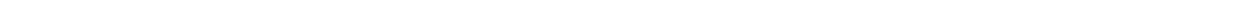


ELETROTÉCNICA

PROJETO ELÉTRICO PREDIAL

INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DE BAIXA TENSÃO



Sumário

Sumário

Lista de Figuras

Lista de Tabelas

Lista de Quadros

Lista de Códigos

Simbologia

1. Planejamento da instalação	1
1.1. O projeto e suas etapas	1
1.1.1. Análise inicial	1
1.1.2. Fornecimento de energia normal	1
1.1.3. Quantificação das instalações	2
1.1.4. Esquema básico da instalação	2
1.1.5. Escolha e dimensionamento dos componentes	3
1.1.6. Especificação e contagem dos componentes	3
1.2. Simbologia gráfica	3
2. Esquemas de aterramento	7
2.1. Esquema TT	7
2.2. Esquema TN	8
2.2.1. Esquema TN-S	8
2.2.2. Esquema TN-C	8
2.2.3. Esquema TN-C-S	9
2.3. Esquema IT	9
3. Pontos de utilização	9
3.1. Previsão de carga para iluminação	9
3.2. Marcação dos pontos de utilização	10
3.3. Potências típicas	11
3.4. Condicionadores de ar	12
3.5. Bombas	13
3.5.1. Potência do motor	13
3.5.2. Vazão	14
3.5.3. Altura total	14
3.5.4. Tubulação	15
3.5.5. Acréscimos de potência do motor	17
3.6. Elevadores	17
3.6.1. Capacidade de tráfego	17
3.6.2. População de um edifício	18
3.6.3. Intervalo de tráfego	19
3.6.4. População a ser transportada em 5 minutos	19

3.6.5. Percurso	20
3.6.6. Paradas prováveis	20
3.6.7. Tempo total de viagem	20
3.6.8. Capacidade de transporte	21
3.6.9. Capacidade nominal de tráfego	21
3.6.10. Intervalo de tráfego real	21
4. Divisão dos circuitos da instalação	22
5. Linhas elétricas	23
5.1. Definição e aspectos básicos	23
5.2. Tipos de linhas recomendadas pela NBR 5410	23
5.3. Condutores elétricos	24
6. Quadro de distribuição	25
7. Dispositivos de proteção	27
7.1. Disjuntores de baixa tensão	27
7.2. Dispositivos à corrente diferencial-residual	29
8. Dimensionamento dos condutores	29
8.1. Dimensionamento do condutor fase	29
8.1.1. Seção mínima	30
8.1.2. Capacidade de condução de corrente	30
8.1.3. Queda de tensão	33
8.1.4. Sobrecarga	35
8.1.5. Curto-circuito	36
8.1.6. Choques elétricos por contatos indiretos	37
8.2. Dimensionamento do condutor neutro	39
8.3. Dimensionamento do condutor de proteção	41
9. Dimensionamento de eletrodutos	42
Anexos	44
Anexo A: Fornecimento de energia elétrica – Edificações individuais e edificações coletivas	45
A.1. Definições	48
A.2. Tensões de fornecimento	51
A.3. Limites de fornecimento	51
A.4. Tipo de fornecimento para unidades consumidoras individuais	52
A.4.1. Classificação das unidades consumidoras individuais	52
A.5. Tipo de fornecimento às unidades consumidoras coletivas	56
A.5.1. Classificação das unidades consumidoras coletivas	56
A.6. Determinação da carga instalada	59
A.7. Cálculo da demanda de Edificações individuais	60
A.8. Entrada de Serviço de Edificações individuais	64
A.9. Cálculo da demanda de Edificações coletivas	64
A.10. Entrada de Serviço de Edificações coletivas	68

Anexo B: Comunicado técnico nº 2 – Alterações nas tabelas para dimensionamento dos padrões de entrada de baixa tensão de uso individual	69
Anexo C: Comunicado técnico nº 3 – Alterações nas tabelas para dimensionamento dos padrões de entrada de baixa tensão de uso coletivo	80
Referências bibliográficas	92

Lista de Figuras

1.1 Simbologia – Quadro de distribuição

Lista de Tabelas

1.1 Simbologia – Quadro de distribuição

Lista de Quadros

1.1 Simbologia – Quadro de distribuição

Símbolos e Siglas

1 Planejamento da Instalação

1.1 O projeto e suas etapas

Projetar uma instalação elétrica, para qualquer tipo de prédio 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 da fonte até os pontos de utilização.

Convém lembrar que o projeto de instalações elétricas é apenas um dos vários projetos necessários à construção de um prédio e, assim, sua elaboração deve ser conduzida em perfeita harmonia com os demais projetos (arquitetura, estruturas, tubulações, etc.).

Passamos agora a enumerar as etapas que devem ser seguidas num projeto de instalações elétricas prediais, válidas em princípio, para qualquer tipo de prédio (industrial, residencial, comercial, etc.). A ordem indicada é a geralmente seguida pelos projetistas de empresas de engenharia. No entanto, é bom frisar que, em muitos casos, não só a ordem pode ser alterada, como também etapas podem ser suprimidas ou ainda duas ou mais etapas podem vir a ser uma única.

1.1.1 Análise inicial

É a etapa preliminar do projeto de instalações elétricas de qualquer prédio. Nela são colhidos os dados básicos que orientarão a execução do trabalho. Consiste, em princípio, nos passos descritos a seguir:

- Determinação do uso previsto para todas as áreas do prédio;
- Determinação do *layout* dos equipamentos de utilização previstos;
- Levantamento das características elétricas dos equipamentos;
- Classificação das áreas quanto às influências externas;
- Definição do tipo de linha elétrica a utilizar;
- Determinar equipamentos que necessitam de energia de substituição;
- Determinar setores que necessitam de iluminação de segurança;
- Determinar equipamentos que necessitam de energia de segurança;
- Determinar a resistividade do solo;
- Realizar uma estimativa inicial da potência instalada e de alimentação globais;
- Definir a localização preferencial da entrada de energia.

1.1.2 Fornecimento de energia normal

Nesta etapa deverão ser determinadas as condições em que o prédio será alimentado em condições normais. Assim, nesta fase é imprescindível conhecer os regulamentos locais de fornecimento de energia e, quase sempre, estabelecer contato com o concessionário, a fim de determinar:

- Tipo de sistema de distribuição e de entrada;
- Localização da entrada de energia;
- Tensão de fornecimento;
- Padrão de entrada e medição a ser utilizado (cabina primária, cabina de barramentos, caixas de entrada, um ou mais centros de medição, etc.), em função da potência instalada, das condições de fornecimento e do tipo de prédio;

-
- Nível de curto-circuito no ponto de entrega.

1.1.3 Quantificação das instalações

Nesta etapa devem ser determinadas as potências instaladas e as potências de alimentação da instalação como um todo e de todos os setores e subsetores a serem considerados. A rigor, isso poderá ser feito quando todos os pontos de utilização são conhecidos. Lembrando-se que muitos deles já foram determinados na análise inicial. Portanto, agora deverão ser determinados, ou seja, localizados, caracterizados e marcados em planta:

- Os pontos de luz (aparelhos de iluminação), geralmente a partir de projetos de luminotécnica;
- As tomadas de corrente (uso geral e específico);
- Outros equipamentos de utilização que possivelmente não tenham sido determinados.

A quantificação da instalação é feita, no caso mais geral, em vários níveis: em subsetores, setores e globalmente. Em cada um, os pontos de utilização devem ser agrupados, de acordo com seu tipo e características de funcionamento, ou seja, em “conjuntos homogêneos”. Por exemplo, em um prédio de escritórios, considerado globalmente, pode-se ter iluminação, tomadas de uso geral, chuveiros elétricos, elevadores e bombas.

Para cada conjunto de pontos de utilização, a potência instalada será a soma das potências nominais dos diversos pontos e a potência de alimentação (demanda) será obtida da aplicação dos fatores de projetos convenientes à potência instalada.

Denomina-se *centro de carga* o ponto teórico em que, para efeito de distribuição elétrica, pode-se considerar concentrada toda a potência (carga) de uma determinada área. É o ponto em que deveria se localizar o quadro de distribuição da área considerada, de modo a reduzir ao mínimo os custos de instalação e funcionamento.

Também nessa fase deverão ser fixados os diversos níveis e valores de tensão a serem utilizados no prédio.

A escolha dos valores das tensões, nos diferentes níveis, é função de uma série de fatores, entre os quais destacam-se:

- Tensões de fornecimento da concessionária;
- Tensões nominais dos equipamentos de utilização previstos;
- Existência, na instalação, de equipamentos especiais, como por exemplo, grandes motores, fornos a arco, máquinas de soldas e equipamentos com ciclos especiais de funcionamento;
- Distancias entre o ponto de entrega da concessionária e os centros de carga principais e entre eles e os centros de carga secundários.

1.1.4 Esquema básico da instalação

Nesta etapa deverá resultar um esquema unifilar inicial, no qual estarão indicados os componentes principais da instalação e suas interligações elétricas fundamentais.

O esquema básico pode ser concebido, a princípio, como um esquema simples no qual são indicados, como blocos, os quadros de distribuição interligados por linhas, representando os respectivos circuitos de distribuição. Nesta etapa deve ser feita também uma escolha preliminar dos dispositivos de proteção.

Instalações Elétricas de Baixa Tensão

A seqüência do projeto consiste na implementação do esquema básico, transformando-o, por meio do dimensionamento de todos os componentes, no esquema unifilar final da instalação.

1.1.5 Escolha e dimensionamento dos componentes

É a etapa fundamental de um projeto de instalações elétricas, que consiste basicamente nos seguintes passos:

- Em função de dados obtidos em etapas anteriores, escolha os componentes de todas as partes da instalação e proceda a todos os dimensionamentos necessários. Considerando em princípio:
 - Entrada (cabina primária, cabina de barramentos ou simplesmente, caixa de entrada), incluindo respectivas linhas elétricas;
 - Linhas elétricas relativas aos diversos circuitos de distribuição e terminais com as respectivas proteções;
 - Quadros de distribuição;
 - Aterramentos;
 - Sistema de proteção contra descargas atmosféricas.
- Complementação dos diversos desenhos que vinham sendo elaborados nas etapas anteriores;
- Cálculos de curto circuito, obtendo valores de correntes de curto-circuito presumidas em todos os pontos necessários, o que poderá, eventualmente, alterar a escolha de certos dispositivos de comando e de proteção e esmo de certos condutores que haviam sido escolhidos e dimensionados previamente;
- Verificação da coordenação dos diversos dispositivos de proteção, o que também poderá conduzir a alterações nos dispositivos previamente escolhidos;
- Revisão final dos diversos desenhos, verificando e corrigindo possíveis interferências com outros sistemas do prédio.

1.1.6 Especificações e contagem dos componentes






Esta última etapa consiste em:

- Especificações de todos os componentes da instalação, constando, para cada um, de descrição sucinta, citação das normas a que deve atender e, sempre que possível, indicação de pelo menos um tipo e uma marca de referência;
- Contagem de todos os componentes da instalação.

1.2 Simbologia gráfica









Infelizmente, não existe ainda no Brasil um consenso a respeito da simbologia a ser utilizada nos desenhos de projetos de instalações elétricas. A atual norma brasileira, NBR 5444 (Símbolos Gráficos para Instalações Elétricas Prediais: Simbologia), não foi plenamente adotada pelos projetistas.

Quadros de distribuição

Símbolo	Significado	Observações
	Quadro terminal de luz e força aparente.	Indicar as cargas de luz e força no quadro de cargas.
	Quadro terminal de luz e força embutido.	
	Quadro geral de luz e força aparente.	
	Quadro geral de luz e força embutido.	
	Caixa de telefone.	






Quadro 1: Simbologia dos quadros de distribuição

Interruptores

Símbolo	Significado	Observações
	S^a Interruptor de uma seção.	A(s) letra(s) minúscula(s) indica(m) o(s) ponto(s) comandado(s).
	$S_2^{a,b}$ Interruptor de duas seções.	
	$S_3^{a,b,c}$ Interruptor de três seções.	
	S_{3w}^a Interruptor paralelo (<i>tree-way</i>).	
	S_{4w}^a Interruptor intermediário (<i>four-way</i>).	
	Botão de minuteria.	
	 Botão de campainha na parede.	




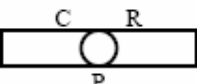
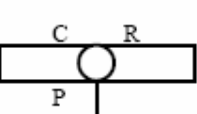
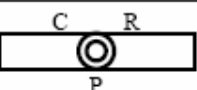
Quadro 2: Simbologia dos interruptores

Tomadas e pontos de utilização

Simbolo	Significado	Observações
	Tomada baixa (0,30m do piso)	A potência deve ser indicada ao lado em VA (exceto se for 100VA). Se a altura for diferente da normalizada, também deverá ser indicado. Tomadas para motores e aparelhos de ar-condicionado devem indicar os HP (ou CV) ou BTU respectivos.
	Tomada média (1,30m do piso)	
	Tomada alta (2,00m do piso)	
	Tomada no piso	
	Campainha	


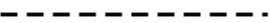



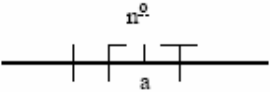
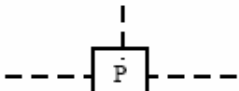
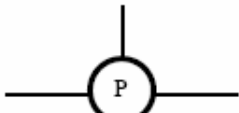
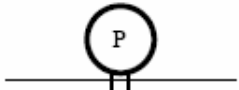



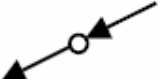
Quadro 3: Simbologia das tomadas e dos pontos de utilização

Luminárias

Simbolo	Significado	Observações
	Ponto de luz incandescente no teto.	C = circuito; R = retorno; P = potência.
	Ponto de luz incandescente na parede (arandela).	
	Ponto de luz incandescente no teto (embutido).	
	Ponto de luz fluorescente no teto.	
	Ponto de luz fluorescente na parede.	
	Ponto de luz fluorescente no teto (embutido).	

Quadro 4: Simbologia das luminárias

Dutos e distribuição

Simbolo	Significado	Observações
	Eletroduto embutido no teto ou parede.	Só indicar a dimensão dos eletrodutos menos comuns na instalação. O mais comum para cada caso tem a sua dimensão indicada na legenda.
	Eletroduto embutido no piso.	
	Tubulação para telefone externo.	
	Tubulação para telefone interno.	
	Tubulação para campainha, som, anunciador, ou outro sistema.	
	Condutor fase, neutro, de retorno e de proteção respectivamente, no interior do eletroduto.	Cada traço representa um condutor. Indicar o n° do circuito e a designação do retorno por uma letra minúscula.
	Caixa de passagem no piso.	Indicar dimensões na legenda ou junto à caixa (em mm).
	Caixa de passagem no teto.	
	Caixa de passagem na parede.	
	Circuito que sobe	
	Circuito que desce	
	Circuito que passa subindo	
	Circuito que passa descendo	

Quadro 5: Simbologia dos dutos e da distribuição

2 Esquemas de Aterramento

De acordo com a NBR 5410, as instalações elétricas de baixa tensão devem obedecer, quanto aos aterramentos funcional e de proteção, a três esquemas de aterramento básicos (TT, TN e IT), designados pela seguinte simbologia:

1ª letra – indica a alimentação em relação à terra:

T – um ponto diretamente aterrado;

I – nenhum ponto aterrado ou aterramento através de impedância razoável.

2ª letra – situação das massas em relação à terra:

T – diretamente aterradas (qualquer ponto)

N – ligadas ao ponto de alimentação aterrado (sem aterramento próprio)

I – massas isoladas, não aterradas

Outras letras – especificam a forma de aterramento da massa, utilizando o aterramento da fonte de alimentação:

S – neutro e proteção (PE) por condutores distintos (separados);

C – neutro e proteção em um único condutor (PEN).

2.1 Esquema TT

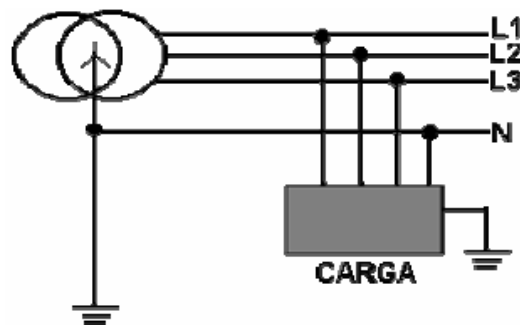


Figura 1 – Esquema de aterramento TT

Um ponto da alimentação (em geral, o neutro do secundário do transformador), é diretamente aterrado com eletrodos independentes das massas.

Todas as massas protegidas contra contatos indiretos devem ser ligadas a um ponto único, para evitar malhas e surgimento de tensões de passo.

A proteção deve ser garantida por dispositivos DR, pois representa o único meio adequado para proteção contra choques elétricos (instalado na origem da instalação).

É recomendado para sistemas onde a fonte de alimentação e a carga estiverem distantes uma da outra.

2.2 Esquema TN

Um ponto da instalação, em geral o neutro, é diretamente aterrado e as massas dos equipamentos são ligadas a esse ponto por um condutor. Este esquema pode ser classificado como:

- **TN-S** – condutores neutro (N) e proteção (PE) distintos (separados);
- **TN-C** – funções de neutro e proteção exercidas pelo mesmo condutor (PEN);
- **TN-C-S** – Esquemas TN-S e TN-C utilizados na mesma instalação.

2.2.1 Esquema TN-S

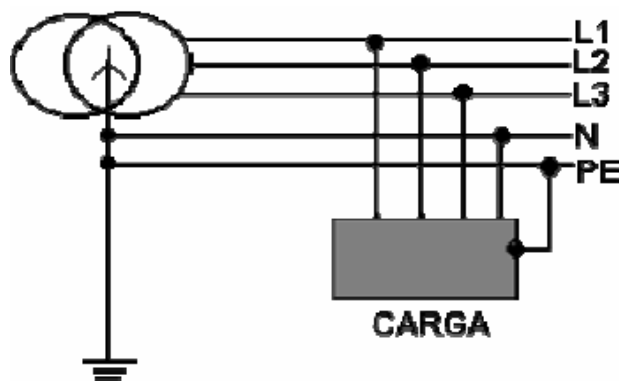


Figura 2 – Esquema de aterramento TN-S

- Neste esquema os condutores, neutro (N) e proteção (PE), são separados e, este último, está sempre com tensão zero;
- Também é caracterizado por possuir baixa impedância para correntes de falta (altas correntes);
- É utilizado quando a distância entre a carga e a fonte não é muito grande;
- A proteção deve ser garantida por dispositivo DR (diferencial-residual), que detectam a corrente que escoar pela terra.

2.2.2 Esquema TN-C

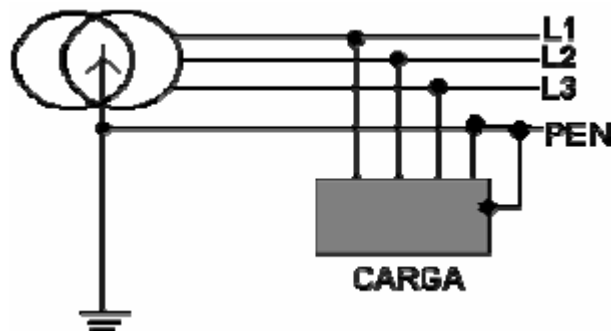


Figura 3 – Esquema de aterramento TN-C

- O condutor neutro é também utilizado como condutor de proteção (PEN);
- Este esquema não é permitido para condutores de seção inferior a 10 mm² (cobre) e para equipamentos portáteis, além de não se admitir o uso de dispositivos DR;
- A tensão do condutor neutro junto à carga não é zero;
- É perigoso no caso de ruptura do condutor neutro.

2.2.3 Esquema TN-C-S

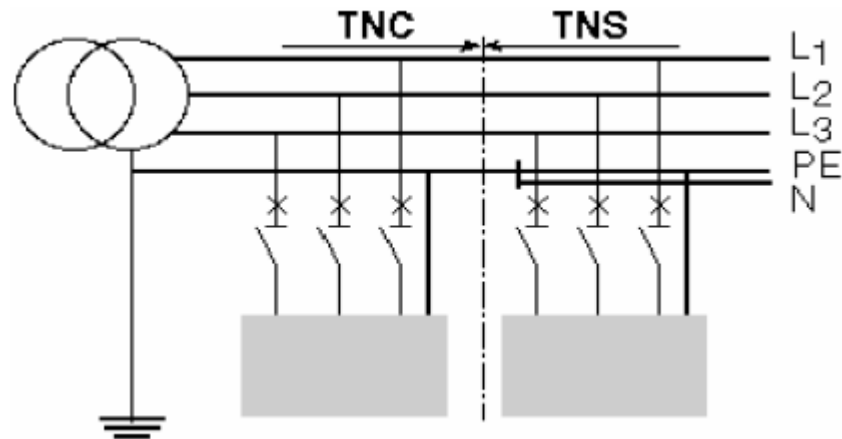


Figura 4 – Esquema de aterramento TN-C-S

- O esquema TN-C nunca deve ser utilizado a jusante do sistema TN-S;
- A proteção deve ser garantida por dispositivo DR, pois representa o único meio adequado para proteção contra choques elétricos.

2.3 Esquema IT

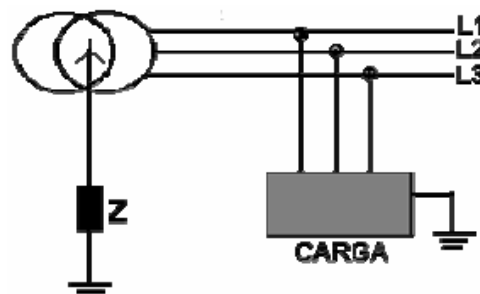


Figura 2.5 – Esquema IT

- Muito usado no passado (EUA) e abandonado por problemas de tensões transitórias que ocorriam em grandes instalações.
- Exige manutenção especializada (com inspeções e medições periódicas da resistência de isolamento).
- Usar onde a continuidade do serviço é indispensável (hospitais, indústrias, etc.).
- O DR é o dispositivo mais indicado para a proteção contra contatos indiretos.

3. Pontos de utilização

3.1. Previsão de carga para iluminação

Como regra geral, a NBR 5410 estabelece que as cargas de iluminação devem ser determinadas como resultado da aplicação da NBR 5413: *Iluminância de interiores – Procedimento*. Como alternativa ao uso da NBR 5413, a NBR 5410 apresenta o seguinte critério de previsão de carga de iluminação para cada cômodo ou dependência:

- Em cada cômodo ou dependência de unidades residenciais e nas acomodações de hotéis, motéis e similares deve ser previsto pelo menos um ponto de luz fixo no teto, com potência mínima de 100VA, comandado por interruptor de parede;
- Em unidades residenciais, como alternativa, para a determinação das cargas de iluminação, pode ser adotado o seguinte critério:
 - Em cômodos ou dependências com área igual ou inferior a 6m² deve ser prevista uma carga mínima de 100VA;
 - Em cômodos ou dependências com área superior a 6m², deve ser prevista uma carga mínima de 100VA para os primeiros 6m², acrescida de 60VA para cada aumento de 4m² inteiros.

Para os aparelhos fixos de iluminação a descarga, a potência nominal a ser considerada deverá incluir a potência das lâmpadas, as perdas e o fator de potência dos equipamentos auxiliares.

A norma adverte que os valores indicados são para efeito de dimensionamento dos circuitos, não havendo qualquer vínculo, com potência nominal de lâmpadas.

3.2. Marcação dos pontos de utilização

Inicialmente, iremos definir como:

- Tomadas de uso geral (TUGs):

Aparelhos portáteis, como abajures, enceradeiras, aspiradores de pó, liquidificadores, bateadeiras, etc.

- Tomadas de uso específico (TUEs):

Aparelhos fixos ou estacionários, que, embora possam ser removidos, trabalham sempre em um determinado local. É o caso dos chuveiros e torneiras elétricas, máquina de lavar roupas/louças e aparelho de ar-condicionado. As tomadas de uso específico devem ser instaladas no máximo a 1,5 m do local previsto para o equipamento a ser alimentado.

A NBR 5410: 2004 (6.5.3.1) especifica que TODAS as tomadas de corrente devem ser do tipo com contato de aterramento (PE).

Cabe ao projetista escolher criteriosamente os locais onde devem ser previstas as TUEs e prever o número de TUGs que assegure conforto ao usuário.

As recomendações para unidades residenciais, motéis, hotéis e similares são:

- Tomadas de Uso Geral (TUG's):
 - *Banheiros*: pelo menos uma tomada junto ao lavatório (600VA até três tomadas e 100VA para cada tomada excedente). Instalado a uma distância mínima de 60cm do limite do boxe.
 - *Cozinhas, copas, copas-cozinhas, áreas de serviço, lavanderias e locais análogos*: no mínimo uma tomada para cada 3,5m, ou fração de perímetro. Acima da bancada da pia devem ser previstas no mínimo duas tomadas de corrente, no mesmo ponto ou em pontos distintos.
 - *Halls, corredores, subsolos, garagens, sótãos e varandas*: pelo menos uma tomada (no mínimo 100VA por tomada).
 - *Salas e dormitórios*: no mínimo 1 ponto de tomada para cada 5m, ou fração, de perímetro. Devendo, estes pontos, ser espaçados de forma uniforme.

- *Demais cômodos e dependências:* se a área for igual ou inferior a 6m², pelo menos uma tomada, se a área for superior a 6m², pelo menos uma tomada para cada 5 m, ou fração de perímetro, espaçadas tão uniformemente quanto possível (no mínimo 100VA por tomada).
- *Halls de escadarias, salas de manutenção e salas de localização de equipamentos,* tais como, casas de máquinas, salas de bombas, barriletes e locais análogos: deve ser prevista pelo menos uma tomada com potência mínima de 1000VA.

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:

- *TUGs em Banheiros, cozinhas, copas, áreas de serviço, lavanderias e locais análogos:* no mínimo 600VA por ponto de tomada, até três pontos, e 100VA por ponto excedente, considerando cada um desses ambientes separadamente. Quando o total de tomadas for superior a 6 pontos, admite-se a utilização de 600VA para dois pontos e 100VA para os demais.
 - *TUGs para demais cômodos e dependências de habitação:* no mínimo 100VA por ponto de tomada.
- Tomadas de Uso Específico (TUE's):
 - Deve ser atribuída uma potência igual à potência nominal do equipamento a ser alimentado. Devem ser instaladas, no máximo, a 1,5 m do local previsto para o equipamento a ser alimentado.

3.3 Potências típicas

Tabela 3.1 – Potências médias de aparelhos eletrodomésticos e de aquecimento

Tipo		Pot. (W)	Tipo	Pot. (W)
Aquecedores de água por acumulação (boiler)	Até 80 L	1.500	Freezer horizontal	500
	De 100 a 150L	2.500	Freezer vertical	300
	De 200 a 400L	4.000	Geladeira	150 a 500
Aquecedores de água por passagem		4.000 a 8.000	Liquidificador	270
Aquecedor de ambiente		1.000	Máquina de costura	100
Aspirador de pó		500 a 1.000	Máquina de lavar louças	1.200 a 2.800
Batedeira		100 a 300	Máquina de lavar roupas	1.000
Cafeteira	Doméstica	600	Máquina de secar roupas	2.500 a 6.000
	Comercial	1.200	Secador de cabelos	500 a 1.500
Chuveiro	127V	4.400 a 6.000	TV a cores	300
	220V	4.400 a 8.000	Torneira	2.800 a 5.200
Conjunto de som		100	Torradeira	500 a 1.200
Exaustor		300 a 500	Ventilador	100
Esprededor de frutas		200	Microcomputador	300
Ferro de passar roupa automático		800 a 1.650	Impressora	45
Fogão		1.500/Boca	Grill	1.200
Forno (de embutir)		4.500	Forno de microondas	750

(*) Conforme ND-5.1:1998, Capítulo 7, pg. 8

3.4. Condicionadores de ar

Para calcular a potência de aparelhos de ar condicionado deve-se proceder da seguinte forma:

Sabendo-se que $CT = a + b + c + d + e$,
Onde: CT = carga térmica (Kcal/h)

As parcelas são relacionadas a:

a = volume do recinto (Kcal/hm³)

b = área das janelas (Kcal/hm²)

c = nº de pessoas (Kcal/hpessoa)

d = área das portas (Kcal/hm²)

e = aparelhos eletrodomésticos (Kcal/hwatt)

Calculamos:

a) Determinação do volume do local e multiplicação deste valor pela quantidade de Kcal/h para cada m³ indicado na tabela a seguir:

Tabela 3.2 - Recinto

Recinto (Kcal/hm ³)	
Entre andares	Sob telhados
16,0	22,33

b) Determinação da área das janelas pela soma da área de todas as janelas situadas na mesma parede. Deve-se verificar existência de cortinas e qual o período de incidência do sol (manhã ou tarde). Este valor deve ser multiplicado pela quantidade de kcal/h por m² de janela nas condições observadas, que encontra-se na tabela seguinte:

Tabela 3.3 - Janelas

Janelas (Kcal/hm ²)				
Com cortina		Sem cortina		Vidros na sombra
Sol da manhã	Sol da tarde	Sol da manhã	Sol da tarde	
160	212	222	410	37

Obs: Se houver janelas em mais de uma parede, considerar aquela da parede que recebe mais calor para o cálculo acima. As janelas das outras paredes devem ser consideradas na sombra.

c) Verificação do número de pessoas que habitualmente permaneçam no local e multiplicação desse número pelo fator de 125Kcal/(h.pessoa).

d) Some as áreas das portas, arcos ou vão que permaneçam constantemente abertos para espaços não condicionados e multiplique este valor pelo fator 125Kcal/(h.m²)

e) Quando houver aparelhos elétricos em uso no ambiente que desprendam calor, tais como: esterilizador, estufa, cafeteira, lâmpada, etc, considerar um fator de 0,9kcal/(h.watt) multiplicando a potência total do aparelho.

Consultando a tabela seguinte, procura-se o aparelho mais conveniente de acordo com a carga térmica total do local a ser condicionado:

Tabela 3.4 – Potências nominais de condicionadores de ar tipo janela

BTU/h	kcal/h	W	VA
8.500	2.125	1.300	1.500
10.000	2.500	1.400	1.650
12.000	3.000	1.600	1.900
14.000	3.500	1.900	2.100
18.000	4.500	2.600	2.860
21.000	5.250	2.800	3.080
30.000	7.500	3.600	4.000

(*) Conforme ND-5.1:1998, Capítulo 7, pg. 8

Notas:

- Valores válidos para aparelhos até 12.000 BTU/h, ligados em 127 V ou 220 V e para aparelhos acima de 14.000 BTU/h ligados em 220 V.

3.5. Bombas

3.5.1. Potência do motor

O conjunto elevatório (motor-bomba) deverá vencer a diferença de nível entre dois pontos mais as perdas de carga em todo o percurso (perda por atrito ao longo da canalização e perdas localizadas devido às peças especiais).

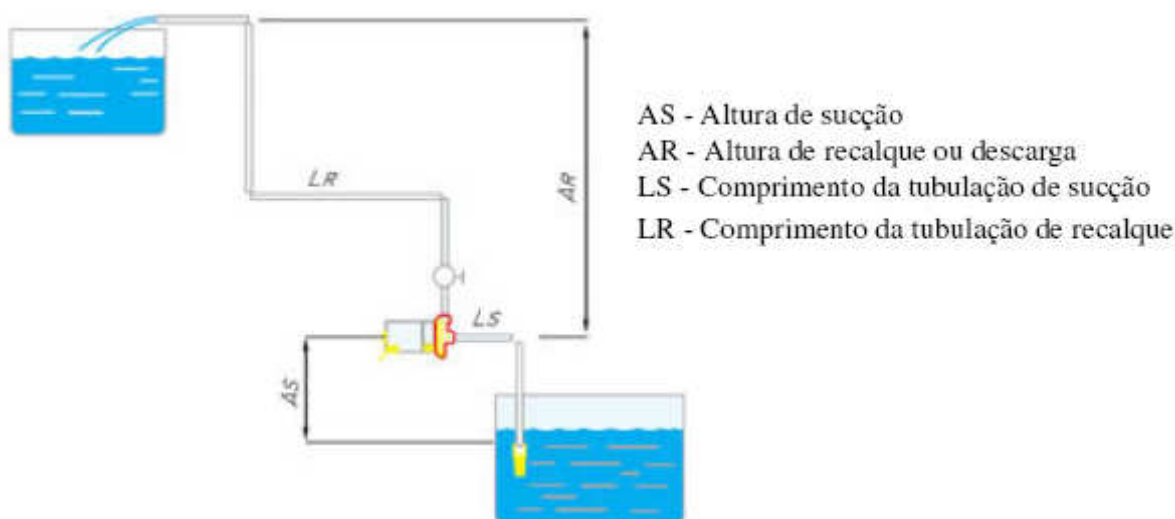


Figura 3.1 – Diagrama esquemático

A potência do motor a ser utilizado pode ser calculada com as seguintes equações:

$$P = \frac{Q.H.\gamma}{270000.\eta} \qquad P = \frac{Q.H}{270.\eta}$$

Onde:

- P – potência fornecida pelo motor à bomba em cv;
- Q – vazão em m³/hora;
- H – altura total (inclusive perda de carga) em metros;
- γ – peso específico do líquido a ser bombeado em kg/m³; (1000 kg/m³ para a água);
- η – rendimento da bomba.

Tabela 3.5 – Vazão x Potência do motor

Instalações Elétricas de Baixa Tensão

N=1700rpm Hmax=15m		n=3400rpm Hmax=25m		n=3400rpm Hmax=60m	
Vazão l/min.	N%	Vazão l/min.	N%	Vazão l/min.	N%
10	30	20	30	20	30
20	40	40	40	40	40
30	50	60	50	60	50
40	53	80	53	80	53

3.5.2. Vazão

A vazão da bomba de abastecimento do reservatório superior de um edifício de apartamentos pode ser estimada da seguinte forma:

Para um edifício comum: $Q = 0,07.AD.AP.D$

Para um edifício de alto padrão: $Q = 0,09.AD.AP.D$

Onde:

Q – vazão em m³/hora;

AD – número de andares habitados do edifício;

AP – número de apartamentos por andar habitado;

D – número de dormitórios por apartamento.

3.5.3. Altura total

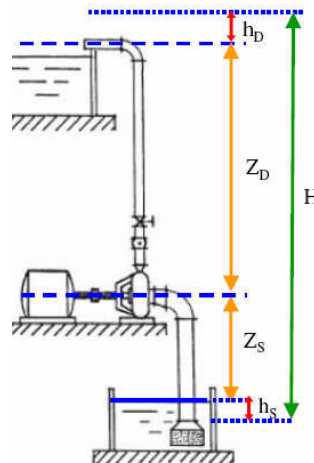


Figura 3.2. – Diagrama esquemático (altura total)

Para o cálculo da altura temos:

$$H = H_S + H_D$$

$$H_S = Z_S + h_S$$

$$H_D = Z_D + h_D$$

Onde:

H – Altura manométrica total

H_S – Altura manométrica total de sucção

H_D – Altura manométrica total de descarga

h_S – Perda de carga de sucção

h_D – Perda de carga na descarga

Z_S – Altura de sucção: distância vertical da bomba até o nível do reservatório inferior

3.5.4. Tubulação

Para a escolha da tubulação recomenda-se que a velocidade de escoamento não ultrapasse a 1,8 m/s na tubulação de sucção e 3 m/s na de descarga. A tabela abaixo indica as vazões aproximadas correspondentes a estas velocidades para vários diâmetros de tubulação de PVC.

Tabela 3.6 – Vazões aproximadas

Tubo colável (mm)	25	32	40	50	60	75	85	110	140	160	200	250	300
Tubo roscável (bitola)	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	4"	5"	6"	-	-	-
Vazão na sucção (m³/hora)	2,2	3,7	6,2	9	15	21	32	50	80	105	160	260	360
Vazão na descarga (m³/hora)	3,6	6,2	10	15	25	35	53	83	135	175	265	430	600

As perdas na sucção e descarga são resultado da soma das perdas localizadas (válvulas, curvas, etc) com as perdas na tubulação.

$$h_S = P_S^L + P_S^T$$

$$h_D = P_D^L + P_D^T$$

Onde:

P_S^L - perdas localizadas na sucção;

P_D^L - perdas localizadas na descarga;

P_S^T - perdas localizadas na tubulação da sucção;

P_D^T - perdas localizadas na tubulação da descarga.

A tabela abaixo mostra a perda de carga localizada, com comprimento equivalente em metros, para tubulação de PVC.

Tabela 3.7 – Perda localizada com comprimento equivalente em metros, PVC

Tubo colável (mm)	25,0	32,0	40,0	50,0	60,0	75,0	85,0	110,0	140,0	160,0	200,0	250,0	300,0
Joelho 90°	1,2	1,5	2,0	3,2	3,4	3,7	3,9	4,3	4,9	5,4	7,1	8,7	10,0
Joelho 45°	0,5	0,7	1,0	1,0	1,3	1,7	1,8	1,9	2,4	2,6	3,4	4,2	5,0
Curva 90°	0,5	0,6	0,7	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,9	2,1	2,8	3,4	4,0
Curva 45°	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,6	1,9	2,3
Reg. Gaveta aberta	0,2	0,3	0,4	0,7	0,8	0,9	0,9	1,0	1,1	1,2	1,6	2,0	2,4
Válv. Globo aberta	11	15	22	36	38	38	40	42	51	57	72	89	106
Saída de canalização	0,9	1,3	1,4	3,2	3,3	3,5	3,7	3,9	4,9	5,5	6,9	8,6	10
Válv. Pé e crivo	9,5	13	16	18	24	25	27	29	37	43	53	66	78

Tabela 3.8 – Perda de carga em metros/100m de tubulação

Tubo colável (φ mm)	25	32	40	50	60	75	85	110	140	160	200	250	300	Vazão (m³/hora)
Tubo roscável (bitola)	3/4"	1"	1.1/4"	1.1/2"	2"	2.1/2"	3"	4"	5"	6"	-	-	-	
Diâm. Interno (mm)	21,4	27,8	35,2	44,0	53,0	66,6	75,6	97,8	124,4	142,2	177,8	222,2	266,6	
Vazão (m³/hora)														

1,0	4,4	1,3	0,4	0,1													1,0
1,2	6,0	1,7	0,6	0,2													1,2
1,4	7,9	2,3	0,7	0,3	0,1												1,4
1,6	10	2,9	0,9	0,3	0,1												1,6
1,8	12	3,5	1,1	0,4	0,2												1,8
2,0	15	4,2	1,4	0,5	0,2												2,0
2,5	22	6,3	2,0	0,7	0,3	0,1											2,5
3,0	30	8,6	2,8	1,0	0,4	0,1											3,0
3,5	39	11	3,7	1,3	0,5	0,2	0,1										3,5
4,0	50	14	4,7	1,6	0,7	0,2	0,1										4,0
4,5		18	5,7	2,0	0,8	0,3	0,2										4,5
5,0		21	6,9	2,4	1,0	0,3	0,2										5,0
6,0		29	9,5	3,3	1,4	0,5	0,3										6,0
7,0		38	12	4,3	1,8	0,6	0,3	0,1									7,0
8,0		48	16	5,4	2,2	0,8	0,4	0,1									8,0
9,0			19	6,7	2,8	0,9	0,5	0,1									9,0
10			23	8,0	3,3	1,1	0,6	0,2									10
12			32	11	4,6	1,5	0,8	0,2									12
14			42	14	6,0	2,0	1,1	0,3	0,1								14
16				18	7,5	2,5	1,4	0,4	0,1								16
18				22	9,3	3,1	1,7	0,5	0,2								18
20				27	11	3,8	2,1	0,6	0,2	0,1							20
25					16	5,6	3,0	0,9	0,3	0,2							25
30					23	7,6	4,2	1,2	0,4	0,2							30
35					30	10	5,5	1,3	0,5	0,3							35
40						13	6,9	2,0	0,6	0,3	0,1						40
45						16	8,5	2,5	0,8	0,4	0,1						45
50						19	10	3,0	1,0	0,5	0,2						50
60							14	4,1	1,3	0,7	0,2						60
70							18	5,4	1,7	0,9	0,3	0,1					70
80								6,9	2,2	1,2	0,4	0,1					80
90								8,4	2,7	1,4	0,5	0,2					90
100								10	3,2	1,7	0,6	0,2					100
120									4,4	2,4	0,8	0,3	0,1				120
140									5,8	3,1	1,1	0,4	0,2				140
160									7,4	3,9	1,3	0,5	0,2				160
180									4,8	1,7	0,6	0,2					180
200									5,8	2,0	0,7	0,3					200
250									8,5	2,9	1,0	0,4					250
300										4,1	1,4	0,6					300
260										5,3	1,8	0,8					260
400											2,3	1,0					400

450												2,9	1,2	450
500												3,4	1,4	500
600												4,7	2,0	600
700													2,6	700
800													3,3	800

3.5.5. Acréscimos de potência do motor

Deve-se admitir, na prática, uma certa reserva de potência para os motores elétricos. Os seguintes acréscimos são recomendáveis:

Tabela 3.9 – Acréscimos de potência para motores

Potência (cv)	Acréscimo (%)
Até 2	50
De 2 a 5	30
De 5 a 10	20
De 10 a 20	15
Acima de 20	10

3.6. Elevadores

O cálculo de elevadores é regulamentado pela ABNT através da NBR 5665, tendo como objetivo:

- Estabelecer as condições mínimas exigíveis para o cálculo de tráfego das instalações de elevadores destinados ao transporte de passageiros em edifícios novos no Brasil, assegurando condições satisfatórias de uso;
- Determinar a quantidade de elevadores e as características necessárias ao atendimento do tráfego de pessoas em um determinado edifício.

3.6.1. Capacidade de tráfego

Faz-se uma comparação entre capacidade de tráfego e qualidade de transporte, onde um é diretamente influenciado pelo outro. A capacidade de tráfego é, portanto, a capacidade mínima do elevador em transportar certo percentual da população de um edifício em um intervalo de 5 minutos.

Para cada tipo de edifício adota-se um percentual mínimo da população:

Tabela 3.10 – Percentual mínimo da população

Tipo de edifício	Percentual mínimo da população
Escritórios de uma única entidade	15%
Escritórios em geral e consultórios	12%

Apartamentos	10%
Hotéis	10%
Restaurantes	6%
Hospitais	12%
Escolas	20%
Edifícios garagens com rampa, sem manobrista	10%
Lojas e shopping centers	10%

3.6.2. População de um edifício

Para cada tipo de edifício adota-se uma relação:

Tabela 3.11 – População de um edifício

Tipo de edifício	População
Escritórios de uma única entidade	1 pessoa por 7m ² de sala
Escritórios em geral e consultórios	1 pessoa por 7m ² de sala
Apartamentos	2 pessoas - 1 dormitório social
	4 pessoas - 2 dormitórios
	5 pessoas - 3 dormitórios
	6 pessoas - 4 dormitórios ou mais
	1 pessoa - dormitório de serviço
Hotéis	2 pessoas por dormitório
Restaurantes	1 pessoa por 1,5m ² de salão de refeição
Hospitais	2,5 pessoas por leito
Escolas	1 pessoa por 2m ² de sala de aula
	1 pessoa por 7m ² de sala de administração

Edifícios garagens com rampa, sem manobrista	1,4 pessoa por vaga
Lojas e shopping centers	1 pessoa por 4m ² de loja

3.6.3. Intervalo de tráfego

Dependendo do tipo de edifício e da quantidade de elevadores em grupo, adota-se um tempo máximo de espera no andar principal que um passageiro deve aguardar entre a partida de um elevador e a chegada de outro:

Tabela 3.12 – Intervalo de tráfego máximo

Tipo	Intervalo de tráfego (s)
Todos*, com 1 elevador	80
Todos*, com 2 elevadores	60
Todos*, com 3 elevadores	50
Escritórios, com 4 ou mais elevadores	40
Hotéis, restaurantes, hospitais, escolas garagens, lojas e shopping centers, com 4 ou mais elevadores	45

*Apartamentos: não há restrições

3.6.4. População a ser transportada em 5 minutos

População de um edifício X Capacidade de tráfego

3.6.5 Percurso

Distância entre os pisos do pavimento mais inferior e o do mais superior de um edifício.

3.6.6. Paradas prováveis

É a quantidade provável de paradas que o elevador irá realizar entre o primeiro e último pavimento servidos.

$$N = P - (P - 1) \left(\frac{P - 2}{P - 1} \right)^C$$

Onde: N – número de paradas prováveis;
P – número de paradas do elevador;
C – lotação da cabina (pessoas) sem ascensorista.

3.6.7. Tempo total de viagem

$$T = T1 + T2 + 1,1(T3 + T4)$$

Onde: T1 – tempo total de ida e volta, entre os extremos, sem parar = 2 x Percurso/ Velocidade do elevador;

T2 – tempo de aceleração e retardamento = 0,5 x Paradas prováveis x Tempos de aceleração e retardamento em função da velocidade (ver tabela 3.13);

T3 – tempo de abertura e fechamento de portas = Paradas prováveis x Tempos de abertura e fechamento de portas, função do tipo de porta (ver tabela 3.14);

T4 – tempo de entrada e saída de passageiros = Capacidade da cabina x Tempos de entrada e saída de cada passageiro em função da largura de porta (ver tabela 3.15).

Tabela 3.13 – Tempo de aceleração e retardamento

Velocidade (m/s)	Tempo (s)
0,75	2,50
1,00	3,00
1,25	3,00
1,50	3,50
1,75	4,00
2,00	4,50
2,50	5,50
Acima de 2,50	6,00

Tabela 3.14 – Tempo de abertura e fechamento das portas

Tipo de porta	Tempo (s)
Abertura central (AC)	3,90
Abertura lateral (AL)	5,50
Eixo vertical (EV)	6,00

Tabela 3.15 – Tempo de entrada e saída de passageiros

Abertura da Porta (m)	Tempo (s)
Menor que 1,1	2,40
Maior ou igual a 1,1	2,00

3.6.8. Capacidade de transporte

É a capacidade de transporte de um elevador, em 5 minutos:

$$C_t = \frac{L.300}{T}$$

Onde: L – capacidade da cabina (pessoas);
T – tempo total de viagem.

3.6.9. Capacidade nominal de tráfego

É a somatória das capacidades de transporte de cada elevador.

$$C_T = C_{t1} + C_{t2} + \dots + C_{tn}$$

3.6.10. Intervalo de tráfego real

$$I = \frac{T}{ne}$$

Onde: T – tempo total de viagem
ne – número de elevadores do grupo

Para apartamentos, este cálculo não é exigido.

Tabela 3.16 – Velocidades recomendadas para edifícios não-residenciais

Percurso (m)	Velocidade (m/s)
Até 18	De 0,5 a 1,0
De 18 a 30	De 1,0 a 1,75
De 30 a 45	De 1,75 a 2,5
De 45 a 60	De 2,5 a 3,5
De 60 a 75	De 3,5 a 4,0
De 75 a 90	De 4,0 a 5,0
De 90 a 150	De 5,0 a 6,0
Acima de 150	De 6,0 a 7,0

Tabela 3.17 – Velocidades recomendadas para edifícios residenciais

Percurso (m)	Velocidade (m/s)
--------------	------------------

Até 30	De 0,75 a 1,0
De 30 a 45	De 1,0 a 1,50
De 45 a 60	De 1,25 a 2,0
De 60 a 75	De 1,75 a 2,5
De 75 a 90	De 2,5 a 3,5

Tabela 3.18 – Exemplos de elevadores Otis

Modelo	Capacidade	Velocidade (m/s)	Porta (m)	Potência (kW)
MRL	4	1	0,7 - Lateral	4
MRL	6	1	0,8 - Lateral	4
Gen2	8	1	0,9 - Lateral	4,3

4. Divisão dos Circuitos da Instalação

Após a fixação das cargas nos pontos de consumo, a instalação deve ser dividida em tantos circuitos quantos necessários, devendo cada circuito ser concebido de forma a ser seccionado sem risco de realimentação inadvertida através de outro circuito. Adicionalmente, a divisão em circuitos deve ser realizada de modo a atender exigências de segurança, funcionais, de produção, de manutenção e de conservação da energia.

Seguindo-se as recomendações da NBR 5410, os circuitos terminais devem ser individualizados pela função dos equipamentos de utilização que alimentam. Em particular, devem ser previstos circuitos terminais distintos para iluminação e tomadas de corrente.

Em unidades residenciais e acomodações de hotéis, motéis e similares devem ser previstos circuitos independentes para cada equipamento com corrente nominal superior a 10 A.

Aparelhos de ar condicionado devem ter circuitos individuais.

Cada circuito deve ter seu próprio condutor neutro.

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.

Sempre que possível, deve-se projetar circuitos independentes para os quartos, salas (dependências sociais), cozinhas e dependências de serviço.

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

Devem ser consideradas necessidades futuras, conforme a tabela abaixo:

Tabela 4.1 – Circuitos de reserva

Quantidade de circuitos efetivamente disponível	Número de circuitos destinados a reserva
Até 6	2
7 a 12	3
13 a 30	4
N>30	0,15 N

A capacidade de reserva deve ser considerada no cálculo do alimentador do respectivo quadro de distribuição.

Recomenda-se limitar a corrente a 10 A nos circuitos de iluminação e tomadas de uso geral.

É usual fixar-se a carga máxima de 1200VA nos circuitos em 127 V e de 2200VA nos circuitos em 220V, objetivando-se o uso de condutor de 1,5mm² para iluminação e 2,5mm² para circuitos de força.

5. Linhas Elétricas

5.1. Definições e aspectos básicos

O conceito de linha elétrica engloba os condutores e os eventuais elementos de fixação, suporte e proteção mecânica a eles associados. São vários os tipos de linha a saber:



- *linha aberta*: linha em que os condutores são circundados por ar ambiente não confinado;
- *linha aérea*: linha (aberta) em que os condutores ficam elevados em relação ao solo e afastados de outras superfícies que não os respectivos suportes;
- *linha aparente*: linha em que os condutos ou condutores não estão embutidos;
- *linha em parede ou no teto*: linha aparente em que os condutores ficam na superfície de uma parede ou de um teto, ou em sua proximidade imediata, dentro ou fora de um conduto;
- *linha embutida*: linha em que os condutos ou os condutores estão localizados nas paredes ou na estrutura do prédio, acessível apenas em pontos determinados;
- *linha subterrânea*: linha construída com cabos isolados, enterrados diretamente no solo ou instalados em condutos subterrâneos;
- *linha pré-fabricada*: linha constituída por peças em tamanhos padronizados, contendo condutores de secção maciça com proteção mecânica, que se encaixam entre si no local da instalação.

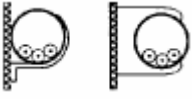
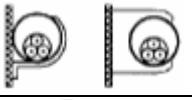
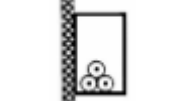
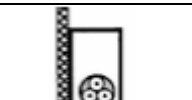
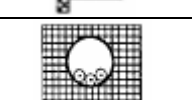
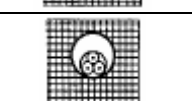
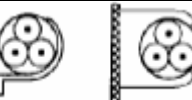






Chama-se de *conduto elétrico* a uma canalização destinada a conter condutores elétricos. Nas instalações elétricas são utilizados vários tipos de condutos: *eletrodutos, calhas, molduras, blocos alveolados, canaletas, bandejas, escadas para cabos, poços e galerias*.

5.2. Tipos de linhas recomendadas pela NBR 5410

A tabela seguinte mostra os tipos de linhas elétricas (maneira de instalar) mais comuns em que instalações de um circuito ou linha elétrica devam se enquadrar de acordo com a NBR 5410:

Tabela 5.1 – Tipos de linhas aéreas

Método de instalação número	Esquema ilustrativo	Descrição	Método de Referência
1	 Face interna	Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto de seção circular embutido em parede termicamente isolante	A1
2	 Face interna	Cabo multipolar em eletroduto de seção circular embutido em parede termicamente isolante	A2

3		Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto aparente de seção circular sobre parede ou espaçado desta menos de 0,3 vez o diâmetro do eletroduto	B1
4		Cabo multipolar em eletroduto aparente de seção circular sobre parede ou espaçado desta menos de 0,3 vez o diâmetro do eletroduto	B2
5		Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto aparente de seção não-circular sobre parede	B1
6		Cabo multipolar em eletroduto aparente de seção não-circular sobre parede	B2
7		Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto de seção circular embutido em alvenaria	B1
8		Cabo multipolar em eletroduto de seção circular embutido em alvenaria	B2
11		Cabos unipolares ou cabo multipolar sobre parede ou espaçado desta menos de 0,3 vez o diâmetro do cabo	C
11A		Cabos unipolares ou cabo multipolar fixado diretamente no teto	C
11B		Cabos unipolares ou cabo multipolar afastado do teto mais de 0,3 vez o diâmetro do cabo	C
12		Cabos unipolares ou cabo multipolar em bandeja não-perfurada, perfilado ou prateleira	C
13		Cabos unipolares ou cabo multipolar em bandeja perfurada, horizontal ou vertical	E (multipolar) F (unipolares)
14		Cabos unipolares ou cabo multipolar sobre suportes horizontais, eletrocalha aramada ou tela	E (multipolar) F (unipolares)
15		Cabos unipolares ou cabo multipolar afastado(s) da parede mais de 0,3 vez o diâmetro do cabo	E (multipolar) F (unipolares)

(*) Conforme NBR 5410:2004 – pg. 90

Observação: Para maior aprofundamento nos métodos de instalação, consultar a norma NBR 5410:2004 pg. 90.

5.3. Condutores Elétricos

Todos os condutores devem ser providos, no mínimo, de isolação, a não ser quando o uso de condutores nus ou providos apenas de cobertura for expressamente permitido.

Nas instalações de baixa tensão, a NBR 5410 prescreve, nas linhas elétricas, o uso de condutores isolados, cabo uni e multipolares e condutores nus, de cobre e de alumínio.

- Conductor Isolado: Possui somente o condutor e a isolação;
- Cabo Unipolar: Conductor, isolação e uma camada de revestimento, chamada cobertura, para proteção mecânica;
- Cabo Multipolar: Possui sob a mesma cobertura, dois ou mais condutores isolados, denominados veias.

Quanto ao material do condutor, podemos destacar três mais comuns, presentes na tabela a seguir:

Tabela 5.2 – Tipos de isolação

Material	Pontos Fracos	Pontos Fortes
PVC (CLORETO DE POLIVINILA)	Baixo índice de estabilidade térmica	Boas propriedades mecânicas e elétricas Não propagante de chama
XLPE (POLIETILENO RETICULADO)	Baixa flexibilidade Baixa resistência à chama	Excelentes propriedades elétricas Boa resistência térmica
EPR (BORRACHA ETILENO PROPILENO)	Baixa resistência mecânica Baixa resistência a chamas	Excelentes propriedades elétricas Boa resistência térmica

6. Quadro de Distribuição

Quadro de distribuição (QD) é o equipamento elétrico destinado a receber energia elétrica através de uma ou mais alimentações, e distribuí-la a um ou mais circuitos, podendo também desempenhar funções de proteção, seccionamento, controle e/ou medição.

Sua localização deve ser em lugar de fácil acesso e, de preferência, próximo ao centro de carga.

Depois de feita a previsão de carga da instalação, conforme prescrito no item 3 desta apostila, o cálculo do centro de carga poderá ser feito para facilitar encontrar o local ideal para a localização do QD.

Assim temos:

Centro de carga na direção do eixo x (CCx)

$$CCx = \frac{S1.x1 + S2.x2 + \dots + Sn.xn}{S1 + S2 + \dots + Sn}$$

Onde $S1$, $S2$... e Sn são as potências aparentes (em VA) de cada carga ou grupo de cargas e $x1$, $x2$... e xn as suas respectivas coordenadas em relação ao eixo x.

Analogamente, temos:

Centro de carga na direção do eixo y (CCy):

$$CCy = \frac{S1.y1 + S2.y2 + \dots + Sn.yn}{S1 + S2 + \dots + Sn}$$

Onde $S1$, $S2$... e Sn são as potências aparentes (em VA) de cada carga ou grupo de cargas e $y1$, $y2$... e yn as suas respectivas coordenadas em relação ao eixo y.

Os resultados da equação revelam que a posição ideal do quadro estará na coordenada (CCx,CCy)m.

Uma vez localizado tecnicamente o ponto ideal de instalação do quadro, e reconhecendo que essa instalação no ponto exato, pode ser impraticável, ele deve ser então instalado o mais próximo possível desse ponto.

onde $S_1, S_2 \dots$ e S_n são as potências aparentes (em VA) de cada carga ou grupo de cargas e $x_1, x_2 \dots$ e x_n as suas respectivas coordenadas em relação ao eixo x.

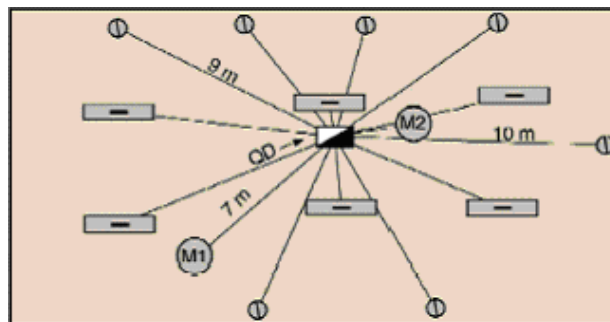


Figura 6.1 – Quadro no ponto ideal

É importante também considerar aspectos estéticos e proximidade com o medidor ou prumadas.



Figura 6.2 – Foto de quadro de material termoplástico da Siemens

Após a locação do quadro de distribuição, deve-se prover a ligação dos pontos de consumo (pontos de luz e tomada) ao mesmo. Esta conexão é realizada por eletrodutos partindo do quadro, traçando seu caminho de forma a encurtar as distâncias entre os pontos de ligação.

7. Dispositivos de Proteção

7.1. Disjuntores de baixa tensão

Em instalações de baixa tensão, entende-se por disjuntor de BT, ao dispositivo capaz de interromper um circuito, ao comando do operador ou automaticamente, quando percorrido por níveis de corrente superiores à sua corrente nominal, sem que dessa interrupção lhe advenha dano.

Os disjuntores de baixa tensão contem 2 sistemas de proteção:

- o primeiro, que opera para correntes de sobrecarga, é fundamentado na ação mecânica de lâminas bimetálicas, que dispostas em série com o circuito, se curvam quando a corrente que as atravessa supera a corrente nominal, fazendo com que o disjuntor desarme;
- o segundo opera apenas quando elevadas correntes de curto-circuito atravessam o dispositivo produzindo atração magnética, resultante do campo produzido por essa corrente passante, sobre placas ferromagnéticas dispostas em posições adequadas, fazendo com que o disjuntor desarme.

Assim, o dispositivo de ação térmica destina-se a interromper sobrecargas relativamente de pequena intensidade e longa duração, pois devido a inércia térmica das lâminas bimetálicas é dispendido um certo tempo para aquecer e atuar, enquanto que o dispositivo magnético atua tão logo circule intensidade de corrente suficiente para atrair as placas ferromagnéticas. Note que o rearme do disjuntor depois da operação da proteção térmica só pode ser realizado depois do esfriamento das lâminas bimetálicas, que impedem o engate enquanto estiverem deformadas pela ação do aquecimento que motivou o desligamento.

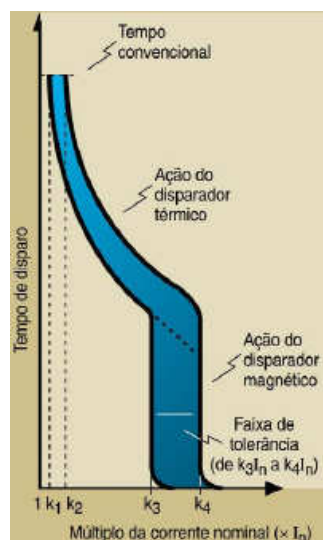


Figura 7.1 – Característica tempo-corrente típica de disjuntor termomagnético

A curva tempo-corrente de um disjuntor de baixa tensão apresenta após o trecho de característica inversa (quanto maior a corrente menor o tempo de atuação) uma forte inflexão para baixo indicando a operação do sistema de proteção magnético, conforme mostra a figura 8.1

Para aumentar a capacidade disruptiva do disjuntor há, em seu interior, uma câmara de extinção de arco que se presta a confinar, dividir e extinguir o arco elétrico formado entre os contatos do disjuntor imediatamente à abertura mecânica dos contatos.

Características nominais:

- Tensões nominais – Os disjuntores são caracterizados pela tensão nominal de operação, ou tensão nominal de serviço (U_e) e pela tensão nominal de isolamento (U_i)
- Correntes nominais – A corrente nominal (I_n) de um disjuntor é a corrente ininterrupta nominal (I_u) e tem o mesmo valor da corrente térmica convencional ao ar livre.

A norma IEC 60898 considera 30°C como temperatura ambiente de referencia indica os seguintes valores preferenciais de I_n : 6, 10, 13, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100 e 125A.

- Corrente convencional de atuação – É o valor especificado de corrente que provoca a atuação do dispositivo dentro do tempo convencional.
O tempo convencional: 1 hora \leq 63A 2 horas $>$ 63A

Tabela 7.1 – Tempos de atuação de disjuntores

Intensidade	Tempo de Atuação
1,13 I_n	$t \geq 1h$ ($I_n \leq 63A$) $t \geq 2h$ ($I_n > 63A$)
1,45 I_n	$t < 1h$ ($I_n \leq 63A$) $t < 1h$ ($I_n > 63A$)

Na prática a corrente I_2 é considerada igual à corrente convencional de atuação dos disjuntores.

- Corrente convencional de não atuação – 1,13;
- Corrente convencional de atuação – 1,45.
- Disparo instantâneo – A IEC 60898 define, para o disparo instantâneo, em geral magnético, as faixas e atuação B, C e D ilustradas na figura 8.2:

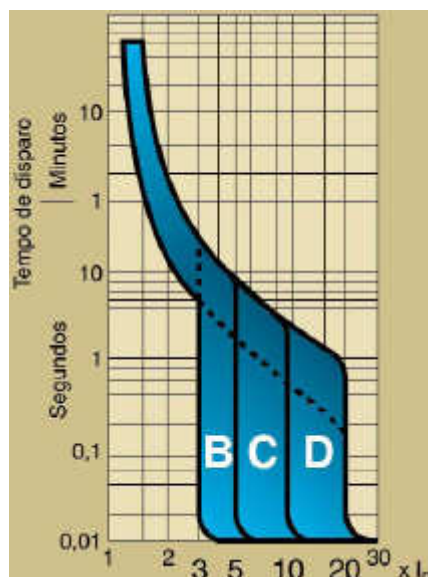


Figura 7.2 – Características tempo-corrente de minidisjuntores

- Curva B: tem como característica principal o disparo instantâneo para corrente entre 3 a 5 vezes a corrente nominal. Sendo assim, são aplicados principalmente na proteção de circuitos com características resistivas ou grandes distancias de cabos envolvidas. Exemplos: lâmpadas incandescentes, chuveiros, aquecedores elétricos, etc.

-
- **Curva C:** tem como característica o disparo instantâneo para correntes entre 5 a 10 vezes a corrente nominal. Sendo assim, são aplicados para proteção de circuitos com cargas indutivas. Exemplos: lâmpadas fluorescentes, geladeiras, máquinas de lavar, etc.
 - **Curva D:** disparo instantâneo para correntes entre 10 a 20 vezes a corrente nominal.

7.2. Dispositivos a corrente diferencial-residual

Os dispositivos a corrente diferencial-residual, abreviadamente dispositivos DR, constituem-se no meio mais eficaz de proteção das pessoas (e dos animais domésticos) contra choques elétricos, sendo largamente utilizados hoje em quase todos os países do mundo. São o único meio “ativo” de proteção contra contatos diretos e, na grande maioria dos casos, o meio mais adequado para proteção contra contatos indiretos. Por outro lado, podem exercer proteção contra incêndios e também constituir-se em “vigilantes” da qualidade da instalação.

O dispositivo DR detecta a soma fasorial das correntes que percorrem os condutores vivos de um circuito em um determinado ponto do circuito, isto é, a corrente diferencial-residual (I_{DR}) no ponto considerado, provoca a interrupção do circuito quando I_{DR} ultrapassa um valor preestabelecido, chamado de corrente diferencial-residual nominal de atuação ($I\Delta_n$).

Os seguintes circuitos devem ser objeto de proteção adicional por dispositivos DR de alta sensibilidade (corrente diferencial-residual ≤ 30 mA):

- Circuitos que sirvam pontos de utilização situados em locais contendo banheira ou chuveiro;
- Circuitos que alimentam tomadas de corrente situadas em áreas internas que possam vir a alimentar equipamentos no exterior;
- Circuitos residenciais que sirvam pontos de utilização situados em cozinhas, copas-cozinhas, lavanderias, áreas de serviço, garagens e demais dependências internas molhadas em uso normal ou sujeitas a lavagens;
- Circuitos em edificações não-residenciais que sirvam pontos de tomada situados em cozinhas, copas-cozinhas, lavanderias, áreas de serviço, garagens e, no geral, em áreas internas molhadas em uso normal ou sujeitas a lavagens;

8. Dimensionamento dos Condutores

Chamamos de dimensionamento técnico de um circuito a aplicação das diversas prescrições da NBR 5410 relativas à escolha da seção de um condutor e do seu respectivo dispositivo de proteção. Para que se considere um circuito completa e corretamente dimensionado, são necessários seis cálculos. Em principio cada um deles pode resultar numa seção diferente. E a seção a ser finalmente adotada é a maior dentre todas as seções obtidas.

Os seis critérios técnicos de dimensionamento são:

- seção mínima;
- capacidade de condução de corrente;
- queda de tensão;
- proteção contra sobrecargas;
- proteção contra curto-circuito;
- proteção contra contatos indiretos.

8.1. Dimensionamento do condutor fase

8.1.1. Seção mínima

As seções mínimas admitidas em qualquer instalação de baixa tensão estão definidas na tabela seguinte:

Tabela 8.1 - Seção mínima do condutor fase

Instalação	Utilização	Seção mínima p/ condutores se cobre (mm ²)
Fixas em geral	Circuitos de iluminação	1,5
	Circuitos de força	2,5
	Circuitos de sinalização e controle	0,5
Ligações flexíveis	Para um equipamento específico	Como especificado na norma do equipamento
	Para qualquer outra aplicação	0,75
	Circuitos a extrabaixa tensão para aplicações especiais	0,75

(*) De acordo com a NBR 5410:2004 - Tabela 47 pg. 113

As seções mínimas são ditadas por razões mecânicas.

8.1.2. Capacidade de condução de corrente

A capacidade de condução de corrente é um critério importantíssimo, pois leva em consideração os efeitos térmicos provocados nos componentes do circuito pela passagem da corrente elétrica em condições normais (corrente de projeto).

Para a determinação da seção do condutor por este critério, deve-se seguir os seguintes passos principais:

- 1) Calcular a corrente de projeto do circuito;
- 2) Determinar o método de instalação (conforme item 5.2 desta apostila);
- 3) Aplicar os fatores de correção apropriados.

a) Cálculo da corrente de projeto

Monofásicos / Bifásicos

$$I_B = \frac{P}{V.FP}$$

Trifásicos

$$I_B = \frac{P}{\sqrt{3}.V.FP}$$

Onde: I_B : corrente de projeto;
 P : potência ativa total do circuito;
 V : tensão do circuito;
 FP : fator de potência total do circuito.

A NBR 5410 fornece, em forma de tabelas, a capacidade de condução de corrente para cada tipo de condutor, de acordo com o método de instalação adotado. Estas tabelas foram determinadas considerando a temperatura ambiente de 30°C e a temperatura do solo de 20°C. Além do conhecimento do método de instalação é necessária a determinação do número de condutores carregados do circuito sob análise, conforme tabela abaixo.

Tabela 8.2 – Número de condutores carregados

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

(*) De acordo com a NBR 5410:2004 - Tabela 46 pg. 112

Para 4 condutores carregados aplicar o fator de 0,86 às capacidades de condução válidas para 3 condutores carregados. Considerar o trifásico com neutro com 4 condutores carregados quando a taxa de harmônicos triplos na corrente de fase for superior a 15%.

b) Fatores de correção

b.1) Fatores de Correção para Temperatura – k_1

Utilizado para temperaturas ambientes diferentes de 30°C para linhas não subterrâneas e de 20°C (temperatura do solo) para linhas subterrâneas.

Tabela 8.3 – Fatores de correção para temperatura

Temperatura (°C)	ISOLAÇÃO			
	PVC	EPR ou XLPE	PVC	EPR ou XLPE
	Ambiente		Do solo	
10	1,22	1,15	1,10	1,07
15	1,17	1,12	1,05	1,04
20	1,12	1,08	1	1
25	1,06	1,04	0,95	0,96
30	1	1	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

(*) De acordo com a NBR 5410:2004 - Tabela 40 pg. 106.

b.2) Fatores de correção para resistividade térmica do solo – k_2

Utilizado em linhas subterrâneas, onde a resistividade térmica do solo seja diferente de 2,5K.m/W, caso típico de solos secos, deve ser feita uma correção adequada nos valores da capacidade de condução de corrente. Solos úmidos possuem valores menores de resistividade térmica, enquanto solos muito secos apresentam valores maiores.

Tabela 8.4 – Fatores de correção para resistividade térmica do solo

Resistividade Térmica (Km/W)	1	1,5	2	3
Fator de correção	1,18	1,10	1,05	0,96

(*) De acordo com a NBR 5410:2004 - Tabela 41 pg. 107

b.3) Fatores de Correção para Agrupamento de Circuitos – k_3

Para linhas elétricas contendo um total de condutores superior às quantidades indicadas nas tabelas de capacidade de condução de corrente, fatores de correção devem ser aplicados.

Tabela 8.5 – Fatores de correção para agrupamento de circuitos

Item	Disposição dos cabos justapostos	Número de circuitos ou de cabos multipolares											Tabela dos métodos de referência
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	16	

Instalações Elétricas de Baixa Tensão

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	36 a 39 (métodos A à F)
2	Camada única sobre parede, piso ou em bandeja não perfurada ou prateleira	1,00	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72	0,72	0,71	0,70				36 e 37 (método C)
3	Camada única no teto	0,95	0,81	0,72	0,68	0,66	0,64	0,63	0,62	0,61				
4	Camada única em bandeja perfurada, horizontal ou vertical	1,00	0,88	0,82	0,77	0,75	0,73	0,73	0,72	0,72				38 e 39 (métodos E e F)
5	Camada única em leito, suporte	1,00	0,87	0,82	0,80	0,80	0,79	0,79	0,78	0,78				

(*) De acordo com a NBR 5410:2004 - Tabela 42 pg. 108

Se um agrupamento consiste em 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 fatores das tabelas 42 a 45 são válidos para grupos de condutores semelhantes, igualmente carregados. São considerados semelhantes aqueles que se baseiam na mesma temperatura máxima para serviço contínuo e cujas seções nominais estão contidas no intervalo de 3 seções normalizadas sucessivas. Quando os condutores de um grupo não preencherem essa condição, os fatores de agrupamento aplicáveis devem ser obtidos recorrendo-se a qualquer das duas alternativas seguintes:

- 1) Cálculo caso a caso, utilizando, por exemplo, a ABNT 11301;
- 2) Caso não seja viável um cálculo específico, adoção do fator F da expressão:

$$F = \frac{1}{\sqrt{n}}$$

Onde: *F* : fator de correção

n : número de circuitos ou de cabos multipolares

c) Cálculo da Corrente de Projeto Corrigida

$$I_B' = \frac{I_B}{k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4}$$

O valor da corrente de projeto corrigida é utilizado na determinação da seção do condutor através da tabela:

Tabela 8.6 – Capacidade de condução de corrente

Seções Nominais mm ²	Capacidades de condução de corrente, para os métodos de referência A1, A2, B1, B2, C e D. Condutores isolados, cabos unipolares e multipolares – cobre, isolamento PVC											
	A1		A2		B1		B2		C		D	
	Nº condutores carregados				Nº condutores carregados				Nº condutores carregados			
	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
1	11	10	11	10	14	12	13	12	15	14	18	15
1,5	14,5	13,5	14	13	17,5	15,5	16,5	15	19,5	17,5	22	18
2,5	19,5	18	18,5	17,5	24	21	23	20	27	24	29	24
4	26	24	25	23	32	28	30	27	36	32	38	31
6	34	31	32	29	41	36	38	34	46	41	47	39
10	46	42	43	39	57	50	52	46	63	57	63	52
16	61	56	57	52	76	68	69	62	85	76	81	67
25	80	73	75	68	101	89	90	80	112	96	104	86
35	99	89	92	83	125	110	111	99	138	119	125	103
50	119	108	110	99	151	134	133	118	168	144	148	122
70	151	136	139	125	192	171	168	149	213	184	183	151
95	182	164	167	150	232	207	201	179	258	223	216	179

120	210	188	192	172	269	239	232	206	299	259	246	203
150	240	216	219	196	309	275	265	236	344	299	278	230
185	273	245	248	223	353	314	300	268	392	341	312	258
240	321	286	291	261	415	370	351	313	461	403	361	297

(*) Conforme NBR 5410:2004 - Tabela 36 pg. 101

8.1.3. Queda de tensão

A queda de tensão entre a origem da instalação e qualquer ponto de utilização não deve ser superior aos valores indicados na tabela a seguir, dados em relação ao valor da tensão nominal da instalação.

Tabela 8.7 – Limites de queda de tensão a partir do ponto de entrega

Instalações		Circuitos de Distribuição	Circuitos Terminais
A	Fornecimento em tensão secundária distribuição. Ponto de entrega no poste.	5%	4%
B	Transformador de propriedade da concessionária. Ponto de entrega no secundário do transformador.	7%	4%
C	Transformador de propriedade da unidade consumidora. Ponto de entrega primário do transformador	7%	4%
D	Geração própria.	7%	4%

(*) Conforme NBR 5410:2004, item 6.2.7 – pg. 115

a) Método de cálculo 1

Com base nesse valor da queda de tensão máxima admissível, podemos calcular a seção do condutor diretamente através das fórmulas:

Monofásico / Bifásico

$$S_c = \frac{200 \cdot \rho \cdot \sum l \cdot I_B}{\Delta V\% \cdot V_{fn} \text{ (ou } V_{ff} \text{)}}$$

Trifásico

$$S_c = \frac{173,2 \cdot \rho \cdot \sum l \cdot I_B}{\Delta V\% \cdot V_{fn}}$$

Onde:

- S_c : seção em mm²;
- $\Delta V\%$: queda de tensão máxima, em %;
- V : tensão do circuito fase-neutro ou fase-fase, em V;
- l : comprimento do circuito, em m;
- I_B : corrente de projeto, em A;
- ρ : resistividade do material condutor = cobre = 1/56 Ω · mm²/m.

b) Método de cálculo 2

Outra maneira de determinar a queda de tensão é a partir de tabelas fornecidas pelos fabricantes de condutores elétricos, tal como mostrado na tabela a seguir:

Tabela 8.8 – Queda de tensão em V/A.km

Seção (mm ²)	Eletroduto e eletrocalha (material magnético)		Eletroduto e eletrocalha (material não-magnético)			
	Circuito Monofásico e Trifásico		Circuito Monofásico		Circuito trifásico	
	FP = 0,8	FP = 0,95	FP = 0,8	FP = 0,95	FP = 0,8	FP = 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	9,0	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

Dimensionamento de Condutores em Baixa Tensão – Tabela 19 – Pirelli pg 61

O procedimento é descrito a seguir:

Conhecem-se:

- Material do eletroduto (se é magnético ou não);
- Corrente de projeto (I_B), em A;
- Fator de potência (FP);
- Queda de tensão admissível para o caso ($\Delta V\%$), em %;
- Comprimento do circuito (l), em m;
- Tensão entre fases (V), em V.

Calcula-se:

Monofásico

$$\Delta U = \frac{10 \cdot V_{fn} \cdot \Delta V\%}{l \cdot I_B}$$

Bifásico / Trifásico

$$\Delta U = \frac{10 \cdot V_{ff} \cdot \Delta V\%}{l \cdot I_B}$$

Onde: ΔU : queda de tensão, em V/A.km;

Entrando na tabela acima, obtém-se a seção nominal do condutor.

c) Método de cálculo 3

Pode-se também determinar a queda de tensão a partir das expressões:

Carga Distribuída

$$\Delta U = t \cdot (r \cdot \cos \varphi + x \cdot \sin \varphi) \cdot \sum_{i=1}^n l_{Bi} \cdot I_i$$

Carga Concentrada

$$\Delta U = t \cdot l \cdot I_B \cdot (r \cdot \cos \varphi + x \cdot \sin \varphi)$$

Onde: ΔU : queda de tensão, em V;

l : comprimento do circuito, em km

I_B : corrente de projeto, em A;

r : resistência do condutor, em Ω/km ;

x : reatância indutiva do condutor, em Ω/km ;

t : coeficiente que depende do tipo de circuito;

$\cos \varphi, \sin \varphi$: fator de potência e fator reativo da carga.

Obs: O somatório é calculado considerando a corrente e o comprimento de cada trecho.

Tabela 8.9 – Valores para o coeficiente t

Tipo de Circuito	t	
Monofásico a dois condutores (fase-fase ou fase-neutro)		2
Monofásico a 3 condutores (2 fases-neutro) equilibrado	Queda de tensão de fase	1
	Queda de tensão de linha	2
Circuito trifásico equilibrado	Queda de tensão de fase	1
	Queda de tensão de linha	$\sqrt{3}$

Tabela 8.10 – Parâmetros elétricos de condutores

Seção (mm ²)	R _{cc}	Condutos não-magnéticos FN/FF/3F	
		R _{ca}	X _L
1,5	12,1	14,48	0,16
2,5	7,41	8,87	0,15
4	4,61	5,52	0,14
6	3,08	3,69	0,13
10	1,83	2,19	0,13
16	1,15	1,38	0,12
25	0,73	0,87	0,12
35	0,52	0,63	0,11
50	0,39	0,47	0,11
70	0,27	0,32	0,10
95	0,19	0,23	0,10
120	0,15	0,19	0,10

Resistências elétricas e reatâncias indutivas de fios e cabos isolados em PVC, EPR e XLPE em condutos fechados (valores em Ω /km) – Tabela 22 – Pirelli pg 64

8.1.4. Sobrecarga

A “sobrecarga” não é exatamente um critério de dimensionamento dos condutores, entretanto, intervêm na determinação da sua seção.

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

A característica de funcionamento de um dispositivo protegendo um circuito contra sobrecargas deve satisfazer às duas seguintes condições:

$$I_B \leq I_n \leq I_Z \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \quad \text{e} \quad I_2 \leq 1,45 \cdot I_Z \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4$$

Onde: I_b : corrente de projeto do circuito, em A;
 I_Z : capacidade de condução de corrente dos condutores;
 I_n : corrente nominal do dispositivo de proteção (ou corrente de ajuste para dispositivos ajustáveis);
 I_2 : corrente convencional de atuação, para disjuntores, ou corrente convencional de fusão, para fusíveis.

A condição, $I_2 \leq 1,45 \cdot I_Z$, é aplicável quando for possível assumir que a temperatura limite de sobrecarga dos condutores não venha a ser mantida por um tempo

superior a 100 h durante 12 meses consecutivos, ou por 500 h ao longo da vida útil do condutor. Quando isso ocorrer, a condição deve ser substituída por:

$$I_2 \leq I_z$$

Todos os disjuntores especificados de acordo com as normas NBR IEC 60898, 60947-2 e NBR 5361 atendem a condição de I_2 .

8.1.5. Curto-circuito

A suportabilidade a correntes de curto-circuito dos condutores, determina o tipo de dispositivo de proteção dos mesmos, podendo modificar sua seção.

Os condutores devem ser protegidos por dispositivos de proteção com as seguintes características:

$$I_K \leq I_r$$

Onde: I_K : corrente de curto-circuito presumida;
 I_r : corrente máxima de interrupção (ruptura) do dispositivo de proteção.

Valores aproximados da corrente de curto-circuito no secundário de transformadores podem ser encontrados na tabela seguinte:

Tabela 8.11 – Níveis de curto-circuito estimados

P _n (KVA)	I _{K0} (KA)	
	220/127V	380/220V
15	0,8	0,4
16	0,8	0,5
25	1,2	0,7
30	1,6	0,8
45	2,4	1,2
50	2,5	1,5
63	3,1	1,8
75	3,8	2,2
80	4	2,3
100	5	3
112,5	5,6	3,2
150	7,6	4,4
160	8	4,7
200	10	6
225	11	6,5
250	12	7
300	15	9
315	16	9
400	20	12
500	25	14
630	31	18
750	37	22
800	40	23
1000	50	28

GUIA EM da NBR 5410 – Cap. 5 – pg. 165

De posse do valor da corrente de curto-circuito no secundário do transformados de alimentação, a corrente de curto-circuito trifásica presumida na extremidade de um circuito pode ser obtida através da tabela 8.12.

Tabela 8.12 – Correntes de curto-circuito presumidas

- Equipotencialização da proteção;
- Seccionamento automático.
 - Dispositivos de proteção a sobrecorrente;
Esquemas TN-C, TN-S e IT (quando as massas forem aterradas de forma coletiva).
 - Dispositivos de proteção a corrente diferencial-residual (DR).
Esquemas TN-SE, TT e IT (quando as massas forem aterradas individualmente).

Independentemente do esquema de aterramento, TN, TT ou IT, o uso de proteção DR, mais particularmente de alta sensibilidade, isto é, com corrente diferencial-residual nominal $I_{\Delta N}$ igual ou inferior a 30mA, tornou-se obrigatória, segundo o artigo 5.1.2.5 da NBR 5410, nos casos citados no item 8.2 desta apostila.

a) Equipotencialização da proteção

Ao tratar da chamada ligação equipotencial principal, a NBR 5410 especifica que tubulações como as de água, gás e esgoto, quando metálicas, sejam nela incluídas. A conexão dessas tubulações à ligação equipotencial principal deve ser efetuada o mais próximo possível do ponto em que penetram na edificação. A interligação destes e outros elementos metálicos provenientes do exterior, entre si, e a elementos condutivos de da própria edificação, visa evitar, através da equipotencialização, que faltas de origem externa dêem margem ao aparecimento de diferenças de potencial perigosas entre os elementos condutivos do interior da edificação.

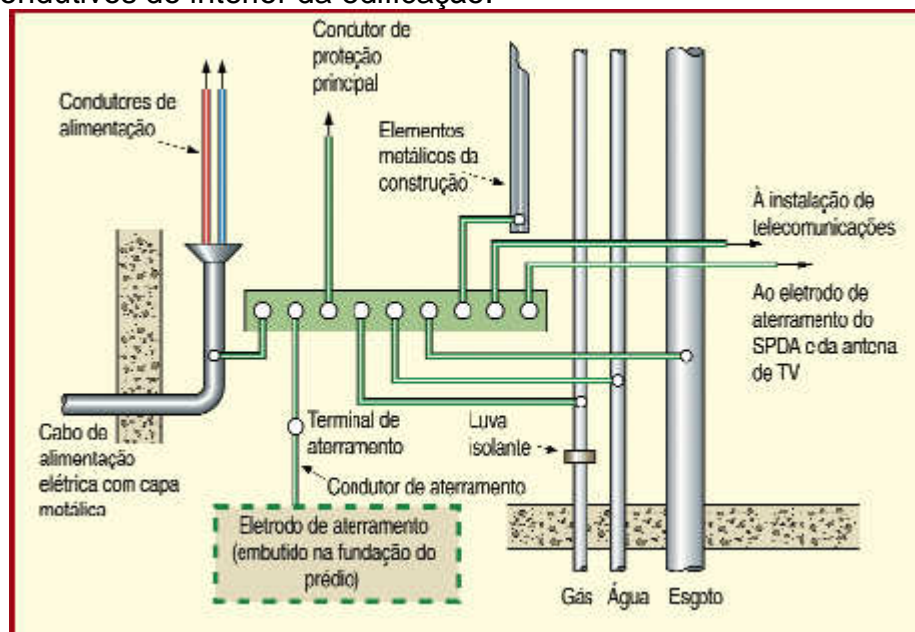


Figura 8.1 – Esquema de ligação equipotencial principal

b) Seccionamento Automático por Sobrecorrente

O dispositivo de proteção contra sobrecorrente assegura proteção contra contatos indiretos quando o comprimento máximo do circuito não ultrapassar os limites da tabela abaixo.

Tabela 9.14 – Comprimento máximo de circuitos

S (mm ²)	Corrente nominal do disjuntor (A)												
	6	10	13	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125
1,5	195	117	90	73	58								
2,5	325	195	150	122	97	78							
4	521	312	240	195	156	125	97	78					
6	782	469	361	296	234	187	146	117	93				
10		782	601	488	391	312	244	195	156	124			
16			962	782	625	500	391	312	250	198	156	125	
25					977	782	611	488	391	310	244	195	156
35						1095	855	684	547	434	342	273	219
50								977	782	620	488	391	312

GUIA EM da NBR 5410 – Cap. 3 – pg. 55

Esses valores são válidos para condutor de cobre; tensão fase-neutro = 220 V; relação entre a seção do condutor de fase e a seção do condutor de proteção = 1; esquema de aterramento TN; disjuntor tipo B.

Fatores de correção da Tabela anterior:

$f_1 = 0,62$ para condutores de alumínio;

$f_2 = \frac{2}{m'+1}$ m' = relação entre a seção do condutor de fase e o condutor de proteção;

$f_3 = \frac{V_{fn}}{220}$ para tensão fase-neutro $\neq 220V$;

$f_4 = 1$ para esquema de aterramento TN;

$f_5 = 0,5$ para disjuntor tipo C;

$f_5 = 0,25$ para disjuntor tipo D.

$Novo\ Valor = Valor \cdot f_1 \cdot f_2 \cdot f_3 \cdot f_4 \cdot f_5$

c) Seccionamento Automático por Dispositivo DR

Não há razões para preocupação, quanto ao atendimento da regra de seccionamento automático, quando se utilizam dispositivos DR, a não ser que a proteção diferencial-residual seja de baixíssima sensibilidade.

Na seção 8.2 desta apostila encontram-se os tipos de circuito que exigem proteção por DR.

8.2. Dimensionamento do condutor neutro

O condutor neutro deve possuir a mesma seção que os condutores fase nos seguintes casos:

- Circuitos monofásicos;
- Circuitos bifásicos com neutro (2 fases + neutro), quando a taxa de 3ª harmônica e seus múltiplos não for superior a 33%;
- Circuitos trifásicos com neutro, quando a taxa de 3ª harmônica e seus múltiplos não for superior a 33%.
- Quando em um circuito bifásico ou trifásico com neutro possuir uma taxa de 3ª harmônica e seus múltiplos superiores a 33%, pode ser necessário um condutor neutro com seção superior à dos condutores fase.

Conforme NBR 5410:2004, item 6.2.6.2.6, apenas nos circuitos trifásicos é admitida a redução do condutor neutro. Tal procedimento deve atender, simultaneamente, as três condições seguintes:

- O circuito for presumivelmente equilibrado, em serviço normal;
- A corrente das fases **não** contiver uma taxa de 3ª harmônica e seus múltiplos superiores a 15%;
- O condutor neutro for protegido contra sobrecorrentes.
- Nestes casos, os seguintes valores mínimos podem ser adotados para a seção do condutor neutro.

Tabela 9.15 – Seção mínima do condutor neutro

Seção dos condutores fase (mm²)	Seção mínima do condutor neutro (mm²)
S ≤ 25	S
35	25
50	25
70	35
95	50
120	70
150	70
185	95
240	120
300	150
400	185

(*) De acordo com a NBR 5410:2004 - Tabela 48 pg. 115

Harmônicos podem provocar uma série de efeitos problemáticos como:

- Operação indevida de equipamentos (eletrônicos, de controle, proteção, etc);
- Erros de leitura em equipamentos de medição;
- Sobretensões (comprometimento da isolação e vida útil dos equipamentos);
- Sobrecorrentes; (efeitos térmicos nocivos aos equipamentos);
- Interferências em sistemas de comunicação (principalmente sinais de rádio);
- Perdas excessivas em cabos e transformadores;
- Ruídos audíveis;
- Ressonâncias Série e Paralela, entre outros.

Tabela 8.16 - Fator f_h para a determinação da corrente de neutro

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

(*) Conforme NBR 5410:2004 - Tabela F.1 pg. 196

Quando, num circuito trifásico com neutro ou num circuito com duas fases e neutro, a taxa de terceira harmônica e seus múltiplos for superior a 33%, a corrente que circula pelo neutro é superior à corrente das fases. A seção do condutor neutro pode ser determinada calculando-se a corrente no neutro sob a forma:

$$I_N = f_h I'_B \qquad I'_B = \sqrt{I_1^2 + \sum_2^n I_n^2}$$

Onde: I'_B : corrente de projeto corrigida;
 I_1, I_n : corrente fundamental e harmônicas;
 f_h : fator de correção em função da taxa de harmônicos tripos.

8.3. Dimensionamento do condutor de proteção

A NBR 5410:2004 recomenda o uso de Condutores de Proteção (designados por PE), que, preferencialmente, deverão ser condutores isolados, cabos unipolares ou veias de cabos multipolares.

A Tabela seguinte indica a seção mínima do condutor de proteção em função da seção dos condutores fase do circuito. Em alguns casos, admite-se o uso de um condutor com a função dupla de neutro e condutor de proteção. É o condutor PEN (PE + N), cuja seção mínima é de 10mm², se for condutor isolado ou cabo unipolar, ou de 4mm², se for uma veia de um cabo multipolar.

Tabela 8.17 – Seção mínima do condutor de proteção

Seção do condutor fase (mm ²)	Seção do condutor de proteção (mm ²)
$S \leq 16$	S
$16 < S \leq 35$	16
$S > 35$	S/2

(*) De acordo com a NBR 5410:2004 - Tabela 58 pg. 150

A seção de qualquer condutor de proteção que não faça parte do mesmo cabo ou não esteja contido no mesmo conduto fechado que os condutores de fase não deve ser inferior a:

- 2,5 mm² em cobre/16 mm² em alumínio, se for provida proteção contra danos mecânicos;
- 4 mm² em cobre/16 mm² em alumínio, se não for provida proteção contra danos mecânicos.

9. Dimensionamento de Eletrodutos

Na utilização de condutos fechados (eletrodutos) deve observar as seguintes exigências:

- Os circuitos devem pertencer à mesma instalação (mesmo Quadro);
- Os condutores devem ser semelhantes (intervalo de 3 seções normalizadas);
- Todos os condutores devem possuir a mesma temperatura máxima;
- Todos os condutores devem ser isolados para a maior tensão nominal;
- É vedada a utilização de eletrodutos que não sejam expressamente apresentados e comercializados como tal;
- A NBR 5410 somente permite a utilização de eletrodutos não-propagantes de chama e, quando embutidos, suportem os esforços de deformação característicos da técnica construtiva utilizada.
- Nos eletrodutos só devem ser instalados condutores isolados, cabos unipolares e multipolares.
- Normalmente, em instalações elétricas de baixa tensão, utiliza-se eletrodutos de PVC rígido, quando a instalação for embutida, ou eletrodutos metálicos, quando aparente.
- Os condutores ou cabos não devem ocupar uma percentagem da área útil do eletroduto maior do que está indicado na tabela abaixo:

Tabela 9.1 – Ocupação de eletrodutos

Taxa máxima de ocupação dos eletrodutos	
Quantidade de condutores ou cabos	Máxima ocupação em relação à área útil do eletroduto
1	53%
2	31%
3 ou mais	40%

- Tradicionalmente, no Brasil, os eletrodutos eram designados por seu diâmetro interno em polegadas. Com o advento das novas normas, a designação passou a ser feita pelo tamanho nominal, um simples número sem dimensão.

Tabela 9.2 – Correspondência entre tamanho nominal e polegadas

Eletroduto rígido de PVC

Tamanho nominal	Diâmetro interno (polegadas) (designação da rosca)
16	1/2
20	3/4
25	1
32	1 1/4
40	1 1/2
50	2
60	2 1/2
75	3
85	3 1/2

Instalações Elétricas, Cotrim, A – pg. 265

Eletróduto Rígido de PVC Tipo Roscável (NBR 6150)

Tamanho Nominal	Externo (mm)	Espessura da parede		Área interna disponível (mm ²)*	
		Classe A	Classe B	Classe A	Classe B
16	16,7 ± 0,3	2,0	1,8	120,77	128,67
20	21,1 ± 0,3	2,5	1,8	196,07	232,35
25	26,2 ± 0,3	2,6	2,3	336,52	356,32
32	33,2 ± 0,3	3,2	2,7	551,55	593,95
40	42,2 ± 0,3	3,6	2,7	945,70	1.023,55
50	47,8 ± 0,4	4,0	3,0	1.219,22	1.346,15
60	59,4 ± 0,4	4,6	3,1	1.947,82	2.189,57
75	75,1 ± 0,4	5,5	3,8	3.186,90	3.536,17
85	88,0 ± 0,4	6,2	4,0	4.441,45	4.976,40

* Valores calculados por $A = \pi / 4 * (\text{diâmetro externo} - \text{tolerância} - 2 * \text{espessura parede})^2$

Eletróduto Rígido de PVC Tipo Soldável (NBR 6150)

Tamanho Nominal	Externo (mm)	Espessura da parede		Área interna disponível (mm ²)*	
		Classe A	Classe B	Classe A	Classe B
16	16,0 ± 0,3	1,5	1,0	126,67	147,40
20	20,0 ± 0,3	1,5	1,0	219,05	246,05
25	25,0 ± 0,3	1,7	1,0	256,32	404,70
32	32,0 ± 0,4	2,1	1,0	593,95	692,80
40	40,0 ± 0,4	2,4	1,0	951,15	1.103,70
50	50,0 ± 0,4	3,0	1,1	1.493,00	1.764,60
60	60,0 ± 0,4	3,3	1,3	2.206,17	2.551,75
75	75,0 ± 0,4	4,2	1,5	3.441,95	4.026,40
85	85,0 ± 0,4	4,7	1,8	4.441,45	5.153,00

* Valores calculados por $A = \pi / 4 * (\text{diâmetro externo} - \text{tolerância} - 2 * \text{espessura parede})^2$

Condutores Prysmian 750 V BWF Antiflam*

Seção nominal (mm ²)	Fio Superastic		Cabo Superastic		Cabo Superastic Flex	
	Diâmetro Externo nominal (mm)	Área Total (mm ²)	Diâmetro Externo nominal (mm)	Área Total (mm ²)	Diâmetro Externo nominal (mm)	Área Total (mm ²)
1,5	2,8	6,15	-	-	3,0	7,07
2,5	3,4	9,08	-	-	3,6	10,17
4	3,9	11,94	-	-	4,2	13,85
6	4,4	15,20	-	-	4,7	17,35
10	5,6	24,63	5,9	27,34	6,0	28,27
16	-	-	6,9	37,39	7,6	45,36
25	-	-	8,5	56,74	9,4	69,40
35	-	-	9,5	70,88	10,8	91,60
50	-	-	11,0	95,03	12,8	128,68
70	-	-	13,0	132,73	14,6	167,41
90	-	-	15,0	176,71	16,8	221,67
120	-	-	16,5	213,82	18,7	274,07
150	-	-	18,0	254,47	20,9	343,07

- Área Total calculada por $A = \pi / 4 * (\text{diâmetro externo nominal})^2$

Anexos



ANEXO A

Fornecimento de Energia Elétrica Edificações Individuais e Edificações Coletivas

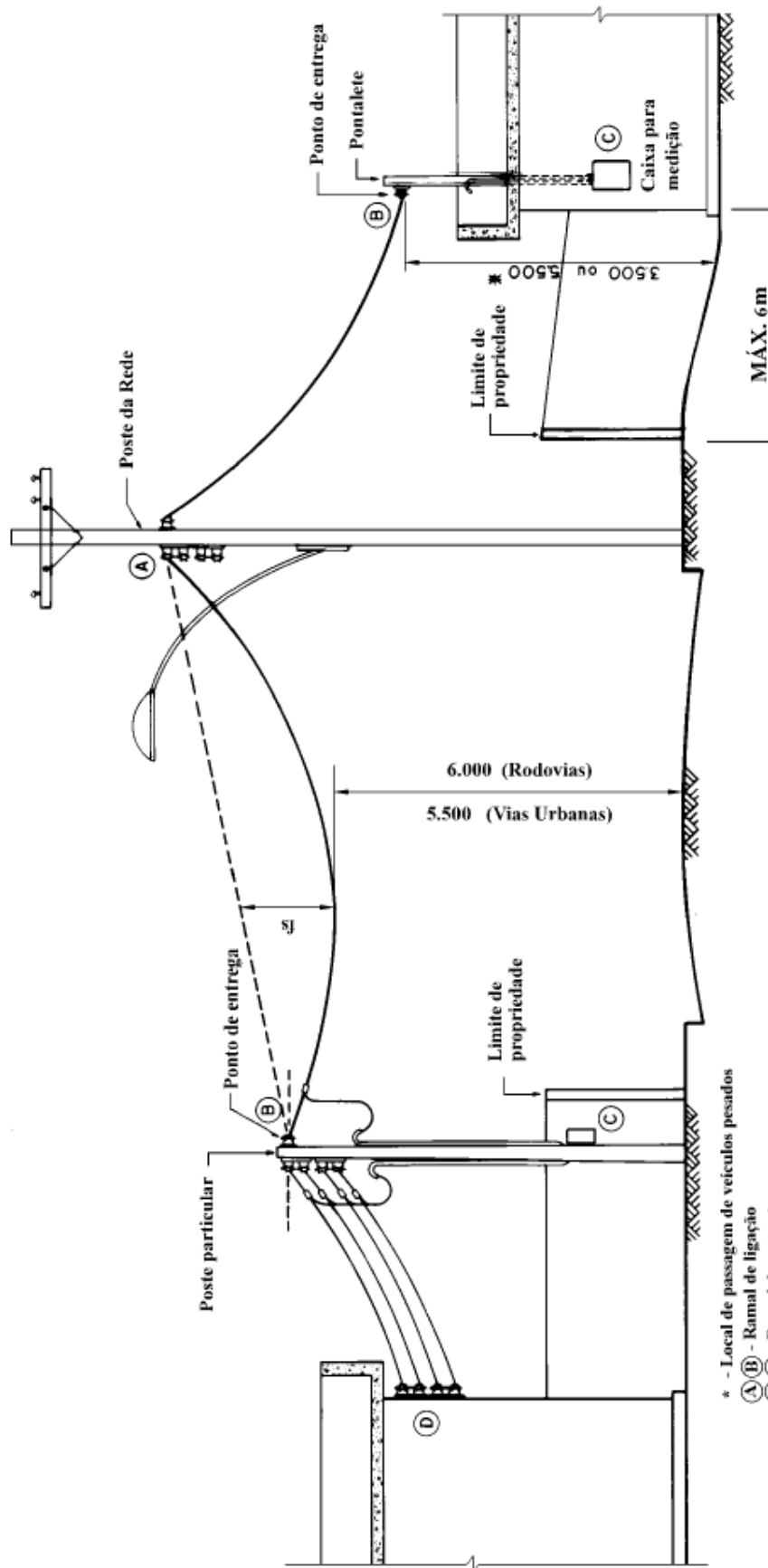
**CEMIG – Manual de Distribuição
Fornecimento de Energia Elétrica em Tensão Secundária
Rede de Distribuição Aérea
Edificações Individuais**

- 1. ND-5.1 (Novembro de 1998)**
- 2. Comunicado Técnico nº 02 (Fevereiro de 2006)**
- 3. Comunicado Técnico nº 04 (Agosto de 2006)**

**CEMIG – Manual de Distribuição
Fornecimento de Energia Elétrica em Tensão Secundária
Rede de Distribuição Aérea
Edificações Coletivas**

- 1. ND-5.2 (Dezembro de 1999)**
- 2. Comunicado Técnico nº 03 (Fevereiro de 2006)**
- 3. Comunicado Técnico nº 05 (Agosto de 2006)**

Figura A.1. – Alturas mínimas do ramal de ligação ao solo



* - Local de passagem de veículos pesados

(A) - Ramal de ligação

(B) - Ramal de entrada

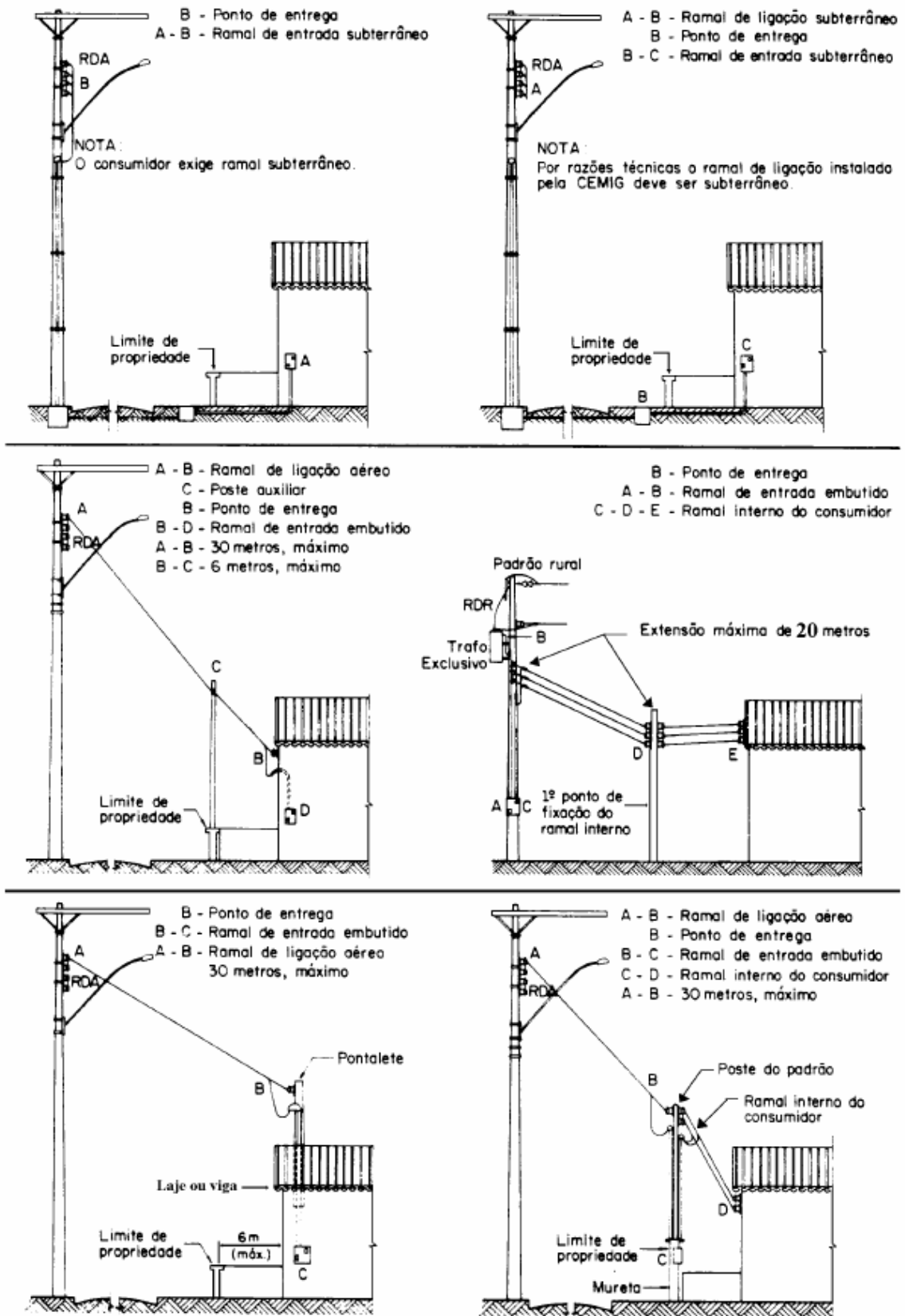
(C) - Entrada de serviço

(D) - Ramal interno - saída aérea

fs - Flecha máxima do cabo multiplex, dada pela Tabela 18.

OBS.: Alturas mínimas de acordo com os valores indicados na NBR 5434.

Figura A.2. – Definição do ponto de entrega



A.1. Definições

Obs.: Para melhor entendimento das definições abaixo, ver figuras A.1 e A.2 deste anexo.

1) *Consumidor*

É a pessoa física ou jurídica que solicita à concessionária o fornecimento de energia elétrica e assume a responsabilidade pelo pagamento das contas e pelas demais obrigações regulamentares e contratuais.

2) *Unidade consumidora*

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

3) *Edificação Individual*

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

4) *Edificação de Uso Coletivo*

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

5) *Edificações Agrupadas ou Agrupamentos*

Conjunto de edificações, reconhecidas pelos poderes públicos, constituídos por duas ou mais unidades consumidoras, construídas no mesmo terreno ou em terrenos distintos sem separação física entre eles e juridicamente demarcado pela prefeitura e com área de circulação comum às unidades, sem caracterizar condomínio.

6) *Limite de Propriedade*

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

7) *Ponto de Entrega*

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

8) *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.

9) *Ramal de Entrada*

É o conjunto de condutores e acessórios instalados pelo consumidor entre o ponto de entrega e a proteção geral ou o quadro de distribuição geral (QDG) ou a medição.

10) *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.

11) *Padrão de Entrada*

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

12) *Alimentador Principal ou Prumada*

É a continuação ou desmembramento do ramal da entrada, constituído pelos condutores, eletrodutos e acessórios, instalados a partir da proteção geral ou do quadro de distribuição geral (QDG) até as caixas de medição ou de derivação.

13) *Alimentador Secundário*

É a ramificação do alimentador principal, constituído pelos condutores, eletrodutos e acessórios, instalados a partir das caixas de derivação até as caixas de medição.

14) *Ramal Interno*

É o conjunto de condutores e acessórios instalados internamente nas unidade consumidora, a partir da medição ou proteção do padrão de entrada.

15) *Caixa para Medição Direta*

São caixas destinadas à instalação do medidor de energia e do dispositivo de proteção (caixas monofásicas (CM-1) e polifásicas (CM-2)).

16) *Caixa para Medição Indireta (CM-3)*

É a caixa destinada à instalação do medidor de energia, do dispositivo de proteção e dos transformadores de corrente (TC).

17) *Caixa com Leitura pela Via Pública (monofásica: CM-13; polifásica: CM-14)*

É a caixa para medição direta que permite a leitura do medidor diretamente do passeio público, sendo o dispositivo de proteção acessível somente pelo interior da propriedade.

18) *Medição Direta*

É a medição de energia, efetuada através de medidores conectados diretamente aos condutores do ramal de entrada.

19) *Medição Indireta*

É a medição de energia, efetuada com auxílio de transformadores de corrente.

20) *Quadro de Distribuição Geral (QDG)*

É o quadro, painel ou caixa modular, dotado de barramentos, destinados a instalação da proteção geral e dos demais dispositivos de proteção dos circuitos projetados (alimentadores).

21) *Chave de Aferição*

É um dispositivo que possibilita a retirada do medidor do circuito sem interromper o fornecimento, que ao mesmo tempo que coloca em curto circuito o secundário dos transformadores de corrente, abre o secundário dos transformadores de potencial.

22) *Caixa de Inspeção*

É o compartimento enterrado, com dimensões insuficientes para pessoas trabalharem em seu interior, intercalada em uma ou mais linhas de dutos convergentes.

23) *Carga Instalada (kW)*

É o somatório das potências nominais dos equipamentos elétricos de uma unidade consumidora que, após a conclusão dos trabalhos de instalação, estarão em condições de entrar em funcionamento.

24) *Demanda (kVA)*

É a média das potências elétricas instantâneas solicitadas por uma unidade consumidora, durante um período especificado.

25) *Câmara*

É a parte do padrão de entrada, constituída por um compartimento que pode ser total ou parcialmente enterrado, para instalação de equipamentos subterrâneos da CEMIG.

26) *Câmara Transformadora*

É a câmara onde já estão instalados, os transformadores e equipamentos de proteção da Rede de distribuição CEMIG, que lhes são diretamente associados.

27) *Interligação ou Ligação Clandestina*

É a extensão das instalações elétricas de uma unidade consumidora a outra ou da rede, à revelia da CEMIG.

A.2. Tensões de fornecimento

O fornecimento de energia é efetuado em uma das seguintes tensões secundárias de baixa tensão:

- 127/220V, sistema trifásico, estrela com neutro multi-aterrado, freqüência 60 Hz;
- 127/254V, sistema monofásico com neutro multi-aterrado, freqüência 60 Hz, em substituição gradativa a 120/240V, de acordo com a padronização de tensões secundárias estabelecidas pelo DNAEE.

A.3. Limites de fornecimento

Às unidades consumidoras **individuais** que apresentarem carga instalada igual ou inferior a 75 kW, o fornecimento de energia deve ser sempre efetuado em tensão secundária de distribuição conforme a Norma ND-5.1 e seus Comunicados Técnicos, que visam sua constante atualização.

- Edificações individuais, com carga instalada igual ou inferior a 75 kW, classificadas como tipo A, B, C, D, E, F, G, H, I e J em função da localização e/ou carga instalada;
- Estações de bombeamento de concessionárias de serviços de água, com demanda \leq a 150 kVA;
- Campos de futebol, ginásios, clubes, com demanda \leq a 150 kVA, desde que 2/3 sejam para iluminação;
- Bancas de jornais e semelhantes, com carga instalada \leq 75 kW;
- Consumidores rurais com demanda inferior a 75 kVA;
- Exposições, feiras, parques, shows com demanda \leq 150 kVA, enquadrada como ligação provisória.

As unidades com carga instalada superior ao limite estabelecido por estas normas terão o fornecimento em tensão primária de distribuição, de acordo com as prescrições contidas na ND-5.3 (13,8 kV) ou ND-5.4 (23,1 kV).

A.4. Tipo de fornecimento para unidades consumidoras individuais

O fornecimento de energia elétrica em tensão secundária, a edificações individuais, a partir das redes de distribuição aéreas, bem como o estabelecimento de requisitos mínimos para as entradas de serviço destas edificações é de responsabilidade da concessionária de serviços de eletricidade do estado onde se encontra a edificação. Em Minas Gerais esta tarefa esta a cargo da CEMIG, cabendo à ND5.1 a normalização deste tipo de consumidor.

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

A.4.1. Classificação das Unidades Consumidoras Individuais

- **Tipo A: Fornecimento de energia a 2 fios (Fase -Neutro)**

Abrange as unidades consumidoras urbanas ou rurais atendidas por redes secundárias trifásicas (127V/220V), com carga instalada até 13kW e da qual não constem:

- a) motores monofásicos com potência nominal superior a 2 cv;
- b) máquina de solda a transformador com potência nominal superior a 2 kVA.

- **Tipo B: Fornecimento de energia a 3 fios (2 Condutores Fases -Neutro)**

Abrange as unidades consumidoras situadas em áreas urbanas ou rurais atendidas por redes secundárias trifásicas (127/220V) que não se enquadram no fornecimento tipo A, com carga instalada entre 13,1kW e 20kW e da qual não constem:

- a) os aparelhos vetados ao fornecimento tipo A, se alimentados em 127V;
- b) motores monofásicos, com potência nominal superior a 5 cv, alimentados em 220V ou 254V;
- c) máquina de solda a transformador, com potência nominal superior a 9kVA, alimentada em 220V ou 254V.

- **Tipo C: Fornecimento de energia a 4 fios (3 Condutores Fases -Neutro)**

Abrange as unidades consumidoras urbanas ou rurais a serem atendidas por redes secundárias trifásicas (127/220V), com carga instalada entre 20,1 kW e 75,0kW, que não se enquadram nos fornecimentos tipo A e B e da qual não constem:

- a) os aparelhos vetados aos fornecimentos tipo A, se alimentados em 127V;
- b) motores monofásicos com potência nominal superior a 5cv, alimentados em 220V;
- c) motores de indução trifásicos com potência nominal superior a 15cv.

OBS: Na ligação de motores de indução trifásicos com potência nominal superior a 5cv, devem ser utilizados dispositivos auxiliares de partida, conforme indicado na Tabela 11. As características destes dispositivos estão descritas na Tabela 12.

- d) máquina de solda tipo motor-gerador, com potência nominal superior a 30kVA;
- e) máquina de solda a transformador, com potência nominal superior a 15kVA, alimentada em 220V - 2 fases ou 220V - 3 fases em ligação V-v invertida.
- f) máquina de solda a transformador, com potência nominal superior a 30kVA e com retificação em ponte trifásica, alimentada em 220V-3 fases.

NOTA: A ligação de cargas, com características elétricas além dos limites estabelecidos para este tipo de fornecimento, somente poderá ser efetuada após liberação prévia da CEMIG, que analisará suas possíveis perturbações na rede de distribuição e unidades consumidoras vizinhas.

- **Tipo D : Fornecimento de Energia a 3 Fios (2 condutores Fases - Neutro)**

Abrange as unidades consumidoras urbanas ou rurais a serem atendidas por redes secundárias trifásicas (127/220V) ou redes secundárias monofásicas (120/240V) que não se enquadram no fornecimento tipo B ou tipo I, mas que terão o seu fornecimento de energia elétrica a 3 fios (2 condutores fases – neutro), a pedido do consumidor com carga instalada até 13kW e da qual não constem:

- a) carga monofásica superior a 2,54kW para o fornecimento tipo D1;
- b) carga monofásica superior a 5,08kW para o fornecimento tipo D2;
- c) carga monofásica superior a 7,62kW para o fornecimento tipo D3;
- d) os aparelhos vetados ao fornecimento tipo B.

- **Tipo E: Fornecimento de Energia a 4 Fios (3 condutores Fases - Neutro)**

Abrange as unidades consumidoras situadas em áreas urbanas ou rurais a serem atendidas por redes secundárias trifásicas (127/220V) que não se enquadram no fornecimento tipo C, mas que terão o seu fornecimento de energia elétrica a 4 fios (3 condutores fases – neutro) a pedido do consumidor , com carga instalada até 20kW e da qual não constem:

- a) carga monofásica superior a 1,90kW para o fornecimento tipo E1;
- b) carga monofásica superior a 3,81kW para o fornecimento tipo E2;
- c) carga monofásica superior a 4,45kW para o fornecimento tipo E3;
- d) carga monofásica superior a 5,08kW para o fornecimento tipo E4;
- e) carga monofásica superior a 6,35kW para o fornecimento tipo E5;
- f) os aparelhos vetados ao fornecimento tipo C.

- **Tipo F: Fornecimento de Energia a 3 fios (2 Condutores Fases-Neutro)**

Abrange as unidades consumidoras situadas em áreas rurais, obrigatoriamente atendidas por redes de distribuição monofásicas rurais de média tensão, com

transformadores exclusivos secundário (120/240V), com carga instalada até 37,5kW e da qual não constem:

- a) os aparelhos vetados aos fornecimentos tipo A, se alimentados em 120V;
- b) motores monofásicos com potência nominal superior a 10cv, alimentados em 240V (exceto para a faixa 1).

OBS: Motores monofásicos com potências nominais de 12,5cv e 15cv poderão ser ligados neste tipo de fornecimento, desde que utilizados os dispositivos auxiliares de partida indicados na Tabela 8 da norma ND-5.1 e suas características descritas na Tabela 9 desta mesma norma.

- **Tipo G: Fornecimento de Energia a 4 Fios (3 Fases-Neutro)**

Abrange as unidades consumidoras situadas em áreas rurais, obrigatoriamente atendidas por redes de distribuição trifásicas rurais de média tensão e com transformadores trifásicos exclusivos (127/220V), com carga instalada até 75kW e da qual não constem:

- a) motores de indução trifásicos com potência nominal superior a 50cv.
- b) motores monofásicos com potência nominal superior a 10cv, alimentados em 220V.

OBS: Motores trifásicos com potências nominais de 60cv e 75cv bem como motores monofásicos com potências nominais de 12,5 cv e 15cv poderão ser ligados neste tipo de fornecimento, desde que utilizados os dispositivos auxiliares de partida indicados na Tabela 8 da norma ND-5.1 e suas características descritas na Tabela 9 desta mesma norma.

- c) máquinas de solda vetadas ao fornecimento Tipo C.

- **Tipo H: Fornecimento de Energia a 4 Fios (3 condutores Fases - Neutro)**

Abrange as unidades consumidoras situadas em áreas urbanas ou rurais a serem atendidas por redes secundárias trifásicas (127/220V) a pedido do consumidor, com demanda entre 75,1 a 327kVA. O pedido do consumidor deverá ser por escrito e deverá ser apresentado projeto elétrico.

- **Tipo I: Fornecimento de energia a 2 fios (Fase-Neutro)**

Abrange as unidades consumidoras urbanas ou rurais atendidas por redes secundárias monofásicas (1 FASE – 3 FIOS – 120/240V), com carga instalada até 13kW e da qual não constem:

- a) motores monofásicos com potência nominal superior a 2 cv;
- b) máquina de solda a transformador com potência nominal superior a 2 kVA.

Instalações Elétricas de Baixa Tensão

• Tipo J: Fornecimento de Energia a 3 Fios (2 Condutores Fases-Neutro)

Abrange as unidades consumidoras situadas em áreas urbanas ou rurais atendidas por redes secundárias monofásicas (1 FASE – 3 FIOS – 120/240V) com carga instalada entre 13,1kW e 37,5kW e da qual não constem:

- a) os aparelhos vetados aos fornecimentos tipo C, se alimentados em 120V;
- b) motores monofásicos com potência nominal superior a 5cv, alimentados em 240V.

NOTA: 1) A ligação de motores monofásicos de 7,5cv e 10cv neste tipo de fornecimento somente poderá ser efetuada após liberação prévia da CEMIG, que analisará suas possíveis perturbações na rede de distribuição e nas unidades consumidoras vizinhas.

Tabela A.1 – Classificação das unidades consumidoras individuais

Tipo	Consumidor	Fornecimento	Limite CI	Restrições
A	Urbano ou rural	2 fios (Fase-Neutro)	≤ 13kW	<ul style="list-style-type: none"> • Motores monofásicos > 2cv; • Solda a transformador > 2kVA.
B	Urbano ou rural	3 fios (2 Fases-Neutro)	> 13,1kW e ≤ 20kW	<ul style="list-style-type: none"> • Mesmos aparelhos do tipo A se alimentados em 127V; • Motores monofásicos > 5 cv (220V/254V); • Solda a transformador > 9 Kva (220V/254V).
C	Urbano ou rural	4 fios (3 Fases-Neutro)	> 21,1kW e ≤ 75kW	<ul style="list-style-type: none"> • Mesmos aparelhos do tipo A se alimentados em 127V; • Motores monofásicos > 5 cv (220V); • Motores de indução trifásicos >15cv. • Solda tipo motor-gerador > 30 kVA • Solda a transformador > 15 kVA (2 fases) • Solda a transformador com retificação em ponte > 30 kVA (3 fases).
D	Urbano ou rural (à pedido)	3 fios (2 Fases-Neutro)	Até 13kW (não enquadrados no tipo B ou I)	<ul style="list-style-type: none"> • Carga monofásica >2,54kW (tipo D1); • Carga monofásica >5,08kW (tipo D2); • Carga monofásica >7,62kW (tipo D3); • Aparelhos vetados no tipo B.
E	Urbano ou rural (à pedido)	4 fios (3 Fases-Neutro)	≤ 20kW (não enquadrados no tipo C)	<ul style="list-style-type: none"> • Carga monofásica >1,9kW (tipo E1); • Carga monofásica >3,81kW (tipo E2); • Carga monofásica >4,45kW (tipo E3); • Carga monofásica >5,08kW (tipo E4); • Carga monofásica >6,35kW (tipo E5); • Aparelhos vetados no tipo C.
F	Rural	3 fios (2 Fases-Neutro)	≤ 37,5kW	<ul style="list-style-type: none"> • Aparelhos vetados no tipo A, se em 120V; • Motores monofásicos >10cv (240V), exceto para a faixa 1.

G	Rural	4 fios (3 Fases- Neutro)	$\leq 75\text{kW}$	<ul style="list-style-type: none"> • Motores de indução trifásicos >50cv; • Motores monofásicos >10cv (220V); • Máquinas de solda vetadas no tipo C.
H	Urbano ou rural (à pedido)	4 fios (3 Fases- Neutro)	Demanda entre 75,1 e 327kVA	<ul style="list-style-type: none"> • Pedido deve ser por escrito; • Projeto elétrico.
I	Urbano ou rural	3 fios (Fase-Neutro)	$\leq 13\text{kW}$	<ul style="list-style-type: none"> • Motores monofásicos >2cv; • Máquina de solda à transformador >2kVA.
J	Urbano ou rural	3 fios (2 fases - neutro)	$\geq 13,1\text{kW}$ e $\leq 37,5\text{kW}$	<ul style="list-style-type: none"> • Aparelhos vetados no tipo C (120V); • Motores monofásicos >5cv (240V).

(*) Conforme Comunicado Técnico Nº2 da ND-5.1:2006

- 1 – Atendido por redes de distribuição monofásicas rurais de média tensão, com transformadores monofásicos exclusivos
- 2 – Atendido por redes de distribuição trifásicas rurais de média tensão, com transformadores trifásicos exclusivos.
- 3 – Atendido por redes secundárias trifásicas
- 4 – Atendido por redes secundárias trifásicas, Estações de bombeamento, campos de futebol, ginásios, clubes e ligações provisórias para exposições, feiras, parques, etc.

A.5. Tipos de fornecimento às unidades consumidoras coletivas

Os tipos de fornecimento a cada unidade consumidora existente nas edificações agrupadas ou de uso coletivo, são definidos em função de sua carga instalada (para ligações a 2 e 3 fios com carga instalada até 20kW) ou em função de sua demanda provável (para ligações a 4 fios com carga instalada superior a 20kW) para unidades consumidoras atendidas por redes secundárias trifásicas (127/220V) atendidas por redes secundárias trifásicas.

Para as unidades consumidoras atendidas por redes secundárias monofásicas (120/240V), o fornecimento será a 2 ou 3 fios para carga instalada até 37,5kW.

A.5.1. Classificação das Unidades Consumidoras Coletivas

- **Tipo A: Fornecimento de energia a 2 fios (Fase -Neutro)**

Abrange as unidades consumidoras urbanas ou rurais atendidas por redes secundárias trifásicas (127V/220V), com carga instalada até 13kW e da qual não constem:

- a) motores monofásicos com potência nominal superior a 2 cv;
- b) máquina de solda a transformador com potência nominal superior a 2 kVA.

- **Tipo B: Fornecimento de energia a 3 fios (2 Condutores Fases -Neutro)**

Abrange as unidades consumidoras situadas em áreas urbanas ou rurais atendidas por redes secundárias trifásicas (127/220V) que não se enquadram no fornecimento tipo A, com carga instalada entre 13,1kW e 20kW e da qual não constem:

- a) os aparelhos vetados ao fornecimento tipo A, se alimentados em 127V;

-
- b) motores monofásicos, com potência nominal superior a 5 cv, alimentados em 220V ou 254V;
- c) máquina de solda a transformador, com potência nominal superior a 9kVA, alimentada em 220V ou 254V.

- **Tipo C: Fornecimento de energia a 4 fios (3 Condutores Fases -Neutro)**

Abrange as unidades consumidoras urbanas ou rurais a serem atendidas por redes secundárias trifásicas (127/220V), com carga instalada entre 20,1kW e 75kW, que não se enquadram nos fornecimentos tipo A e B e da qual não constem:

- a) os aparelhos vetados aos fornecimentos tipo A, se alimentados em 127V;
- b) motores monofásicos com potência nominal superior a 5cv, alimentados em 220V;
- c) motores de indução trifásicos com potência nominal superior a 15cv.

OBS: Na ligação de motores de indução trifásicos com potência nominal superior a 5cv, devem ser utilizados dispositivos auxiliares de partida, indicados na Tabela 8 da norma ND-5.1 e suas características descritas na Tabela 9 desta mesma norma.

- d) máquina de solda tipo motor-gerador, com potência nominal superior a 30kVA;
- e) máquina de solda a transformador, com potência nominal superior a 15kVA, alimentada em 220V - 2 fases ou 220V - 3 fases em ligação V-v invertida.
- f) máquina de solda a transformador, com potência nominal superior a 30kVA e com retificação em ponte trifásica, alimentada em 220V-3 fases.

NOTA: A ligação de cargas, com características elétricas além dos limites estabelecidos para este tipo de fornecimento, somente poderá ser efetuada após liberação prévia da Cemig, que analisará suas possíveis perturbações na rede de distribuição e unidades consumidoras vizinhas.

- **Tipo D: Fornecimento de Energia a 3 Fios (2 condutores Fases - Neutro)**

Abrange as unidades consumidoras urbanas ou rurais a serem atendidas por redes secundárias trifásicas (127/220V) ou redes secundárias monofásicas (120/240V) que não se enquadram no fornecimento tipo B ou tipo I, mas que terão o seu fornecimento de energia elétrica a 3 fios (2 condutores fases – neutro), a pedido do consumidor com carga instalada até 13kW e da qual não constem:

- a) carga monofásica superior a 2,54kW para o fornecimento tipo D1;
- b) carga monofásica superior a 5,08kW para o fornecimento tipo D2;
- c) carga monofásica superior a 7,62kW para o fornecimento tipo D3;
- d) os aparelhos vetados ao fornecimento tipo B.

- **Tipo E: Fornecimento de Energia a 4 Fios (3 condutores Fases - Neutro)**

Abrange as unidades consumidoras situadas em áreas urbanas ou rurais a serem atendidas por redes secundárias trifásicas (127/220V) que não se enquadram no fornecimento tipo C, mas que terão o seu fornecimento de energia elétrica a 4 fios (3 condutores fases – neutro) a pedido do consumidor, com carga instalada até 20kW e da qual não constem:

- a) carga monofásica superior a 1,90kW para o fornecimento tipo E1;

- b) carga monofásica superior a 3,81kW para o fornecimento tipo E2;
- c) carga monofásica superior a 4,45kW para o fornecimento tipo E3;
- d) carga monofásica superior a 5,08kW para o fornecimento tipo E4;
- e) carga monofásica superior a 6,35kW para o fornecimento tipo E5;
- f) os aparelhos vetados ao fornecimento tipo C.

- **Tipo I: Fornecimento de energia a 2 fios (Fase-Neutro)**

Abrange as unidades consumidoras urbanas ou rurais atendidas por redes secundárias monofásicas (1 FASE – 3 FIOS – 120/240V), com carga instalada até 13kW e da qual não constem:

- a) motores monofásicos com potência nominal superior a 2 cv;
- b) máquina de solda a transformador com potência nominal superior a 2 kVA.

- **Tipo J: Fornecimento de Energia a 3 Fios (2 Condutores Fases-Neutro)**

Abrange as unidades consumidoras situadas em áreas urbanas ou rurais atendidas por redes secundárias monofásicas (1 FASE – 3 FIOS – 120/240V) com carga instalada entre 13,1kW e 37,5kW e da qual não constem:

- a) os aparelhos vetados aos fornecimentos tipo C, se alimentados em 120V;
- b) motores monofásicos com potência nominal superior a 5cv, alimentados em 240V.

NOTA: 1) A ligação de motores monofásicos de 7,5cv e 10cv neste tipo de fornecimento somente poderá ser efetuada após liberação prévia da CEMIG, que analisará suas possíveis perturbações na rede de distribuição e nas unidades consumidoras vizinhas.

- **Tipo K: Fornecimento de Energia a 4 Fios (3 condutores Fases - Neutro)**

Abrange as unidades consumidoras com carga instalada superior a 75kW. Os tipos de aparelhos vetados a este fornecimento correspondem aos mesmos relacionados para o fornecimento tipo C.

Tabela A.2 – Classificação das unidades consumidoras coletivas

Tipo	Consumidor	Fornecimento	Limite CI	Restrições
A	Urbano ou rural	2 fios (Fase-Neutro)	≤ 13kW	<ul style="list-style-type: none"> • Motores monofásicos > 2cv; • Solda a transformador > 2kVA.
B	Urbano ou rural	3 fios (2 Fases-Neutro)	> 13,1kW e ≤ 20kW	<ul style="list-style-type: none"> • Mesmos aparelhos do tipo A se alimentados em 127V; • Motores monofásicos > 5 cv (220V/254V); • Solda a transformador > 9 Kva (220V/254V).
C	Urbano ou rural	4 fios (3 Fases-Neutro)	> 20,1kW e ≤ 75kW	<ul style="list-style-type: none"> • Mesmos aparelhos do tipo A se alimentados em 127V; • Motores monofásicos > 5 cv (220V); • Motores de indução trifásicos >15cv. • Solda tipo motor-gerador > 30 kVA • Solda a transformador > 15 kVA (2 fases) • Solda a transformador com

				retificação em ponte > 30 kVA (3 fases).
D	Urbano ou rural (à pedido)	3 fios (2 Fases-Neutro)	Até 13kW (não enquadrados no tipo B ou I)	<ul style="list-style-type: none"> • Carga monofásica >2,54kW (tipo D1); • Carga monofásica >5,08kW (tipo D2); • Carga monofásica >7,62kW (tipo D3); • Aparelhos vetados no tipo B.
E	Urbano ou rural (à pedido)	4 fios (3 Fases-Neutro)	≤ 20kW (não enquadrados no tipo C)	<ul style="list-style-type: none"> • Carga monofásica >1,9kW (tipo E1); • Carga monofásica >3,81kW (tipo E2); • Carga monofásica >4,45kW (tipo E3); • Carga monofásica >5,08kW (tipo E4); • Carga monofásica >6,35kW (tipo E5); • Aparelhos vetados no tipo C.
I	Urbano ou rural	3 fios (Fase-Neutro)	≤ 13kW	<ul style="list-style-type: none"> • Motores monofásicos >2cv; • Máquina de solda à transformador >2kVA.
J	Urbano ou rural	3 fios (2 fases - neutro)	≥13,1kW e ≤37,5kW	<ul style="list-style-type: none"> • Aparelhos vetados no tipo C (120V); • Motores monofásicos >5cv (240V).
K	Urbano ou rural	4 fios (3 fases – neutro)	> 75kW	<ul style="list-style-type: none"> • As mesmas restrições do Tipo C.

(*) Conforme Comunicado Técnico N°3 da ND-5.2:2006

A.6. Determinação da carga instalada

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

Os aparelhos com previsão de serem adquiridos e instalados futuramente podem, também, ser computados no cálculo, a critério do consumidor, visando dimensionar a entrada de serviço já considerado o aumento de carga da unidade consumidora.

Não é necessário considerar a potência dos aparelhos de reserva.

Quando o consumidor não dispuser das potências de seus aparelhos, podem ser considerados os valores médios indicados na Tabela 3.1, presentes no item 3.3 desta apostila.

A concessionária definirá o tipo de fornecimento às unidades consumidoras rurais, considerando a carga declarada pelos consumidores.

No caso das unidades consumidoras urbanas, cuja carga instalada seja superior a 20 kW, o fornecimento deve ser a 4 fios, sendo a entrada de serviço dimensionada pela demanda, calculada conforme item A.7 desta apostila.

A.7. Cálculo da Demanda de Edificações Individuais

O dimensionamento da entrada de serviço das unidades consumidoras urbanas com carga instalada superior a 20 kW deve ser feito pela demanda provável da edificação, cujo valor pode ser igual ou inferior a sua carga instalada.

O consumidor pode determinar a demanda de sua edificação, considerando o regime de funcionamento de suas cargas, ou alternativamente, solicitar à CEMIG o cálculo da demanda de acordo com a ND-5.1. De acordo com esta norma a demanda (D) é determinada pela expressão:

$$D = a + b + c + d + e + f \quad (kVA)$$

Onde:

a = demanda referente à iluminação e tomadas (Tabelas 12 e 13 da ND-5.1);

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

b₁: chuveiros, torneiras e cafeteiras elétricas;

b₂: aquecedores de água por acumulação e por passagem;

b₃: fornos, fogões e aparelhos tipo "Grill";

b₄: máquinas de lavar e secar roupas, máquinas de lavar louças e ferro elétrico;

b₅: demais aparelhos (TV, conjunto de som, ventilador, geladeira, freezer, torradeira, liquidificador, batedeira, exaustor, ebulidor, etc.).

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

- 100%, para os primeiros 5 aparelhos;

- 86 %, para os demais.

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

d = demanda de motores elétricos (tabelas 16 e 17 da ND-5.1);

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

- 100% da potência do maior aparelho;

- 70% da potência do segundo maior aparelho;

- 40% da potência do terceiro maior aparelho;

- 30% da potência dos demais aparelhos.

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

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

- 100% da potência do maior aparelho;

- 10% da potência dos demais aparelhos.

Tabela 12 – Fatores de demanda para iluminação e tomadas unidades consumidoras residenciais

Carga Instalada CI (kVA)	Fator de Demanda
$CI \leq 1$	0,86
$1 < CI \leq 2$	0,81
$2 < CI \leq 3$	0,76
$3 < CI \leq 4$	0,72
$4 < CI \leq 5$	0,68
$5 < CI \leq 6$	0,64
$6 < CI \leq 7$	0,60
$7 < CI \leq 8$	0,57
$8 < CI \leq 9$	0,54
$9 < CI \leq 10$	0,52
$CI > 10$	0,45

(*) Conforme ND-5.1:1998, Capítulo 7, pg. 9

Notas:

1. É recomendável que a previsão de cargas de iluminação e o número de tomadas, feita pelo consumidor, atenda as prescrições da NBR 5410.
2. Para lâmpadas incandescentes, considerar : $kVA = kW$ (fator de potência unitário).
3. Para lâmpadas fluorescentes, considerar : $kVA = kW / 0.85$.

Tabela 13 – Fatores de demanda para iluminação e tomadas unidades consumidoras não residenciais

Descrição	Fator de demanda (%)
Auditórios, Salões para exposições, Cinemas e Semelhantes	100
Bancos, Lojas e Semelhantes	100
Barbearias, Salões de Beleza e Semelhantes	100
Clubes e Semelhantes	100
Escolas e Semelhantes	100 para os primeiros 12 KVA 50 para o que exceder 12 KVA
Escritórios e Salas Comerciais	100 para os primeiros 20 KVA 70 para o que exceder 20 KVA
Garagens Comerciais e Semelhantes	100
Restaurantes, Bares, Padarias e Semelhantes	100
Clínicas, Hospitais e Semelhantes	40 para os primeiros 50 KVA 20 para o que exceder 50 KVA
Igrejas, Templos e Semelhantes	100
Hotéis e Semelhantes	50 para os primeiros 20 KVA 40 para o que exceder 20 KVA
Oficinas, Indústrias e Semelhantes	100 para os primeiros 20 KVA 80 para o que exceder 20 KVA
Áreas comuns e Condomínios	100 para os primeiros 10 KVA 25 para o que exceder 10 KVA

(*) Conforme ND-5.1:1998, Capítulo 7, pg. 9

Notas:

1. É recomendável que a previsão de cargas de iluminação e tomadas feita pelo consumidor, atenda as prescrições da NBR 5410.
2. Para lâmpadas incandescentes, considerar: $kVA = kW$ (fator de potência unitário).
3. Para lâmpadas de descarga (vapor de mercúrio, sódio e fluorescente) considerar: $kVA = kW / 0.85$.

Tabela 14 – Fatores de demanda de fornos e fogões elétricos

Número de Aparelhos	Fator de Demanda %	
	Potência até 3,5 kW	Potência superior a 3,5 kW
1	80	80
2	75	65
3	70	55
4	66	50
5	62	45
6	59	43
7	56	40
8	53	36
9	51	35
10	49	34

(*) Conforme ND-5.1:1998, Capítulo 7, pg. 10

Notas:

1. Considerar para a potência destas cargas kW = kVA (fator de potência unitário).

Tabela 15 – Fatores de demanda de aparelhos eletro domésticos, de aquecimento e de refrigeração

Número de aparelhos	Fator de Demanda %	Número de aparelhos	Fator de Demanda %
1	100	16	43
2	92	17	42
3	84	18	41
4	76	19	40
5	70	20	40
6	65	21	39
7	60	22	39
8	57	26	39
9	54	24	38
10	52	25	38
11	49	26 a 30	37
12	48	31 a 40	36
13	46	41 a 50	35
14	45	51 a 60	34
15	44	61 ou mais	33

(*) Conforme ND-5.1:1998, Capítulo 7, pg. 10

Notas:

1. Aplicar os fatores de demanda à carga instalada determinada por grupo de aparelhos, separadamente.
2. Considerar kW = kVA (fator de potência unitário) para os aparelhos de aquecimento; para os demais, considerar kVA = kW / 0.85.
3. No caso de hotéis, o consumidor deve verificar a conveniência de aplicação desta tabela ou de fator de demanda igual 100%.

Tabela 16 – Demanda individual - motores monofásicos

Valores Nominiais do Motor					Demanda Individual Absorvida da Rede - kVA			
Potência		cosφ	η	Corrente (220 V) A	1 Motor (I)	2 Motores (II)	3 a 5 Motores (III)	mais de 5 Motores (IV)
Eixo CV	Absorvida Rede (kW)							
1/4	0,39	0,63	0,47	2,8	0,62	0,50	0,43	0,37
1/3	0,52	0,71	0,47	3,3	0,73	0,58	0,51	0,44
1/2	0,66	0,72	0,56	4,2	0,92	0,74	0,64	0,55
3/4	0,89	0,72	0,62	5,6	1,24	0,99	0,87	0,74
1,0	1,10	0,74	0,67	6,8	1,49	1,19	1,04	0,89
1,5	1,58	0,82	0,70	8,8	1,93	1,54	1,35	1,16
2,0	2,07	0,85	0,71	11	2,44	1,95	1,71	1,46
3,0	3,07	0,96	0,72	15	3,20	2,56	2,24	1,92
4,0	3,98	0,94	0,74	19	4,15	3,32	2,91	2,49
5,0	4,91	0,94	0,75	24	5,22	4,18	3,65	3,13
7,5	7,46	0,94	0,74	36	7,94	6,35	5,56	4,76

10,0	9,44	0,94	0,78	46	10,04	8,03	7,03	6,02
12,5	12,10	0,93	0,76	59	13,01	10,41	9,11	7,81

(*) Conforme ND-5.1:1998, Capítulo 7, pg. 11

Notas:

1. O fator de potência e rendimento são valores médios, referidos a 3600 rpm.
2. Para obter a corrente nominal em 110 V, multiplicar os valores indicados por 2.
3. Exemplo de aplicação da Tabela:

$$\begin{array}{l}
 \left. \begin{array}{l}
 - 2 \text{ motores de } 1/2 \text{ CV} \\
 - 4 \text{ motores de } 1,0 \text{ CV} \\
 - 1 \text{ motor de } 2,0 \text{ CV}
 \end{array} \right\} \begin{array}{l}
 \text{Coluna IV} \\
 \text{(mais de 5 motores)}
 \end{array} \\
 \left. \begin{array}{l}
 2 \times 0,55 = 1,10 \\
 4 \times 0,89 = 3,56 \\
 1 \times 1,46 = 1,46 \\
 \text{Total} = 6,12 \text{ kVA}
 \end{array} \right\}
 \end{array}$$

4. No caso de existirem motores monofásicos e trifásicos na relação de carga do consumidor, a demanda individual deve ser computada considerando a quantidade total de motores.

Tabela 17 – Demanda individual - motores trifásicos

Valores Nominais do Motor					Demanda Individual Absorvida da Rede - kVA			
Potência		cosφ	η	Corrente (220 V) A	1 Motor (I)	2 Motores (II)	3 a 5 Motores (III)	mais de 5 Motores (IV)
Eixo CV	Absorvida Rede (kW)							
1/6	0,25	0,67	0,49	0,9	0,37	0,30	0,26	0,22
1/4	0,33	0,69	0,55	1,2	0,48	0,38	0,34	0,29
1/3	0,41	0,74	0,60	1,5	0,56	0,45	0,39	0,34
1/2	0,57	0,79	0,65	1,9	0,72	0,58	0,50	0,43
3/4	0,82	0,76	0,67	2,8	1,08	0,86	0,76	0,65
1,0	1,13	0,82	0,65	3,7	1,38	1,10	0,97	0,83
1,5	1,58	0,78	0,70	5,3	2,03	1,62	1,42	1,22
2,0	1,94	0,81	0,76	6,3	2,40	1,92	1,68	1,44
3,0	2,91	0,80	0,76	9,5	3,64	2,91	2,55	2,18
4,0	3,82	0,77	0,77	13	4,96	3,97	3,47	2,98
5,0	4,78	0,85	0,77	15	5,62	4,50	3,93	3,37
6,0	5,45	0,84	0,81	17	6,49	5,19	4,54	3,89
7,5	6,90	0,85	0,80	21	8,12	6,50	5,68	4,87
10,0	9,68	0,90	0,76	26	10,76	8,61	7,53	6,46
12,5	11,79	0,89	0,78	35	13,25	10,60	9,28	7,95
15,0	13,63	0,91	0,81	39	14,98	11,98	10,49	8,99
20,0	18,40	0,89	0,80	54	20,67	16,54	14,47	12,40
25,0	22,44	0,91	0,82	65	24,66	19,73	17,26	14,80
30,0	26,93	0,91	0,82	78	29,59	23,67	20,71	17,76
50,0	44,34	0,90	0,83	125	49,27	-	-	-
60,0	51,35	0,89	0,86	145	57,70	-	-	-
75,0	62,73	0,89	0,88	180	70,48	-	-	-

(*) Conforme ND-5.1:1998, Capítulo 7, pg. 12

Notas:

1. O fator de potência e rendimento são valores médios, referidos a 3600 rpm.
2. Exemplo de aplicação da Tabela:

$$\begin{array}{l}
 \left. \begin{array}{l}
 - 1 \text{ motor } 2,0 \text{ CV} \\
 - 3 \text{ motores } 5,0 \text{ CV}
 \end{array} \right\} \begin{array}{l}
 \text{Coluna III} \\
 \text{(3 a 5 motores)}
 \end{array} \\
 \left. \begin{array}{l}
 1 \times 1,68 = 1,68 \\
 3 \times 3,93 = 11,79 \\
 \text{Total} = 13,47 \text{ kVA}
 \end{array} \right\}
 \end{array}$$

3. No caso de existirem motores monofásicos e trifásicos na relação de carga do consumidor, a demanda individual deve ser computada considerando a quantidade total de motores.

A.8. Entrada de Serviço de Edificações Individuais

Seu dimensionamento deve atender as Tabelas 1 a 10 do Anexo B.

A.9. Cálculo da Demanda de Edificações Coletivas

O dimensionamento dos componentes da entrada de serviço (ramais de ligação e de entrada, alimentadores) das edificações de uso coletivo e dos agrupamentos (não previstos nas tabelas 2A, 2B e 8 do Anexo C), deve ser feito pela demanda da edificação.

Na determinação desta demanda, o engenheiro responsável pelo projeto elétrico, pode adotar o critério que julgar conveniente, desde que o mesmo não apresente valores de demanda inferiores aos calculados pelo critério estabelecido na norma ND-5.2. De acordo com esta norma a demanda (D) é determinada pelo método desenvolvido de acordo com o RTD-27 do CODI, mais especificamente:

$$D = D1 + D2 \quad (kVA)$$

Sendo $D1 = 1,4 f a$ demanda dos apartamentos residenciais

$D2 =$ demanda do condomínio, lojas e outros

Onde:

a = demanda por apartamento em função de sua área útil (Tabela 7 da ND-5.2);

f = fator de multiplicação de demanda (Tabela 6 da ND-5.2);

$D2$ – demanda calculada de acordo com os critérios estabelecidos para edificações individuais (ND-5.1) que considera os grupos de carga e os respectivos fatores de demanda, função do total da carga ou da quantidade de equipamentos de cada grupo. No caso particular de condicionadores de ar para determinar os fatores de demanda deve-se utilizar a Tabela 9 da ND-5.2.

Tabela 7 – Demanda por área para apartamentos residenciais (a)

ÁREA ÚTIL (m ²)	DEMANDA (kVA)	ÁREA ÚTIL (m ²)	DEMANDA (kVA)	ÁREA ÚTIL (m ²)	DEMANDA (kVA)
ATÉ 15	0,39	101 - 110	2,35	301 - 350	6,61
16 - 20	0,51	111 - 120	2,54	351 - 400	7,45
21 - 25	0,62	121 - 130	2,73	401 - 450	8,28
26 - 30	0,73	131 - 140	2,91	451 - 500	9,10
31 - 35	0,84	141 - 150	3,10	501 - 550	9,91
36 - 40	0,95	151 - 160	3,28	551 - 600	10,71
41 - 45	1,05	161 - 170	3,47	601 - 650	11,51
46 - 50	1,16	171 - 180	3,65	651 - 700	12,30
51 - 55	1,26	181 - 190	3,83	701 - 800	13,86
56 - 60	1,36	191 - 200	4,01	801 - 900	15,40
61 - 65	1,47	201 - 220	4,36	901 - 1000	16,93
66 - 70	1,57	221 - 240	4,72		
71 - 75	1,67	241 - 260	5,07		
76 - 80	1,76	261 - 280	5,42		
81 - 85	1,86	281 - 300	5,76		
86 - 90	1,96				
91 - 95	2,06				
96 - 100	2,16				

(*) Conforme ND-5.2:1999, Capítulo 6, pg. 9

Notas:

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

Tabela 6 – Fatores de multiplicação de Demanda em função do número de apartamentos residenciais da edificação (f)

Nº APTOS	F. MULT.	Nº APTOS	F. MULT.	Nº APTOS	F. MULT.	Nº APTOS	F. MULT.	Nº APTOS	F. MULT.	Nº APTOS	F. MULT.
1	-	51	35,90	101	63,59	151	74,74	201	80,89	251	82,73
2	-	52	36,46	102	63,84	152	74,89	202	80,94	252	82,74
3	-	53	37,02	103	64,09	153	75,04	203	80,99	253	82,75
4	3,88	54	37,58	104	64,34	154	75,19	204	81,04	254	82,76
5	4,84	55	38,14	105	64,59	155	75,34	205	81,09	255	82,77
6	5,80	56	38,70	106	64,84	156	75,49	206	81,14	256	82,78
7	6,76	57	39,26	107	65,09	157	75,64	207	81,19	257	82,79
8	7,72	58	39,82	108	65,34	158	75,79	208	81,24	258	82,80
9	8,68	59	40,38	109	65,59	159	75,94	209	81,29	259	82,81
10	9,64	60	40,94	110	65,84	160	76,09	210	81,34	260	82,82
11	10,42	61	41,50	111	66,09	161	76,24	211	81,39	261	82,83
12	11,20	62	42,06	112	66,34	162	76,39	212	81,44	262	82,84
13	11,98	63	42,62	113	66,59	163	76,54	213	81,49	263	82,85
14	12,76	64	43,18	114	66,84	164	76,59	214	81,54	264	82,86
15	13,54	65	43,74	115	67,09	165	76,84	215	81,59	265	82,87
16	14,32	66	44,30	116	67,34	166	76,89	216	81,64	266	82,88
17	15,10	67	44,86	117	67,59	167	77,14	217	81,69	267	82,89
18	15,88	68	45,42	118	67,84	168	77,29	218	81,74	268	82,90
19	15,66	69	45,98	119	68,09	169	77,44	219	81,79	269	82,91
20	17,44	70	46,54	120	68,34	170	77,59	220	81,84	270	82,92
21	18,04	71	47,10	121	68,54	171	77,74	221	81,89	271	82,93
22	18,65	72	47,66	122	68,84	172	77,84	222	81,94	272	82,94
23	19,25	73	48,22	123	69,09	173	78,04	223	81,99	273	82,95
24	19,86	74	48,78	124	69,34	174	78,19	224	82,04	274	82,96
25	20,46	75	49,34	125	69,59	175	78,34	225	82,09	275	82,97
26	21,06	76	49,90	126	69,79	176	78,44	226	82,12	276	83,00
27	21,67	77	50,46	127	69,99	177	78,54	227	82,14	277	83,00
28	22,27	78	51,02	128	70,19	178	78,64	228	82,17	278	83,00
29	22,88	79	51,58	129	70,39	179	78,74	229	82,19	279	83,00
30	23,48	80	52,14	130	70,59	180	78,84	230	82,22	280	83,00
31	24,08	81	52,70	131	70,79	181	78,94	231	82,24	281	83,00
32	24,69	82	53,26	132	70,99	182	79,04	232	82,27	282	83,00
33	25,29	83	53,82	133	71,19	183	79,14	233	82,29	283	83,00
34	25,90	84	54,38	134	71,39	184	79,24	234	82,32	284	83,00
35	26,50	85	54,94	135	71,59	185	79,34	235	82,34	285	83,00
36	27,10	86	55,50	136	71,79	186	79,44	236	82,37	286	83,00
37	27,71	87	56,06	137	71,99	187	79,54	237	82,39	287	83,00
38	28,31	88	56,62	138	72,19	188	79,64	238	82,42	288	83,00
39	28,92	89	57,18	139	72,39	189	79,74	239	82,44	289	83,00
40	29,52	90	57,74	140	72,59	190	79,84	240	82,47	290	83,00
41	30,12	91	58,30	141	72,79	191	79,94	241	82,49	291	83,00
42	30,73	92	58,86	142	72,99	192	80,04	242	82,52	292	83,00
43	31,33	93	59,42	143	73,19	193	80,14	243	82,54	293	83,00
44	31,94	94	59,98	144	73,39	194	80,24	244	82,57	294	83,00
45	32,54	95	60,54	145	73,59	195	80,34	245	82,59	295	83,00
46	33,10	96	61,10	146	73,79	196	80,44	246	82,62	296	83,00
47	33,66	97	61,66	147	73,99	197	80,54	247	82,64	297	83,00
48	34,22	98	62,22	148	74,19	198	80,64	248	82,67	298	83,00
49	34,78	99	62,78	149	74,39	199	80,74	249	82,69	299	83,00
50	35,34	100	63,34	150	74,59	200	80,84	250	82,72	300	83,00

(*) Conforme ND-5.2:1999, Capítulo 6, pg. 6

Notas:

1. Fonte: RTD – 027 / CODI;
2. Válido somente para quantidade de apartamentos superior a 3;
3. Estes fatores só devem ser utilizados em conjunto com as demandas da Tabela 7.

Tabela 7 – Demanda por área para apartamentos residenciais (a)

ÁREA ÚTIL (m ²)	DEMANDA (kVA)	ÁREA ÚTIL (m ²)	DEMANDA (kVA)	ÁREA ÚTIL (m ²)	DEMANDA (kVA)
ATÉ 15	0,39	101 - 110	2,35	301 - 350	6,61
16 - 20	0,51	111 - 120	2,54	351 - 400	7,45
21 - 25	0,62	121 - 130	2,73	401 - 450	8,28
26 - 30	0,73	131 - 140	2,91	451 - 500	9,10
31 - 35	0,84	141 - 150	3,10	501 - 550	9,91
36 - 40	0,95	151 - 160	3,28	551 - 600	10,71
41 - 45	1,05	161 - 170	3,47	601 - 650	11,51
46 - 50	1,16	171 - 180	3,65	651 - 700	12,30
51 - 55	1,26	181 - 190	3,83	701 - 800	13,86
56 - 60	1,36	191 - 200	4,01	801 - 900	15,40
61 - 65	1,47	201 - 220	4,36	901 - 1000	16,93
66 - 70	1,57	221 - 240	4,72		
71 - 75	1,67	241 - 260	5,07		
76 - 80	1,76	261 - 280	5,42		
81 - 85	1,86	281 - 300	5,76		
86 - 90	1,96				
91 - 95	2,06				
96 - 100	2,16				

(*) Conforme ND-5.2:1999, Capítulo 6, pg. 7

Notas:

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

Tabela 9 – Fatores de Demanda para Condicionadores de Ar em Unidades Consumidoras não residenciais

NÚMERO DE APARELHOS	FATOR DE DEMANDA
1 a 10	1
11 a 20	0,86
21 a 30	0,80
31 a 40	0,78
41 a 50	0,75
51 a 75	0,70
76 a 100	0,65
ACIMA DE 100	0,60

(*) Conforme ND-5.2:1999, Capítulo 6, pg. 9

Notas:

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

A.10. Entrada de Serviço de Edificações Coletivas

Seu dimensionamento deve atender as Tabelas 1A a 8 do Anexo C.

ANEXO B

COMUNICADO TÉCNICO Nº 02

ALTERAÇÕES NAS TABELAS PARA DIMENSIONAMENTO DOS PADRÕES DE ENTRADA DE BAIXA TENSÃO DE USO INDIVIDUAL

TABELA 1 – DIMENSIONAMENTO DOS RAMAIS DE LIGAÇÃO E DA MEDIÇÃO PARA UNIDADES CONSUMIDORAS URBANAS OU RURAIS ATENDIDAS POR REDES SECUNDÁRIAS TRIFÁSICAS (127/220V)

FORNECIMENTO		MEDIÇÃO			Ramal de ligação aéreo multiplex			Ramal de ligação subterrâneo			
TIPO	FAIXA	MEDIDOR		TRANSF. CORRENTE (FT=2)	Extensão ("e" em metros)			Condutor alumínio XLPE-90°	Eletroduto		
		CORRENTE NOMINAL/MÁXIMA	NÚMERO DE ELEMENTOS		e≤15	15<e≤25	25<e≤30		PVC	Aço	
		A	-	11/2	mm²			mm²	Diâmetro nominal		
A	A1	15/100	1	-	D-10	D-16	D-25	25	50	40	
	A2				D-16						
	A3										
B	B1	15/120 2,5/10 (Nota 2)	2	-	T-10	T-10	T-16	16	50	40	
	B2										
C	C1		3	-	-	Q-16			50	60	50
	C2					Q-35					
	C3					Q-70			70		
	C4					Nota 1					
	C5					Q-70			120		
C6					75	65					
D	D1	2	-	-	T-10	T-10	T-16	16	50	40	
	D2					T-16					
	D3										
E	E1	3	-	-	Q-16			16	50	40	
	E2										
	E3										
	E4										
	E5										

TABELA 2 - DIMENSIONAMENTO DOS RAMAIS DE LIGAÇÃO E DA MEDIÇÃO PARA UNIDADES CONSUMIDORAS SITUADAS EM ÁREAS RURAIS ATENDIDAS POR REDES SECUNDÁRIAS MONOFÁSICAS (120/240V) PARA AS UNIDADES TIPO “F” E ATENDIDAS POR REDES SECUNDÁRIAS TRIFÁSICAS (127/220V) PARA AS UNIDADES TIPO “G” COM TRANSFORMADOR EXCLUSIVO

FORNECIMENTO		MEDIÇÃO			Ramal de ligação aéreo multiplex			Ramal de ligação subterrâneo		
TIPO	FAIXA	MEDIDOR		TRANSF. CORRENTE (FT=2)	Extensão ("e" em metros)			Condutor alumínio XLPE-90°	Eletroduto	
		CORRENTE NOMINAL/MÁXIMA	NÚMERO DE ELEMENTOS		e≤15	15<e≤25	25<e≤30		PVC	Aço
		A	-	I1/I2	mm ²			mm ²	mm	
F	F1	15/120 2,5/10 (Nota 2)	2	-	T-10	T-10	T-16	16	50	40
	F2					50				
	F3				T-16	T-16		70	60	50
	F4					120		75	65	
	F5					Nota 1				
G	G1	3	-	-	Q-16			25	50	40
	G2				Q-35			50		
	G3				Q-70			70	60	50
	G4				Nota 1	Q-70			120	75

Notas:

- 1 – As faixas C5, C6, C7, F5 e G4 correspondem à medição indireta e deverão ser utilizados TC's de 200/5;
- 2 – Medidor exclusivo para as faixas C5, C6, C7, F5 e G4;
- 3 – As seções dos condutores e os diâmetros dos eletrodutos são os valores mínimos admissíveis;
- 4 – Para condutores com seções superiores a 10mm² (inclusive) é obrigatório o uso de cabo;
- 5 – O condutor neutro do ramal de entrada deve ter seção igual a dos condutores fase;
- 6 – A faixa C1 corresponde a uma demanda provável inferior a 20kVA e, obrigatoriamente, a carga instalada na unidade consumidora deve ser superior a 20kW.



TABELA 3 - DIMENSIONAMENTO PARA UNIDADES CONSUMIDORAS URBANAS / RURAIS ATENDIDAS POR REDES SECUNDÁRIAS TRIFÁSICAS (127/220V) - LIGAÇÕES A 2 E 3 FIOS

Fornecimento		Carga Instalada		Número de		Proteção	Ramal de Entrada			Aterramento		Condutor de proteção (mm ²)	Poste (5)				Pontaletes (5)
Tipo	Faixa			de	até		fios	fases	Disjuntor Termo-magnético	Condutor Cobre PVC - 70°C (3)	Eletroduto		Condutor Cobre NU (mm ²)	Eletrodo	Mesmo Lado da Rede		Lado Oposto da Rede
		PVC	Aço			Aço					Concreto	Aço			Concreto		
		kW					A	mm ²	mm					Quantidade		Tipo	
A	A1	-	5,0	2	1	40	6	25	20	6	1	6	PA1	PC1	PA4	PC2	PT1
	A2	5,1	10,0			70	16	32	25								
	A3	10,1	13,0			100	25										
B	B1	13,1	15,0	3	2	60	16	40	32	10	1	16	PA1	PC1	PA4	PC2	PT1
	B2	15,1	20,0			90	25										

Notas :

- 1) - As seções dos condutores e os diâmetros dos eletrodutos são mínimos. O eletroduto do ramal de entrada (energia não medida) deverá ser instalado aparente;
- 2) - Para condutores com seções superiores a 10mm² (inclusive) é obrigatório o uso de cabo;
- 3) - O condutor neutro do ramal de entrada deve ter seção igual a dos condutores fase;
- 4) - Todas as faixas correspondem a ligações com medição direta (Ver Tabela 1);
- 5) - As características técnicas dos postes e pontaletes estão indicadas no capítulo 12. O engastamento dos postes é simples;
- 6) - Para ramal de entrada subterrâneo, ver capítulo 4 - item 2.2.2.

TABELA 4 - DIMENSIONAMENTO PARA UNIDADES CONSUMIDORAS URBANAS / RURAIS ATENDIDAS POR REDES SECUNDÁRIAS TRIFÁSICAS(127/220V) - LIGAÇÕES A 4 FIOS

Fornecimento		Demanda		Número de		Proteção	Ramal de Entrada			Aterramento		Poste (4)				Pontaleta (4)							
Tipo	Faixa	Provável		Fios	Fases	Disjuntor	Condutor Cobre	Eletroduto		Condutor Cobre NU	Eletrodo	Condutor de proteção (mm ²)	Mesmo Lado da Rede		Lado Oposto da Rede		Aço						
		Termo - magnético	PVC - 70 ^o C			PVC	Aço	Aço	Concreto				Aço	Concreto									
		de	até			Diâmetro Nominal				(mm ²)	Quantidade				Tipo				Tipo				
C	C1	-	20,0	4	3	60	16	32	25	10	2	16	PA1	PC1	PA4	PC2	PT1						
	C2	20,1	27,0			70	25											PA2	PA5				
	C3	27,1	38,0			100	35	40	32														
	C4	38,1	47,0			120	50	50	40							35		PA3	PC3	PA6	PC3	PT2	
	C5	47,1	57,0			150	70	60	50														
	C6	57,1	66,0			175	95	75	65														
	C7	66,1	75,0			200																	

Notas :

- 1) - As seções dos condutores e os diâmetros dos eletrodutos são mínimos. O eletroduto do ramal de entrada (energia não medida) deverá ser instalado aparente;
- 2) - Para condutores com seções superiores a 10mm² (inclusive) é obrigatório o uso de cabo;
- 3) - O condutor neutro do ramal de entrada deve ter seção igual a dos condutores fase;
- 4) - As características técnicas dos postes e pontaletes estão indicadas no capítulo 12. O engastamento dos postes deve ser em base concretada.
- 5) - Para ramal de entrada subterrâneo, ver capítulo 4 - item 2.2.2.
- 6) - As faixas C5, C6 e C7 correspondem a ligações com medição indireta (Ver Tabela 1). As demais correspondem a medição direta.

TABELA 5 - DIMENSIONAMENTO PARA UNIDADES CONSUMIDORAS URBANAS OU RURAIS ATENDIDAS POR REDES SECUNDÁRIAS TRIFÁSICAS (127/220V) PARA OS TIPOS “D” E “E” E/OU UNIDADES CONSUMIDORAS URBANAS OU RURAIS ATENDIDAS POR REDES SECUNDÁRIAS MONOFÁSICAS (120/240V) PARA O TIPO “D” - ATENDIMENTOS ESPECIAIS - LIGAÇÕES A 3 e 4 FIOS (Nota 8)

Fornecimento		Carga Instalada		Número de		Proteção	Ramal de Entrada		Aterramento		Conductor de proteção (mm²)	Poste (3)				Pontaleta (3)	
Tipo	Faixa			de	até	fios	fases	Disjuntor Termo-magnético	Conductor Cobre PVC - 70°C (2)	Eletroduto		Conductor Cobre NU (mm²)	Eletrodo	Mesmo Lado da Rede		Lado Oposto da Rede	
		PVC	Aço							Aço	Concreto			Aço	Concreto		
		kW				A	mm²	Diâmetro Nominal				Quantidade				Tipo	
D	D1	-	5,0	3	2	20	4	25	20	10	1	4	PA1	PC1	PA4	PC2	PT1
	D2	5,1	10,0			40	10	32	25			10					
	D3	10,1	13,0			60	16					16					
E	E1	-	5,0	4	3	15	2,5	25	20	10	2	2,5	PA1	PC1	PA4	PC2	PT1
	E2	5,1	10,0			30	6	32	25			6					
	E3	10,1	13,0			35						10					
	E4	13,1	15,0			40	10	32	25			10					
	E5	15,1	20,0			60	16					16					

Notas :

- 1) As seções dos condutores e os diâmetros dos eletrodutos são mínimos. O eletroduto do ramal de entrada (energia não medida) deverá ser instalado aparente;
- 2) O condutor neutro do ramal de entrada deve ter seção igual a dos condutores fase;
- 3) As características técnicas dos postes e pontaletes estão indicadas no capítulo 12. O engastamento dos postes é simples;
- 4) Para ramal de entrada ver capítulo 4, item 2;
- 5) Os disjuntores constantes dessa tabela têm que ser de um dos fabricantes relacionados no Manual do Consumidor nº 11;
- 6) Essa tabela, onde aplicável, é válida também para unidades consumidoras pertencentes a edificações de uso coletivo ou agrupamentos com proteção geral;
- 7) Essa tabela foi elaborada para atendimentos especiais (obras, estabelecimentos comerciais ou mesmo residenciais onde se necessita de alimentação bi ou trifásica sendo a carga instalada inferior a 13 ou 20kW). Solicita-se especial atenção para essas unidades tipo D ou E, pois as mesmas têm o seguinte limite para cargas monofásicas: D1=2540W, D2=5080W, D3=7620W, E1=1905W, E2=3810W, E3=4445W, E4=5080W e E5=6350W;
- 8) Para a ligação destas unidades deverá ser cobrada a taxa correspondente a diferença de preço de ramal duplex para triplex ou quadruplex, de ramal triplex para quadruplex e do medidor monofásico para o polifásico.

TABELA 6 - DIMENSIONAMENTO PARA UNIDADES CONSUMIDORAS RURAIS ATENDIDAS POR REDES PRIMÁRIAS MONOFÁSICAS COM TRANSFORMADOR EXCLUSIVO COM SECUNDÁRIO BIFÁSICO 120/240V

Fornecimento		Demanda		Número de		Proteção	Ramal de Entrada			Aterramento	Condutor de proteção (mm ²)	
Tipo	Faixa			Fios	Fases	Disjuntor Termo - magnético A	Condutor Cobre PVC - 70 ^o C (2) mm ²	Eletroduto		Condutor Cobre NU (mm ²)		
								PVC	Aço			
		de	até			Diâmetro Nominal						
		kVA				mm						
F	F1	-	5,0	3	2	40	16 (Nota 1)	40	32	10	16	
	F2	5,1	10,0			70						25
	F3	10,1	15,0			90						35
	F4	15,1	25,0			120						50
	F5	25,1	37,5			200						95

TABELA 7 - DIMENSIONAMENTO PARA UNIDADES CONSUMIDORAS RURAIS LIGAÇÕES A 4 FIOS COM TRANSFORMADOR EXCLUSIVO

Fornecimento		Demanda		Número de		Proteção	Ramal de Entrada			Aterramento	Condutor de proteção (mm ²)			
Tipo	Faixa (1)			Fios	Fases	Disjuntor Termo - Magnético A	Condutor Cobre PVC - 70 ^o C (2) mm ²	Eletroduto		Condutor Cobre NU (mm ²)				
								PVC	Aço					
		de	até			Diâmetro Nominal								
		kVA				mm								
G	G1	-	15,0	4	3	60	16	40	32	10	16			
	G2	15,1	30,0			90						35		
	G3	30,1	45,0			120						50	50	40
	G4	45,1	75,0			225						120	75	65

Notas (Tabelas 6 e 7) :

- 1 – Esse condutor foi dimensionado como sendo de seção de 16mm² em função de ser o transformador exclusivo e da CEMIG ter padronizado o conector bimetálico de 16mm² como o menor conector a ser utilizado para a ligação do ramal de entrada na bucha secundária do transformador;
- 2) - A seção do neutro de carga é a mesma dos condutores fase; a seção do neutro para medição é de 2,5 mm²;
- 3) - O valor máximo de carga instalada, indicado em kW para cada faixa, corresponde ao valor da potência nominal do transformador em kVA a ser utilizado;
- 4) - É obrigatório o uso de cabo em todos os condutores;
- 5) - As faixas F5 e G4 correspondem a ligações com medição indireta (Ver Tabela 2). As demais correspondem a medição direta;
- 6) - O transformador monofásico de 25kVA e os trifásicos de 15 e 30kVA foram despadronizados. Esses transformadores foram mantidos nas tabelas 5 e 6 visando atender estoque existente e as reformas e manutenções.

TABELA 8 - DIMENSIONAMENTO DA ENTRADA DE EDIFICAÇÕES E UNIDADES CONSUMIDORAS URBANAS OU RURAIS ATENDIDAS POR REDES SECUNDÁRIAS TRIFÁSICAS (127/220V) PARA ATENDER AOS FORNECIMENTOS COM DEMANDA ENTRE 75,1 A 150Kva

ITEM	FORNECIMENTO		DEMANDA EM KVA		NUMERO DE		RAMAL DE LIGAÇÃO SUBTERRÂNEO BT OU AÉREO MULTIPLEX AL/XLPE (NOTA 3)			PROTEÇÃO In(A)	RAMAL DE ENTRADA OU DE DERIVAÇÃO			MEDIDOR		T R A D E N S C O R R E M E A N D T O E R	ATERRAMENTO		C A I X A S P R O T E Ç Ã O D E S (m m ²)	C A I X A D E I N S P E Ç Ã O
							Conductor por fase (AL) S(mm²)	Eletroduto			Disjuntor Termo-magnético	Conductor por fase (Cu) S(mm²)	Eletroduto		In/ I _{max} (A)		N.º elementos	Relação (2)		
	T I P O	F A I X A	DE	ATÉ	F I O S	F A S E S		Aço	PVC Amianto	Aço			PVC Amianto	Dn (mm)		Dn (mm)			C O N D U T O R S (m m ²)	Nºde hastes
1	H	H1	75,1	86,0	4	3	150	80	85	225	150	80	85	(1)	3	200/5	16/16	3/3	75	ZC
2		H2	86,1	95,0			185	100	110	250	185	100	110						90	
3		H3	95,1	114,0			240	100	110	300	240	100	110						120	
4		H4	114,1	145,0			2x240	2x100	2x110	2x225	2x120	2x65	2x75						120	
5		H5	145,1	150,0						2x250	2x150	2x80	2x85						400/5	

Notas:

1 – 2,5/10 ou 2,5/20;

2 – TC 200/5 e 400/5 com FT = 2,0;

3 - Para os itens 1 e 2, o ramal de ligação é aéreo multiplexado Al/XLPE, Q-120 e os postes a serem utilizados são: PA6 ou PC3, mesmo lado ou lado oposto da rede. As características dos postes estão na Tabela da página 12-14. Para os itens 3, 4 e 5 o ramal de ligação é subterrâneo conforme especificado na tabela acima;

4 - Para o dimensionamento do fornecimento entre 150,0 e 327,0 kVA, ver a ND-5.5.

TABELA 9 - DIMENSIONAMENTO PARA UNIDADES CONSUMIDORAS URBANAS OU RURAIS ATENDIDAS POR REDES SECUNDÁRIAS MONOFÁSICAS (1 FASE – 3 FIOS – 120/240V) - LIGAÇÕES A 2 E 3 FIOS

Fornecimento		Carga instalada em kW para consumidor Demanda provável em Kva para		Número de		Proteção	Ramal de entrada			Aterramento		Condutor de proteção	Poste				Pontaletes	
							Disjuntor termo-magnético	Condutor cobre PVC - 70°C (3)	Eletroduto		Condutor		Eletrodo	Condutor de proteção	Mesmo lado da rede			Lado oposto da rede
Tipo	Faixa	de	até	Fios	Fases	Diâmetro nominal			Cobre NU	Quantidade		mm ²			Tipo			
						A	mm ²	mm			mm ²		mm ²					Type
I	I1	-	5,0	2	1	A	40	6	25	20	6	6	PA1	PC1	PA4	PC2	PT1	
	I2	5,1	10,0			70	16	32	25									
	I3	10,1	13,0			100	25											
J	J1	13,1	15,0	3	2	A	60	16	40	32	10	1	16	PA1	PC1	PA4	PC2	PT1
	J2	15,1	20,0			90	25											
	J3	20,1	24,0			120	35											
	J4	24,1	29,0			150	50											
	J5	29,1	37,5			175	70	60										

Notas :

- 1) - As seções dos condutores e os diâmetros dos eletrodutos são mínimos. O eletroduto do ramal de entrada (energia não medida) deverá ser instalado aparente;
- 2) - Para condutores com seções superiores a 10mm² (inclusive) é obrigatório o uso de cabo;
- 3) - O condutor neutro do ramal de entrada deve ter seção igual a dos condutores fase;
- 4) - As faixas J5 e J6 correspondem à medição indireta e deverão ser utilizados TC's de 200/5;
- 5) - Quando do atendimento trifásico, o dimensionamento do padrão de entrada deverá ser conforme a Tabela 3;
- 6) - As características técnicas dos postes e pontaletes estão indicadas no capítulo 12. O engastamento dos postes é simples;

TABELA 10 - DIMENSIONAMENTO DOS RAMAIS DE LIGAÇÃO E DA MEDIÇÃO PARA UNIDADES CONSUMIDORAS URBANAS OU RURAIS ATENDIDAS POR SECUNDÁRIAS MONOFÁSICAS (1 FASE – 3 FIOS – 120/240V) - LIGAÇÕES A 2 E 3 FIOS

Fornecimento		Medição			Ramal de ligação aéreo multiplex			Ramal de ligação subterrâneo				
		Medidor		Transf. Corrente (FT=2)	Extensão ("e" em metros)			Condutor alumínio XLPE-90°	Eletroduto			
		Corrente nominal/máxima	Número de elementos						PVC	Aço		
Tipo	Faixa	A	-	I1/I2	e≤15	15<e≤25	25<e≤30	Diâmetro nominal				
					mm ²			mm ²	mm			
I	I1	15/100	1		D-10	D-16	D-25	25	50	40		
	I2				D-16							
	I3											
J	J1		3			T-10	T-10				T-16	16
	J2					T-25	T-35				T-35	25
	J3					T-50	T-50				T-70	25
	J4	Nota 1				T-70	50					
J5							70	60	50			

Nota:

1 – As faixas J4 e J5 correspondem à medição indireta e deverão ser utilizados TC's de 200/5;

ANEXO C

COMUNICADO TÉCNICO Nº 3

ALTERAÇÕES NAS TABELAS PARA DIMENSIONAMENTO DOS PADRÕES DE ENTRADA DE BAIXA TENSÃO DE USO COLETIVO

TABELA 1A - DIMENSIONAMENTO DA ENTRADA DE SERVIÇO DE EDIFICAÇÕES DE USO COLETIVO ATENDIDAS POR REDES SECUNDÁRIAS TRIFÁSICAS (127/220V) - RAMAL DE LIGAÇÃO AÉREO E PROTEÇÃO COM DISJUNTOR

ITEM	DEMANDA		RAMAL DE LIGAÇÃO				PROTEÇÃO	RAMAL DE ENTRADA			CONDUTOR DE PROTEÇÃO DAS CAIXAS	POSTE				PONTALETE
			AÉREO MULTIPLEX AL/XLPE	SUBTERRÂNEO				DISJUNTOR TERMO-MAGNÉTICO	EMBUTIDO/SUBTERRÂNEO			MESMO LADO DA REDE		LADO OPOSTO DA REDE		
	CONDUTOR POR FASE AL/XLPE	ELETRODUTO		CONDUTOR POR FASE	ELETRODUTO		AÇO		CONCRETO	CONCRETO	AÇO	CONCRETO				
	de	até	mm ²		mm ²	DN (mm)		A					mm ²	DN (mm)	mm ²	TIPO
1	-	20,0	Q-16	50	60	50	60	16	32	25	16	PA1	PC1	PA4	PC2	PT1
2	20,1	27,0	Q-16	50	60	50	70	25	40	32		PA2		PA5		
3	27,1	38,0	Q-35	50	60	50	100	35	40	32		PA3	PC3	PA6	PC3	
4	38,1	47,0	Q-35	70	60	50	120	50	50	40	25	PA6				
5	47,1	57,0	Q-70	70	60	50	150	70	60	60	35					
6	57,1	66,0	Q-70	120	120	65	175	95	75	65	50					
7	66,1	75,0	Q-70	120	120	65	200	120								
8	75,1	86,0	Q-120	150	150	80	225	150	85	80	70					
9	86,1	95,0	Q-120	180	185	100	250	185	110	100	90					

Notas:

- 1 - As seções dos condutores e os diâmetros dos eletrodutos são mínimos;
- 2 - Para condutores com seções superiores a 10mm² (inclusive) é obrigatório o uso de cabo;
- 3 - O condutor neutro do ramal de entrada deve ter seção igual a dos condutores fase;
- 4 - Esta tabela aplica-se também ao dimensionamento dos alimentadores principais e de unidades consumidoras tipo K;
- 5 - As características técnicas dos postes e pontaletes estão indicadas no Capítulo 12; O engastamento dos postes e pontaletes deve ser em base concretada.
- 6 - No caso de exigência do projetista para instalação de ramal subterrâneo, ver item 3.1.1, Capítulo 2, página 2-2;
- 7 - Características do sistema de aterramento do neutro, ver item 5, Capítulo 4, página 4-6;
- 8 - Nos fornecimentos atendidos por ramal de entrada subterrâneo (até 38kVA) em baixa tensão por exigência do projetista/consumidor, a caixa de inspeção a ser utilizada deverá ser do tipo ZA. Nos fornecimentos entre 38,1kVA (inclusive) e 95kVA (inclusive) a caixa de inspeção deverá ser do tipo ZB.

TABELA 1B - DIMENSIONAMENTO DA ENTRADA DE SERVIÇO DE EDIFICAÇÕES DE USO COLETIVO ATENDIDAS POR REDES SECUNDÁRIAS TRIFÁSICAS (127/220V) - RAMAL DE LIGAÇÃO SUBTERRÂNEO E PROTEÇÃO COM DISJUNTOR

ITEM	DEMANDA		RAMAL DE LIGAÇÃO			PROTEÇÃO	RAMAL DE ENTRADA			CONDUTOR DE PROTEÇÃO DAS CAIXAS	CAIXAS DE INSPEÇÃO OU CÂMARA
			SUBTERRÂNEO				DISJUNTOR TERMO-MAGNÉTICO (5)	EMBUTIDO/SUBTERRÂNEO			
	de	até	CONDUTOR POR FASE AL/XLPE mm ²	ELETRODUTO		CONDUTOR POR FASE		ELETRODUTO			
				PVC	AÇO		Cu - PVC	PVC	AÇO		
kVA			DN (mm)		A	mm ²	DN (mm)		mm ²		
10	95,1	114,0	240	100	110	300	240	110	100	35	ZC
11	114,1	145,0	2 x 240	2 x 100	2 x 110	2 x 200	2 x 120	2 x 75	2 x 65	50	
12	145,1	163,0				2 x 225	2 x 150	2 x 85	2 x 80	70	
13	163,1	181,0				2 x 250	2 x 185	2 x 110	2 x 100		
14	181,1	217,0				2 x 300	2 x 240	3 x 85	3 x 80	95	
15	217,1	245,0	3 x 240	3 x 100	3 x 110	3 x 225	3 x 150	3 x 110	3 x 100		
16	245,1	272,0				3 x 250	3 x 185	3 x 100	3 x 100	120	
17	272,1	327,0				3 x 300	3 x 240	4 x 110	4 x 100	150	
18	327,1	436,0	-	-	-	4 x 300	4 x 240	4 x 110	4 x 100	150	CÂMARA INTERNA (4)
19	436,1	545,0	-	-	-	5 x 300	5 x 240	5 x 110	5 x 100	180	
20	545,1	653,0	-	-	-	6 x 300	6 x 240	6 x 110	6 x 100	240	
21	653,1	750,0	-	-	-	6 x 350	6 x 300			300	

Notas:

- 1 – As seções dos condutores e os diâmetros dos eletrodutos são mínimos;
- 2 - O condutor neutro do ramal de entrada deve ter seção igual a dos condutores fase;
- 3 – Esta tabela aplica-se também ao dimensionamento dos alimentadores principais e de unidades consumidoras tipo K;
- 4 – A caixa de inspeção ZC pode ser utilizada junto ao poste de derivação da Cemig;
- 5 – Alternativamente pode ser utilizado um único disjuntor com capacidade nominal, no mínimo, igual ao total da proteção especificada para cada faixa;
- 6 – O número de condutores especificados para ramais de ligação e de entrada corresponde a uma fase;

7 – Características do sistema de aterramento do neutro, ver item 5, Capítulo 4, página 4-6.

TABELA 2A - DIMENSIONAMENTO PARA AGRUPAMENTOS ATENDIDOS POR REDES SECUNDÁRIAS TRIFÁSICAS (127/220V) – SEM PROTEÇÃO GERAL E SEM PROJETO ELÉTRICO

ITEM	TIPOS DE UNIDADES CONSUMIDORAS										RAMAL DE LIGAÇÃO	RAMAL DE ENTRADA				ATERRAMENTO		
	A		B		C		D		E			MULTIPLEX	CONDUTOR		ELETRODUTO		Nº ELETR.	COND.
	QUANT.	CARGA kW	QUANT.	CARGA kW	QUANT.	CARGA kW	QUANT.	CARGA kW	QUANT.	CARGA kW			FASE (NEUTRO)	PROT.	PVC	AÇO		
													PVC 70°C		mm			
										mm ²	mm ²	mm		-	mm ²			
1	2	5,0	-	-	-	-	-	-	-	-	T 10	2 x 6 (10)	6	32	25	2	16	
2	2	10,0	-	-	-	-	-	-	-	-	T 16	2 x 16 (25)	16	40	32			
3	-	-	2	15,0	-	-	-	-	-	-		2 x 25 (25)						
4	1	5,0	-	-	-	-	-	-	-	-		2 x 16 (25)						
	1	10,0	-	-	-	-	-	-	-	-	Q16	3 x 16 (16)	10	32	25			
5	1	5,0	1	15,0	-	-	-	-	-	-		3 x 25 (25)						
6	1	5,0	-	-	1	20,0	-	-	-	-		3 x 16 (25)						
7	1	10,0	1	15,0	-	-	-	-	-	-		3 x 25 (25)						
8	1	10,0	-	-	1	20,0	-	-	-	-		3 x 25 (25)						
9	-	-	1	15,0	1	20,0	-	-	-	-		3 x 6 (10)						
10	3	5,0	-	-	-	-	-	-	-	-		3 x 16 (25)						
11	3	10,0	-	-	-	-	-	-	-	-		3 x 25 (25)						
12	-	-	3	15,0	-	-	-	-	-	-	16	40	32	3				
13	1	5,0	-	-	-	-	-	-	-	-					3 x 16 (25)			
	2	10,0	-	-	-	-	-	-	-	-					3 x 25 (25)			
14	1	5,0	2	15,0	-	-	-	-	-	-					3 x 25 (25)			
15	1	10,0	2	15,0	-	-	-	-	-	-	3 x 25 (25)							
16	2	5,0	-	-	-	-	-	-	-	-	2 x 16 (25)							
	1	10,0	-	-	-	-	-	-	-	-								

TABELA 2B - DIMENSIONAMENTO PARA AGRUPAMENTOS ATENDIDOS POR REDES SECUNDÁRIAS TRIFÁSICAS (127/220V) – SEM PROTEÇÃO GERAL E SEM PROJETO ELÉTRICO

ITEM	TIPOS DE UNIDADES CONSUMIDORAS										RAMAL DE LIGAÇÃO	RAMAL DE ENTRADA				ATERRAMENTO						
	A		B		C		D		E			MULTIPLEX	CONDUTOR		ELETRODUTO		Nº ELETR.	COND.				
	QUANT.	CARGA KW	QUANT.	CARGA KW	QUANT.	DEMANDA KVA	QUANT.	CARGA KW	QUANT.	CARGA KW			FASE (NEUTRO)	PROT.	PVC	AÇO						
													PVC 70°C						-	mm²		
										mm²	mm²		mm									
17	2	5,0	1	15,0	-	-	-	-	-	-	Q16	3X25(25)	16	40	32	3	16					
18	2	5,0	-	-	1	20,0	-	-	-	3X25(25)												
19	2	10,0	1	15,0	-	-	-	-	-	3X25(25)												
20	2	10,0	-	-	1	20,0	-	-	-	3X25(25)												
21	-	-	2	15,0	1	20,0	-	-	-	Q35	3X25(35)	50		40								
22	1	5,0	1	15,0	-	-	-	-	-	-	Q16	3X25(25)		40	32							
	1	10,0										3X25(25)		50	40							
23	1	5,0	-	-	1	20,0	-	-	-	-	-	3X25(25)		50	40							
	1	10,0										3X25(35)		25	25							
24	1	5,0	1	15,0	1	20,0	-	-	-	-	Q35	3X25(35)		16	50			40	3	16		
25	3	13,0	-	-	-	-	-	-	-	-		3X50(50)	25									
26	1	10,0	1	15,0	1	20,0	-	-	-	-		3X50(50)	25									
27	1	10,0	2	20,0	-	-	-	-	-	-		3X35(35)	16									
28	1	5,0	2	20,0	-	-	-	-	-	-		3X35(35)	16			50	40				3	16
29	-	-	2	20,0	-	-	1	5,0	-	-												
30	-	-	2	20,0	-	-	-	-	1	5,0												
31	-	-	2	20,0	-	-	1	10,0	-	-												
32	-	-	2	20,0	-	-	-	-	1	10,0												
33	-	-	1	20,0	1	20,0	-	-	-	-												
34	-	-	1	20,0	1	20,0	-	-	-	-												
35	2	13,0	-	-	1	20,0	-	-	-	-												

Notas (Tabelas 2A e 2B):

- 1 – Agrupamentos que contenham uma unidade consumidora com carga instalada acima de 20kW, mais de uma unidade consumidora do tipo C ou mais de 3 unidades consumidoras deverão ser dimensionadas pela demanda calculada de acordo com o Capítulo 5;
- 2 – As seções dos condutores e diâmetros dos eletrodutos são as mínimas;
- 3 – O condutor de proteção liga a massa das caixas no potencial de terra;
- 4 – Para ramais de ligação triplex e quadplex até Q-16mm², utilizar poste tipo PA1 e PA4 (aço) ou PC1 e PC2 (concreto). Para quadplex Q-35mm² utilizar PA2 e PA5 (aço) ou PC1 e PC2 (concreto);
- 5 – Alternativamente ao poste de aço ou concreto poderão ser utilizados os pontaletes PT1 ou PT2 para os ramais de ligação previstos nesta norma.

TABELA 3 - DIMENSIONAMENTO PARA UNIDADES CONSUMIDORAS URBANAS / RURAIS ATENDIDAS POR REDES SECUNDÁRIAS TRIFÁSICAS (127/220V) - LIGAÇÕES A 2 E 3 FIOS

Fornecimento		Carga Instalada		Número de		Proteção	Ramal de Entrada Embutido		Aterramento		Conductor de proteção (mm ²)	Poste (5)				Pontalete (5)		
Tipo	Faixa			Fios	Fases		Disjuntor Termo - Magnético	Conductor Cobre PVC - 70°C (3)	Eletroduto			Conductor Cobre NU (mm ²)	Eletrodo	Quantidade	Mesmo Lado da Rede		Lado Oposto da Rede	
		de	até			A			mm ²	Diâmetro Nominal					Aço	Concreto	Aço	Concreto
kW							DN (mm)											
A	A1	-	5,0	2	1	40	5	32	25	6	1	6	PA1	PC1	PA4	PC2	PT1	
	A2	5,1	10,0			70	16			10								16
	A3	10,1	13,0			100	25											
B	B1	13,1	15,0	3	2	60	16	40	32	10	1	16	PA1	PC1	PA4	PC2	PT1	
	B2	15,1	20,0			90	25											

Notas :

- 1) - As seções dos condutores e os diâmetros dos eletrodutos são mínimos.
- 2) - Para condutores com seções superiores a 10mm² (inclusive) é obrigatório o uso de cabo;
- 3) - O condutor neutro do ramal de entrada deve ter seção igual a dos condutores fase;
- 4) - Todas as faixas correspondem a ligações com medição direta (Ver Tabela 1);
- 5) - As características técnicas dos postes e pontaletes estão indicadas no capítulo 12. O engastamento dos postes é simples;
- 6) - Para ramal de entrada subterrâneo, ver capítulo 4 - item 2.2.2.

TABELA 4 - DIMENSIONAMENTO PARA UNIDADES CONSUMIDORAS URBANAS / RURAIS ATENDIDAS POR REDES SECUNDÁRIAS TRIFÁSICAS (127/220V) LIGAÇÕES A 4 FIOS

Fornecimento		Demanda		Número de		Proteção	Ramal de Entrada Embutido		Aterramento		Condutor de proteção (mm ²)	Poste (4)				Pontaletes (4)	
Tipo	Faixa			Fios	Fases	Disjuntor Termo - Magnético	Condutor Cobre PVC - 70°C (3)	Eletroduto		Condutor Cobre NU (mm ²)		Eletrodo	Quantidade	Mesmo Lado da Rede		Lado Oposto da Rede	
		PVC	Aço					Aço	Concreto		Aço			Concreto			
		de	até			A	mm ²	DN (mm)		Tipo				Tipo			
C	C1	-	20,0	4	3	60	16	32	25	10	2	16	PA1	PC1	PA4	PC2	PT1
	C2	20,1	27,0			70	25	40	32				PA2		PA5		
	C3	27,1	38,0			100	35					50	40	35	PA3	PC3	
	C4	38,1	47,0			120	50	60	50								
	C5	47,1	57,0			150	70	60	50		50						
	C6	57,1	66,0			175	95	75	65		3	50					
	C7	66,1	75,0			200											

Notas :

- 1) - As seções dos condutores e os diâmetros dos eletrodutos são mínimos.
- 2) - Para condutores com seções superiores a 10mm² (inclusive) é obrigatório o uso de cabo;
- 3) - O condutor neutro do ramal de entrada deve ter seção igual a dos condutores fase;
- 4) - As características técnicas dos postes e pontaletes estão indicadas no capítulo 12. O engastamento dos postes deve ser em base concretada.
- 5) - Para ramal de entrada subterrâneo, ver capítulo 4 - item 2.2.2.
- 6) - As faixas C5, C6 e C7 correspondem a ligações com medição indireta (Ver Tabela 1). As demais correspondem a medição direta.

TABELA 5 - DIMENSIONAMENTO PARA UNIDADES CONSUMIDORAS URBANAS OU RURAIS ATENDIDAS POR REDES SECUNDÁRIAS TRIFÁSICAS (127/220V) PARA OS TIPOS “D” E “E” E/OU UNIDADES CONSUMIDORAS URBANAS OU RURAIS ATENDIDAS POR REDES SECUNDÁRIAS MONOFÁSICAS (120/240V) PARA O TIPO “D” - ATENDIMENTOS ESPECIAIS - LIGAÇÕES A 3 e 4 FIOS (Nota 8)

Fornecimento		Carga Instalada		Número de		Proteção	Ramal de Entrada Embutido		Aterramento		Conductor de proteção (mm²)	Poste (3)				Pontaletes (3)	
Tipo	Faixa			de	até		Fios	Fases	Disjuntor Termo - Magnético	Conductor Cobre PVC - 70°C (2)		Eletroduto		Conductor Cobre NU (mm²)	Eletrodo	Mesmo Lado da Rede	
		PVC	Aço			Aço					Concreto	Aço	Concreto				
kW		A	mm²	DN (mm)			Quantidade	Tipo						Tipo			
D	D1	-	5,0	3	2	20	4	32	25	10	1	4	PA1	PC1	PA4	PC2	PT1
	D2	5,1	10,0			40	10					10					
	D3	10,1	13,0			60	16					16					
E	E1	-	5,0	4	3	15	2,5	32	25	10	2	2,5	PA1	PC1	PA4	PC2	PT1
	E2	5,1	10,0			30	6					6					
	E3	10,1	13,0			35	10					10					
	E4	13,1	15,0			40	16					16					
	E5	15,1	20,0			60	16					16					

Notas :

- 1) As seções dos condutores e os diâmetros dos eletrodutos são mínimos.
- 2) O condutor neutro do ramal de entrada deve ter seção igual a dos condutores fase;
- 3) As características técnicas dos postes e pontaletes estão indicadas no capítulo 12. O engastamento dos postes é simples;
- 4) Para ramal de entrada ver capítulo 4, item 2;
- 5) Os disjuntores constantes dessa tabela têm que ser de um dos fabricantes relacionados no Manual do Consumidor nº11;
- 6) Essa tabela, onde aplicável, é válida também para unidades consumidoras pertencentes a edificações de uso coletivo ou agrupamentos com proteção geral;
- 7) Essa tabela foi elaborada para atendimentos especiais (obras, estabelecimentos comerciais ou mesmo residenciais onde se necessita de alimentação bi ou trifásica sendo a carga instalada inferior a 13 ou 20kW). Solicita-se especial atenção para essas unidades tipo D ou E, pois as mesmas têm o seguinte limite para cargas monofásicas: D1=2540W, D2=5080W, D3=7620W, E1=1905W, E2=3810W, E3=4445W, E4=5080W e E5=6350W;
- 8) Para a ligação destas unidades deverá ser cobrada a taxa correspondente a diferença de preço de ramal duplex para triplex ou quadruplex e do medidor monofásico para o polifásico.

TABELA 6 - DIMENSIONAMENTO PARA UNIDADES CONSUMIDORAS URBANAS OU RURAIS ATENDIDAS POR REDES SECUNDÁRIAS MONOFÁSICAS (1 FASE – 3 FIOS – 120/240V) - LIGAÇÕES A 2 E 3 FIOS

Fornecimento		Carga instalada em kW para consumidor tipo I		Número de		Proteção	Ramal de Entrada Embutido		Aterramento		Poste (6)				Pontalete (6)		
Tipo	Faixa	Demanda provável em kVA para consumidor tipo J		Fios	Fases	Disjuntor Termo - Magnético	Condutor Cobre PVC - 70°C (3)	Eletroduto		Condutor Cobre NU (mm²)	Eletrodo	Condutor de proteção (mm²)	Mesmo Lado da Rede			Lado Oposto da Rede	
		de	até					PVC	Aço				Aço	Concreto		Aço	Concreto
								Diâmetro Nominal									
						A	mm²	DN (mm)		Quantidade					Tipo		
I	I1	-	5,0	2	1	40	6	32	25	6		6					
	I2	5,1	10,0			70	16										
	I3	10,1	13,0			100	25										
J	J1	13,1	15,0	3	2	60	16	40	32	10	1	16	PA1	PC1	PA4	PC2	PT1
	J2	15,1	20,0			90	25										
	J3	20,1	24,0			120	35										
	J4	24,1	29,0			150	50										
	J5	29,1	37,5			175	70										

Notas :

- 1) - As seções dos condutores e os diâmetros dos eletrodutos são mínimos.
- 2) - Para condutores com seções superiores a 10mm² (inclusive) é obrigatório o uso de cabo;
- 3) - O condutor neutro do ramal de entrada deve ter seção igual a dos condutores fase;
- 4) - As faixas J4 e J5 correspondem à medição indireta e deverão ser utilizados TC's de 200/5;
- 5) - Quando do atendimento trifásico, o dimensionamento do padrão de entrada deverá ser conforme a Tabela 3;
- 6) - As características técnicas dos postes e pontaletes estão indicadas no capítulo 12. O engastamento dos postes é simples;

TABELA 7 - DIMENSIONAMENTO DA ENTRADA DE SERVIÇO DE EDIFICAÇÕES DE USO COLETIVO ATENDIDAS POR REDES SECUNDÁRIAS MONOFÁSICAS (1 FASE – 3 FIOS – 120/240V) - RAMAL DE LIGAÇÃO AÉREO E PROTEÇÃO COM DISJUNTOR

ITEM	DEMANDA		RAMAL DE LIGAÇÃO				PROTEÇÃO	RAMAL DE ENTRADA			CONDUTOR DE PROTEÇÃO DAS CAIXAS	POSTE				PONTALETE
			AÉREO MULTIPLEX AL/XLPE	SUBTERRÂNEO		DISJUNTOR TERMO-MAGNÉTICO		EMBUTIDO/SUBTERRÂNEO		MESMO LADO DA REDE		LADO OPOSTO DA REDE		AÇO		
	CONDUTOR POR FASE AL/XLPE	ELETRODUTO		CONDUTOR POR	ELETRODUTO											
	de	até		PVC	AÇO	Cu - PVC	PVC	AÇO	AÇO	CONCRE	AÇO	CONCRE				
	kVA		mm ²	mm ²	DN (mm)		A	mm ²	DN (mm)	mm ²	TIPO				TIPO	
1	13,1	15,0	T-16	50	50	50	60	16	32	25	16	PA1	PC1	PA4	PC2	PT1
2	15,1	20,0	T-35	50			90	25	40	32						
3	20,1	24,0	T-35	70			120	35	40	32						
4	24,1	29,0	T-70	70			150	50	50	40		25	PA2			
5	29,1	37,5	T-70	70			175	70	60	50		35	PA3	PC3	PA6	

Notas:

- 1 - As seções dos condutores e os diâmetros dos eletrodutos são mínimos;
- 2 - Para condutores com seções superiores a 10mm² (inclusive) é obrigatório o uso de cabo;
- 3 - O condutor neutro do ramal de entrada deve ter seção igual a dos condutores fase;
- 4 - As características técnicas dos postes e pontaletes estão indicadas no Capítulo 12; O engastamento dos postes e pontaletes deve ser em base concretada.
- 5 - No caso de exigência do projetista para instalação de ramal subterrâneo, ver item 3.1.1, Capítulo 2, página 2-2;
- 6 - Características do sistema de aterramento do neutro, ver item 5, Capítulo 4, página 4-6;
- 7 - Nos fornecimentos atendidos por ramal de entrada subterrâneo em baixa tensão por exigência do projetista/consumidor, a caixa de inspeção a ser utilizada deverá ser do tipo ZA.

TABELA 8 - DIMENSIONAMENTO PARA AGRUPAMENTOS DE UNIDADES CONSUMIDORAS URBANAS ATENDIDAS POR REDES SECUNDÁRIAS MONOFÁSICAS (1 FASE – 3 FIOS – 120/240V) - LIGAÇÕES A 2 E 3 FIOS – SEM PROTEÇÃO GERAL E SEM PROJETO ELÉTRICO

TIPOS DE UNIDADES CONSUMIDORAS					RAMAL DE LIGAÇÃO	RAMAL DE ENTRADA				ATERRAMENTO				
ITEM	I		J			MULTIPLEX	CONDUTOR		ELETRODUTO		Nº ELETR.	COND.		
	QUANT.	CARGA kW	QUANT.	CARGA kW	FASE (NEUTRO)		PROT.	PVC	AÇO					
					mm ²	PVC 70°C mm ²		mm		-	mm ²			
1	2	5,0	-	-	T 10	2x6(10)	6	32	25	2	16			
2	2	10,0	-	-	T16	2x16(25)	16	40	32					
3	-	-	2	15,0		2x25(25)								
4	1	5,0	-	-		2x16(25)								
	1	10,0	-	-	T25	2x16(16)	16	40	32					
5	1	5,0	1	15,0		2x16(25)								
6	1	10,0	1	15,0		2x25(25)								
7	1	10,0	1	20,0		2x10(10)						10	32	25
8	3	5,0	-	-		2x16(25)						16	40	32
9	3	10,0	-	-		2x25(25)								
10	-	-	3	15,0		2x16(25)								
11	1	5,0	-	-	2x25(25)									
	2	10,0	-	-	2x16(25)									
12	1	5,0	2	15,0	2x25(25)	16	40	32	3					
13	1	10,0	2	15,0	2x25(25)									
14	2	5,0	-	-	2x16(25)									
	1	10,0	-	-	T35	2x25(25)	25	50	40					
15	2	5,0	1	15,0		2x35(35)								
16	2	5,0	1	20,0		2x50(50)				25	50	40	2	
17	2	10,0	1	15,0	T16	2x25(25)	16	40	32	3				
18	-	-	2	20,0		2x25(25)								
19	1	5,0	1	15,0	T35	2x50(50)	25	50	40					
	1	10,0	1	20,0		2x35(35)								
20	1	5,0	1	20,0		2x25(25)				16	50	40		
	1	10,0	-	-	2x35(35)									
21	2	13,0	-	-	T25	2x25(25)	16	50	40	2				
	-	-	-	15,0		2x25(25)				3				
22	-	-	-	20,0										

Notas :

- 1 – Agrupamentos que contenham uma unidade consumidora com carga instalada acima de 20kW ou mais de 3 unidades consumidoras deverão ser dimensionadas pela demanda calculada de acordo com o Capítulo 5;
- 2 – As seções dos condutores e diâmetros dos eletrodutos são as mínimas;
- 3 – O condutor de proteção liga a massa das caixas no potencial de terra;
- 4 – Para ramais de ligação triplex até T-16mm², utilizar poste tipo PA1 e PA4 (aço) ou PC1 e PC2 (concreto).
Para triplex T-35mm² utilizar PA2 e PA5 (aço) ou PC1 e PC2 (concreto);
- 5 – Alternativamente ao poste de aço ou concreto poderão ser utilizados os pontaletes PT1 ou PT2 para os ramais de ligação previstos nesta norma.

Referências Bibliográficas

1. NBR 5410 – Instalações Elétricas de baixa Tensão (Norma Técnica ABNT).
2. COTRIM, Ademaro A. M. B., Instalações Elétricas, 4ª edição, Pearson Prentice Hall.
3. Web Site da PIRELLI CABOS S.A., www.pirelli.com.br
4. Guia EM da NBR 5410 – revista Eletricidade Moderna.
5. CEMIG ND 5.1, Manual de Distribuição: Fornecimento de Energia Elétrica em tensão Secundária - Rede de Distribuição Aérea Edificações Individuais.
6. CEMIG ND 5.2, Manual de Distribuição: Fornecimento de Energia Elétrica Em Tensão Secundária Rede de Distribuição Aérea – Edificações Coletivas.
7. CARVALHO, Moisés Roberto Lanner, Instalações Elétricas de Baixa Tensão – ABACUS Informática e Engenharia.
8. Instalações Elétricas Prediais, PEA - Laboratório de Instalações Elétricas, Escola Politécnica da USP – Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas.
9. NEGRISALI, Manoel E. M., Instalações Elétricas