
Material da Isolação:		PVC				
Seção Nominal [mm²]	Eletroduto e Eletrocalha ^(b) (material magnético)		Eletroduto e Eletrocalha ^(b) (material não-magnético)			
	Circuito Monofásico e Trifásico		Circuito Monofásico		Circuito Trifásico	
	cos φ = 0,80	cos φ = 0,95	cos φ = 0,80	cos φ = 0,95	cos φ = 0,80	cos φ = 0,95
1,5	23	27,4	23,3	27,6	20,2	23,9
2,5	14	16,8	14,3	16,9	12,4	14,7
4	9,00	10,5	8,96	10,6	7,79	9,15
6	5,87	7,00	6,03	7,07	5,25	6,14
10	3,54	4,20	3,63	4,23	3,17	3,67
16	2,27	2,70	2,32	2,68	2,03	2,33
25	1,50	1,72	1,51	1,71	1,33	1,49
35	1,12	1,25	1,12	1,25	0,98	1,09
50	0,86	0,95	0,85	0,94	0,76	0,82
70	0,64	0,67	0,62	0,67	0,55	0,59
95	0,50	0,51	0,48	0,50	0,43	0,44
120	0,42	0,42	0,40	0,41	0,36	0,36
150	0,37	0,35	0,35	0,34	0,31	0,30
185	0,32	0,30	0,30	0,29	0,27	0,25

Critério da queda de tensão

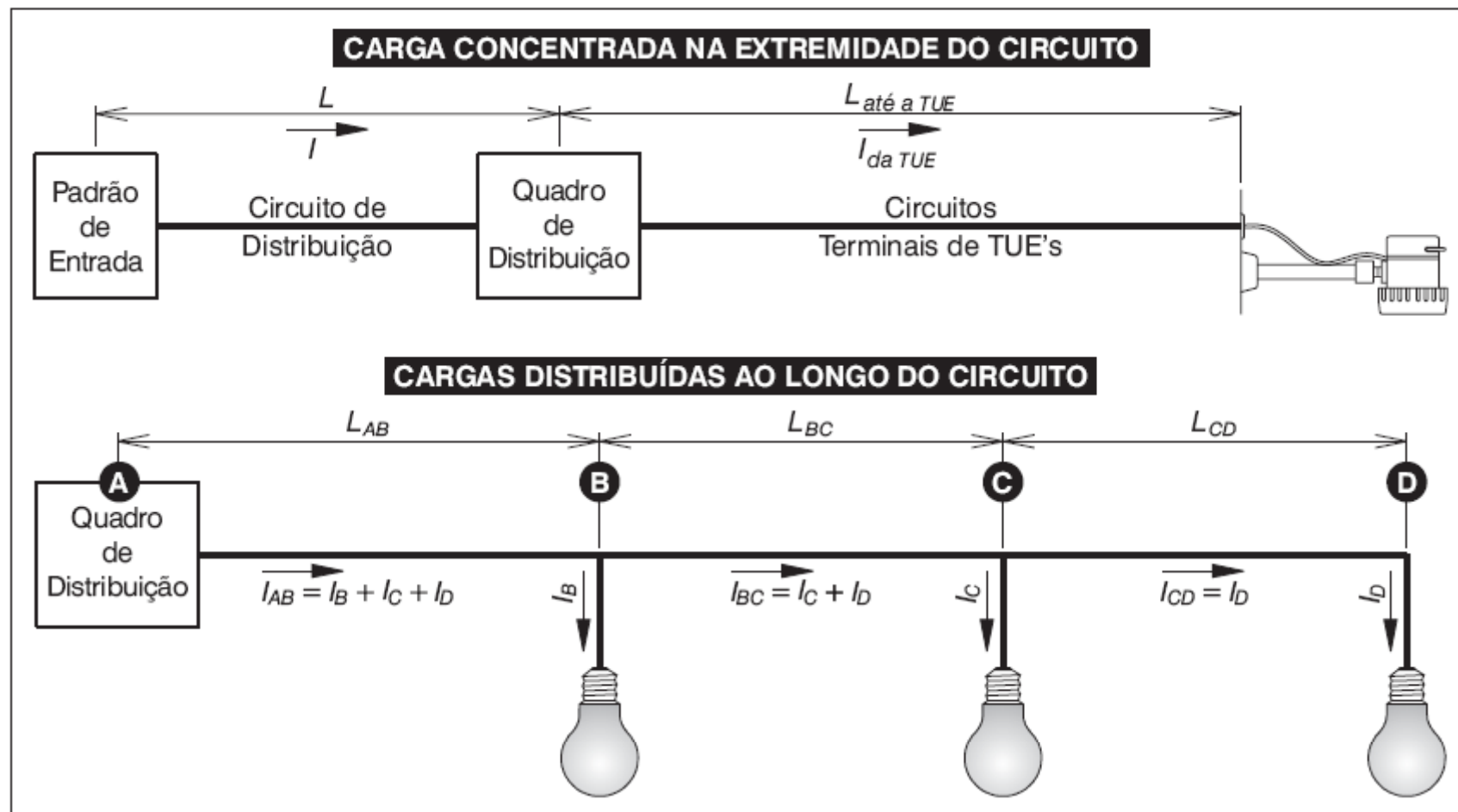


Figura 7.2: as duas situações a serem consideradas na aplicação do critério da queda de tensão.

Critério da queda de tensão

- A corrente de cada circuito já calculamos. Agora precisamos saber o **COMPRIMENTO** (plano vertical + plano horizontal) de cada circuito !!!

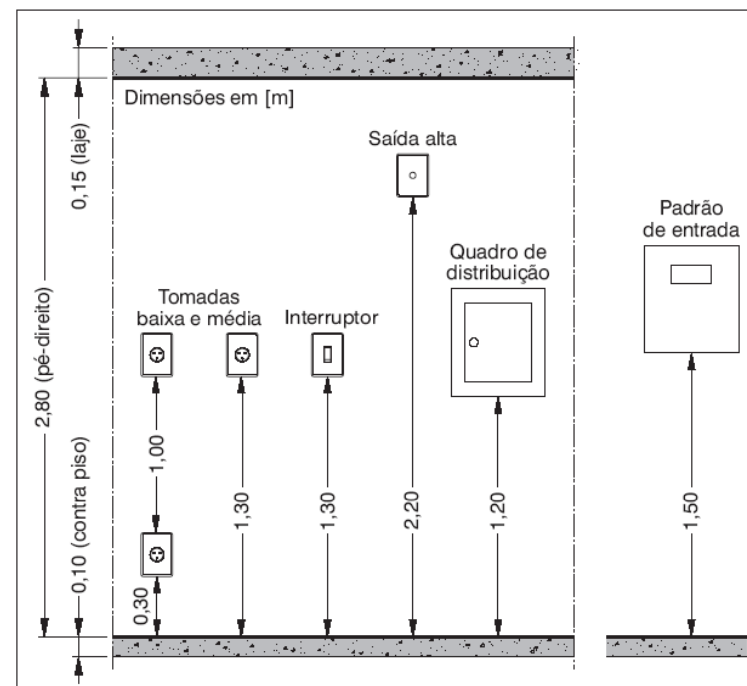
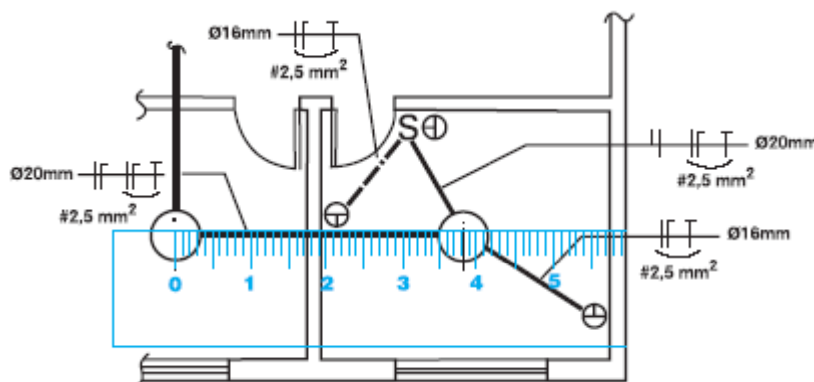


Figura 7.3: posições usuais das caixas de passagem.

Tabela 7.17 Comprimento Vertical de Eletrodutos		
Caixa de Passagem	Caminhamento do Conduto	
	Pela Laje	Pelo Piso
Padrão de Entrada	1,45m	1,60m
Quadro de Distribuição	1,75m	1,30m
Ponto de Iluminação no Teto	0	0
Saída Alta	0,75m	2,30m
Interruptor e Tomada Média	1,65m	1,40m
Tomada Baixa	2,65	0,40m

Critério da queda de tensão

Circuito 1 (Iluminação Social)

Queda de tensão (ΔU) — como, pela tabela 7.11, a tensão nominal (U_N) do circuito é 127V, e, pela figura 7.1, a queda máxima permitida é 2%, então podemos considerar:

$$\Delta U = 2\% \text{ de } 127V = 0,02 \times 127 = 2,54 V$$

Comprimento do circuito (L) — como é um circuito com cargas distribuídas (veja a figura 7.2), considera-se cada trecho em que estas o dividem, como mostra o desenho 3.35, que já indica os respectivos comprimentos horizontais.

Pela simples observação dessa figura, conclui-se que o trecho AB, por alimentar a menor carga, pode ser desconsiderado, adotando-se para sua seção a que for determinada para os trechos remanescentes.

Como o caminharmento é pela laje, o único trecho com parcela vertical de comprimento é o AC (subida do quadro de distribuição até a laje) e que, pela tabela 7.17, vale 1,75 metros. Logo, os comprimentos dos trechos são:

Critério da queda de tensão

L_{AC}	$= 2,00 + 1,75$	$\dots \dots \dots$	$3,75\text{m}$
L_{CD}	$\dots \dots \dots$	$\dots \dots \dots$	$2,70\text{m}$
L_{DE}	$\dots \dots \dots$	$\dots \dots \dots$	$1,90\text{m}$
L_{EF}	$\dots \dots \dots$	$\dots \dots \dots$	$3,00\text{m}$

Corrente calculada (I) — como é um circuito com cargas distribuídas, a corrente nos diversos trechos é determinada como mostra a figura 7.2. Para isto, basta resolver a expressão 7.1.g, com os dados de tensão e potência da tabela 7.11 (dados repetidos no desenho 3.35). Logo:

$$I_{AC} = \frac{160 + 100 + 100 + 160}{127} = 4,1\text{A}$$

$$I_{CD} = \frac{100 + 100 + 160}{127} = 2,8\text{A}$$

$$I_{DE} = \frac{100 + 160}{127} = 2,0\text{A}$$

$$I_{EF} = \frac{160}{127} = 1,3\text{A}$$

Queda de tensão unitária ($\overline{\Delta U}$) — como é um circuito com cargas distribuídas, a queda de tensão máxima ocorre na sua extremidade final e, portanto, é o resultado da soma das quedas em cada trecho.

Logo, pela expressão 7.5:

$$\overline{\Delta U} = \frac{2,54}{(4,1 \times 3,75) + (2,8 \times 2,70) + (2 \times 1,90) + (1,3 \times 3,00)} \times 1000 = 82,9\text{ V/A.km}$$

Seção nominal dos condutores (S) — como o circuito tem as seguintes características:

- monofásico (F+N), veja as tabelas 7.11 e 7.3;
- conduto de material não magnético, pelas notas gerais;
- fator de potência = 0,95, pelas notas gerais;
- queda de tensão unitária calculada em 82,9V/A.km;

então, na tabela 7.14 (veja as notas gerais), a queda de tensão unitária imediatamente abaixo da calculada é igual a 27,6V/A.km, à qual corresponde a seção nominal de 1,5mm².

Critério da queda de tensão

Tabela 7.18 Seção Nominal Atual dos Condutores Fase			
Nº do Circuito	Crítérios de Capacidade de Condução e Seção Nominal Mínima	Crítério de Queda de Tensão	Seção Nominal Adotada
1	1,5mm ²	1,5mm ²	1,5mm ²
2	1,5mm ²	1,5mm ²	1,5mm ²
3	2,5mm ²	1,5mm ²	2,5mm ²
4	2,5mm ²	2,5mm ²	2,5mm ²
5	2,5mm ²	4mm ²	4mm ²
6	2,5mm ²	6mm ²	6mm ²
7	4mm ²	2,5mm ²	4mm ²
8	2,5mm ²	2,5mm ²	2,5mm ²
Distribuição	16mm ²	6mm ²	16mm ²

Seção técnica

Tabela 7.11
Quadro de Distribuição de Cargas

Circuitos Terminais		Tensão [V]	Local	Potência [VA]		Corrente [A]			Condutor	Proteção		
Nº	Tipo			Unit.	Total	Calculada	Fator de Correção	Corrigida	Seção Nominal [mm²]	Tipo	Nº Polos	Corrente [A]
1	Ilumin. Social	127	Sala Dorm. A Banho Hall Dorm.B	1 x 100 1 x 160 1 x 100 1 x 100 1 x 160	620	4,9	0,65	7,5	1,5	DTM	1	
2	Ilumin. Serviço	127	Copa Cozinha A. Serv. A. Ext.	1 x 100 1 x 160 1 x 100 1 x 100	460	3,6	0,70	5,1	1,5	DTM	1	
3	TUG's	127	Sala Dorm. A Banho Hall Dorm.B	3 x 100 3 x 100 1 x 600 1 x 100 3 x 100	1600	12,6	0,65	19,4	2,5	DR	2	
4	TUG's	127	Copa	3 x 600 1 x 100	1900	15,0	0,80	18,8	2,5	DR	2	
5	TUG's	127	Cozinha	3 x 600 1 x 100	1900	15,0	0,70	21,4	4	DR	2	
6	TUG's	127	A. Serv.	3 x 600	1800	14,2	0,65	21,9	6	DR	2	
7	TUE	220	Chuveiro	1 x 4400	4400	20,0	0,65	30,8	4	DR	2	
8	TUE	220	Torneira	1 x 3500	3500	15,9	0,70	22,7	2,5	DR	2	
Circuito de Distribuição		220	Quadro Padrão	12636		57,4	1,00	57,4	16	DTM	2	
										DTM	2	

Nota: este dimensionamento é parcial, pois falta ainda o critério de sobrecarga, que será visto a seguir, quando do dimensionamento dos dispositivos de proteção.

Dimensionamento do condutor NEUTRO

- O condutor neutro não pode ser comum a mais de um circuito;
- Circuitos monofásicos (FN ou FF), o neutro deve ter a mesma seção da fase;
- Circuitos 2F+N ou 3F+N (com taxa de 3ª. Harm. < 33%), o neutro deve ter a mesma seção da fase;
- Circuitos 2F+N ou 3F+N (com taxa de 3ª. Harm. > 33%), pode ser necessário um condutor neutro com seção superior à dos condutores fase;

Dimensionamento do condutor NEUTRO

Tabela 7.19
Seção Nominal Mínima dos Condutores Neutro

Seção do Condutor Fase	Seção Mínima para o Neutro
até 25mm ²	mesma da fase
35mm ²	25mm ²
50mm ²	25mm ²
70mm ²	35mm ²
95mm ²	50mm ²
120mm ²	70mm ²
150mm ²	70mm ²
185mm ²	95mm ²

Para a nossa residência (veja o desenho 3.43),
a seção nominal do neutro será a mesma da respectiva fase.

Pode-se utilizar seção do neutro **menor** que a da fase em circuitos 2F+N e 3F+N desde que, simultaneamente:

- o circuito seja equilibrado;
- Taxa de 3^a. Harm. < 15% das correntes das fases;
- Condutor neutro protegido contra sobrecorrentes.

Dimensionamento do condutor de proteção

Tabela 9.7	
Seção Mínima dos Condutores de Proteção Principal e das Massas	
Seção Nominal do Condutor Fase [mm ²]	Seção Nominal dos Condutores de Proteção [mm ²]
até 16	mesma da fase, mas, no mínimo, 2,5mm ²
acima de 16 até 35	16
acima de 35	50% da seção da fase
Notas: – podem ser usados condutores isolados, cabos unipolares e veias de cabos multipolares; – o fio terra deve estar junto aos condutores vivos do circuito a que pertença, no mesmo conduto ou, então, ser uma veia do cabo multipolar do circuito; – ao calcular 50% da seção da fase, usar o valor comercial imediatamente superior.	

Um condutor de proteção pode ser comum a dois ou mais circuitos, desde que esteja instalado no mesmo conduto que os respectivos condutores de fase e sua seção seja dimensionada com base na maior seção de condutor de fase desses circuitos.

Dimensionamento do condutor de proteção

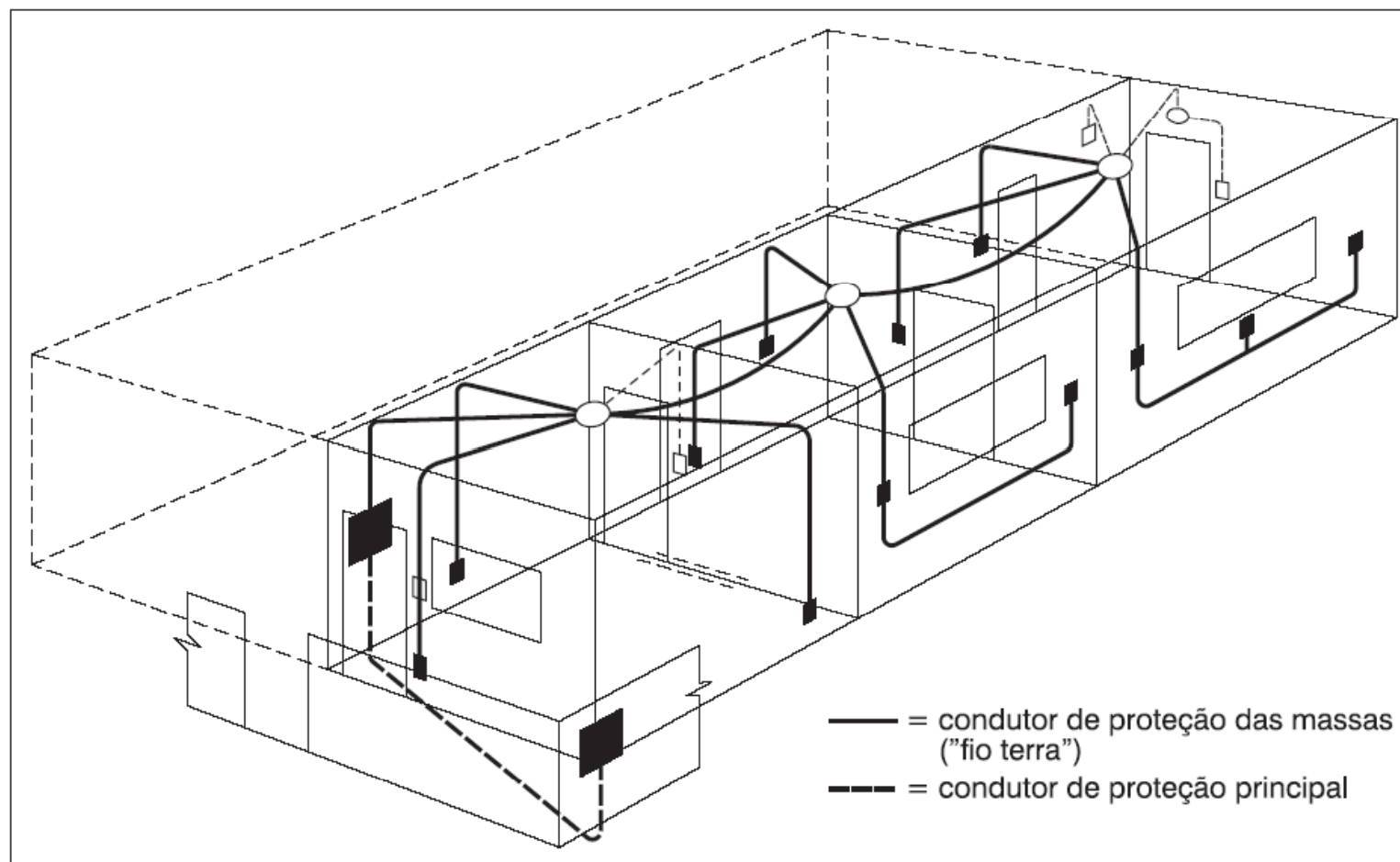


Figura 9.10: usando um único condutor de proteção das massas em cada trecho de eletroduto.

12.

DIMENSIONAMENTO DA PROTEÇÃO

Conceitos

- Os condutores vivos devem ser protegidos por um ou mais dispositivos de seccionamento automático contra sobrecargas e curto-circuitos.
- Como a eficácia dos DTM's reside no seu tempo de atuação, isto é, no intervalo de tempo que necessitam para interromper o circuito, que, por sua vez, é função de suas correntes nominais (ou de ajuste), seu dimensionamento reside, basicamente, em determinar o valor dessas correntes.

Proteção contra sobrecarga

9.1

1ª Condição	2ª Condição
$I \leq I_N \leq I'_Z$	a $I_2 \leq 1,45 I'_Z$
	b $I_2 \leq I'_Z$

Validade da 2ª condição:
 (a): quando for possível assumir que a temperatura limite de sobrecarga dos condutores não seja mantida por tempo superior a 100 horas, durante 12 meses consecutivos, ou por 500 horas ao longo da vida útil do condutor;
 (b) em caso contrário.

onde:

I = corrente do circuito, em [A];

I_N = corrente nominal (ou de ajuste) do DTM, em [A];

I'_Z = capacidade real de condução de corrente dos condutores prevista para a instalação, em [A], calculada por:

$$I'_Z = I_Z \cdot FCT \cdot FAC$$

em que:

FCT = fator de correção de temperatura, adimensional fornecido pela tabela 7.5;

FAC = fator de correção de agrupamento de circuitos, adimensional fornecido pela tabela 7.6;

I_2 = corrente que assegura efetivamente a atuação do DTM, em [A]. Na prática, é considerada igual à corrente convencional de atuação desses dispositivos, cujos valores estão mostrados na tabela 9.1.

Tabela 9.1 Correntes Convencionais e Tempos de Atuação para DTM's conforme NBR 5361				
Nominal (I_N)	Corrente [A]		Tempo Convencional (hora)	Temperatura Ambiente de Referência [°C]
	Convencional de Não Atuação	Convencional de Atuação (I_2)		
≤ 50	$1,05 \times I_N$	$1,35 \times I_N$	1	25
> 50	$1,05 \times I_N$	$1,35 \times I_N$	2	

Nota Importante:
 Para DTM's fabricados de acordo com a NBR 5361, basta aplicar a 1ª Condição da expressão 9.1, pois a 2ª Condição estará automaticamente atendida.

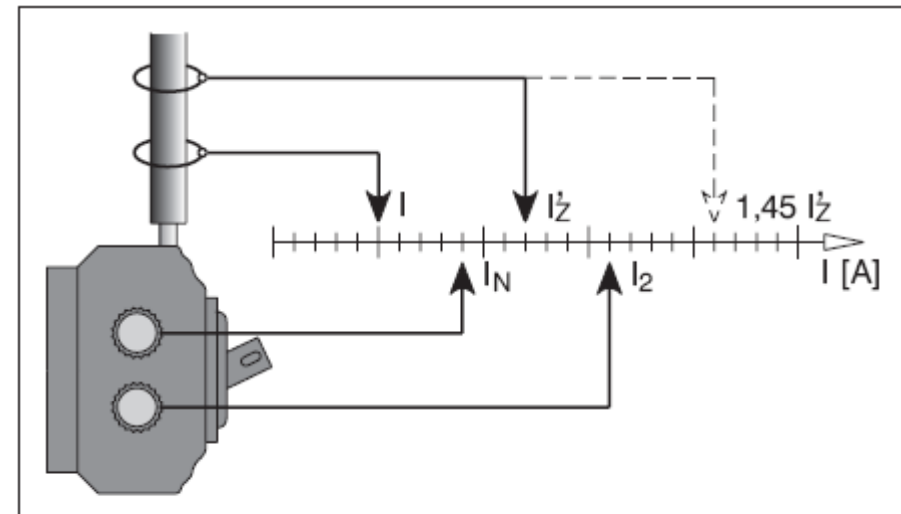


Figura 9.1: as duas condições que a corrente nominal dos DTM's têm que cumprir na proteção contra sobrecargas.

Proteção contra curto-circuitos

9.2

1ª Condição	2ª Condição
$I_R \geq I_{CC}$	$T_{dd} \leq t$ sendo: $t = \frac{S^2 \cdot K^2}{I_{CC}^2}$
<p>Estas duas condições impõem que os DTM's:</p> <ul style="list-style-type: none"> – tenham capacidade de ruptura superior à corrente presumida de curto nos pontos considerados; – sejam suficientemente rápidos para que os componentes do circuito não sejam danificados por superaquecimento. 	

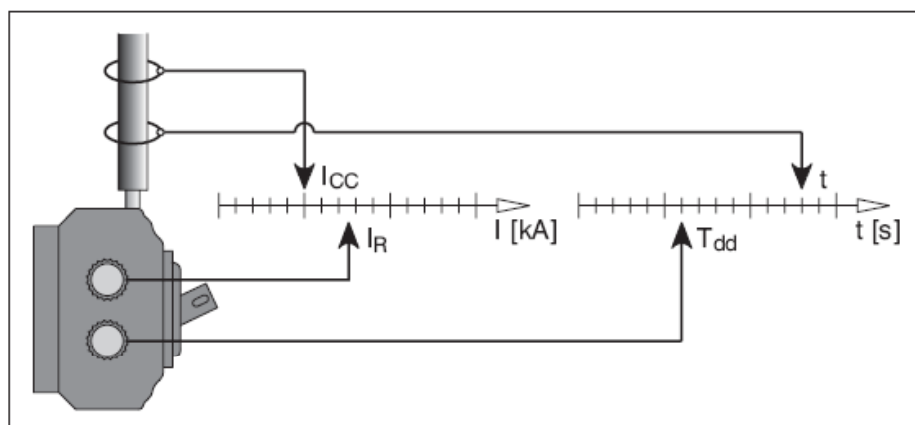


Figura 9.2: as duas condições que os DTM's têm que cumprir na proteção contra curto-circuitos.

onde:

I_R = corrente de ruptura do DTM, em [A];

I_{CC} = corrente de curto-circuito presumida no ponto de instalação do DTM, em [A], veja o item 9.2.2.1;

T_{dd} = tempo de disparo do DTM, em [s], para o valor de I_{CC} ;

t = tempo limite de atuação do DTM, em [s];

S = seção nominal do condutor, em [mm²];

K = constante relacionada ao material e à isolamento do condutor, valendo:

Material do Condutor	Material da Isolação	
	PVC	EPR ou XLPE
Cobre	$K = 115$	$K = 135$
Alumínio	$K = 74$	$K = 87$

Proteção contra curto-circuitos

**Corrente de Curto-Circuito Presumida para:
Condutores de Cobre com $S \leq 50 \text{ mm}^2$
em Circuitos Trifásicos 220/380V**

9.3

$$I_{cc} = \frac{22}{\sqrt{\frac{484}{I_{cc0}^2} + \frac{100 \cdot \cos \Phi_{cc0} \cdot l}{I_{cc0} \cdot S} + \frac{5 \cdot l^2}{S^2}}}$$

Para circuitos monofásicos de 220V, dobrar o valor de l .

**Corrente de Curto-Circuito Presumida para:
Condutores de Cobre com $S \leq 50 \text{ mm}^2$
em Circuitos Trifásicos 127/220V**

9.4

$$I_{cc} = \frac{12,7}{\sqrt{\frac{162}{I_{cc0}^2} + \frac{57 \cdot \cos \Phi_{cc0} \cdot l}{I_{cc0} \cdot S} + \frac{5 \cdot l^2}{S^2}}}$$

Para circuitos monofásicos de 127V, dobrar o valor de l .

I_{cc} = corrente de curto-circuito presumida no ponto de instalação do DTM, em [kA];

I_{cc0} = corrente de curto-circuito no ponto de entrega de energia, obtido com a concessionária, em [kA];

$\cos \Phi_{cc0}$ = fator de potência, função de I_{cc0} , cujo valor é:

$1,5 \leq I_{cc0} \leq 3$ $\cos \Phi_{cc0} = 0,90$

$3,1 \leq I_{cc0} \leq 4,5$ $\cos \Phi_{cc0} = 0,80$

$4,6 \leq I_{cc0} \leq 6$ $\cos \Phi_{cc0} = 0,70$

$6,1 \leq I_{cc0} \leq 10$ $\cos \Phi_{cc0} = 0,50$

$10,1 \leq I_{cc0} \leq 20$ $\cos \Phi_{cc0} = 0,30$

$I_{cc0} > 20$ $\cos \Phi_{cc0} = 0,25$

l = comprimento do circuito, em [m];

S = seção nominal do condutor, em [mm^2].

Dimensionamento da proteção do nosso projeto

O ponto de partida do dimensionamento da proteção é o cálculo da corrente de curto no quadro de distribuição. Para isto, como são conhecidos:

- tipo do circuito (tabela 7.11). bifásico (2F+N)
- tensão (tabela 7.11) 127/220V
- comprimento (item 7.3.5) 7,30m
- material dos condutores (item 7.3.2, passo 1) . . . cobre
- seção dos condutores (tabela 7.18) 16mm²

e a concessionária informa que a corrente de curto-circuito na origem é de 2kA, aplicando a expressão 9.3 (monofásico 220V) e os dados a ela anexados, obtém-se:

$$I_{cc} = \frac{22}{\sqrt{\frac{484}{2^2} + \frac{100 \times 0,90 \times (2 \times 7,30)}{2 \times 16} + \frac{5 \times (2 \times 7,30)^2}{16^2}}} = 1,7 \text{ kA}$$

Dimensionamento da proteção do nosso projeto

Características Típicas dos Disjuntores Termomagnéticos

Características Elétricas

Normas de Referência: NBR 5361 – NBR 8176

Frequência: 50 / 60Hz

Correntes Nominais [A]:

Unipolares	10	15	20	25	30	35	40	50	60	70		
Bipolares e Tripolares	10	15	20	25	30	35	40	50	60	70	90	100

Limiar de Atuação Magnética:

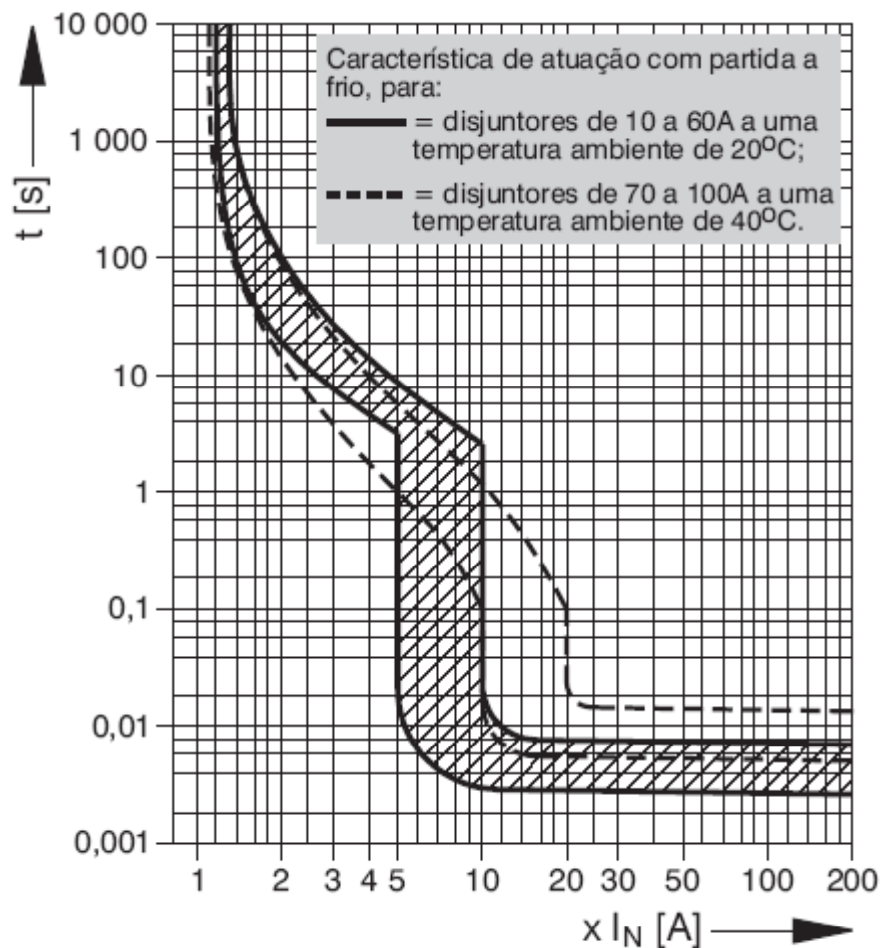
10 a 60A → 5 a 10 I_N

70 a 100A → 10 a 20 I_N

Capacidade de Interrupção [kA]:

Tensão de Funcionamento [V]	Número de Polos		
	1	2	3
127	5,0	—	—
220	3,0	5,0	5,0
380	—	4,5	3,0

Curvas de Atuação



Dimensionamento da proteção do nosso projeto

Disjuntor do Circuito 1 — como sabe-se que:

- tipo do dispositivo (item 9.4) DTM
- corrente (tabela 7.11) 4,9A
- seção dos condutores (tabela 7.18) 1,5mm²
- FCT × FCA (tabela 7.11) 0,65

e como a linha elétrica está embutida em alvenaria, em eletrodutos não magnéticos, a tabela 7.4 informa que istocorresponde ao método de instalação B1 e, para esta configuração, a tabela 7.7 fornece 17,5A para a capacidade I_Z de condução de corrente dos condutores.

Então, pela expressão definida no item 9.2.1, a corrente máxima que pode percorrer o condutor sem ultrapassar a temperatura de regime permanente θ_z é:

$$I'_Z = I_Z \cdot FCT \cdot FCA = 17,5 \times 0,65 = 11,4 \text{ A}$$

■ Quanto à proteção contra sobrecarga, a corrente nominal I_N do disjuntor deverá atender a expressão 9.1:

$$4,9 \leq I_N \leq 11,4$$

o que conduz à escolha do disjuntor de I_N igual a 10A da tabela 8.1.

■ Quanto à proteção contra curto-circuito, como a tabela 8.1 indica que a corrente I_R do disjuntor escolhido é de 5kA e, portanto:

$$I_R = 5 \text{ kA} > I_{CC} = 1,7 \text{ kA} \text{ (1ª condição da expressão 9.2)}$$

ele atende a este aspecto preliminar. Adicionalmente, pela curva de atuação do disjuntor da tabela 8.1, para uma corrente de curto-circuito presumida de 1,5kA, seu tempo de desarme é:

$$\frac{I_{CC}}{I_N} = \frac{1700}{10} = 170 \rightarrow T_{dd} = 0,008 \text{ s}$$

e, pela 2ª condição da expressão 9.2, como o tempo admissível é:

$$t = \frac{115^2 \times 15^2}{1700^2} = 0,0103 \text{ s} \rightarrow T_{dd} = 0,008 \text{ s} < t$$

o disjuntor escolhido garante a proteção desejada.

Dimensionamento da proteção do nosso projeto

Disjuntor do Circuito 4 — como sabe-se que:

- tipo do dispositivo (item 9.4) DR
- corrente (tabela 7.11) 15A
- seção dos condutores (tabela 7.18) 2,5mm²
- $FCT \times FCA$ (tabela 7.11) 0,80

e como a linha elétrica está embutida em alvenaria, em eletrodutos não magnéticos, a tabela 7.4 informa que isto corresponde ao método de instalação B1 e, para esta configuração, a tabela 7.7 fornece 24A para a capacidade I_Z de condução de corrente dos condutores.

Então, pela expressão definida no item 9.2.1, a corrente máxima que pode percorrer o condutor sem ultrapassar a temperatura de regime permanente θ_z é:

$$I'_z = I_z \cdot FCT \cdot FCA = 24 \times 0,80 = 19,2 \text{ A}$$

■ Quanto à proteção contra sobrecarga, a corrente nominal I_N do disjuntor deverá atender a expressão 9.1:

$$15 \leq I_N \leq 19,2$$

Esta faixa permite apenas a escolha do disjuntor de 15A da tabela 8.1, que, se adotado, atuaria no seu limiar, pois a corrente do circuito também é de 15A.

Portanto, como observado no início do dimensionamento, a seção dos condutores deste circuito deverá ser aumentada, no caso, para 4mm², cuja capacidade de condução de corrente, pela tabela 7.7, é 32A.

Como os demais parâmetros do circuito não se alteram, pela expressão definida no item 9.2.1, a corrente máxima que pode percorrer a nova seção de 4mm² sem ultrapassar a temperatura de regime permanente θ_z é:

$$I'_z = I_z \cdot FCT \cdot FCA = 32 \times 0,80 = 25,6 \text{ A}$$

Em consequência, de acordo com a expressão 9.1, para exercer proteção contra sobrecarga, a corrente nominal I_N do disjuntor deverá se situar dentro da seguinte faixa:

$$15 \leq I_N \leq 25,6$$

para a qual, a tabela 8.1 diz serem disponíveis disjuntores de 15, 20 e 25A. Será escolhido o de 20A.

Dimensionamento da proteção do nosso projeto

■ Quanto à proteção contra curto-circuito, como a tabela 8.1 indica que a corrente I_R do disjuntor escolhido é de 5kA e, portanto:

$$I_R = 5 \text{ kA} > I_{CC} = 1,7 \text{ kA} \quad (1^{\text{a}} \text{ condição da expressão 9.2})$$

ele atende a este aspecto preliminar. Adicionalmente, pela curva de atuação do disjuntor da tabela 8.1, para uma corrente de curto-circuito presumida de 1,7kA, seu tempo de desarme é:

$$\frac{I_{CC}}{I_N} = \frac{1700}{20} = 85 \rightarrow T_{dd} = 0,008 \text{ s}$$

e, pela 2ª condição da expressão 9.2, como o tempo admissível é:

$$t = \frac{115^2 \times 4^2}{1700^2} = 0,0732 \text{ s} \rightarrow T_{dd} = 0,008 \text{ s} < t$$

■ Quanto à proteção contra choque elétrico, em consonância com o item 8.3.4, será adotado dispositivo a corrente residual-diferencial de alta sensibilidade, isto é, com $I_{\Delta N} \leq 30 \text{ mA}$.

Dimensionamento da proteção do nosso projeto

Disjuntor do Circuito de Distribuição — como sabe-se que:

- tipo do dispositivo (item 9.4) DTM
- corrente (tabela 7.11) 57,4A
- seção dos condutores (tabela 7.18) 16mm²
- FCT × FCA (tabela 7.11) 1,00

e como a linha elétrica está embutida em alvenaria, em eletrodutos não magnéticos, a tabela 7.4 informa que isto corresponde ao método de instalação B1 e, para esta configuração, a tabela 7.7 fornece 68A para a capacidade I_Z de condução de corrente dos condutores.

Então, pela expressão definida no item 9.2.1, a corrente máxima que pode percorrer o condutor sem ultrapassar a temperatura de regime permanente θ_z é:

$$I'_z = I_z \cdot FCT \cdot FCA = 68 \times 1,00 = 68 \text{ A}$$

■ Quanto à proteção contra sobrecarga, a corrente nominal I_N do disjuntor deverá atender a seguinte condição:

$$57,4 \leq I_N \leq 68$$

Para esta faixa, a tabela 8.1 informa ser disponível o disjuntor de 60A, que será escolhido.

■ Quanto à proteção contra curto-circuito, como a tabela 8.1 indica que a corrente I_R do disjuntor escolhido é de 5kA e, portanto:

$$I_R = 5 \text{ kA} > I_{CC} = 1,7 \text{ kA} \quad (1^{\text{a}} \text{ condição da expressão 9.2})$$

ele atende a este aspecto preliminar. Adicionalmente, pela curva de atuação do disjuntor da tabela 8.1, para uma corrente de curto-circuito presumida de 1,7kA, seu tempo de desarme é:

$$\frac{I_{CC}}{I_N} = \frac{1700}{60} = 28,3 \rightarrow T_{dd} = 0,008 \text{ s}$$

e, pela 2ª condição da expressão 9.2, como o tempo admissível é:

$$t = \frac{115^2 \times 16^2}{1700^2} = 1,1715 \text{ s} \rightarrow T_{dd} = 0,008 \text{ s} < t$$

o disjuntor escolhido garante a proteção desejada.

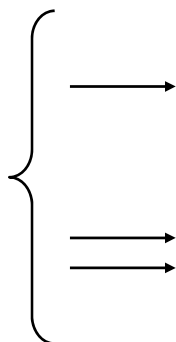
Dimensionamento da proteção do nosso projeto

Disjuntor do Padrão de Entrada — como sabe-se que:

- potência total instalada (tabela 4.9). 14,74kW
- tipo de fornecimento (item 4.6) bifásico (tipo B)

da tabela 4.12, para unidades consumidoras urbanas/rurais, com ligação a 2 e 3 fios, a corrente I_N nominal do disjuntor deve ser de 60A. Como a corrente nominal deste disjuntor tem que ser, no mínimo, igual ao do instalado no quadro de distribuição, fica confirmada a escolha feita

Critério de sobrecarga
redimensionou a seção
dos cabos desses
circuitos



Circuitos Terminais		Tensão [V]	Local	Potência [VA]		Corrente [A]			Condutor	Proteção		
Nº	Tipo			Unit.	Total	Calculada	Fator de Correção	Corrigida	Seção Nominal [mm²]	Tipo	Nº Polos	Corrente [A]
1	Ilumin. Social	127	Sala Dorm. A Banho Hall Dorm.B	1 x 100 1 x 160 1 x 100 1 x 100 1 x 160	620	4,9	0,65	7,5	1,5	DTM	1	10
2	Ilumin. Serviço	127	Copa Cozinha A. Serv. A. Ext.	1 x 100 1 x 160 1 x 100 1 x 100	460	3,6	0,70	5,1	1,5	DTM	1	10
3	TUG's	127	Sala Dorm. A Banho Hall Dorm.B	3 x 100 3 x 100 1 x 600 1 x 100 3 x 100	1600	12,6	0,65	19,4	2,5	DR	2	15
4	TUG's	127	Copa	3 x 600 1 x 100	1900	15,0	0,80	18,8	4	DR	2	20
5	TUG's	127	Cozinha	3 x 600 1 x 100	1900	15,0	0,70	21,4	4	DR	2	20
6	TUG's	127	A. Serv.	3 x 600	1800	14,2	0,65	21,9	6	DR	2	15
7	TUE	220	Chuveiro	1 x 4400	4400	20,0	0,65	30,8	6	DR	2	25
8	TUE	220	Torneira	1 x 3500	3500	15,9	0,70	22,7	4	DR	2	20
Circuito de Distribuição		220	Quadro Padrão	12636		57,4	1,00	57,4	16	DTM	2	60
										DTM	2	60

Dimensionamento da proteção do nosso projeto

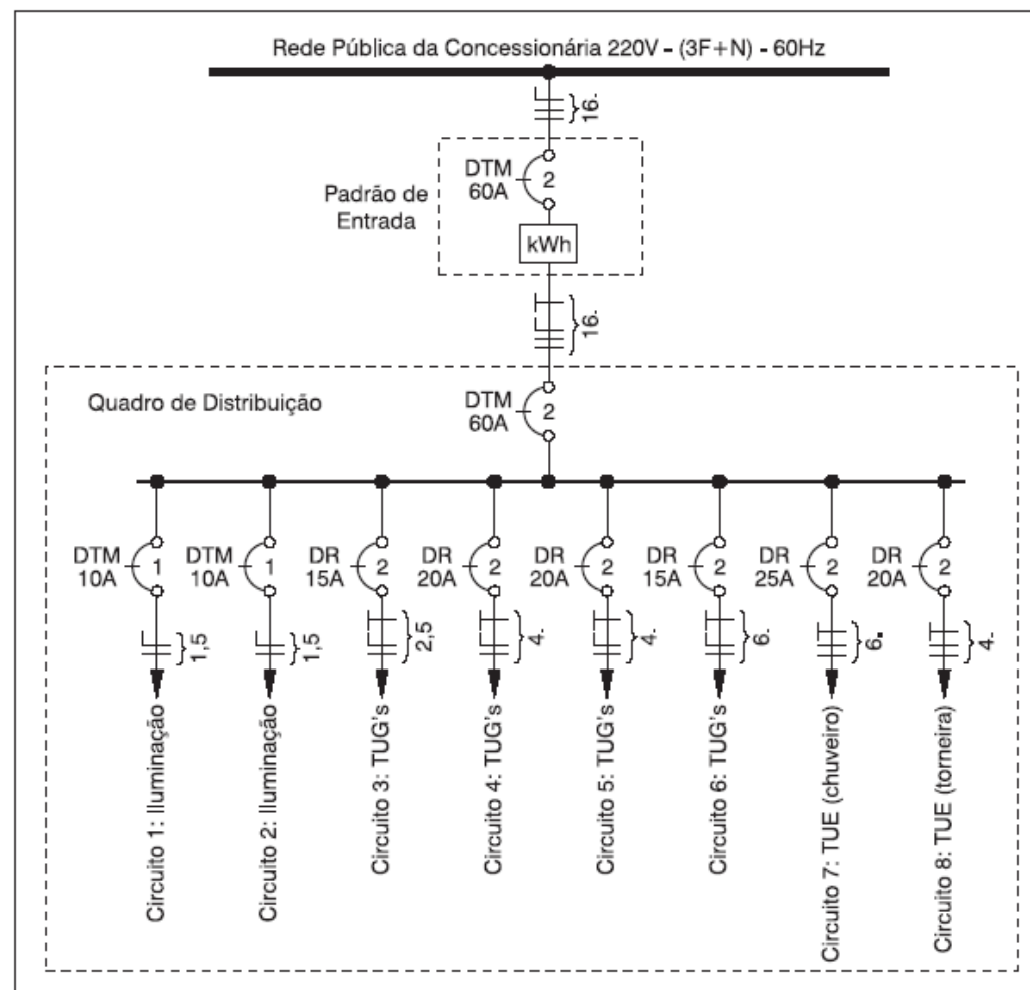


Figura 9.11: versão final do diagrama unifilar de nossa residência.

12.

DIMENSIONAMENTO DOS ELETRODUTOS

Dimensionamento de eletrodutos

MAS... O QUE É DIMENSIONAR ELETRODUTOS?

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

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

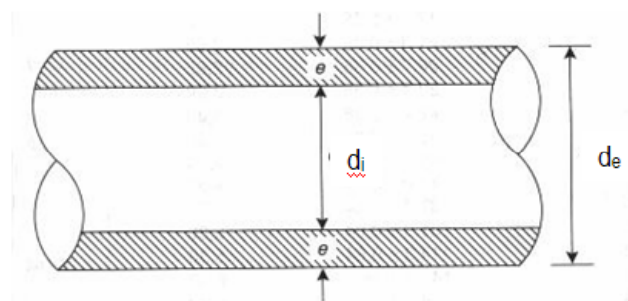


O dimensionamento dos eletrodutos se baseia na sua **área útil**, fixada pelo percentual máximo que os condutores podem ocupar de sua área nominal - quanto a isto sendo recomendado:

eletroduto com 1 condutor: 53%

eletroduto com 2 condutores: 31%

eletroduto com 3 ou mais condutores: 40%



$$\Sigma A_c \leq \% A_e$$

Dimensionamento de eletrodutos

Tabela 10.1

Área Útil [mm²] dos Eletrodutos de PVC Rígidos Roscáveis e Transversalmente Elásticos

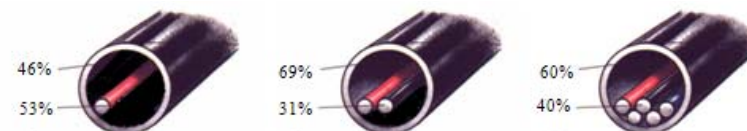
Tamanho Nominal	Rígidos Roscáveis Classe A			Transversalmente Elásticos e Rígidos Roscáveis Classe B		
	Número de Condutores			Número de Condutores		
	1	2	3 ou Mais	1	2	3 ou Mais
16	67,3	39,4	50,8	71,6	41,9	54
20	108,1	63,2	81,6	127,2	74,4	96
25	183,4	107,3	138,4	194	113,5	146,4
32	298,9	174,8	225,6	321,7	188,2	242,8
40	509,9	298,2	384,8	551,2	322,4	416
50	658,8	385,3	497,2	727,2	425,3	548,8
60	1048,3	613,2	791,2	1177,7	688,8	888,8
75	1709,3	999,8	1290	1895,8	1108,9	1430,8
85	2378,1	1391	1794,8	2662,7	1557,4	2009,6

Parcela: % Ae

1 condutor	2 condutores	3 ou mais condutores
53%	31%	40%
$A_c \leq 0,53A_e$	$A_c \leq 0,31A_e$	$A_c \leq 0,40A_e$

Ae = área útil do eletroduto

Ac = área do(s) condutor(es)



Dimensionamento de eletrodutos

Tabela 6.5
Dados Médios de Fios Isolados

Seção Nominal [mm²]	Diâmetro Nominal do Condutor D [mm]	Espessura Nominal da Isolação [mm]	Diâmetro Externo Nominal De [mm]	Área Externa A _c [mm²]
0,5	0,8	0,6	2,1	3,5
0,75	1,0	0,6	2,2	3,8
1	1,1	0,6	2,4	4,5
1,5	1,4	0,7	2,8	6,2
2,5	1,7	0,8	3,4	9,1
4	2,2	0,8	3,9	11,9
6	2,7	0,8	4,4	15,2
10	3,5	1,0	5,6	24,6

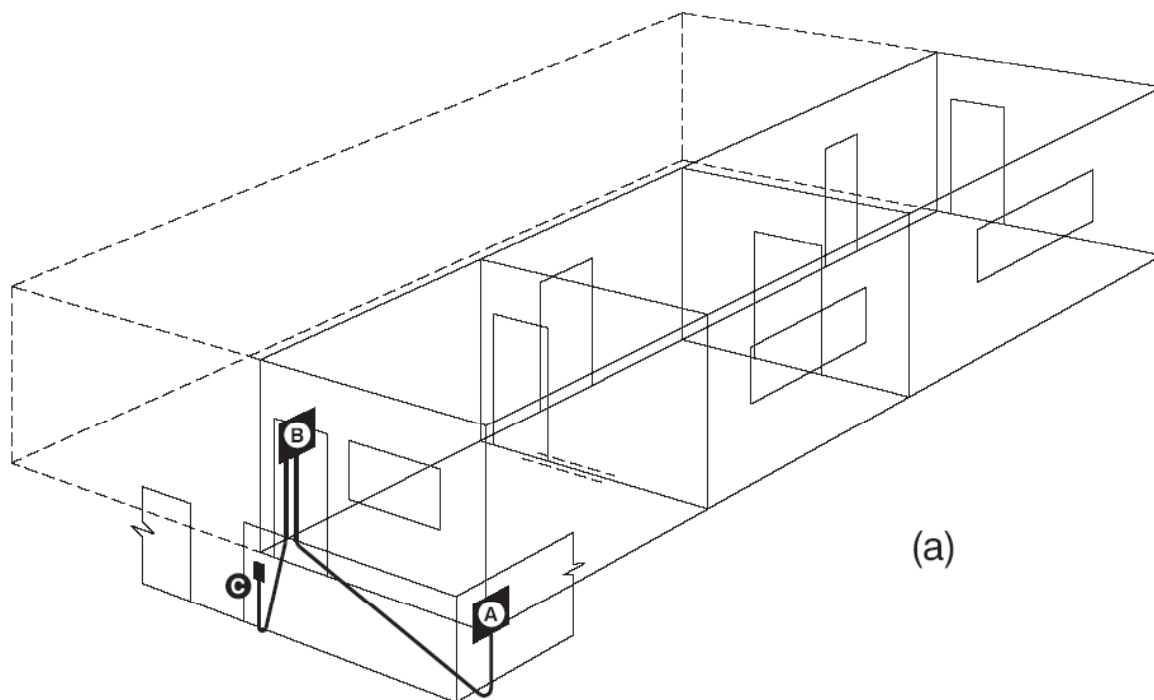
Tabela 6.6
Dados Médios de Cabos Isolados

Seção Nominal [mm²]	Diâmetro Nominal do Condutor D [mm]	Espessura Nominal da Isolação [mm]	Diâmetro Externo Nominal De [mm]	Área Externa A _c [mm²]
0,5	0,9	0,6	2,2	3,8
0,75	1,1	0,6	2,3	4,2
1	1,3	0,6	2,5	4,9
1,5	1,5	0,7	3,0	7,1
2,5	1,9	0,8	3,6	10,2
4	2,4	0,8	4,2	13,8
6	3,0	0,8	4,7	17,3
10	3,9	1,0	6,0	28,3
16	5,5	1,0	7,6	45,3
25	6,9	1,2	9,4	69,4
35	8,3	1,2	10,8	91,6
50	9,9	1,4	12,8	128,6
70	11,7	1,4	14,6	167,3
95	13,4	1,6	16,8	221,6
120	15,3	1,6	18,7	274,5
150	17,2	1,8	20,9	342,9
185	18,8	2,0	23,0	415,3
240	21,8	2,2	26,3	543,0

Parcela: ΣA_c

Dimensionamento de eletrodutos

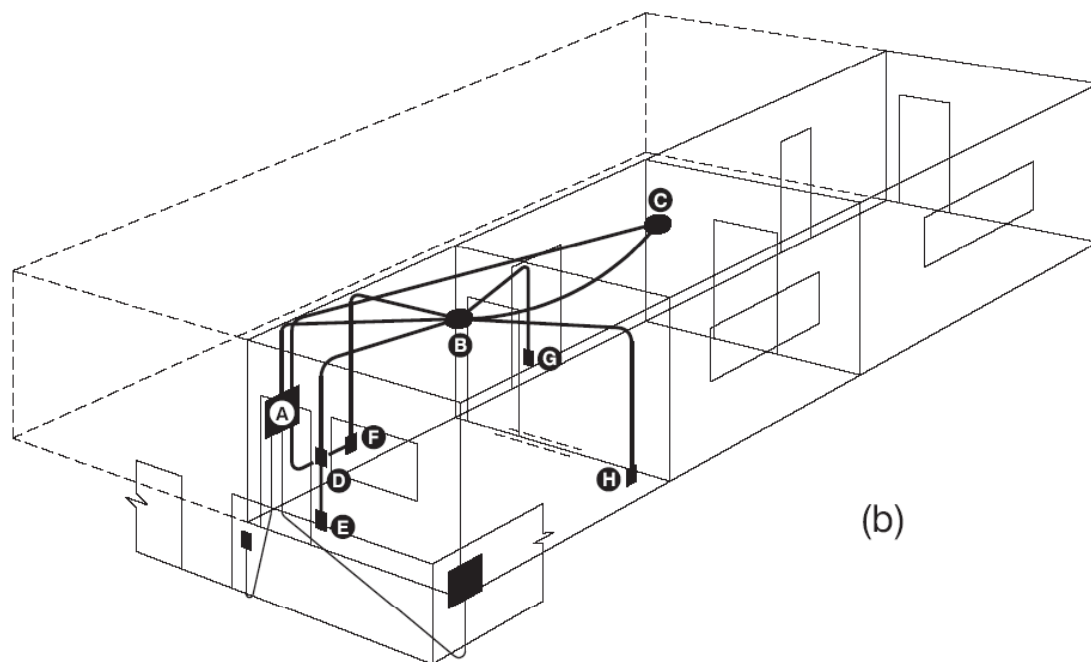
Indicação dos eletrodutos nas figuras 44 a 51 do eBook.



Por este trecho (pontos A e B da figura 10.1.a), pelo desenho 3.44, passa $4 \times 16\text{mm}^2$ e, pela tabela 6.7, a área correspondente a esta seção nominal é $70,8\text{mm}^2$. Logo a área total dos condutores é:
 $At = 4 \times 70,8 = 283,2 \text{ mm}^2$.
e, para estes dados, a tabela 10.1 indica o tamanho nominal F40 para o eletroduto.

Dimensionamento de eletrodutos

Indicação dos eletrodutos nas figuras 44 a 51 do eBook.



(b)

Do Ponto de Luz da Sala ao Outro Interruptor

Por este trecho (pontos B e G da figura 10.1.b), pelo desenho 3.45, passa 3 x 1,5 mm² e, pela tabela 6.6, a área correspondente a esta seção nominal é 7,1mm². Logo a área total dos condutores é:

$$At = 3 \times 7,1 = 21,3 \text{ mm}^2$$

e, para estes dados, a tabela 10.1 indica o tamanho nominal Ø16 para o eletroduto.

SOFTWARE



*Que tal utilizar o
software QDC
Pro ® ?*



13.

LISTA DE MATERIAL

Conformidade dos materiais

- Os produtos e serviços oferecidos aos consumidores devem estar em conformidade com ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- O Código de Defesa do Consumidor prevê obrigações e responsabilidades de fabricantes, eletricitas instaladores, projetistas, engenheiros, revendedores e técnicos, quanto a qualidade dos produtos oferecidos e dos serviços prestados ao consumidor.
- Nesse sentido, a NBR - marca de conformidade expedida pelo INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial, demonstra a qualidade do produto.

Conformidade dos materiais

- A obtenção desta marca significa que o produto foi aprovado em todos os ensaios e testes previstos pela norma técnica da ABNT utilizada para sua categoria e que o fabricante tem implantado um sistema de controle da qualidade com verificações e auditorias, tanto do produto como do sistema produtivo, realizadas sob a supervisão do INMETRO ou entidade por ele credenciada.
- Certificação compulsória: fios e cabos, fusíveis, disjuntores até 63 A, tomadas e interruptores, reatores eletromagnéticos e eletrônicos etc.

Conformidade dos materiais

- Por isso, na hora de especificar um componente para instalações elétricas, não observe apenas o custo do material. É importante verificar se ele tem o selo NBR estampado na própria peça. É a sua única garantia de estar comprando ou especificando um produto que atende as normas técnicas da ABNT.



Levantamento dos materiais

LEVANTAMENTO 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.

Exemplos

Escala 1:100

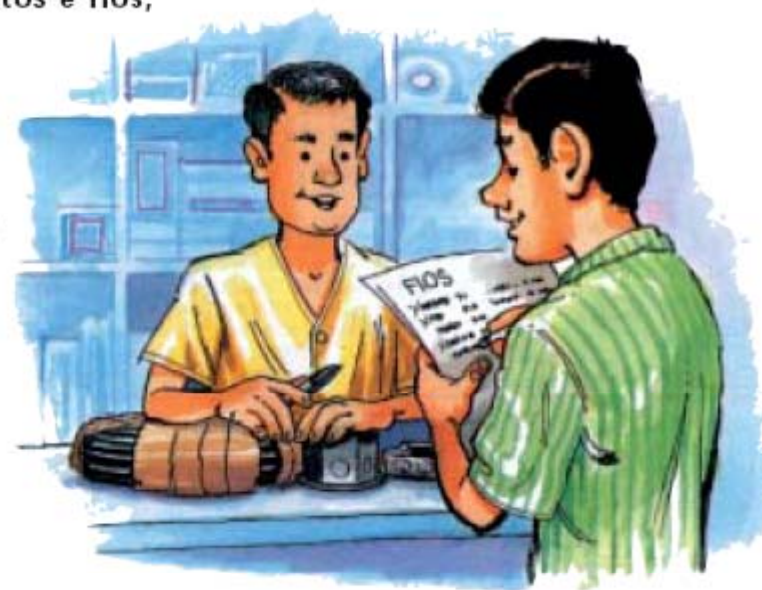
Significa que a cada 1 cm no desenho corresponde a 100 cm nas dimensões reais.

Escala 1:25

Significa que a cada 1 cm no desenho corresponde a 25 cm nas dimensões reais.

Sendo assim, através da planta pode-se:

medir e determinar quantos metros de eletrodutos e fios, nas seções indicadas, devem ser adquiridos para a execução do projeto.



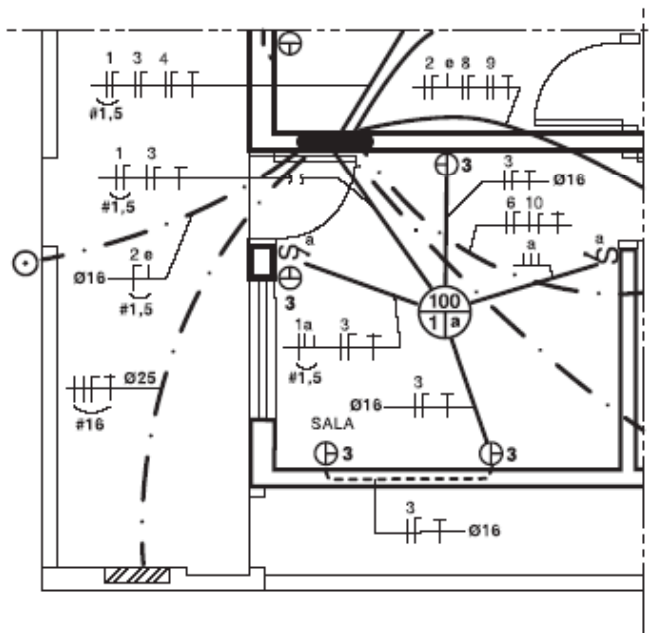
Levantamento dos materiais

■ Fios e eletrodutos

Para se determinar a medida dos eletrodutos e fios deve-se:

medir,
diretamente
na planta, os
eletrodutos
representados
no plano
horizontal e...

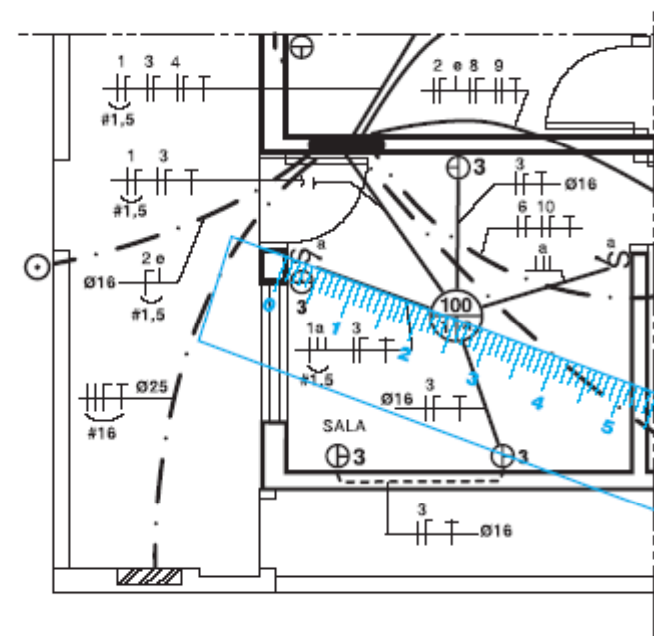
...somar com
as medidas
do plano
vertical



MEDIDAS DO ELETRODUTO NO PLANO HORIZONTAL

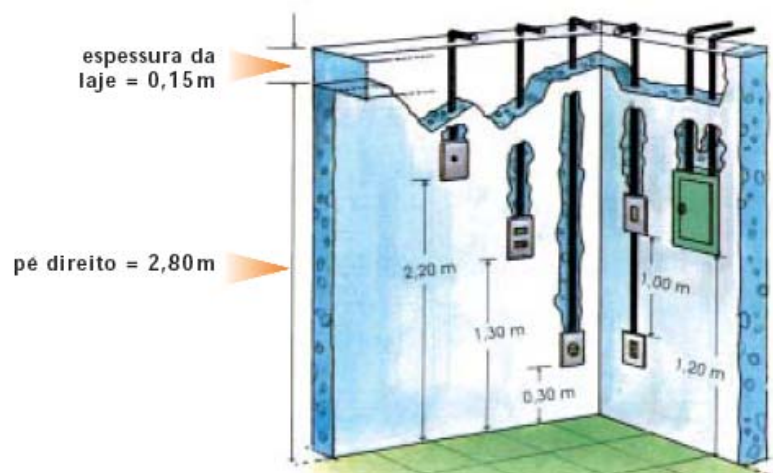
São feitas com o auxílio de uma régua, na própria planta residencial.

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.



Levantamento dos materiais

■ Fios e eletrodutos

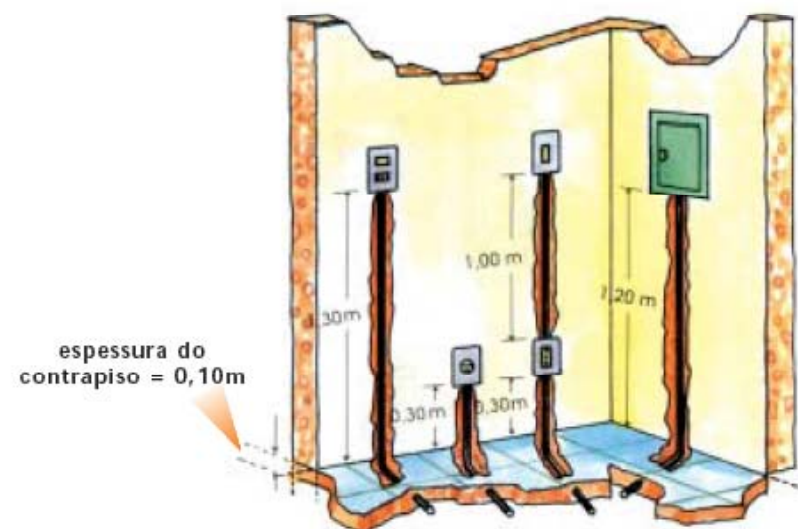


Caixas para	Subtrair
saída alta	2,20m
interruptor e tomada média	1,30m
tomada baixa	0,30m
quadro de distribuição	1,20m

Exemplificando

pé direito = 2,80m
 esp. da laje = 0,15m
 2,95m
 caixa para saída alta
 subtrair 2,20m =
 2,95m
 -2,20m
 0,75m

(medida do eletroduto)



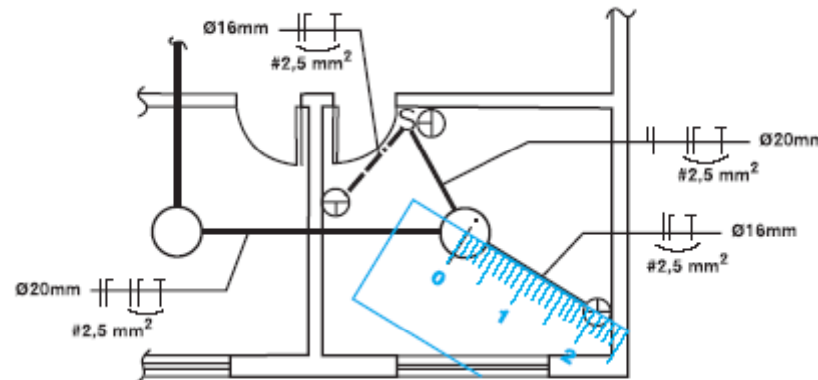
Caixas para	Somar
interruptor e tomada média	1,30m
tomada baixa	0,30m
quadro de distribuição	1,20m

Exemplificando

espessura do contrapiso = 0,10m
 1,30 + 0,10 = 1,40m
 0,30 + 0,10 = 0,40m
 1,20 + 0,10 = 1,30m

Levantamento dos materiais

■ Fios e eletrodutos



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

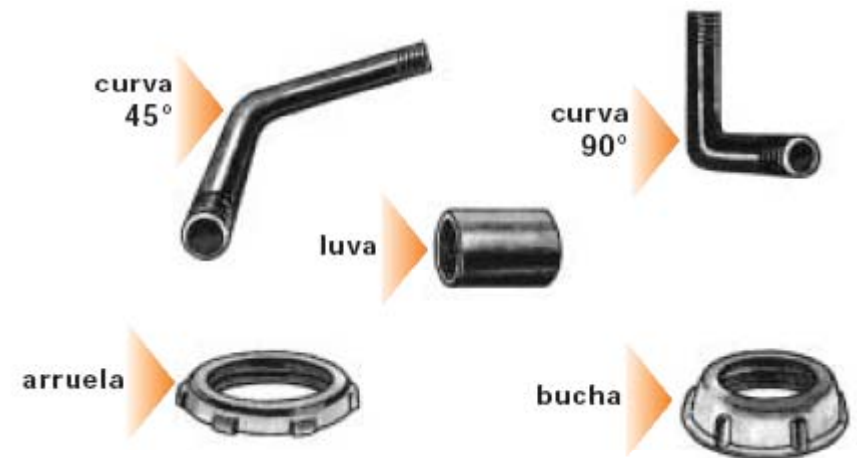
$$(\text{plano horizontal}) + (\text{descida até a caixa}) \\ 2,20 \text{ m} + 2,65 \text{ m} = 4,85 \text{ m}$$

Levantamento dos materiais

■ Caixas de derivação:

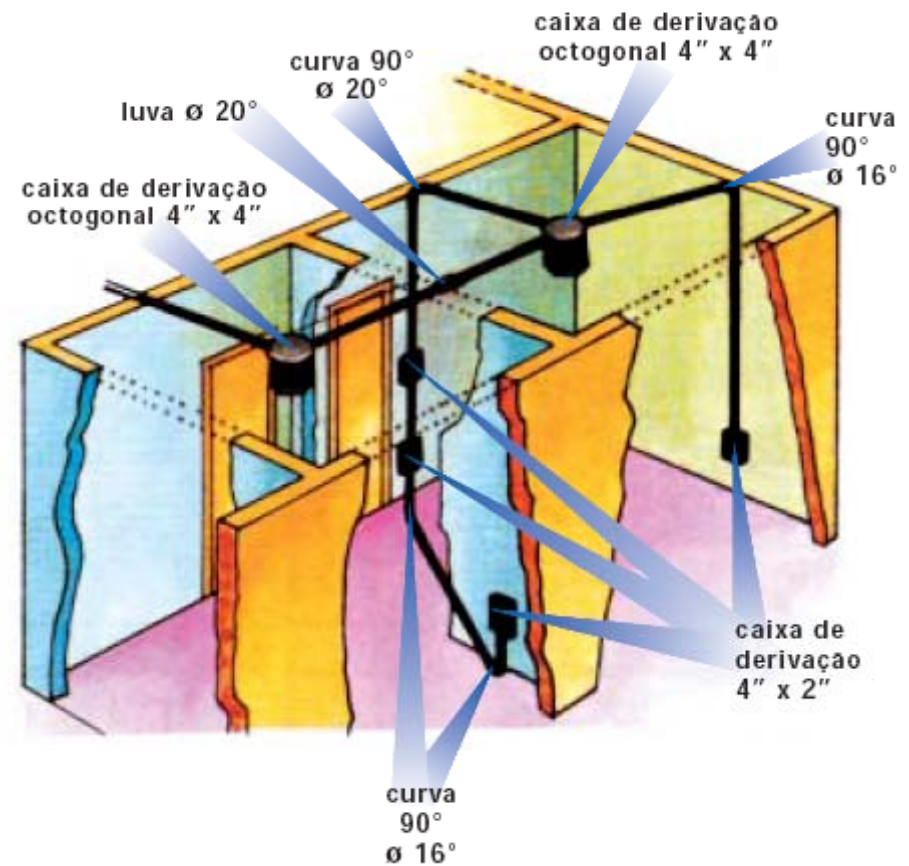
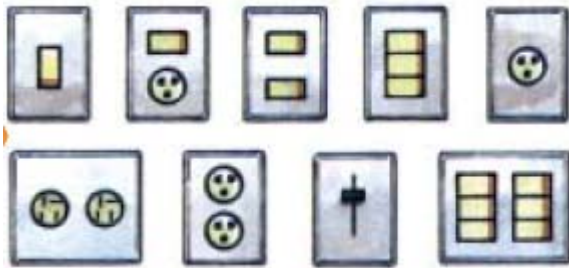


■ Acessórios para eletrodutos:



Levantamento dos materiais

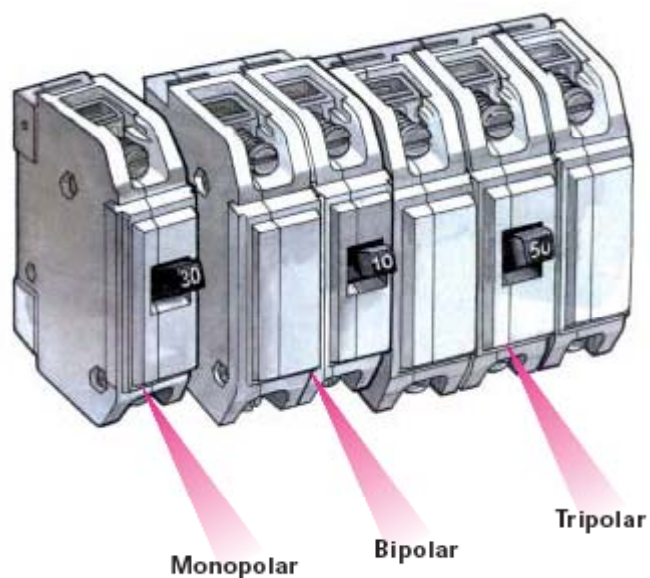
■ Tomadas, interruptores e conjuntos:



Levantamento dos materiais

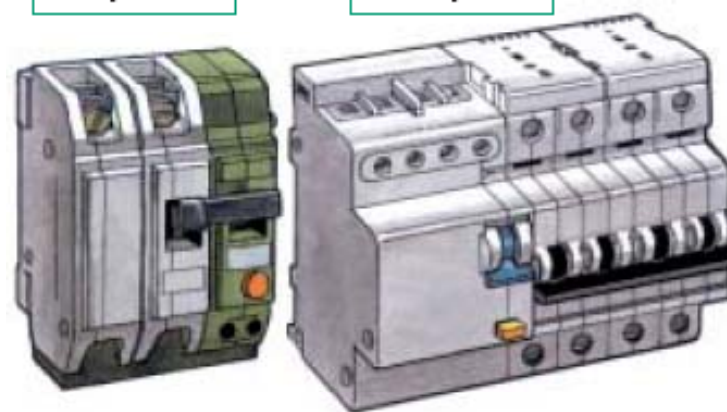
■ Dispositivos de proteção

DTM



Bipolar

Tetrapolar



DRs

Especificação técnica

Projetar é o ato de conceber, dimensionar e **ESPECIFICAR**, o melhor possível para uma obra ou serviço de engenharia, atentando sempre para os aspectos de segurança, conforto e economia.

É a partir das especificações que serão adquiridos os componentes que, quando montados, deverão garantir o funcionamento adequado da instalação, a segurança dos usuários, bem como a conservação dos bens.

Especificação técnica

A **Lista de Material (LM)** é uma listagem que indica todos os materiais que serão empregados na execução do projeto, com suas respectivas especificações e quantidades. A *especificação técnica dos componentes* deve indicar, para cada componente, uma descrição sucinta, suas características nominais e a norma ou as normas e que devem atender, de modo a informar todas as características relevantes para a aquisição, seleção e aplicação dos componentes.

Especificação técnica

É importante salientar que para especificar tecnicamente um componente, deve-se utilizar a terminologia oficial, bem como as características técnicas previstas nas correspondentes normas técnicas. Nada de "inventar" termos para descrever um componente a ser utilizado na instalação. A boa especificação técnica é aquela que prescinde da citação de marca (fabricante) para contemplar a sua identificação. Constituem exceção os casos em que tal citação se torna necessária.

Especificação técnica

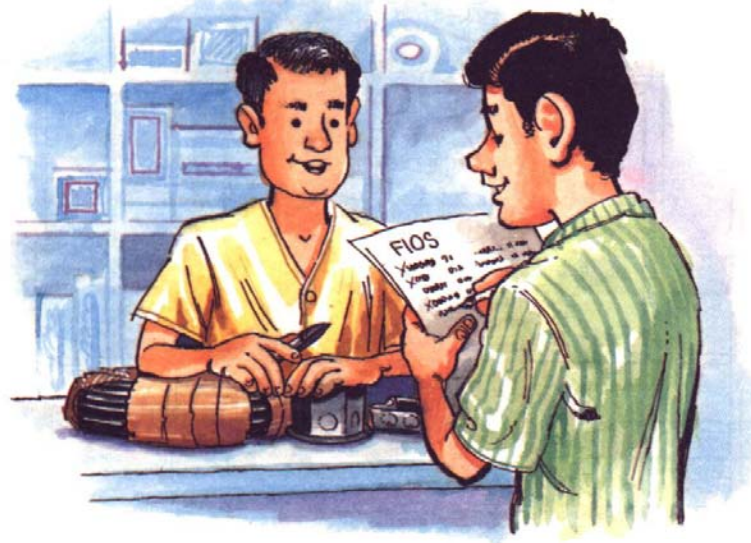
Infelizmente, em boa parte dos projetos de instalações elétricas de baixa tensão, a especificação técnica é extremamente falha: os componentes são mal descritos, são omitidas características nominais importantes, não são indicadas as normas respectivas e, com muita frequência, indica-se marca e tipo de um determinado fabricante, geralmente um líder de mercado, acrescentando-se, em seguida, a famosa expressão “ou similar”.

Especificação técnica

Esse procedimento dá margem a que, por ignorância ou por uma economia criminosa, sejam utilizados “similares” inadequados, invariavelmente mais baratos, que podem perturbar o funcionamento adequado da instalação e, até mesmo, comprometer a segurança dos usuários e a conservação dos bens. Observe-se que, nessas condições, é legalmente indiscutível a conivência do projetista.

Especificação técnica

Será apresentado a seguir alguns “**modelos**” de especificações para eletrodutos, a fim de se orientar os projetistas na elaboração da especificação técnica, com o mínimo de informação necessária para uma correta aquisição.



Especificação técnica

COMO NÃO DEVE SER:

- Disjuntor: “*disjuntor bipolar 15 A.*”
- Quadro de Distribuição: “*quadro de distribuição, contendo 12 disjuntores de ...*”
- Condutor: “*fio cor preta, bitola 1,5 mm².*”
- Coordenação proteção/condutor: “*fio 1,5 mm² igual disjuntor de 15 A (sempre...)*”
- Eletroduto: “*eletroduto rígido 3/4*” ”

Especificação técnica

ELETRODUTO:

Modelo de especificação para eletrodutos e acessórios fabricados conforme NBR 6150:

Eletroduto rígido de seção circular, de PVC, **tipo [1]**, **classe [2]**, **tamanho nominal [3]**, de acordo com a **NBR 6150**.

Curva de **[4]**, de PVC, **tamanho nominal [3]**, de acordo com a **NBR 6150**

Bucha **tamanho nominal [3]**.

Arruela **tamanho nominal [3]**.

Onde:

[1]: roscável ou soldável

[2]: A ou B

[3]: Tamanhos nominais de eletrodutos, curvas, buchas e arruelas rígidos de PVC: conforme tabela 1.2.

[4]: ângulo de curva: 45°; 90°; 135°

Exemplo:

Eletroduto rígido de seção circular, de PVC, roscável, classe B, tamanho nominal 32, de acordo com a NBR 6150.

Especificação técnica

CONDUTOR:

Condutor isolado constituído por condutor de cobre **classe [1]**, isolamento de PVC na **cor [2]**, tipo BWF, tensão de isolamento 450/750 V, **seção nominal [3]** mm², de acordo com a **NBR NM 247-3**.

- [1]: **Classes e Seções Nominais**
 - Classe 1 - Fio; de 0,5 mm² a 16 mm²;
 - Classe 2 - Cabo; de 1,5 mm² a 500 mm²;
 - Classes 4/5 - Cabo flexível; de 0,5 mm² a 70 mm²;
- [2]: **cores da isolamento:** branca, preta, vermelha, cinza, azul-claro, verde e verde-amarelo.
- [3]: **seção nominal (mm²):** 1,5; 2,5; 4; 6; 10; 16; 25; 35; 50; 70; 95; 120; 150; 185; 240; 300

Especificação técnica

DISJUNTOR:

Disjuntor [1], termomagnético em caixa moldada, **tensão nominal [2]**, **corrente nominal [3]** a 30°C, frequência nominal 50/60 Hz, faixa de atuação instantânea **categoria [4]**, **capacidade de interrupção nominal [5]** em [6] V, de acordo com a **NBR IEC 60898**.

- [1]: monopolar, bipolar, tripolar ou tetrapolar
- [2]: monopolar 120V (127V) ; 230V (254V) ; 230V (400V) ; 220V (380V) - bipolar 230V (254V) ; 400V (380V) ; 120/240V (127/254V) - tripolar ou tetrapolar 240V (220V) ; 400V (380V).
- [6]: tensão nominal do sistema

Especificação técnica

QUADRO DE DISTRIBUIÇÃO:

Quadro de distribuição para [1] fases, com trilhos segundo DIN EN 50022, tensão nominal []V, corrente nominal []A, capacidade de curto-circuito []kA, para []módulos, grau de proteção IP [], [2] barreira, para [3] , de acordo com a NBR IEC60439-1

Especificação técnica

INTERRUPTOR:

Interruptor de luz tipo [1], corrente nominal [2] A, tensão nominal [3] V, grau de proteção [], de acordo com a NBR NM60669-1.

- [1]: simples, paralelo, intermediário, bipolar simples, bipolar paralelo
- [2]: 10, 15, 16, 20, 25, 32A
- [3]: 125, 250, 440V

Especificação técnica

TOMADA DE CORRENTE:

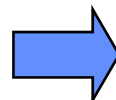
Tomada de corrente de tipo [1], nº de polos [2] , corrente nominal [3]A, tensão nominal [4]V, grau de proteção , de acordo com a NBR 14136:02 .

- [1]: embutir ou sobrepor
- [2]: Dois polos (2P); Dois polos e terra (2P+T); Três polos e terra (3P+T); Três polos, neutro e terra (3P+N+T)
- [3]: 10,15, 16, 20, 25, 32A
- [4]: 125, 250 ou 440V

Lista de materiais

Banco de dados:

Tipo do Material	Campo de Aplicação
A – aterramento	1 – geral
C – condutores e acessórios	1 – geral 2 – energia 3 – telefonia 4 – comunicação
D – dispositivos de proteção	1 – geral 2 – termomagnético 3 – diferencial-residual 4 – interruptor diferencial-residual 5 – fusíveis
E – eletrodutos e acessórios	1 – geral 2 – rígido roscável de PVC (NBR 6150) 3 – transversalmente elástico
G – geral	1 – geral
I – interruptores e acessórios	1 – geral
P – caixas de passagem e acessórios	1 – geral
T – tomadas e acessórios	1 – geral



Lista de material	Preço		
	Quant.	Unit.	Total
Condutores			
Proteção 16 mm²	7 m		
Fase 16 mm²	13 m		
Neutro 16 mm²	7 m		
Fase 1,5 mm²	56 m		
Neutro 1,5 mm²	31 m		
Retorno 1,5 mm²	60 m		
Fase 2,5 mm²	159 m		
Neutro 2,5 mm²	151 m		
Retorno 2,5 mm²	9 m		
Proteção 2,5 mm²	101 m		
Fase 4 mm²	15 m		
Proteção 4 mm²	8 m		
Fase 6 mm²	22 m		
Proteção 6 mm²	11 m		
Eletrodutos			
16 mm	16 barras		
20 mm	27 barras		
25 mm	4 barras		
Outros componentes da distribuição			
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 10 A	10		
Disjuntor termomagnético bipolar 25 A	1		
Disjuntor termomagnético bipolar 30 A	1		
Disjuntor termomagnético bipolar 70 A	1		
Interruptor diferencial residual bipolar 30mA/25 A	10		
Interruptor diferencial residual bipolar 30mA/40 A	1		
Quadro de distribuição	1		

Referência bibliográfica

LIVROS

- COTRIM, Ademaro A. M. B. *Instalações Elétricas*. 4ª Edição. São Paulo: Makron Books, 2003.
- TAMIETTI, Ricardo Prado. *Passo a passo das Instalações Elétricas Residenciais*. 1ª Edição. Belo Horizonte: IEA Editora, 2001.
- NISKIER, Júlio; MACINTYRE, A. J. *Instalações Elétricas*. 2ª Edição. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1992.

MANUAIS, CATÁLOGOS E INFORMATIVOS TÉCNICOS

- PIAL/LEGRAND. *Catálogo 1998/1999*. Material elétrico para instalações.
- ELEKTRO/PIRELLI. *Instalações Elétricas Residenciais*. São Paulo: Elektro/Pirelli, 2003.

NORMAS TÉCNICAS

- Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR-5410/04 – *Instalações elétricas de baixa tensão*. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

OBRIGADO PELA ATENÇÃO !

tamietti@vertengenharia.com.br

Esta publicação é mantida atualizada no site:

www.engeweb.eng.br