

Sumário

7.1	Introdução	5
7.1.1	Cálculo da Corrente Consumida nos Circuitos de Nossa Residência	7
7.2	Aquecimento dos Condutores	7
7.3	Dimensionamento dos Condutores Fase	10
7.3.1	Critério da Capacidade de Corrente	10
7.3.2	Aplicação do Critério da Capacidade de Corrente à Nossa Residência	18
7.3.3	Critério da Seção Nominal Mínima.	21
7.3.4	Critério da Queda de Tensão	22
7.3.5	Aplicação do Critério da Queda de Tensão à Nossa Residência	28
7.4	Escolha do Condutor Neutro	39
7.5	Recapitulação	41

Página intencionalmente em branco

7.1 Introdução

Condutores elétricos mal dimensionados geram aquecimento, o que degrada a isolamento e acarreta, em consequência, fuga de corrente e curto-circuitos.

Esta lição trata, portanto, de uma das etapas mais importantes do projeto, pois será aqui que as seções nominais mínimas dos condutores dos circuitos de distribuição e terminais de nossa residência começarão a ser especificadas.

Para isto, o primeiro passo consiste em determinar a corrente que tais circuitos consomem em regime contínuo de funcionamento.

Na lição 2, através das expressões 2.9 a 2.11, para circuitos alternados, e 2.12, para os contínuos, vimos como fazer esta determinação.

Agora, para facilitar, apresentamos essas expressões reescritas, de tal forma que possam ser aplicadas diretamente ao cálculo da corrente procurada.

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

Notas:

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

		Circuitos Contínuos Corrente Consumida	7.2
Potência Ativa	a	$I = \frac{P}{U_{CC}}$	
	b	$I = \frac{P'}{U_{CC} \cdot \eta}$	
Potência Aparente	c	$I = \frac{S}{U_{CC}}$	
Notas: 1) U_{CC} é a tensão entre os terminais positivo e negativo do sistema; 2) a expressão (b) é válida para cargas motoras, para as quais, normalmente, tem-se disponível a potência fornecida (P'), veja a expressão 2.14; 3) veja as notas (4) e (5) da expressão 7.1.			

Tabela 7.1
Fator de Potência e Rendimento: Valores Típicos

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

7.1.1

Cálculo da Corrente Consumida nos Circuitos de Nossa Residência

O quadro de distribuição de cargas, apresentado pela primeira vez na tabela 5.1, contém os valores das tensões e das potências aparentes para os diversos circuitos de nossa residência. Com estes dados, para calcular a corrente consumida, basta apenas aplicar:

- a expressão 7.1.g aos circuitos alimentados com fase e neutro, que são os de iluminação e das TUG's;
- a expressão 7.1.h aos circuitos alimentados com duas fases, que são os das TUE's e o de distribuição;

ou seja:

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

Para atualizar o Quadro de Distribuição de Cargas, é só levar estes valores para a sua coluna “Corrente Calculada”, como o fizemos na tabela 7.2.

7.2 Aquecimento dos Condutores

A dissipação do calor gerado pela passagem de corrente nos condutores (Efeito Joule) depende dos materiais com os quais são construídos e do meio em que se encontram instalados — em funcionamento normal, a temperatura dos condutores não deve ultrapassar a de regime permanente (veja o item 6.2.3).

Em função de sua capacidade de condução de corrente, a temperatura dos condutores, ao serem percorridos por uma corrente de intensidade I , é fornecida pela expressão:

Temperatura dos Condutores 7.3

$$\theta_R = \theta_A + \left[(\theta_Z - \theta_A) \cdot \left(\frac{I}{I_Z} \right)^2 \right]$$

onde:

θ_R = temperatura do condutor em regime de funcionamento, em [C°];

θ_A = temperatura ambiente, em [C°];

θ_Z = temperatura de regime permanente para o condutor (veja o item 6.2.3), em [C°];

I = corrente que percorre o condutor, em [A];

I_Z = capacidade de condução de corrente, ou seja, a corrente máxima que pode percorrer o condutor sem ultrapassar θ_Z (veja as tabelas 7.7 a 7.10), em [A].

Tabela 7.2
Quadro de Distribuição de Cargas

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

Em condições de funcionamento nas quais a temperatura θ_z não é excedida, estima-se que a vida útil dos condutores gire em torno de 20 anos.

Estima-se ainda que, para cada 5°C acima de θ_z , haja uma redução de 50% da vida útil.

Para mostrar o enorme impacto que isto tem na prática, observe o que acontece em virtude do aumento de temperatura causado pela variação de apenas 5 ampère na corrente que percorre três condutores.

■ Sejam três condutores de cobre, com isolamento de PVC e seção nominal de 4mm², que fazem parte de um circuito trifásico instalado à temperatura ambiente de 30°C, percorridos por uma corrente de 25A e, depois, por outra de 30A.

– para as duas situações:

$\theta_A = 30\text{ °C}$ pelas condições enunciadas;

$\theta_z = 70\text{ °C}$ pelo item 6.2.3;

$I_z = 28\text{ A}$ pela tabela 7.7;

– ao serem percorridos por 25A, pela expressão 7.3, a temperatura de funcionamento seria:

$$\theta_R = 30 + \left[(70 - 30) \cdot \left(\frac{25}{28} \right)^2 \right] = 61,9\text{ °C}$$

menor, portanto, que $\theta_z = 70\text{ °C}$;

– ao serem percorridos por 30A, pela expressão 7.3, a temperatura de funcionamento seria:

$$\theta_R = 30 + \left[(70 - 30) \cdot \left(\frac{30}{28} \right)^2 \right] = 75,9\text{ °C}$$

maior, portanto, que $\theta_z = 70\text{ °C}$.

■ Conclusões:

– nas duas situações, a vida útil estimada dos condutores seria:

$\theta_R = 61,9\text{ °C}$ 20 anos

$\theta_R = 75,9\text{ °C} \rightarrow 20 \times 0,50 [5 / (75,9 - 70)]$. . 8,47 anos

– para um aumento de 5A na corrente dos condutores (o que não é grande coisa), a vida útil é reduzida a menos da metade.

– portanto, a todo custo, não se deve permitir que a temperatura de funcionamento dos condutores excedam a do limite de regime permanente, pois o risco não compensa!

7.3 Dimensionamento dos Condutores Fase

7.3.1 Critério da Capacidade de Corrente

Atenção

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

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

Para as instalações elétricas de baixa tensão, o dimensionamento dos condutores é essencialmente uma questão térmica — trata-se de, para cada circuito, fixar a seção nominal padronizada mínima dos condutores de forma que não ocorra superaquecimento.

Isto é feito através de quatro critérios, que devem ser atendidos simultaneamente. São eles:

- **capacidade de corrente;**
- **seção nominal mínima;**
- **queda de tensão;**
- **sobrecarga.**

Nesta lição, apenas os três primeiros serão considerados (o referente à sobrecarga será visto na lição 9, ao estudarmos o dimensionamento dos dispositivos de proteção).

Na verdade, dimensiona-se apenas os condutores fase, já que a seção nominal dos condutores neutro e de proteção são escolhidas a partir destes.

Cada um dos quatro critérios fornecerá uma determinada seção nominal para os condutores. Adota-se a maior delas, que é chamada de **seção técnica**.

Passo 1 — Escolhe-se o tipo de isolamento dos condutores, pois, como vimos no item 6.2.3, é a isolamento quem estabelece as temperaturas de regime permanente, de sobrecarga e de curto-circuito.

Passo 2 — Determina-se, como mostrado na tabela 7.3, a quantidade de condutores carregados, que são aqueles efetivamente percorridos por corrente, ou seja, os condutores fase e neutro (os de proteção não são considerados).

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

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

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

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

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

onde:

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

FCT = fator de correção de temperatura, adimensional;

FCA = fator de correção de agrupamento, adimensional.

Passo 7 — Com os dados determinados nos passos 1 a 6, uma das tabelas 7.7 a 7.10 fornecerá a seção nominal mínima relativa ao critério da capacidade de corrente.

Tabela 7.3 Quantidade de Condutores Carregados		
Circuito	Quantidade de Condutores Carregados	Exemplo
Monofásicos a 2 Fios (Fase-Fase ou Fase-Neutro)	2	– Circuitos de distribuição (alimentadores de quadros monofásicos); – Circuitos terminais (iluminação, TUG's, TUE's).
Monofásicos a 3 Fios (2 Fases + Neutro)	3	– Circuitos alimentadores derivados de transformadores monofásicos com derivação central no secundário.
Bifásico a 3 Fios (2 Fases + Neutro)	3	– Circuitos de distribuição (alimentadores de quadros bifásicos).
3 Fases	3	– Circuitos terminais para motores trifásicos.
3 Fases + Neutro ^(a) (equilibrado)	3	– Circuitos de distribuição (alimentadores de quadros trifásicos).
3 Fases + Neutro ^(b) (desequilibrado ou alimentando lâmpadas fluorescentes)	4 (consideram-se 2 circuitos, cada um com 2 condutores carregados)	
Notas: (a): circuito equilibrado é aquele em que a distribuição de cargas entre as fases é a mesma; (b): circuito desequilibrado é aquele em que a distribuição de cargas entre as fases é desigual.		

Tabela 7.4
Codificação dos Métodos de Instalação de Condutores

Método de Instalação	Condutor Isolado	Cabo Unipolar	Cabo Multipolar
Afastado da parede ou suspenso por cabo de suporte ^(b)	(a)	F	E
Bandejas não perfuradas ou prateleiras	(a)	C	C
Bandejas perfuradas (horizontal ou vertical)	(a)	F	E
Canaleta fechada no piso, solo ou parede	B1	B1	B2
Canaleta ventilada no piso ou solo	(a)	B1	B1
Diretamente em espaço de construção ^(c) : $1,5 De \leq V < 5 De$	(a)	B2	B2
Diretamente em espaço de construção ^(c) : $5 De \leq V \leq 50 De$	(a)	B1	B1
Diretamente enterrado	(a)	D	D
Eletrocalha	B1	B1	B2
Eletroduto aparente	B1	B1	B2
Eletroduto de seção não circular embutido em alvenaria	(a)	B2	B2
Eletroduto de seção não circular embutido em alvenaria ^(c) : $1,5 De \leq V < 5 De$	B2	(a)	(a)
Eletroduto de seção não circular embutido em alvenaria ^(c) : $5 De \leq V \leq 50 De$	B1	(a)	(a)
Eletroduto em canaleta fechada ^(c) : $1,5 De \leq V < 20 De$	B2	B2	(a)
Eletroduto em canaleta fechada ^(c) : $V \geq 20 De$	B1	B1	(a)
Eletroduto em canaleta ventilada no piso ou solo	B1	(a)	(a)
Eletroduto em espaço de construção	(a)	B2	B2
Eletroduto em espaço de construção ^(c) : $1,5 De \leq V < 20 De$	B2	(a)	(a)
Eletroduto em espaço de construção ^(c) : $V \geq 20 De$	B1	(a)	(a)
Eletroduto embutido em alvenaria	B1	B1	B2
Eletroduto embutido em caixilho de porta ou janela	A1	(a)	(a)
Eletroduto embutido em parede isolante	A1	A1	A1
Eletroduto enterrado no solo ou canaleta não ventilada no solo	(a)	D	D
Embutimento direto em alvenaria	(a)	C	C
Embutimento direto em caixilho de porta ou janela	(a)	A1	A1
Embutimento direto em parede isolante	(a)	(a)	A1
Fixação direta em parede ou teto ^(d)	(a)	C	C
Forro falso ou piso elevado ^(c) : $1,5 De \leq V < 5 De$	(a)	B2	B2
Forro falso ou piso elevado ^(c) : $5 De \leq V \leq 50 De$	(a)	B1	B1
Leitos, suportes horizontais ou telas	(a)	F	E
Moldura	A1	A1	(a)
Sobre isoladores	G	(a)	(a)

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

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

Item	Disposição dos Cabos Justapostos	Número de Circuitos ou de Cabos Multipolares											Método de Instalação	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	16		20
1	Feixe de cabos ao ar livre ou sobre superfície; cabos em condutos fechados	1,00	0,80	0,70	0,65	0,60	0,57	0,54	0,52	0,50	0,45	0,41	0,38	A a F
2	Camada única sobre parede, piso ou em bandeja não perfurada ou prateleira	1,00	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72	0,72	0,71	0,70	Nenhum fator de correção adicional para mais de 9 circuitos ou cabos multipolares			C
3	Camada única no teto	0,95	0,81	0,72	0,68	0,66	0,64	0,63	0,62	0,61				
4	Camada única em bandeja perfurada, horizontal ou vertical	1,00	0,88	0,82	0,77	0,75	0,73	0,73	0,72	0,72				
5	Camada única em leito ou suporte	1,00	0,87	0,82	0,80	0,80	0,79	0,79	0,78	0,78				E F G

Notas:

- fatores aplicáveis a grupos de cabos uniformemente carregados;
- quando a distância horizontal entre cabos adjacentes for superior ao dobro de seu diâmetro externo, não é necessário aplicar nenhum fator de correção;
- os mesmos fatores de correção são aplicáveis a:
 - grupos de 2 ou 3 condutores isolados ou cabos unipolares;
 - cabos multipolares;
- se um agrupamento é constituído tanto de cabos bipolares como de cabos tripolares, o número total de cabos é tomado igual ao número de circuitos e o fator de correção correspondente é aplicado às tabelas de 3 condutores carregados para cabos tripolares (tabelas 7.7 a 7.10);
- se um agrupamento consiste de n condutores isolados ou cabos unipolares, pode-se considerar tanto $n/2$ circuitos com 2 condutores carregados como $n/3$ circuitos com 3 condutores carregados;
- os valores indicados são médios para a faixa usual de seções nominais, com precisão de 5%;
- os fatores de correção dos itens 4 e 5 são genéricos e podem não atender a situações específicas.

Tabela 7.7
Capacidade de Condução de Corrente [A] em Baixa Tensão (adaptada da NBR 5410)

Fios e Cabos Isolados, Uni e Multipolares		Temperatura em Regime Permanente no Condutor: 70 °C										
Material do Condutor: Cobre		Temperatura Ambiente (fios e cabos não enterrados): 30 °C										
Material da Isolação: PVC		Temperatura do Solo (fios e cabos enterrados): 20 °C										
Seção Nominal [mm ²]	Códigos dos Métodos de Instalação ^(a) e Quantidade de Condutores Carregados											
	A1		A2		B1		B2		C		D	
	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
0,5	7	7	7	7	9	8	9	8	10	9	12	10
0,75	9	9	9	9	11	10	11	10	13	11	15	12
1	11	10	11	10	14	12	13	12	15	14	18	15
1,5	14,5	13,5	14	13	17,5	15,5	16,5	15	19,5	17,5	22	18
2,5	19,5	18	18,5	17,5	24	21	23	20	27	24	29	24
4	26	24	25	23	32	28	30	27	36	32	38	31
6	34	31	32	29	41	36	38	34	46	41	47	39
10	46	42	43	39	57	50	52	46	63	57	63	52
16	61	56	57	52	76	68	69	62	85	76	81	67
25	80	73	75	68	101	89	90	80	112	96	104	86
35	99	89	92	83	125	110	111	99	138	119	125	103
50	119	108	110	99	151	134	133	118	168	144	148	122
70	151	136	139	125	192	171	168	149	213	184	183	151
95	182	164	167	150	232	207	201	179	258	223	216	179
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
300	367	328	334	298	477	426	401	358	530	464	408	336
400	438	390	398	355	571	510	477	425	634	557	478	394
500	502	447	456	406	656	587	545	486	729	642	540	445
630	578	514	526	467	758	678	626	559	843	743	614	506
800	669	593	609	540	881	788	723	645	978	865	700	577
1000	767	679	698	618	1012	906	827	738	1125	996	792	652

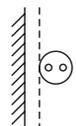
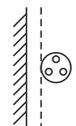
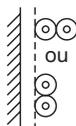
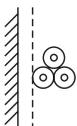
Nota (a): para o significado dos códigos pelos quais os métodos de instalação estão referidos, veja a tabela 7.4.

Tabela 7.8
Capacidade de Condução de Corrente [A] em Baixa Tensão (adaptada da NBR 5410)

Cabos Isolados, Uni e Multipolares		Temperatura em Regime Permanente no Condutor: 90 °C										
Material do Condutor: Cobre		Temperatura Ambiente (cabos não enterrados): 30 °C										
Material da Isolação: EPR e XLPE		Temperatura do Solo (cabos enterrados): 20 °C										
Seção Nominal [mm ²]	Métodos de Instalação ^(a) e Quantidade de Condutores Carregados											
	A1		A2		B1		B2		C		D	
	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
0,5	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	14	18	15
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	90	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
70	200	179	183	164	253	222	221	194	269	229	213	178
95	241	216	220	197	306	269	265	233	328	278	252	211
120	278	249	253	227	354	312	305	268	382	322	287	240
150	318	285	290	259	407	358	349	307	441	371	324	271
185	362	324	329	295	464	408	395	348	506	424	363	304
240	424	380	386	346	546	481	462	407	599	500	419	351
300	486	435	442	396	628	553	529	465	693	576	474	396
400	579	519	527	472	751	661	628	552	835	692	555	464
500	664	595	604	541	864	760	718	631	966	797	627	525
630	765	685	696	623	998	879	825	725	1122	923	711	596
800	885	792	805	721	1158	1020	952	837	1311	1074	811	679
1000	1014	908	923	826	1332	1173	1088	957	1515	1237	916	767

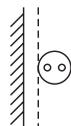
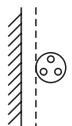
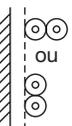
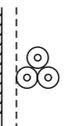
Nota (a): para o significado dos códigos pelos quais os métodos de instalação estão referidos, veja a tabela 7.4.

Tabela 7.9
Capacidade de Condução de Corrente [A] em Baixa Tensão (adaptada da NBR 5410)

Fios e Cabos Isolados, Uni e Multipolares		Temperatura em Regime Permanente no Conductor: 70 °C					
Material do Conductor:	Cobre	Temperatura Ambiente (fios e cabos não enterrados): 30 °C					
Material da Isolação:	PVC	Métodos de Instalação (a)					
Seção Nominal [mm ²]	Cabos Multipolares		Cabos Unipolares ou Condutores Isolados				
	E	E	F	F	F	G	G
	Cabos bipolares	Cabos tripolares e tetrapolares	2 condutores isolados ou 2 cabos unipolares	Condutores isolados ou cabos unipolares em trifólio	3 cabos unipolares ou 3 condutores isolados		
					Contíguos	Espaçados horizontalmente	Espaçados verticalmente
0,5	11	9	11	8	9	12	10
0,75	14	12	14	11	11	16	13
1	17	14	17	13	14	19	16
1,5	22	18,5	22	17	18	24	21
2,5	30	25	31	24	25	34	29
4	40	34	41	33	34	45	39
6	51	43	53	43	45	59	51
10	70	60	73	60	63	81	71
16	94	80	99	82	85	110	97
25	119	101	131	110	114	146	130
35	148	126	162	137	143	181	162
50	180	153	196	167	174	219	197
70	232	196	251	216	225	281	254
95	282	238	304	264	275	341	311
120	328	276	352	308	321	396	362
150	379	319	406	356	372	456	419
185	434	364	463	409	427	521	480
240	514	430	548	485	507	615	569
300	593	497	629	561	587	709	659
400	715	597	754	656	689	852	795
500	826	689	868	749	789	982	920
630	958	789	1005	855	905	1138	1070
800	1118	930	1169	971	1119	1325	1251
1000	1292	1073	1346	1079	1296	1528	1448

Nota (a): para o significado dos códigos pelos quais os métodos de instalação estão referidos, veja a tabela 7.4.

Tabela 7.10
Capacidade de Condução de Corrente [A] em Baixa Tensão (adaptada da NBR 5410)

Cabos Isolados, Uni e Multipolares		Temperatura em Regime Permanente no Conductor: 90 °C					
Material do Conductor:	Cobre	Temperatura Ambiente (fios e cabos não enterrados): 30 °C					
Material da Isolação:	EPR e XLPE	Métodos de Instalação ^(a)					
Seção Nominal [mm ²]	Cabos Multipolares		Cabos Unipolares ou Condutores Isolados				
	E	E	F	F	F	G	G
	Cabos bipolares	Cabos tripolares e tetrapolares	2 condutores isolados ou 2 cabos unipolares	Condutores isolados ou cabos unipolares em trifólio	3 cabos unipolares ou 3 condutores isolados		
					Contíguos	Espaçados horizontalmente	Espaçados verticalmente
0,5	13	12	13	10	10	15	12
0,75	17	15	17	13	14	19	16
1	21	18	21	16	17	23	19
1,5	26	23	27	21	22	30	25
2,5	36	32	37	29	30	41	35
4	49	42	50	40	42	56	48
6	63	54	65	53	55	73	63
10	86	75	90	74	77	101	88
16	115	100	121	101	105	137	120
25	149	127	161	135	141	182	161
35	185	158	200	169	176	226	201
50	225	192	242	207	216	275	246
70	289	246	310	268	279	353	318
95	352	298	377	328	342	430	389
120	410	346	437	383	400	500	454
150	473	399	504	444	464	577	527
185	542	456	575	510	533	661	605
240	641	538	679	607	634	781	719
300	741	621	783	703	736	902	833
400	892	745	940	823	868	1085	1008
500	1030	859	1083	946	998	1253	1169
630	1196	995	1254	1088	1151	1454	1362
800	1396	1159	1460	1252	1328	1696	1595
1000	1613	1336	1683	1420	1511	1958	1849

Nota (a): para o significado dos códigos pelos quais os métodos de instalação estão referidos, veja a tabela 7.4.

7.3.2 Aplicação do Critério da Capacidade de Corrente à Nossa Residência

Importante

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

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

Passo 1 — Tipo da Isolação

Serão escolhidos condutores isolados (de cobre) com isolação de PVC, que é o usual para as instalações elétricas residenciais.

Passo 2 — Número de Condutores Carregados

Cruzando as informações do desenho 3.33 com os dados da tabela 7.3, a quantidade de condutores carregados para os circuitos de nossa residência é o seguinte:

- circuito de distribuição (2F+N) 3
- circuitos terminais (FF ou FN). 2

Passo 3 — Método de Instalação dos Condutores

Na instalações elétricas residenciais, a nossa residência não sendo exceção, utiliza-se o método de instalação em eletrodutos embutidos em alvenaria.

Pela tabela 7.4, na coluna de cabos isolados (veja o passo 1), o código para este método é B1.

Passo 4 — Fator de Correção de Temperatura

Considerando-se uma temperatura ambiente de 30°C, pela tabela 7.5, temos: FCT = 1 (não há necessidade de correção).

Passo 5 — Fator de Correção de Agrupamento

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

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

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

Com estes dados em mãos, pela linha do item 1 da tabela 7.6, que se refere a “cabos em condutos fechados”, pois este é o caso dos eletrodutos (veja o passo 3), obtemos os fatores de correção de agrupamento procurados, ou seja:

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



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

Passo 6 — Corrente Corrigida

Com os valores da “Corrente Calculada”, anotados na tabela 7.2, e dos fatores de correção de temperatura e de agrupamento, determinados nos passos 4 e 5, a expressão 7.4 fornece os seguintes valores para a corrente corrigida nos circuitos de nossa residência:

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

Como mostrado na tabela 7.11, para atualizar o Quadro de Distribuição de Cargas, basta levar estes valores para a sua coluna “Corrente Corrigida”; sem esquecer de levar, também, o valor do produto dos fatores de correção.

Tabela 7.11
Quadro de Distribuição de Cargas

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

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

Passo 7 — Seção Nominal dos Condutores

- **Escolha da tabela que fornecerá a seção:** como estamos utilizando cabos de cobre com isolamento de PVC (veja o passo 1) instalados pelo método B1 (veja o passo 3), então, entre as tabelas 7.7 a 7.10, a única que atende a estes requisitos é a 7.7;
- **Como utilizar a tabela:** entre as duas colunas que correspondem ao método B1, na que se refere à quantidade de condutores carregados do circuito, escolhe-se a seção nominal cuja capacidade de condução seja a imediatamente acima da corrente corrigida — veja a tabela 7.12.

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

7.3.3 **Critério da** **Seção Nominal Mínima**

Para as instalações elétricas residenciais, a NBR 5410 estabelece os seguintes valores mínimos para as seções nominais dos condutores:

- para circuitos de iluminação. 1,5mm²
- para circuitos de força (TUG's e TUE's) 2,5mm²

Em vista disso, a aplicação deste critério consiste apenas em substituir, entre as seções nominais determinadas pelo critério da capacidade de condução de corrente, as que sejam inferiores a estas agora estabelecidas.

A tabela 7.13 mostra como o fizemos para os circuitos de nossa residência.

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

7.3.4 Critério da Queda de Tensão

A menos de pequenas variações previstas nas normas, a tensão nos terminais de qualquer equipamento tem que ser aquela para a qual tenha sido projetado (designada de tensão nominal), caso contrário, alguma coisa será sacrificada, seja na vida útil ou no desempenho do equipamento.

Como todos os circuitos apresentam alguma queda de tensão, o objetivo do critério em foco é re-analisar as seções adotadas para os condutores de maneira que a queda ocorra dentro dos limites estabelecidos pela NBR 5410.

Para as instalações elétricas alimentadas diretamente por rede pública de baixa tensão, como é a nossa residência, este limite é o indicado na figura 7.1 e calculado por:

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

onde:

- ΔU = queda de tensão, em [V];
- t = 2 para circuitos monofásicos (FF ou FN);
- t = $\sqrt{3}$ para circuitos trifásicos (FFF ou 3F+N);
- r = resistência do condutor, em [Ω /km];
- $\cos \varphi$ = fator de potência do circuito, adimensional;
- X = reatância do condutor, em [Ω /km];
- $\sin \varphi$ = fator reativo do condutor, adimensional;
- I = corrente calculada para o circuito, em [A];
- L = comprimento do circuito, em [m].

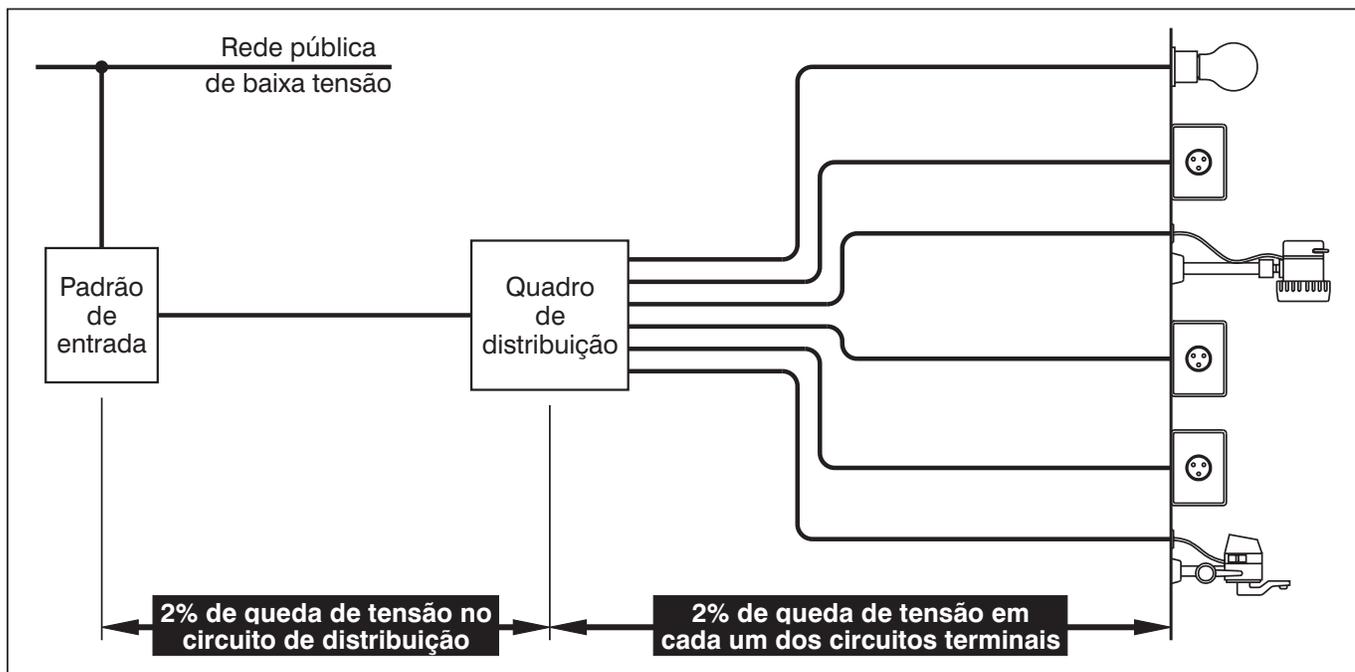


Figura 7.1:

queda de tensão admitida pela NBR 5410 em sistemas elétricos alimentados por rede pública de baixa tensão.

Como o cálculo da parte “ $t(r \cdot \cos \phi + x \cdot \sin \phi)$ ” do segundo membro de (a) — denominada **queda de tensão unitária** e designada por ΔU — é muito trabalhosa, usa-se, na prática, determinar seu valor por meio de tabelas desenvolvidas para diversos tipos de circuitos, a partir dos fatores de potência mais comuns nas instalações elétricas residenciais (0,80 e 0,95) e já considerando o fator reativo dos condutores a que elas se aplicam, a resistência e a reatância.

Então, do ponto de vista da prática, a expressão (a) é escrita da seguinte forma:

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

onde:

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

Pelo exposto, as tabelas que fornecem o valor da queda de tensão unitária (veja as tabelas 7.14, 7.15 e 7.16) são elaboradas a partir da expressão:

Queda de Tensão Unitária	7.5
$\overline{\Delta U} = \frac{\Delta U}{I \cdot L} \cdot 1000$	

em que já conhecemos o significado de todos os termos.

Alternativamente, quando se quer saber o percentual da queda de tensão, usa-se a expressão:

Queda de Tensão (%)	7.6
$\Delta U_{(\%)} = \frac{\Delta U}{U_N} \cdot 100$	

onde o termo U_N é a tensão nominal para a qual o circuito está sendo dimensionado.

A aplicação do critério da queda de tensão é feita considerando duas situações distintas:

- cargas concentradas na extremidade do circuito, caso típico do circuito de distribuição e dos circuitos terminais das TUE's;
- cargas distribuídas ao longo do circuito, caso típico dos circuitos terminais de iluminação e das TUG's.

Para as duas situações, ambas representadas esquematicamente na figura 7.2, é preciso conhecer a corrente calculada para o circuito (ou para o trecho) e o respectivo comprimento.

Nas lâmpadas incandescentes, uma sobretensão de 10% reduz a menos de um terço a vida útil, enquanto uma queda de tensão de 10% reduz em cerca de 30% o fluxo luminoso.



Tabela 7.14
Queda de Tensão Unitária [V/A.km] em Circuitos de Baixa Tensão (a)

Tipo do Condutor:		Fio e Cabo Isolado		Temperatura em Regime Permanente no Condutor:		70 °C	
Material da Isolação:		PVC					
Seção Nominal [mm ²]	Eletroduto e Eletrocalha (b) (material magnético)		Eletroduto e Eletrocalha (b) (material não-magnético)				
	Circuito Monofásico e Trifásico		Circuito Monofásico		Circuito Trifásico		
	cos φ = 0,80	cos φ = 0,95	cos φ = 0,80	cos φ = 0,95	cos φ = 0,80	cos φ = 0,95	
1,5	23	27,4	23,3	27,6	20,2	23,9	
2,5	14	16,8	14,3	16,9	12,4	14,7	
4	9,00	10,5	8,96	10,6	7,79	9,15	
6	5,87	7,00	6,03	7,07	5,25	6,14	
10	3,54	4,20	3,63	4,23	3,17	3,67	
16	2,27	2,70	2,32	2,68	2,03	2,33	
25	1,50	1,72	1,51	1,71	1,33	1,49	
35	1,12	1,25	1,12	1,25	0,98	1,09	
50	0,86	0,95	0,85	0,94	0,76	0,82	
70	0,64	0,67	0,62	0,67	0,55	0,59	
95	0,50	0,51	0,48	0,50	0,43	0,44	
120	0,42	0,42	0,40	0,41	0,36	0,36	
150	0,37	0,35	0,35	0,34	0,31	0,30	
185	0,32	0,30	0,30	0,29	0,27	0,25	
240	0,29	0,25	0,26	0,24	0,23	0,21	
300	0,27	0,22	0,23	0,20	0,21	0,18	
400	0,24	0,20	0,21	0,17	0,19	0,15	
500	0,23	0,19	0,19	0,16	0,17	0,14	

Notas:

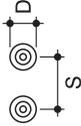
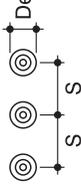
(a): utilize esta tabela apenas se o fator de potência for próximo dos dois tabelados. Caso contrário, como pode ocorrer com o circuito das TUE's, proceda ao cálculo correto da queda de tensão pela expressão (a), utilizando os valores de resistência e reatância indicados nas tabelas 6.1 a 6.3.

(b): as dimensões do eletrodutos e da eletrocalha são tais que a área dos cabos não ultrapassa 40% da área interna dos mesmos.

Tabela 7.15
Queda de Tensão Unitária [V/A.km] em Circuitos de Baixa Tensão

Seção Nominal [mm ²]	Tipo de Condutor:		Unipolar e Multipolar		Temperatura em Regime Permanente do Condutor:		Cabo Uni e Bipolar	Cabo Tri e Tetrapolar												
	Material da Isolação:		Método de Instalação:		70 °C															
	PVC		Fixação direta em parede ou teto, ou eletrocalha aberta, ventilada ou fechada, espaço de construção, bandeja, prateleira, suportes e sobre isoladores																	
Cabos Unipolares; Fios e Cabos Isolados sobre Isoladores																				
Circuitos Monofásicos																				
Circuito Monofásico																				
Circuito Trifásico																				
Circuito Trifásico (a)																				
Circuito Monofásico (a)																				
Circuito Trifásico																				
Cabo Uni e Bipolar																				
Cabo Tri e Tetrapolar																				
1,5	23,6	27,8	23,7	27,8	23,4	27,6	20,5	24,0	24,1	20,3	24,0	20,2	23,9	23,3	27,6	20,2	23,9	20,2	23,9	20,2
2,5	14,6	17,1	14,7	17,1	14,4	17,0	12,7	14,8	14,8	12,5	14,7	12,4	14,7	14,3	16,9	12,4	14,7	12,4	14,7	12,4
4,0	9,30	10,7	9,30	10,7	9,10	10,6	8,00	9,30	9,30	7,90	9,20	7,80	9,20	9,00	10,6	7,80	9,20	7,80	9,20	7,80
6,0	6,30	7,20	6,40	7,20	6,10	7,10	5,50	6,30	6,30	5,30	6,20	5,20	6,10	6,00	7,10	5,20	6,10	5,20	6,10	5,20
10	3,90	4,40	3,90	4,40	3,70	4,30	3,40	3,80	3,80	3,40	3,70	3,20	3,70	3,60	4,20	3,60	4,20	3,60	4,20	3,60
16	2,60	2,80	2,60	2,80	2,40	2,70	2,20	2,40	2,40	2,10	2,40	2,00	2,30	2,30	2,70	2,30	2,70	2,30	2,70	2,30
25	1,73	1,83	1,80	1,86	1,55	1,76	1,52	1,59	1,57	1,40	1,53	1,32	1,49	1,50	1,71	1,50	1,71	1,50	1,71	1,50
35	1,33	1,36	1,39	1,39	1,20	1,29	1,17	1,19	1,22	1,06	1,13	0,98	1,09	1,12	1,25	1,12	1,25	1,12	1,25	1,12
50	1,05	1,04	1,11	1,07	0,93	0,97	0,93	0,91	0,98	0,82	0,85	0,75	0,82	0,85	0,93	0,85	0,93	0,85	0,93	0,85
70	0,81	0,76	0,87	0,80	0,70	0,71	0,72	0,67	0,77	0,63	0,62	0,55	0,59	0,62	0,67	0,62	0,67	0,62	0,67	0,62
95	0,65	0,59	0,71	0,62	0,56	0,54	0,58	0,52	0,64	0,50	0,47	0,43	0,44	0,48	0,50	0,48	0,50	0,48	0,50	0,48
120	0,57	0,49	0,63	0,52	0,48	0,44	0,51	0,43	0,56	0,43	0,39	0,36	0,36	0,40	0,41	0,40	0,41	0,40	0,41	0,40
150	0,50	0,42	0,56	0,45	0,42	0,38	0,45	0,37	0,51	0,38	0,34	0,31	0,30	0,35	0,34	0,35	0,34	0,35	0,34	0,35
185	0,44	0,36	0,51	0,39	0,37	0,32	0,40	0,32	0,46	0,34	0,29	0,27	0,25	0,30	0,29	0,30	0,29	0,30	0,29	0,30
240	0,39	0,30	0,45	0,33	0,33	0,27	0,35	0,27	0,41	0,30	0,24	0,23	0,21	0,26	0,24	0,26	0,24	0,26	0,24	0,26
300	0,35	0,26	0,41	0,29	0,30	0,23	0,32	0,23	0,37	0,26	0,21	0,21	0,21	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28
400	0,32	0,22	0,37	0,26	0,27	0,21	0,29	0,20	0,34	0,25	0,19	0,19	0,19	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
500	0,28	0,20	0,34	0,23	0,25	0,18	0,26	0,18	0,32	0,21	0,17	0,17	0,17	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24
630	0,26	0,17	0,32	0,21	0,24	0,16	0,24	0,16	0,29	0,19	0,15	0,16	0,16	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22
800	0,23	0,15	0,29	0,18	0,22	0,15	0,22	0,14	0,27	0,17	0,14	0,15	0,15	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21
1000	0,21	0,14	0,27	0,17	0,21	0,14	0,20	0,13	0,25	0,16	0,13	0,14	0,14	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20

Nota (a): válido para instalação em eletroduto não-magnético e diretamente enterrado

Tabela 7.16 Queda de Tensão Unitária [V/A.km] em Circuitos de Baixa Tensão																
Tipo de Conductor:		Unipolar e Multipolar		Temperatura em Regime Permanente do Conductor:												
Material da Isolação:		EPR		Método de Instalação:		90 °C										
				Fixação direta em parede ou teto, ou eletrocalha aberta, ventilada ou fechada, espaço de construção, bandeja, prateleira, suportes e sobre isoladores												
Cabo Unipolar																
Seção Nominal [mm ²]	Circuito Monofásico			Circuito Trifásico			Circuito Trifásico (a)		Cabo Uni e Bipolar							
																
	S = 10cm	S = 20cm	S = 2.De	S = 10cm	S = 20cm	S = 2.De	08'0=φso	56'0=φso	08'0=φso	56'0=φso	08'0=φso	56'0=φso				
1,5	23,8	28,0	23,9	28,0	23,6	27,9	20,7	24,3	20,5	24,1	20,4	24,1	23,5	27,8	20,3	24,1
2,5	14,9	17,4	15,0	17,5	14,7	17,3	12,9	15,1	13,0	15,1	12,8	15,0	14,6	17,3	12,7	15,0
4,0	9,40	10,9	9,50	10,9	9,20	10,8	8,20	9,50	8,20	9,50	8,00	9,40	9,10	10,8	7,90	9,30
6,0	6,40	7,30	6,40	7,30	6,20	7,20	5,50	6,30	5,60	6,30	5,40	6,20	6,10	7,10	5,30	6,20
10	3,90	4,40	4,00	4,40	3,70	4,30	3,40	3,80	3,50	3,80	3,30	3,70	3,60	4,20	3,20	3,70
16	2,58	2,83	2,64	2,86	2,42	2,74	2,25	2,46	2,31	2,48	2,12	2,39	2,05	2,34	2,03	2,34
25	1,74	1,85	1,81	1,88	1,61	1,77	1,53	1,61	1,58	1,64	1,41	1,55	1,34	1,51	1,32	1,50
35	1,34	1,37	1,40	1,41	1,21	1,30	1,18	1,20	1,23	1,23	1,06	1,14	0,99	1,10	0,98	1,09
50	1,06	1,05	1,12	1,09	0,94	0,99	0,94	0,92	0,99	0,95	0,83	0,87	0,76	0,83	0,86	0,95
70	0,81	0,77	0,88	0,80	0,70	0,71	0,72	0,68	0,78	0,70	0,63	0,63	0,56	0,59	0,63	0,67
95	0,66	0,59	0,72	0,62	0,56	0,54	0,59	0,52	0,64	0,55	0,50	0,48	0,43	0,44	0,48	0,50
120	0,57	0,49	0,63	0,53	0,48	0,45	0,51	0,44	0,56	0,46	0,43	0,40	0,36	0,36	0,40	0,41
150	0,50	0,42	0,57	0,46	0,42	0,38	0,45	0,38	0,51	0,41	0,39	0,34	0,32	0,31	0,35	0,35
185	0,44	0,36	0,51	0,39	0,38	0,32	0,40	0,32	0,46	0,35	0,34	0,29	0,27	0,26	0,30	0,29
240	0,39	0,30	0,45	0,33	0,33	0,27	0,35	0,27	0,41	0,30	0,30	0,24	0,23	0,21	0,26	0,24
300	0,35	0,26	0,41	0,29	0,30	0,24	0,32	0,24	0,37	0,26	0,28	0,21	0,21	0,18	0,23	0,20
400	0,31	0,23	0,38	0,26	0,27	0,21	0,29	0,21	0,34	0,23	0,25	0,19	0,19	0,16	—	—
500	0,28	0,20	0,34	0,23	0,25	0,18	0,26	0,18	0,32	0,21	0,24	0,17	0,17	0,14	—	—
630	0,26	0,17	0,32	0,21	0,24	0,16	0,24	0,16	0,29	0,19	0,22	0,15	0,16	0,12	—	—
800	0,23	0,15	0,29	0,18	0,22	0,15	0,22	0,14	0,27	0,17	0,21	0,14	0,15	0,11	—	—
1000	0,21	0,14	0,27	0,17	0,21	0,14	0,21	0,13	0,25	0,16	0,20	0,13	0,14	0,10	—	—

Nota (a): válido para instalação em eletroduto não-magnético e diretamente enterrado

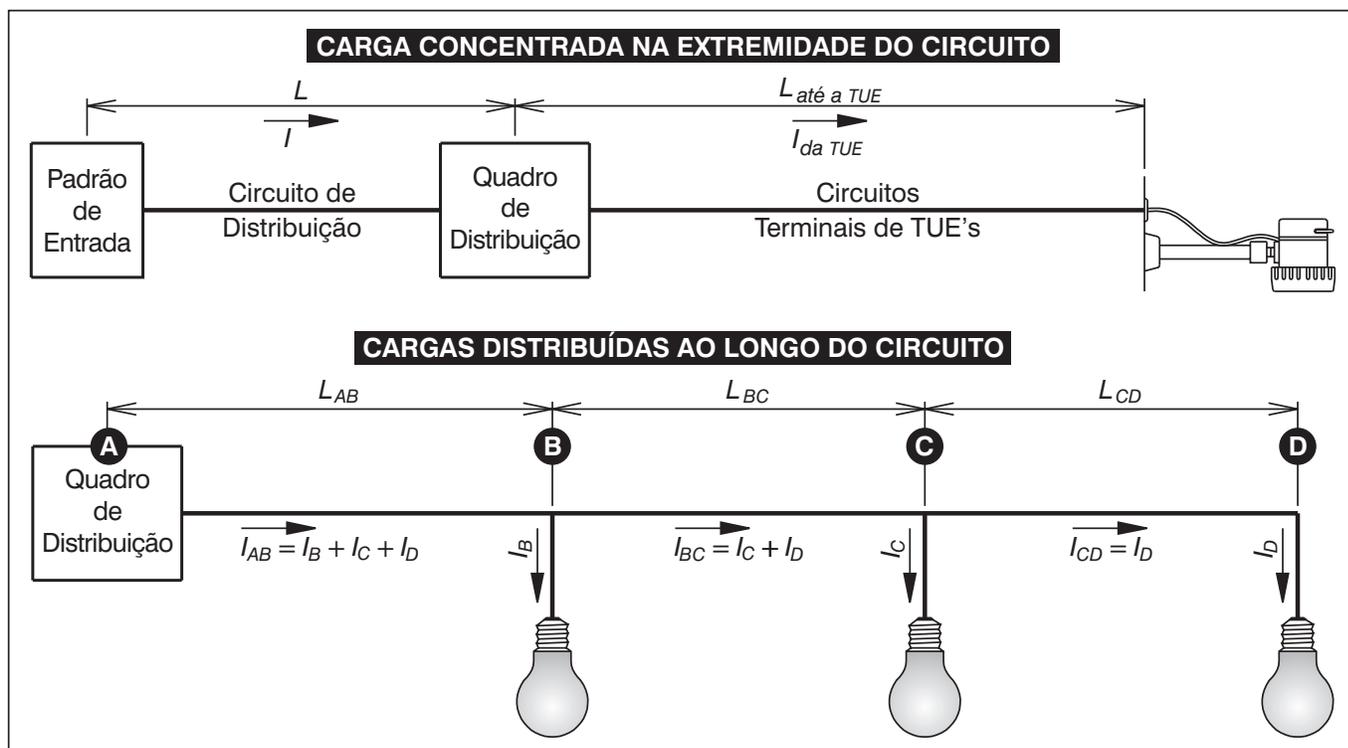


Figura 7.2: as duas situações a serem consideradas na aplicação do critério da queda de tensão.

O comprimento do circuito (ou do trecho) resulta da soma de duas parcelas:

- da distância no plano horizontal entre os pontos considerados, que é medida diretamente nos desenhos de projeto;
- de uma distância no plano vertical, determinada em função da posição da caixa de passagem que abriga a carga. Esta posição não é prescrita pela NBR 5410, mas, usualmente, adota-se a que a figura 7.3 indica. Para simplificar, use os valores da tabela 7.17.

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

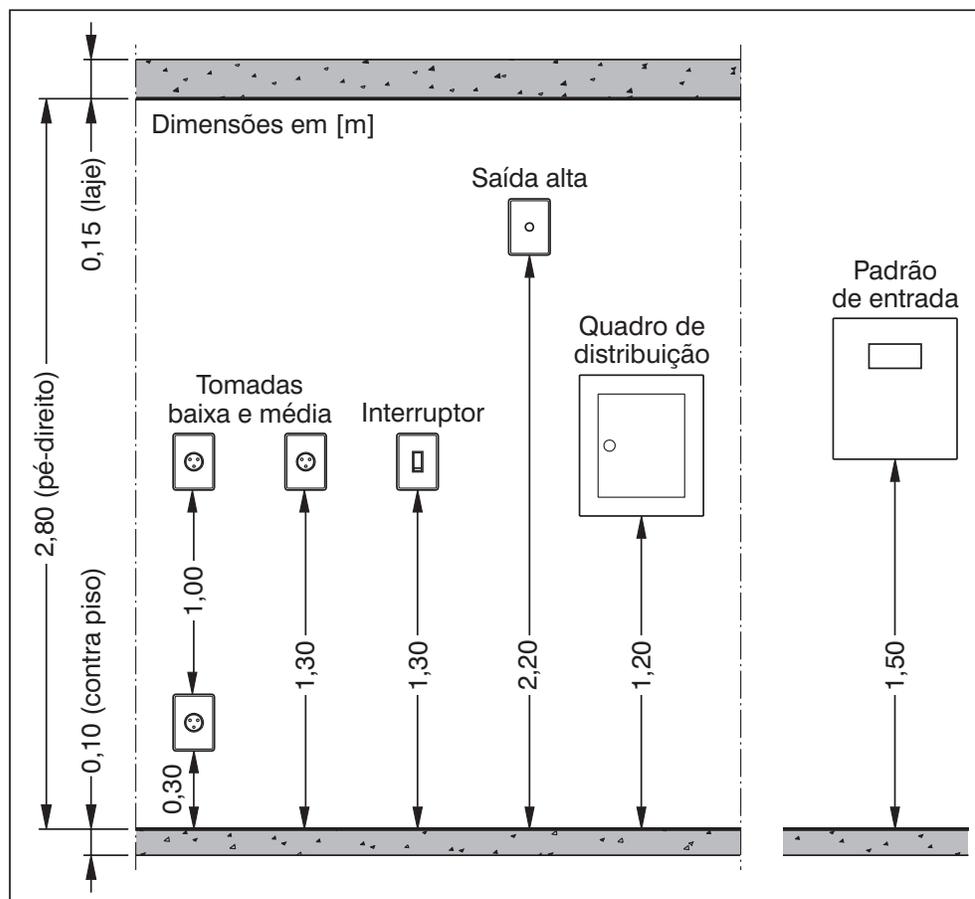


Figura 7.3: posições usuais das caixas de passagem.

7.3.5 Aplicação do Critério da Queda de Tensão à Nossa Residência

Notas Gerais

Tabela de queda de tensão aplicável — como, pelo item 7.3.2 (passos 1 e 3), a linha elétrica é constituída por cabos isolados, com isolamento de PVC, acondicionados em eletrodutos de material não magnético, então, entre as tabelas 7.14, 7.15 e 7.16, a única aplicável é a 7.14, já que as outras duas se referem a cabos uni e multipolares.

Fatores de potência — pelas notas da expressão 2.13:

- para os circuitos de distribuição, de iluminação e das TUE's (pois são predominantemente resistivas) = **0,95**;
- para os circuitos das TUG's = **0,80**.

Circuito de Distribuição

Queda de tensão (ΔU) — como, pela tabela 7.11, a tensão nominal (U_N) do circuito é 220V, e, pela figura 7.1, a queda máxima permitida é 2%, então podemos considerar:

$$\Delta U = 2\% \text{ de } 220V = 0,02 \times 220 = 4,40 V$$

Comprimento do circuito (L) — como é um circuito com carga concentrada na extremidade, basta determinar seu comprimento total. A parcela horizontal, veja o desenho 3.34, é de 4,4 metros. Como o caminhamento é pelo piso, a parcela vertical, pela tabela 7.17, é composta de:

- descida do padrão até o piso 1,60m
 - subida do piso ao quadro de distribuição 1,30m
- resultando:

$$L = 4,40 + 1,60 + 1,30 = 7,30 \text{ m}$$

Queda de tensão unitária ($\overline{\Delta U}$) — como é um circuito com carga concentrada na extremidade, a corrente calculada é a indicada na tabela 7.11, ou seja 57,4A.

Logo, pela expressão 7.5:

$$\overline{\Delta U} = \frac{4,40}{57,4 \times 7,30} \times 1000 = 10,5 \text{ V/A.km}$$

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

- bifásico (2F+N), veja as tabelas 7.11 e 7.3;
- conduto de material não magnético, pelas notas gerais;
- fator de potência = 0,95, pelas notas gerais;
- queda de tensão unitária calculada em 10,5V/A.km;

então, na tabela 7.14 (veja as notas gerais), a queda de tensão unitária imediatamente abaixo da calculada é igual a 7,07V/A.km, à qual corresponde a seção nominal de 6mm².

Circuito 1 (Iluminação Social)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Logo, pela expressão 7.5:

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

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

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

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

Circuito 2 (Iluminação Serviço)

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

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

Comprimento do circuito (L) — como é um circuito com cargas distribuídas (veja a figura 7.2), considera-se cada trecho em que estas o dividem, como mostra o desenho 3.36, que já indica os respectivos comprimentos horizontais.

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

$$\begin{aligned} L_{AB} &= (1,80 + 3,30) + 1,75 \dots\dots\dots 6,85\text{m} \\ L_{BC} &\dots\dots\dots 3,50\text{m} \\ L_{CD} &\dots\dots\dots 3,60\text{m} \end{aligned}$$

Corrente calculada (I) — (observe que o trecho AB não alimenta o ponto de iluminação da sala, apesar de passar pelo mesmo) — como é um circuito com cargas distribuídas, a corrente nos diversos trechos é determinada como mostra a figura 7.2. Para isto, basta resolver a expressão 7.1.g com os dados de tensão e potência da tabela 7.11 (e repetidos na figura 3.35). Logo:

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

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

$$I_{CD} = \frac{100}{127} = 0,8 \text{ A}$$

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

Logo, pela expressão 7.5:

$$\overline{\Delta U} = \frac{2,54}{(2,8 \times 6,85) + (2,0 \times 3,50) + (0,8 \times 3,60)} \times 1000 = 87,4 \text{ V/A.km}$$

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

- monofásico (F+N), veja as tabelas 7.11 e 7.3;
 - conduto de material não magnético, pelas notas gerais;
 - fator de potência = 0,95, pelas notas gerais;
 - queda de tensão unitária calculada em 87,4V/A.km;
- então, na tabela 7.14 (veja as notas gerais), a queda de tensão unitária imediatamente abaixo da calculada é igual a 27,6V/A.km, à qual corresponde a seção nominal de 1,5mm².

Circuito 3 (TUG's da Sala, Dormitório A, Banho, Hall e Dormitório B)

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

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

Comprimento do circuito (L) — como é um circuito com cargas distribuídas (veja a figura 7.2), considera-se cada trecho em que estas o dividem, como mostra o desenho 3.37, que já indica os respectivos comprimentos horizontais.

Pela simples observação dessa figura, conclui-se que o trecho AB–BF–FH–HJ–JL (ou JM), por alimentar a maior carga, é o que determinará a seção nominal de todos os condutores.

Como o caminhamento é pela laje, há a parcela vertical da subida do quadro de distribuição até a laje, no trecho AB, e a descida da laje até a tomada baixa, no trecho JL. Pela tabela 7.17, estas parcelas valem 1,75 e 2,65 metros, respectivamente.

Logo, os comprimentos dos trechos são:

$$\begin{aligned} L_{AB} &= 2,00 + 1,75 \dots\dots\dots 3,75\text{m} \\ L_{BF} &\dots\dots\dots 2,70\text{m} \\ L_{FH} &\dots\dots\dots 1,90\text{m} \\ L_{HJ} &\dots\dots\dots 3,00\text{m} \\ L_{JL} &= 2,00 + 2,65 \dots\dots\dots 4,65\text{m} \end{aligned}$$

Corrente calculada (I) — como é um circuito com cargas distribuídas, a corrente nos diversos trechos é determinada como mostra a figura 7.2. Para isto, basta resolver a expressão 7.1.g com os dados de tensão e potência da tabela 7.11. Logo:

$$I_{AB} = \frac{(3 \times 100)_{Dorm.A} + (600)_{Banho} + (100)_{Hall} + (3 \times 100)_{Dorm.B}}{127} = 10,2 A$$

$$I_{BF} = \frac{(600)_{Banho} + (100)_{Hall} + (3 \times 100)_{Dorm.B}}{127} = 7,9 A$$

$$I_{FH} = \frac{(100)_{Hall} + (3 \times 100)_{Dorm.B}}{127} = 3,1 A$$

$$I_{HJ} = \frac{(3 \times 100)_{Dorm.B}}{127} = 2,4 A$$

$$I_{JL} = \frac{(100)_{1TUG \text{ do } Dorm.B}}{127} = 0,8 A$$

Queda de tensão unitária ($\overline{\Delta U}$) — como é um circuito com cargas distribuídas, a queda de tensão máxima ocorre na sua extremidade final e, portanto, é o resultado da soma das quedas em cada trecho. Logo, pela expressão 7.5:

$$\overline{\Delta U} = \frac{2,54}{(10,2 \times 3,75) + (7,9 \times 2,70) + (3,1 \times 1,90) + (2,4 \times 3,00) + (0,8 \times 4,65)} \times 1000 = 33,2 \text{ V/A.km}$$

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

- monofásico (F+N), veja as tabelas 7.11 e 7.3;
- conduto de material não magnético, pelas notas gerais;
- fator de potência = 0,80, pelas notas gerais;
- queda de tensão unitária calculada em 33,2V/A.km;

então, na tabela 7.14 (veja as notas gerais), a queda de tensão unitária imediatamente abaixo da calculada é igual a 23,3V/A.km, à qual corresponde a seção nominal de 1,5mm².

Circuito 4 (TUG's da Copa)

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

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

Comprimento do circuito (L) — como é um circuito com cargas distribuídas (veja a figura 7.2), considera-se cada trecho em que estas o dividem, como mostra o desenho 3.38, que já indica os respectivos comprimentos horizontais.

Pela simples observação dessa figura, conclui-se que o trecho AB–BC–CD, por alimentar a maior carga, é o que determinará a seção nominal de todos os condutores.

Como o caminhamento é pela laje, há a parcela vertical da subida do quadro de distribuição até a laje, no trecho AB, e a descida da laje até a tomada média, no trecho BC. Pela tabela 7.17, estas parcelas valem 1,75 e 1,65 metros, respectivamente. Logo, os comprimentos dos trechos são:

$$\begin{aligned} L_{AB} &= 4,40 + 1,75 \dots\dots\dots 6,15\text{m} \\ L_{BC} &= 2,00 + 1,65 \dots\dots\dots 3,65\text{m} \\ L_{CD} &\dots\dots\dots 2,40\text{m} \end{aligned}$$

Corrente calculada (I) — como é um circuito com cargas distribuídas, a corrente nos diversos trechos é determinada como mostra a figura 7.2. Para isto, basta resolver a expressão 7.1.g com os dados de tensão e potência da tabela 7.11. Logo:

$$I_{AB} = \frac{600 + 600 + 600 + 100}{127} = 15,0 \text{ A}$$

$$I_{BC} = \frac{600 + 600}{127} = 9,4 \text{ A}$$

$$I_{CD} = \frac{600}{127} = 4,7 \text{ A}$$

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

Logo, pela expressão 7.5:

$$\overline{\Delta U} = \frac{2,54}{(15,0 \times 6,15) + (9,4 \times 3,65) + (4,7 \times 2,40)} \times 1000 = 18,4 \text{ V/A.km}$$

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

- monofásico (F+N), veja as tabelas 7.11 e 7.3;
- conduto de material não magnético, pelas notas gerais;
- fator de potência = 0,80, pelas notas gerais;
- queda de tensão unitária calculada em 18,4V/A.km;

então, na tabela 7.14 (veja as notas gerais), a queda de tensão unitária imediatamente abaixo da calculada é igual a 14,3V/A.km, à qual corresponde a seção nominal de 2,5mm².

Circuito 5 (TUG's da Cozinha)

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

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

Comprimento do circuito (L) — como é um circuito com cargas distribuídas (veja a figura 7.2), considera-se cada trecho em que estas o dividem, como mostra o desenho 3.39, que já indica os respectivos comprimentos horizontais.

Pela simples observação dessa figura, conclui-se que o trecho AB–BC–CD, por alimentar a maior carga, é o que determinará a seção nominal de todos os condutores.

Como o caminhamento é pela laje, há a parcela vertical da subida do quadro de distribuição até a laje, no trecho AB, e a descida da laje até a tomada média, no trecho BC. Pela tabela 7.17, estas parcelas valem 1,75 e 1,65 metros, respectivamente. Logo, os comprimentos dos trechos são:

$$\begin{aligned} L_{AB} &= (4,40 + 3,50) + 1,75 \dots\dots\dots 9,65\text{m} \\ L_{BC} &= 2,10 + 1,65 \dots\dots\dots 3,75\text{m} \\ L_{CD} &\dots\dots\dots 3,00\text{m} \end{aligned}$$

Corrente calculada (I) — como é um circuito com cargas distribuídas, a corrente nos diversos trechos é determinada como mostra a figura 7.2. Para isto, basta resolver a expressão 7.1.g com os dados de tensão e potência da tabela 7.11. Logo:

$$I_{AB} = \frac{600 + 600 + 600 + 100}{127} = 15,0 \text{ A}$$

$$I_{BC} = \frac{600 + 600}{127} = 9,4 \text{ A}$$

$$I_{CD} = \frac{600}{127} = 4,7 \text{ A}$$

Queda de tensão unitária ($\overline{\Delta U}$) — como é um circuito com cargas distribuídas, a queda de tensão máxima ocorre na sua extremidade final e, portanto, é o resultado da soma das quedas em cada trecho. Logo, pela expressão 7.5:

$$\overline{\Delta U} = \frac{2,54}{(15,0 \times 9,65) + (9,4 \times 3,75) + (4,7 \times 3,00)} \times 1000 = 13,1\text{V/A.km}$$

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

- monofásico (F+N), veja as tabelas 7.11 e 7.3;
 - conduto de material não magnético, pelas notas gerais;
 - fator de potência = 0,80, pelas notas gerais;
 - queda de tensão unitária calculada em 13,1V/A.km;
- então, na tabela 7.14 (veja as notas gerais), a queda de tensão unitária imediatamente abaixo da calculada é igual a 8,96V/A.km, à qual corresponde a seção nominal de 4mm².

Circuito 6 (TUG's da Área de Serviço)

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

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

Comprimento do circuito (L) — como é um circuito com cargas distribuídas (veja a figura 7.2), considera-se cada trecho em que estas o dividem, como mostra o desenho 3.40, que já indica os respectivos comprimentos horizontais.

Como o caminhamento é pela laje, há as seguintes parcelas verticais, considerando seus comprimentos pela tabela 7.17:

- no trecho AB, em razão da subida do quadro de distribuição até a laje 1,75m;
- no trecho AB1, em razão da descida da laje até a tomada baixa do dormitório B, que, apesar de não ser alimentada pelo circuito 6, está no trajeto. 2,65m;
- no trecho B1B, em razão da subida da tomada baixa do dormitório B até a primeira tomada média da área de serviço 1,00m;
- no trecho BC1, em razão da subida da primeira tomada média da área de serviço até o ponto de iluminação no teto da área de serviço, que, apesar de não ser alimentada pelo circuito 6, está no trajeto 1,40m;
- no trecho C1C, em razão da descida da laje até a segunda tomada média da área de serviço 1,65m;

Logo, os comprimentos dos trechos são:

$$L_{AB} = (2,00 + 2,70 + 1,90 + 3,00 + 2,00 + 0,80 + 0,80)_{Horiz.} + (1,75 + 2,65 + 1,00)_{Vert.} = 18,60 \text{ m}$$

$$L_{BC} = (1,20 + 1,00)_{Horiz.} + (1,40)_{Vert.} = 3,60 \text{ m}$$

$$L_{CD} = (0,60)_{Horiz.} + (1,65)_{Vert.} = 2,25 \text{ m}$$

Corrente calculada (I) — como é um circuito com cargas distribuídas, a corrente nos diversos trechos é determinada como mostra a figura 7.2. Para isto, basta resolver a expressão 7.1.g com os dados de tensão e potência da tabela 7.11. Logo:

$$I_{AB} = \frac{600 + 600 + 600}{127} = 14,2 \text{ A}$$

$$I_{BC} = \frac{600 + 600}{127} = 9,4 \text{ A}$$

$$I_{CD} = \frac{600}{127} = 4,7 \text{ A}$$

Queda de tensão unitária ($\overline{\Delta U}$) — como é um circuito com cargas distribuídas, a queda de tensão máxima ocorre na sua extremidade final e, portanto, é o resultado da soma das quedas em cada trecho. Logo, pela expressão 7.5:

$$\overline{\Delta U} = \frac{2,54}{(14,2 \times 18,60) + (9,4 \times 3,60) + (4,7 \times 2,25)} \times 1000 = 8,2 \text{ V/A.km}$$

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

- monofásico (F+N), veja as tabelas 7.3 e 7.11;
- conduto de material não magnético, pelas notas gerais;
- fator de potência = 0,80, pelas notas gerais;
- queda de tensão unitária calculada em 8,2V/A.km;

então, na tabela 7.14 (veja as notas gerais), a queda de tensão unitária imediatamente abaixo da calculada é igual a 6,03V/A.km, à qual corresponde a seção nominal de 6mm².

Circuito 7 (TUE do Chuveiro)

Queda de tensão (ΔU) — como, pela tabela 7.11, a tensão nominal (U_N) do circuito é 220V, e, pela figura 7.1, a queda máxima permitida é 2%, então podemos considerar:

$$\Delta U = 2\% \text{ de } 220V = 0,02 \times 220 = 4,40V$$

Comprimento do circuito (L) — como é um circuito com carga concentrada na extremidade, basta determinar seu comprimento total.

Além das parcelas horizontais, indicadas no desenho 3.41, como o caminhamento é pela laje, há a parcela vertical da subida do quadro de distribuição até a laje e a descida da laje até a saída alta para o chuveiro. Pela tabela 7.17, estas duas últimas parcelas valem 1,75 e 0,75 metros, respectivamente. Logo, o comprimento do circuito é:

$$L = (2,00 + 2,70 + 1,20)_{\text{Horiz.}} + (1,75 + 0,75)_{\text{Vert.}} = 8,40 \text{ m}$$

Queda de tensão unitária ($\overline{\Delta U}$) — como é um circuito com carga concentrada na extremidade, a corrente calculada é a indicada na tabela 7.11, ou seja 20A.

Logo, pela expressão 7.5:

$$\overline{\Delta U} = \frac{4,40}{20 \times 8,40} \times 1000 = 26,2 \text{ V/A.km}$$

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

- monofásico (2F), veja as tabelas 7.11 e 7.3;
- conduto de material não magnético, pelas notas gerais;
- fator de potência = 0,95, pelas notas gerais;
- queda de tensão unitária calculada em 26,2V/A.km;

então, na tabela 7.14 (veja as notas gerais), a queda de tensão unitária imediatamente abaixo da calculada é igual a 16,9V/A.km, à qual corresponde a seção nominal de 2,5mm².

Circuito 8 (TUE da Torneira)

Queda de tensão (ΔU) — como, pela tabela 7.11, a tensão nominal (U_N) do circuito é 220V, e, pela figura 7.1, a queda máxima permitida é 2%, então podemos considerar:

$$\Delta U = 2\% \text{ de } 220V = 0,02 \times 220 = 4,40V$$

Comprimento do circuito (L) — como é um circuito com carga concentrada na extremidade, basta determinar seu comprimento total.

Além das parcelas horizontais, indicadas no desenho 3.42, como o caminhamento é pela laje, há a parcela vertical da subida do quadro de distribuição até a laje e a descida da laje até a tomada média da cozinha, que antecede a TUE da torneira e que, apesar de não ser alimentada pelo circuito 8, está no trajeto. Pela tabela 7.17, estas duas últimas parcelas valem 1,75 e 1,65 metros, respectivamente. Logo, o comprimento do circuito é:

$$L = (1,80 + 3,30 + 3,50 + 2,10 + 1,50)_{\text{Horiz.}} + (1,75 + 1,65)_{\text{Vert.}} = 15,60 \text{ m}$$

Queda de tensão unitária ($\overline{\Delta U}$) — como é um circuito com carga concentrada na extremidade, a corrente calculada é a indicada na tabela 7.11, ou seja 15,9A.

Logo, pela expressão 7.5:

$$\overline{\Delta U} = \frac{4,40}{15,9 \times 15,60} \times 1000 = 17,7 \text{ V/A.km}$$

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

- monofásico (2F), veja as tabelas 7.11 e 7.3;
- conduto de material não magnético, pelas notas gerais;
- fator de potência = 0,95, pelas notas gerais;
- queda de tensão unitária calculada em 17,7V/A.km;

então, na tabela 7.14 (veja as notas gerais), a queda de tensão unitária imediatamente abaixo da calculada é igual a 16,9V/A.km, à qual corresponde a seção nominal de 2,5mm².

Consolidação da Seção Nominal dos Condutores

Entre os critérios de capacidade de condução e o de seção nominal mínima permitida pela NBR 5140, a maior seção dos condutores fase foi indicada na tabela 7.13.

De posse das seções nominais calculadas pelo critério da queda de tensão, repete-se o procedimento, isto é, adota-se, para cada circuito, a maior seção até agora conhecida, como mostra a tabela 7.18 (veja o desenho 3.43).

As seções nominais dos circuitos 4, 7 e 8 indicadas no desenho 3.43 diferem das indicadas na tabela 7.18.

O motivo é que, no item 9.4 da lição 9, estes circuitos serão redimensionados para atender ao critério de sobrecarga.

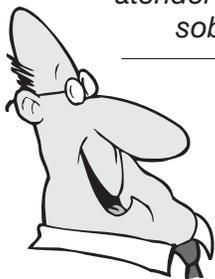


Tabela 7.18
Seção Nominal Atual dos Condutores Fase

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

7.4 Escolha do Condutor Neutro

Normalmente os condutores neutros têm a mesma seção nominal das fases dos circuitos correspondentes. Entretanto, como indicado na tabela 7.19, a NBR 5410 permite neutro com seção menor nos:

- circuitos trifásicos sem a presença de harmônicas;
- circuitos trifásicos, nos quais, em serviço normal, a corrente susceptível de percorrer o neutro seja inferior à capacidade de condução de corrente correspondente à seção reduzida do neutro indicada na tabela 7.19.

Tabela 7.19
Seção Nominal Mínima dos Condutores Neutro

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

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

As “harmônicas”, a que acabamos de nos referir, são distorções nas formas das ondas de corrente e tensão, em virtude da presença de cargas “não lineares”, que acarretam circulação adicional de corrente pelo neutro.

Até alguns anos atrás, predominavam, nas instalações elétricas de baixa tensão, as cargas ditas “lineares”, isto é, constituídas essencialmente por resistências, indutâncias e capacitâncias de valores praticamente fixos; em outras palavras: cargas para as quais a impedância é considerada constante — caso típico da iluminação incandescente, das cargas de aquecimento e dos motores elétricos usuais.

As cargas não lineares, para as quais a corrente não é proporcional à tensão aplicada, representavam pequena percentagem e pouco influíam no projeto e funcionamento dessas instalações — as mais importantes eram os aparelhos de iluminação a descarga, devido ao uso de reatores.

Entretanto, com a revolução eletrônica ocorrida mais recentemente, que se caracteriza pela crescente utilização de microcomputadores, “no-breaks” (UPS), acionamentos a velocidade variável, iluminação variável e tantos outros equipamentos, mesmo nas residências, o panorama mudou.

Essas cargas eletrônicas, tipicamente não lineares, passaram a trazer problemas inesperados às instalações de baixa tensão.

Com efeito, já se tornaram frequentes aquecimentos excessivos de transformadores e geradores com carga abaixo da nominal, superaquecimento de condutores neutros em circuitos trifásicos razoavelmente equilibrados, disparo intempestivo de disjuntores, isto para citar apenas alguns.

*Em nenhuma
circunstância o condutor
neutro poderá ser
comum a vários circuitos.
Cada circuito tem que ter
seu neutro, partindo do
quadro de distribuição.*



7.5 Recapitulação

(respostas na última página)

- a) Condutores elétricos mal dimensionados geram aquecimento, o que degrada a isolação e acarreta, em consequência, fuga de corrente e curto-circuitos.
sim não
- b) No cálculo da corrente consumida através da expressão 7.1, se a potência estiver em [kW], [kVAr] ou [kVA], deve-se trabalhar com a tensão em [kV]. Porém, se a potência estiver em [W], [VAr] ou [VA], deve-se trabalhar com a tensão em [V].
sim não
- c) Em funcionamento normal, a temperatura dos condutores não deve ultrapassar a de regime permanente (definida na lição 6).
sim não
- d) Em condições de funcionamento nas quais a temperatura de regime permanente não é excedida, estima-se que a vida útil dos condutores gire em torno de 20 anos. Estima-se ainda que, para cada 5°C acima desta temperatura, haja uma redução de 50% da vida útil.
sim não
- e) Nas instalações elétricas de baixa tensão, o dimensionamento dos condutores (na verdade, dos condutores fase apenas, já que os condutores neutro e de proteção são escolhidos a partir destes) é essencialmente uma questão térmica, isto é, para cada circuito, fixa-se a seção nominal padronizada mínima dos condutores de forma que não ocorra superaquecimento. Isto é feito através de quatro critérios, que devem ser atendidos simultaneamente e que são: capacidade de corrente; seção nominal mínima; queda de tensão e sobrecarga.
sim não
- f) No dimensionamento dos condutores, ao ser aplicado o critério da capacidade de corrente, se ao longo de seus diversos trechos um circuito apresentar variação na quantidade de condutores carregados, considera-se a situação que corresponda à condição mais favorável para dissipação de calor.
sim não

- g) No dimensionamento dos condutores, ao ser aplicado o critério da capacidade de corrente, se ao longo de seus diversos trechos um circuito apresentar mais de um método de instalação, considera-se a situação que corresponda à condição mais desfavorável para dissipação de calor.
sim não
- h) Diz-se que um circuito está equilibrado quando a distribuição de cargas entre as fases é a mesma.
sim não
- i) Na aplicação do critério da seção nominal mínima ao dimensionamento dos condutores das instalações elétricas residenciais, a NBR 5410 estabelece que os condutores dos circuitos de iluminação não podem ser inferiores a $1,5\text{mm}^2$, valor que, nos circuitos de força (TUG's e TUE's), deve ser aumentado para $2,5\text{mm}^2$.
sim não
- j) A menos de pequenas variações previstas nas normas, a tensão nos terminais de qualquer equipamento tem que ser aquela para a qual tenha sido projetado (designada de tensão nominal), caso contrário, alguma coisa será sacrificada, seja na vida útil ou no desempenho do equipamento.
sim não

