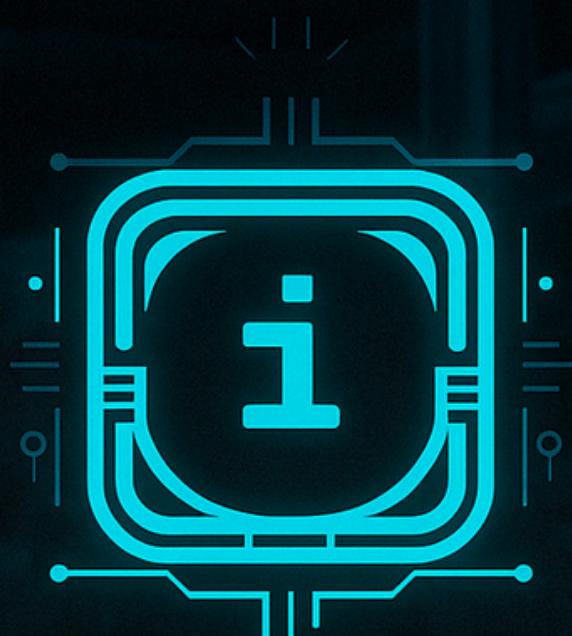


NBR 5410

PASSO A PASSO

+ APP



CALCTRÓN
ELETROTÉCNICA
PRO

**DIMENSIONAMENTO
DE CONDUTORES**

MANUAL NBR 5410

PASSO A PASSO PARA DIMENSIONAMENTO DE CONDUTORES

DEMANDA

A demanda de uma instalação elétrica é a potência total que se espera que seja usada ao mesmo tempo pelos equipamentos ligados, considerando o uso real e simultâneo deles.

Ou seja, é uma estimativa da potência máxima necessária em condições normais de uso, e não a soma de todas as potências nominais instaladas.

Isso evita superdimensionamento e é usada para calcular a corrente elétrica e definir disjuntores, cabos e o padrão de entrada.

A demanda é determinada com base em fatores de simultaneidade e critérios definidos pela concessionária local ou por normas técnicas como a NBR 5410.

O cálculo da corrente da carga deve ser feito com base na demanda calculada, ou seja, na potência efetivamente consumida pela carga, e não apenas na potência nominal dos equipamentos.

Como cada concessionária estabelece critérios específicos para a determinação da demanda de cada tipo de equipamento, é essencial consultar a norma técnica da sua concessionária local antes de realizar o dimensionamento.

POR EXEMPLO:

Para estimar a demanda elétrica em projetos no Rio de Janeiro, a Light adota critérios específicos demanda, como:

- Motores de 1 CV correspondem a 1,52 kVA;
- Motores de 2 CV a 2,70 kVA;
- Aparelhos de ar-condicionado tipo split com mais de 30.000 BTU/h = 3.076 VA cada.

No caso desses condicionadores de ar, deve-se aplicar os seguintes critérios:

- até 10 unidades, a demanda é 100% (soma os 10 aparelhos direto);
- de 11 a 20, a demanda é 75% (soma os 11 a 20 e multiplica por 0.75);
- de 21 a 30, a demanda é 70% (multiplica o somatório por 0.70) ;

e assim por diante, consulte os critérios da sua concessionária.

Cada localidade tem um perfil de consumo, e as concessionárias determinam o modelo de demanda a ser admitido nos projetos, sendo essencial consultar a concessionária local para determinar a potência do seu dimensionamento.

1º PASSO Cálculo da corrente da carga

O cálculo da corrente elétrica deve ser realizado com base no tipo de sistema adotado – monofásico, bifásico ou trifásico – pois cada um exige uma fórmula específica: monofásico e bifásico utilizam a mesma equação, enquanto o trifásico requer outra.

Essa distinção é crucial, já que a diferença entre os valores obtidos pode ser significativa, impactando diretamente todo o dimensionamento elétrico, cuja base fundamental é o valor correto da corrente da carga.

CORRENTE MONO/BIFÁSICA

$$Corrente = \frac{Pot\acute{e}ncia}{Tens\~ao}$$

Exemplo:

$$\frac{3500W}{220V} = 15,9A$$

CORRENTE TRIFÁSICA

$$Corrente = \frac{Pot\acute{e}ncia}{Tens\~ao \times \sqrt{3}}$$

Exemplo:

$$\frac{3500W}{220V \times \sqrt{3}} = \frac{3500W}{220V \times 1,73} = \frac{3500}{380,6} = 9,19A$$

2º PASSO Comprimento do circuito e a queda de tensão

Seção mínima para queda de tensão

2.1 Meça o percurso completo do circuito, considerando cada perna de cabo;

2.2 Estabeleça a queda de tensão máxima permitida;

2.3 Calcule a queda de tensão conforme o critério da seção mínima admissível;

SEÇÃO MÍNIMA PARA CIRCUITOS MONO/BIFASICOS

$$\bullet S = \frac{200 \times \rho \times (L \times I)}{\Delta V \times Vfn}$$

onde:

- ρ = resistividade do material condutor: cobre 1/56Ω.mm²/m;
- L = comprimento do circuito em metro;
- I = corrente total do circuito em A;
- ΔV = queda de tensão máxima admitida em projeto, em %;
- Vfn = tensão entre fase e neutro, em V.

SEÇÃO MÍNIMA PARA CIRCUITOS TRIFÁSICOS

$$\bullet S = \frac{100\sqrt{3} \times \rho \times (L \times I)}{\Delta V \times Vff}$$

onde:

- ρ = resistividade do material condutor: cobre 1/56Ω.mm²/m;
- L = comprimento do circuito em metro;
- I = corrente total do circuito em A;
- ΔV = queda de tensão máxima admitida em projeto, em %;
- Vff = tensão entre fases, em V.

3º PASSO Determine o tipo de isolamento dos cabos

Escolha o material isolante do cabo com base na viabilidade técnica da instalação, considerando que o isolante influencia diretamente nas dimensões e na capacidade de condução do condutor.

Cabos com isolação em PVC, por exemplo, apresentam maior diâmetro em comparação aos cabos com isolação em EPR ou XLPE com a mesma capacidade de condução de corrente, o que pode impactar na acomodação em infras.

A definição do isolante (PVC, EPR, XLPE) é responsabilidade do projetista e pode impactar diretamente na viabilidade da instalação.

Embora pareça trivial, essa escolha influencia o peso, o diâmetro e a flexibilidade dos cabos, afetando desde a condução até a logística da obra.

Por isso, é essencial o alinhamento entre projetista e equipe de obra para garantir soluções técnicas eficientes e executáveis.

NBR 5410 TABELA DE CABOS PVC

| Seções nominais mm ² | Métodos de referência indicados na tabela 33 | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------|--|------|------|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|
| | A1 | | A2 | | B1 | | B2 | | C | | D | |
| | Número de condutores carregados | | | | | | | | | | | |
| | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 |
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) | (9) | (10) | (11) | (12) | (13) |
| Cobre | | | | | | | | | | | | |
| 0,5 | 7 | 7 | 7 | 7 | 9 | 8 | 9 | 8 | 10 | 9 | 12 | 10 |
| 0,75 | 9 | 9 | 9 | 9 | 11 | 10 | 11 | 10 | 13 | 11 | 15 | 12 |
| 1 | 11 | 10 | 11 | 10 | 14 | 12 | 13 | 12 | 15 | 14 | 18 | 15 |
| 1,5 | 14,5 | 13,5 | 14 | 13 | 17,5 | 15,5 | 16,5 | 15 | 19,5 | 17,5 | 22 | 18 |
| 2,5 | 19,5 | 18 | 18,5 | 17,5 | 24 | 21 | 23 | 20 | 27 | 24 | 29 | 24 |
| 4 | 26 | 24 | 25 | 23 | 32 | 28 | 30 | 27 | 36 | 32 | 38 | 31 |
| 6 | 34 | 31 | 32 | 29 | 41 | 36 | 38 | 34 | 46 | 41 | 47 | 39 |
| 10 | 46 | 42 | 43 | 39 | 57 | 50 | 52 | 46 | 63 | 57 | 63 | 52 |
| 16 | 61 | 56 | 57 | 52 | 76 | 68 | 69 | 62 | 85 | 76 | 81 | 67 |
| 25 | 80 | 73 | 75 | 68 | 101 | 89 | 90 | 80 | 112 | 96 | 104 | 86 |
| 35 | 99 | 89 | 92 | 83 | 125 | 110 | 111 | 99 | 138 | 119 | 125 | 103 |
| 50 | 119 | 108 | 110 | 99 | 151 | 134 | 133 | 118 | 168 | 144 | 148 | 122 |

NBR 5410 TABELA DE CABOS EPR/XLPE

| Seções nominais mm ² | Métodos de referência indicados na tabela 33 | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------|--|-----|------|------|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|
| | A1 | | A2 | | B1 | | B2 | | C | | D | |
| | Número de condutores carregados | | | | | | | | | | | |
| | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 |
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) | (9) | (10) | (11) | (12) | (13) |
| Cobre | | | | | | | | | | | | |
| 0,5 | 10 | 9 | 10 | 9 | 12 | 10 | 11 | 10 | 12 | 11 | 14 | 12 |
| 0,75 | 12 | 11 | 12 | 11 | 15 | 13 | 15 | 13 | 16 | 14 | 18 | 15 |
| 1 | 15 | 13 | 14 | 13 | 18 | 16 | 17 | 15 | 19 | 17 | 21 | 17 |
| 1,5 | 19 | 17 | 18,5 | 16,5 | 23 | 20 | 22 | 19,5 | 24 | 22 | 26 | 22 |
| 2,5 | 26 | 23 | 25 | 22 | 31 | 28 | 30 | 26 | 33 | 30 | 34 | 29 |
| 4 | 35 | 31 | 33 | 30 | 42 | 37 | 40 | 35 | 45 | 40 | 44 | 37 |
| 6 | 45 | 40 | 42 | 38 | 54 | 48 | 51 | 44 | 58 | 52 | 56 | 46 |
| 10 | 61 | 54 | 57 | 51 | 75 | 66 | 69 | 60 | 80 | 71 | 73 | 61 |
| 16 | 81 | 73 | 76 | 68 | 100 | 88 | 91 | 80 | 107 | 96 | 95 | 79 |
| 25 | 106 | 95 | 99 | 89 | 133 | 117 | 119 | 105 | 138 | 119 | 121 | 101 |
| 35 | 131 | 117 | 121 | 109 | 164 | 144 | 146 | 128 | 171 | 147 | 146 | 122 |
| 50 | 158 | 141 | 145 | 130 | 198 | 175 | 175 | 154 | 209 | 179 | 173 | 144 |

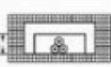
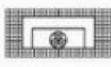
4º PASSO NBR 5410 - Ponderar Tabela 33

Cada tipo de instalação elétrica deve ser classificado conforme os modelos apresentados na Tabela 33 da norma, pois essa escolha será usada posteriormente para aplicar fatores de correção na capacidade de condução dos cabos.

O projetista deve analisar cuidadosamente as condições reais da instalação e selecionar o método que mais se assemelha ao ser executado em campo.

Por exemplo, para cabos instalados em eletrodutos embutidos na alvenaria, adota-se geralmente o Método nº 7 (B1). A consulta direta à norma é indispensável para a correta atribuição do modelo.

NBR 5410 TABELA 33 METODOS DE INSTALAÇÃO

| Método de instalação número | Esquema ilustrativo | Descrição | Método de referência(1) | Método de instalação número | Esquema ilustrativo | Descrição | Método de referência a utilizar para a capacidade de condução de corrente(1) |
|-----------------------------|--|---|-------------------------|-----------------------------|--|--|--|
| 1 |  Face interna | Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroducto de seção circular embutido em parede termicamente isolante (2) | A1 | 17 |  | Cabos unipolares ou cabo multipolar suspenso(s) por cabo de suporte, incorporado ou não | E (multipolares) F (unipolares) |
| 2 |  Face interna | Cabo multipolar em eletroducto de seção circular embutido em parede termicamente isolante(2) | A2 | 18 |  | Condutores nus ou isolados sobre isoladores | G |
| 3 |  | Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroducto aparente de seção circular sobre parede ou espaçado desta menos de 0,3 vez o diâmetro do eletroducto | B1 | 21 |  | Cabos unipolares ou cabos multipolares em espaço de construção(5), sejam eles lançados diretamente sobre a superfície do espaço de construção, sejam instalados em suportes ou condutos abertos (bandeja, prateleira, tela ou leito) dispostos no espaço de construção(5, 6) | $1,5 D_s \leq V < 5 D_s$ B2 $5D_s \leq V < 50 D_s$ B1 |
| 4 |  | Cabo multipolar em eletroducto aparente de seção circular sobre parede ou espaçado desta menos de 0,3 vez o diâmetro do eletroducto | B2 | 22 |  | Condutores isolados em eletroducto de seção circular em espaço de construção(5, 7) | $1,5 D_s \leq V < 5 D_s$ B2 $5D_s \geq 20 D_s$ B1 |
| 5 |  | Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroducto aparente de seção não circular sobre parede | B1 | 23 |  | Cabos unipolares ou cabo multipolar em eletroducto de seção circular em espaço de construção(5, 7) | B2 |
| 6 |  | Cabo multipolar em eletroducto aparente de seção não circular sobre parede | B2 | 24 |  | Condutores isolados em eletroducto de seção não circular ou eletrocálha em espaço de construção(5) | $1,5 D_s \leq V < 5 D_s$ B2 $5D_s \geq 20 D_s$ B1 |
| 7 |  | Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroducto de seção circular embutido em alvenaria | B1 | 25 |  | Cabos unipolares ou cabo multipolar em eletroducto de seção não circular ou eletrocálha em espaço de construção(5) | B2 |

5º PASSO NBR 5410 - Ponderar Tabela 40

A temperatura ambiente influencia diretamente a capacidade de condução dos cabos, sendo necessário aplicar os fatores de correção da Tabela 40 da NBR 5410.

Por exemplo, cabos com isolação em PVC conduzem mais corrente a 10 °C (aumento superior a 20%) e perdem até 50% da capacidade a 60 °C.

Assim, a escolha do tipo de isolante (como PVC, EPR ou XLPE) está diretamente relacionada às condições térmicas da instalação.

NBR 5410 TABELA 40 TEMPERATURA AMBIENTE

| Temperatura °C | Isolação | |
|-------------------|----------|-------------|
| | PVC | EPR ou XLPE |
| Ambiente | | |
| 10 | 1,22 | 1,15 |
| 15 | 1,17 | 1,12 |
| 20 | 1,12 | 1,08 |
| 25 | 1,06 | 1,04 |
| 35 | 0,94 | 0,96 |
| 40 | 0,87 | 0,91 |
| 45 | 0,79 | 0,87 |
| 50 | 0,71 | 0,82 |
| 55 | 0,61 | 0,76 |
| 60 | 0,50 | 0,71 |
| 65 | - | 0,65 |
| 70 | - | 0,58 |
| 75 | - | 0,50 |
| 80 | - | 0,41 |

NBR 5410 TABELA 40 TEMPERATURA SOLO

| Temperatura °C | Isolação | |
|-------------------|----------|-------------|
| | PVC | EPR ou XLPE |
| Do solo | | |
| 10 | 1,10 | 1,07 |
| 15 | 1,05 | 1,04 |
| 25 | 0,95 | 0,96 |
| 30 | 0,89 | 0,93 |
| 35 | 0,84 | 0,89 |
| 40 | 0,77 | 0,85 |
| 45 | 0,71 | 0,80 |
| 50 | 0,63 | 0,76 |
| 55 | 0,55 | 0,71 |
| 60 | 0,45 | 0,65 |
| 65 | - | 0,60 |
| 70 | - | 0,53 |
| 75 | - | 0,46 |
| 80 | - | 0,38 |

6º PASSO NBR 5410 - Ponderar Tabela 42

O agrupamento de circuitos em uma mesma infraestrutura reduz significativamente a capacidade de condução dos cabos, exigindo a aplicação dos fatores de correção da Tabela 42 da NBR 5410.

Por exemplo, em métodos de instalação entre A e F com 8 circuitos agrupados, a capacidade pode cair em até 48%, reduzindo um cabo de 28 A para apenas 14,5 A.

Cada circuito corresponde ao conjunto de cabos carregados (fase, terra e, se houver, neutro). Se forem utilizadas múltiplas vias por fase, deve-se considerar mais de um circuito no agrupamento, a menos que os cabos sejam separados entre si por no mínimo duas vezes o seu diâmetro externo.

Quando houver cabos bipolares e tripolares juntos, o agrupamento deve considerar o número total de cabos.

Para mitigar esse impacto, a melhor prática é separar as fases em cores distintas e distribuí-las em infraestruturas isoladas, permitindo contabilizar o agrupamento com base em circuitos e não na quantidade total de condutores.

NBR 5410 FATOR DE AGRUPAMENTO TABELA 42

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

NOTAS

- 1 Esse fatores são aplicáveis a grupos homogêneos de cabos, uniformemente carregados.
- 2 Quando a distância horizontal entre cabos adjacentes for superior ao dobro de seu diâmetro externo, não é necessário aplicar nenhum fator de redução.
- 3 O número de circuitos ou de cabos com o qual se consulta a tabela refere-se
 - à quantidade de grupos de dois ou três condutores isolados ou cabos unipolares, cada grupo constituindo um circuito (supondo-se um só condutor por fase, isto é, sem condutores em paralelo), e/ou
 - à quantidade de cabos multipolares
 - que compõe o agrupamento, qualquer que seja essa composição (só condutores isolados, só cabos unipolares, só cabos multipolares ou qualquer combinação).
- 4 Se o agrupamento for constituído, ao mesmo tempo, de cabos bipolares e tripolares, deve-se considerar o número total de cabos como sendo o número de circuitos e, de posse do fator de agrupamento resultante, a determinação das capacidades de condução de corrente, nas tabelas 36 a 39, deve ser então efetuada:
 - na coluna de dois condutores carregados, para os cabos bipolares; e
 - na coluna de três condutores carregados, para os cabos tripolares.
- 5 Um agrupamento com N condutores isolados, ou N cabos unipolares, pode ser considerado composto tanto de $N/2$ circuitos com dois condutores carregados quanto de $N/3$ circuitos com três condutores carregados.
- 6 Os valores indicados são médios para a faixa usual de seções nominais, com dispersão geralmente inferior a 5%.

7º PASSO Cálculo do fator de correção total

Para calcular a corrente corrigida de uma instalação elétrica, é necessário aplicar os fatores de correção, conforme as condições levantadas para o circuito.

Os fatores se acumulam à cada ponderação, e por fim será gerado um fator final que será aplicado na corrente calculada.

A seguir, vamos ilustrar uma instalação bifásica com carga de 7500 W (como um chuveiro elétrico, por exemplo)

Corrente MONO/Bifásica (ver equação passo 1)

$$7500 \text{ W} / 220 \text{ V} = 34\text{A}$$

Considerando cabo de PVC 70 °C em duto, sob o método B1 com 4 circuitos agrupados e temperatura ambiente de 43°C, aplica-se os fatores:

* Correção por temperatura $F_{c1} = 0,87$ (PVC 43°C, ver tabela 40 - passo 5)

* Agrupamento $F_{c2} = 0,65$ (4 circuitos + Método B1, ver tabela 42 - passo 6)

resultando em um fator total de 0,5655.

A corrente corrigida é então $34 \text{ A} \div 0,5655 = 61,89 \text{ A}$

Valor que deve ser usado para localizar o cabo na tabela 36 (PVC), conforme a modelo a seguir:

NBR 5410 TABELA DE CABOS EM PVC (Encontrar cabo pvc que suporte 61,89A)

| Seções nominais mm ² | Métodos de referência indicados na tabela 33 | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------|--|------|------|------|------|---------------------------------|------|-----|------|------|------|------|------|--|--|--|--|
| | A1 | | A2 | | B1 | | B2 | | C | | D | | | | | | |
| | 2 | | 3 | | 2 | | 3 | | 2 | | 3 | | | | | | |
| | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) | (9) | (10) | (11) | (12) | (13) | | | | |
| | | | | | | Número de condutores carregados | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | Cobre | | | | | | | | | | | |
| 0,5 | 7 | 7 | 7 | 7 | 9 | 8 | 9 | 8 | 10 | 9 | 12 | 10 | | | | | |
| 0,75 | 9 | 9 | 9 | 9 | 11 | 10 | 11 | 10 | 13 | 11 | 15 | 12 | | | | | |
| 1 | 11 | 10 | 11 | 10 | 14 | 12 | 13 | 12 | 15 | 14 | 18 | 15 | | | | | |
| 1,5 | 14,5 | 13,5 | 14 | 13 | 17,5 | 15,5 | 16,5 | 15 | 19,5 | 17,5 | 22 | 18 | | | | | |
| 2,5 | 19,5 | 18 | 18,5 | 17,5 | 24 | 21 | 23 | 20 | 27 | 24 | 29 | 24 | | | | | |
| 4 | 26 | 24 | 25 | 23 | 32 | 28 | 30 | 27 | 36 | 32 | 38 | 31 | | | | | |
| 6 | 34 | 31 | 32 | 29 | 41 | 36 | 38 | 34 | 46 | 41 | 47 | 39 | | | | | |
| 10 | 46 | 42 | 43 | 39 | 57 | 50 | 52 | 46 | 63 | 57 | 63 | 52 | | | | | |
| 16 | 61 | 56 | 57 | 52 | 76 | 68 | 69 | 62 | 85 | 76 | 81 | 67 | | | | | |
| 25 | 80 | 73 | 75 | 68 | 101 | 89 | 90 | 80 | 112 | 96 | 104 | 86 | | | | | |
| 35 | 99 | 89 | 92 | 83 | 125 | 110 | 111 | 99 | 138 | 119 | 125 | 103 | | | | | |

8º PASSO Determinar dispositivos de interrupção de falhas

No dimensionamento dos dispositivos de interrupção de falhas, como disjuntores, é essencial considerar não apenas a corrente nominal do circuito, mas também características como a curva de disparo, a capacidade de interrupção de curto-circuito e o tempo de resposta à falha.

A curva de disparo define a sensibilidade do disjuntor às correntes de partida, sendo escolhida conforme o tipo de carga:

- * Curva B para cargas resistivas (3 a 5 vezes a corrente nominal);
- * Curva C para cargas mistas (5 a 10 vezes);
- * Curva D para cargas fortemente indutivas (10 a 20 vezes);
- * Curva K para cargas motóricas (10 a 15 vezes);
- * Curva Z para cargas eletrônicas sensíveis (2 a 3 vezes).

A seleção correta evita desligamentos indevidos em partidas normais e garante a proteção contra falhas reais, sendo fundamental observar com rigor o tipo de carga para evitar danos, principalmente em equipamentos eletrônicos onde há baixa tolerância a sobrecorrentes.

A proteção de cargas eletrônicas deve garantir resposta extremamente rápida contra falhas.

- FATOR K ATRIBUIDO AOS CONDUTORES

Imagine que, em um curto-circuito (corrente muito forte) passa pelo fio elétrico, o que faz ele esquentar rapidamente.

A constante $K^2 \cdot S^2$, representa a quantidade de energia que o fio consegue aguentar sem derreter nesse momento crítico.

K é um número que já considera o tipo de material do fio (como cobre ou alumínio) e o tipo de isolamento (como PVC ou EPR/XLPE), e você encontra esse valor em na tabela a seguir (Tabela 30 da NBR 5410);

S é a Seção do fio, ou seja, o "tamanho da bitola", em milímetros quadrados;

Quanto maior o valor de S , mais energia o fio suporta antes de atingir uma temperatura perigosa.

É como se fosse o "limite de calor" que ele aguenta sem se danificar, assumindo que esse aquecimento acontece muito rápido e sem tempo para o calor escapar.

| Material do condutor | Isolação do condutor | | | | | |
|---|-------------------------|-------|----------------------|-------------|---------|-------|
| | PVC | | | EPR/XLPE | | |
| | $\leq 300 \text{ mm}^2$ | | $> 300 \text{ mm}^2$ | Temperatura | | |
| | Inicial | Final | Inicial | Final | Inicial | Final |
| Cobre | 115 | | 103 | | 143 | |
| Alumínio | 76 | | 68 | | 94 | |
| Emendas soldadas em condutores de cobre | 115 | | - | | - | |

Para garantir a integridade do cabo em situações de curto-circuito, é necessário verificar se o tempo de disparo do disjuntor está dentro do limite térmico suportado pela seção nominal do condutor.

Esse limite é calculado por meio da fórmula:

Onde

K é um fator específico do material e isolamento (ex. 115 para 16mm^2 cobre com isolamento PVC),

S é a seção do cabo em mm^2 e

I é a corrente de curto-circuito em ampères.

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

No exemplo com cabo de cobre 16 mm² e corrente de curto de 2 kA, o tempo máximo suportado é de 0,84 s.

Disjuntores comerciais geralmente atuam em até 0,3s nessas condições.

Sempre consulte os dados do fabricante.

$$t = \frac{115^2 \times 16^2}{2000^2} = 0,84 \text{ s}$$

SOBRE A CORRENTE NOMINAL DO DISJUNTOR, deve estar entre a corrente nominal da carga (calculada no passo 1) e a capacidade máxima de condução de corrente do cabo (obtida no passo 7, na tabela 36).

Revisão:

- * corrente no PASSO 1 = 34A
- * corrente para localizar o cabo PASSO 7 = 34/0,5556 = 61,19A
- * cabo selecionado para bifasico metodo B1 = 16mm² 76A (reveja passo 7)
- * corrente corrigida do cabo localizado no PASSO 7 = 76A x 0,5556 = 42,26A (capacidade de condução corrigida)

Disjuntor deve estar entre 34A e 42,26A = Disjuntor 40A.

$$I_B \leq I_n \leq I_z$$

Onde:

I_B é a corrente de projeto do circuito;

I_z é a capacidade de condução de corrente dos condutores, nas condições previstas para sua instalação (ver 6.2.5);

I_n é a corrente nominal do dispositivo de proteção (ou corrente de ajuste, para dispositivos ajustáveis), nas condições previstas para sua instalação;

9º PASSO Seção mínima para atender à queda de tensão
Limites máximos de queda de tensão (NBR 5410 – item 6.2.7.1):

7%: A partir dos terminais secundários do transformador MT/BT do consumidor.

7%: A partir dos terminais secundários do transformador MT/BT da concessionária, quando o ponto de entrega for aí.

5%: A partir do ponto de entrega, nos demais casos (alimentação pela rede secundária de distribuição).

7%: A partir da saída do gerador próprio (grupo gerador).

Regras adicionais:

Circuitos terminais: A queda de tensão não pode ultrapassar 4% (item 6.2.7.2).

Linhas principais > 100 m: Pode-se acrescentar 0,005% por metro excedente, limitado a 0,5% (nota 3).

Equipamentos com partida de corrente elevada: Permite-se queda maior que os limites acima, durante a partida, desde que dentro das normas específicas (item 6.2.7.3).

Cálculo da queda de tensão: Deve usar a corrente de projeto do circuito, incluindo harmônicas (item 6.2.7.4).

O cálculo da seção mínima tem por finalidade conferir se o cabo que foi definido no passo 7, terá uma queda de tensão dentro do "estabelecido em projeto".

Com base nas etapas anteriores - corrente da carga, comprimento do circuito, material e tipo de condutor - determinamos a seção mínima necessária para que a queda de tensão não ultrapasse um limite estabelecido à 4% (item 6.2.7.2 - circuito terminal - ver regras adicionais).

onde:

- 200: Constante (ver passo 2)
- 0,017: Constante (condutividade do cobre)
- 20: Tamanho do circuito (passo 7)
- 34: Corrente da carga (passo 7)
- 4%: Definido pelo item 6.2.7.2
- 220V: Tensão de alimentação

$$S = \frac{200 \times 0,017 \times (20 \times 34)}{4\% \times 220V} = 2,62\text{mm}^2$$

A seção mínima seria menos de 4mm² (2.62mm²),
O cabo de 16mm² atenderá ao critério.

10º PASSO Condutores NEUTRO e PROTEÇÃO

A seleção dos condutores neutro e terra (proteção), são feitos em função do que ficar definido no dimensionamento dos condutores da fase. Primeiro chegamos na seção nominal do condutor fase, e a partir disso dimensionamos os condutores neutro e proteção.

CONDUTOR NEUTRO

Neutro: critério de redução

- Seção da FASE até 25mm²: Neutro = Fase;
- Seção da FASE de 35 e 50mm²: Neutro = 25mm²;
- Seção da FASE acima de 50 = Fase/2.

Não pode reduzir o neutro em circuito monofásico;

Quando reduzido, o condutor neutro deve ser protegido contra sobrecorrentes.

Para utilizar o critério de redução do neutro em circuitos trifásicos a instalação deve estar devidamente balanceada e livre de distorções harmônicas, isto é, taxa da terceira harmônica e seus múltiplos abaixo de 15%, a seção do neutro pode ser quase o dobro da fase, em alguns senários.

Tabela F.1 — Fator f_h para a determinação da corrente de neutro

| Taxa de terceira harmônica | f_h | |
|----------------------------|------------------------------|---------------------------------|
| | Círculo trifásico com neutro | Círculo 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 |

Na presença de harmônicas a seção nominal do neutro pode sobrepor até 73%, aos cabos da fase – Consulte o Anexo F da norma.

CONDUTOR DE ATERRAMENTO (PROTEÇÃO)

Proteção: critério de redução

- Seção da FASE até 16mm²: Neutro = Fase;
- Seção da FASE de 25 e 35mm²: Neutro = 16mm²;
- Seção da FASE acima de 35 = Fase/2.

Considerações acerca da utilização da proteção

- Cabos de proteção podem ser comuns à múltiplos circuitos, neutro não;
- Toda massa metálica deve ser conectada à proteção;
- Uma vez separado os condutores Neutro e Terra, a partir de um sistema TN-C-S, não poderá ser novamente reunido.

ANEXO - CÁLCULO DE CURTO CIRCUITO

O cálculo da corrente de curto-círcito em um projeto elétrico requer informações do transformador fornecidas pela concessionária, especialmente sua corrente de curto-círcito nos bornes e sua potência nominal.

Com esses dados, o projetista pode estimar a corrente de curto em diferentes pontos da instalação proporcionalmente à carga conectada.

Por exemplo, se um transformador de 300 kVA possui corrente de curto de 11 kA, uma carga de 30 kVA (que representa 10% da potência do transformador) terá, na mesma proporção, uma corrente de curto estimada em 1,1 kA.

Essa abordagem simplificada é útil para dimensionamentos preliminares e verificação da atuação de dispositivos de proteção.

Curto circuito entre os BORNES DO TRANSFORMADOR

$$I_{cc} = \frac{In}{z\%}$$

I_{cc} = Corrente de curto-círcito (A)

$z\%$ = Impedância percentual do transformador

In = Corrente nominal calculada

Impedância é como uma “resistência total” que dificulta a passagem da corrente elétrica, mas vai além da resistência comum: ela também considera os efeitos dos campos magnéticos (indutância) e elétricos (capacitância).

Impedância = $XL+XC+R$ (somatório vetorial)

No caso de um curto-círcito direto nos bornes do transformador, a corrente será limitada principalmente pela impedância interna do próprio transformador – especialmente pela reatância indutiva dos seus enrolamentos, cujo valor está indicado na placa do equipamento.

Já se o curto ocorrer, por exemplo, a 100 m de distância, nos cabos, a resistência desses condutores se soma à impedância total, reduzindo a corrente de curto.

Por isso, o ponto onde o curto acontece influencia diretamente no valor da corrente envolvida.

CURTO CIRCUITO NA PONTA DO CABO (em diferentes pontos da rede)

Se fechamos um curto entre os bornes do transformador, a corrente de curto será "UMA"

Se fechamos um curto entre as pontas do cabo secundário, a corrente de curto será "OUTRA"

A corrente de curto, que o disjuntor realmente terá que suportar será a corrente de curto na ponta do cabo, que será sempre menor que a corrente de curto nos bornes.

Considere as seguintes variáveis:

I_k Corrente de curto-círcuito no ponto final do circuito (A)

I_{K0} Corrente de curto no BORNE DO TRAFO

cos(ϕK0) Fator de potência (cosseno ϕ) no ponto de I_{K0} (relaciona corrente e tensão)

L Comprimento do circuito (em metros)

S Seção dos condutores fase (em mm²)

s Seção do condutor de proteção (PE), se diferente da fase (em mm²)

Para fins de ilustração, vamos resolver para cada caso uma instalação com as seguintes características:

condutor fase = proteção = 150mm²

corrente de curto circuito (bornes do transformador) = 11kA

fator de potência atribuído ao curto circuito do transformador = 0.3

tamanho do circuito = 100m

Círculo Trifásico – 220V / 380V

$$I_k = \frac{22}{\sqrt{\frac{484}{I_{K0}^2} + \frac{100 \cdot \cos(\phi K_0) \cdot L}{I_{K0} \cdot s} + \frac{5L^2}{S^2}}}$$

$$I_k = \frac{22}{\sqrt{\frac{484}{(11000)^2} + \frac{100 \cdot 0,3 \cdot 100}{11000 \cdot 150} + \frac{5 \cdot 100^2}{150^2}}}$$

$$I_k = \frac{22}{\sqrt{\frac{484}{121000000} + \frac{3000}{1650000} + \frac{50000}{22500}}}$$

$$I_k = \frac{22}{\sqrt{0,000004 + 0,001818 + 2,222}}$$

$$I_k = \frac{22}{\sqrt{2,223822}} = \frac{22}{1,490} \approx \boxed{14,76 \text{ kA}}$$

Circuito Trifásico – 127V / 220V

$$Ik = \frac{12,7}{\sqrt{\frac{162}{IK0^2} + \frac{57 \cdot \cos(\phi K0) \cdot L}{IK0 \cdot s} + \frac{5L^2}{S^2}}}$$

$$Ik = \frac{12,7}{\sqrt{\frac{162}{121000000} + \frac{57 \cdot 0,3 \cdot 100}{11000 \cdot 150} + \frac{50000}{22500}}}$$

$$Ik = \frac{12,7}{\sqrt{0,00000134 + 0,001036 + 2,222}} = \frac{12,7}{\sqrt{2,223037}} = \frac{12,7}{1,49098}$$

$$Ik \approx [8,52 \text{ kA}]$$

Circuito Monofásico – 220V

$$Ik = \frac{22}{\sqrt{\frac{484}{IK0^2} + \frac{100 \cdot \cos(\phi K0) \cdot L}{IK0 \cdot s} + \frac{20L^2}{S^2}}}$$

$$Ik = \frac{22}{\sqrt{\frac{484}{121000000} + \frac{3000}{1650000} + \frac{200000}{22500}}}$$

$$Ik = \frac{22}{\sqrt{0,000004 + 0,001818 + 8,888}} = \frac{22}{\sqrt{8,889822}} = \frac{22}{2,9816}$$

$$Ik \approx [7,38 \text{ kA}]$$

Circuito Monofásico – 127V

$$Ik = \frac{12,7}{\sqrt{\frac{162}{IK0^2} + \frac{57 \cdot \cos(\phi K0) \cdot L}{IK0 \cdot s} + \frac{20L^2}{S^2}}}$$

$$Ik = \frac{12,7}{\sqrt{\frac{162}{121000000} + \frac{1710}{1650000} + \frac{200000}{22500}}}$$

$$Ik = \frac{12,7}{\sqrt{0,00000134 + 0,001036 + 8,888}} = \frac{12,7}{\sqrt{8,889037}} = \frac{12,7}{2,9814}$$

$$Ik \approx [4,26 \text{ kA}]$$