

Sumário

6.1	Introdução	5
6.2	Condutores Elétricos	5
6.2.1	Resistência Elétrica	6
6.2.2	Seção Nominal	10
6.2.3	Isolação e Isolamento	13
6.2.4	Comportamento dos Condutores em Condições de Fogo e Incêndio	15
6.3	Condutos Elétricos	17
6.3.1	Linhas com Eletrodutos	18
6.3.1.1	Eletrodutos Metálicos Rígidos (magnéticos)	18
6.3.1.2	Eletrodutos Isolantes Rígidos	20
6.3.1.3	Eletrodutos Isolantes Flexíveis	20
6.3.1.4	Eletrodutos Transversalmente Elásticos	21
6.3.1.5	Acessórios para Eletrodutos	21
6.4	Recapitulação	25

Página intencionalmente em branco

6.1 Introdução

Pela excelente relação custo *versus* resistência mecânica e condutividade (capacidade de conduzir corrente elétrica), o cobre e o alumínio são os dois metais de escolha para fabricação dos condutores.

Os de alumínio não pertencem a nossa área de interesse, pois a NBR 5410 não os admite, em nenhuma circunstância, em instalações elétricas de locais com alta taxa de ocupação, caso em que se enquadram residências, hotéis e hospitais — exceto como condutores de aterramento e proteção, que têm especificação própria.

Nosso curso, portanto, só se ocupará dos condutores de cobre — nesta lição, veremos todos os aspectos necessários à sua correta especificação e aproveitaremos para fazer o mesmo em relação aos condutos, que são as canalizações usadas para protegê-los.

6.2 Condutores Elétricos

Denomina-se **fio**, ao condutor de seção transversal uniforme (geralmente com forma cilíndrica), maciço e flexível.

Denomina-se **condutor encordoado**, ao conjunto de fios enfeixados helicoidalmente; produto bem mais flexível que os fios.

Denomina-se **cabo**, ao condutor encordoado constituído por um conjunto de fios encordoados, isolados ou não entre si, podendo o conjunto ser isolado ou não.

Quanto à flexibilidade, a NBR 6880 atribui seis classes: os fios ficando enquadrados na classe 1; a classe 6 correspondendo aos cabos de máxima flexibilidade.

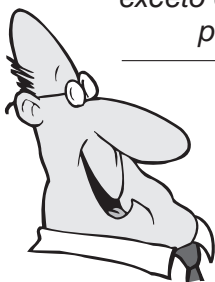
Os fios e os cabos podem ser **revestidos**, isto é, podem receber a deposição de uma película de outro metal para proteção contra o ataque de agentes externos. O estanho é bastante empregado com este fim (“cabo estanhado”).

Para isolá-los eletricamente do exterior, os fios e os cabos podem ser “encapados” com materiais sintéticos de propriedades específicas — ao que se denomina **isolação** (figura 6.1).

Denomina-se **condutor isolado**, ao fio ou cabo constituído apenas de isolação (figura 6.1.a e 6.1.b). É comum sobrepor à camada de isolação outra especialmente resistente à abrasão, denominada **cobertura** (figura 6.1.c e 6.1.d).

Fio nu é o fio sem revestimento, isolação ou cobertura, enquanto **cabo nu** é o cabo sem isolação ou cobertura, constituído por fios nus.

Na prática, o termo “cabo” é usado para designar todos os tipos de condutores elétricos, exceto os constituídos por barras



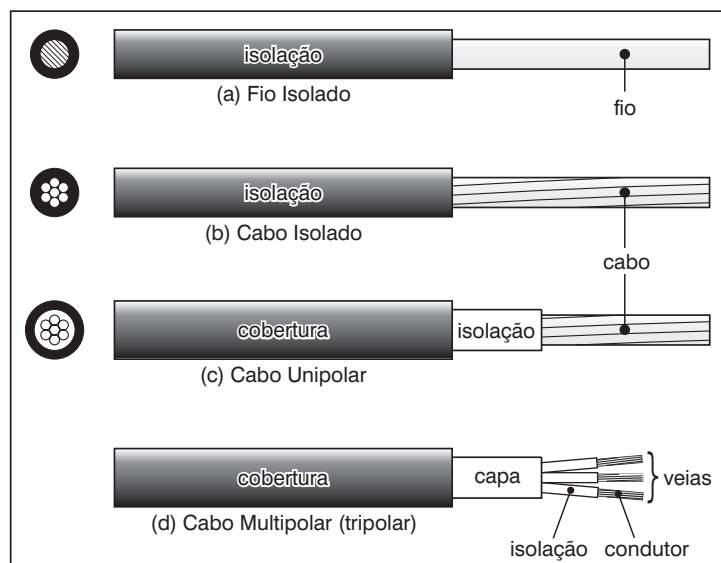


Figura 6.1: fios e cabos.

Atenção

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

6.2.1 Resistência Elétrica

Nos cabos uni e multipolares, a cobertura age principalmente como proteção da isolação, impedindo seu contato direto com o ambiente.

Chama-se **multiplexado**, ao cabo formado por dois ou mais condutores isolados ou cabos unipolares, dispostos helicoidalmente, sem cobertura.

Cordão é um cabo flexível com reduzido número de condutores isolados (2 ou 3, em geral) de pequena seção transversal, dispostos em paralelo ou torcidos, muito comuns para ligação de aparelhos eletrodomésticos.

No item 2.3, tratamos da resistência elétrica dos circuitos, quando vimos que ela é designada pela letra **R** e medida em ohm [Ω].

Naquela ocasião, vimos também como determinar a resistência de diversos tipos de circuitos, mas nada quanto à resistência própria dos condutores. Pois bem, para estes, a expressão pertinente é:

Resistência dos Condutores 6.1

$$R = \frac{\rho \cdot L}{A_s} + \Delta R$$

onde:

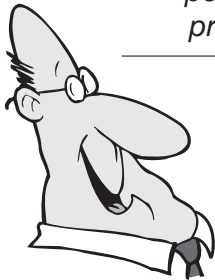
R = resistência dos condutores em circuitos de corrente alternada, em [Ω];

Denomina-se **cabo unipolar**, ao cabo constituído por um único condutor isolado e dotado, no mínimo, de cobertura (figura 6.1.c).

Denomina-se **cabo multipolar**, ao cabo constituído por dois ou mais condutores isolados e dotado, no mínimo, de cobertura (figura 6.1.d).

Os condutores isolados dos cabos uni e multipolares são chamados **veias**. As veias são recobertas por uma capa de polímeros termoplásticos, cuja principal finalidade é dar forma cilíndrica ao cabo. De acordo com a quantidade de veias, os cabos multipolares são ditos bi, tri, tetrapolares e, assim, sucessivamente (figura 6.1.d).

O quociente do segundo membro da expressão 6.1 é a resistência elétrica dos condutores em circuitos de corrente contínua; valor sempre inferior ao da corrente alternada, pois não há influência dos efeitos pelicular e de proximidade.



ρ = resistividade do material à temperatura em que se encontra o condutor, em $[\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}]$.
Este valor tem que ser calculado usando a seguinte igualdade:

$$\rho = \rho_1 [1 + \alpha (\theta - \theta_1)] \quad \text{na qual:}$$

ρ_1 = resistividade à temperatura θ_1 . Para $\theta_1 = 20^\circ \text{C}$, a NBR 5111 fornece os valores:

0,0172 $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ para cobre recozido;

0,0179 $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ para cobre duro;

α = coeficiente de temperatura relativo à temperatura θ_1 . Para $\theta_1 = 20^\circ \text{C} \rightarrow \alpha = 3,93 \times 10^{-3} \text{ } ^\circ \text{C}^{-1}$;

θ = temperatura em que se encontra o condutor;

θ_1 = temperatura de referência. Normalmente considera-se $\theta_1 = 20^\circ \text{C}$;

L = comprimento do condutor, em [m];

A_S = área transversal da seção metálica do condutor, em $[\text{mm}^2]$;

ΔR = aumento na resistência própria dos circuitos de corrente alternada, em $[\Omega]$, devidas a dois efeitos:

a) **efeito pelicular**: fenômeno pelo qual o valor eficaz da densidade de corrente (corrente por unidade de área) é maior perto da superfície externa dos condutores. Deste modo, a área que efetivamente conduz a corrente é menor, havendo, em consequência, um aumento da resistência;

b) **efeito de proximidade**: fenômeno caracterizado pela distribuição não uniforme da densidade de corrente, por influência da corrente que percorre condutores próximos.

No item 2.3.1, tratamos da reatância indutiva dos circuitos, quando vimos que ela é designada por X_L , medida em ohm $[\Omega]$ e que, pela expressão 2.5, é função da frequência e da indutância. Porém, nos circuitos de corrente alternada, a indutância e, conseqüentemente, a reatância, além das características dos condutores, dependem também das distâncias entre os demais condutores do circuito.

As tabelas 6.1, 6.2 e 6.3 trazem os valores médios das resistências e reatâncias indutivas dos condutores, em função da seção nominal — a característica “seção nominal” será vista logo a seguir, no próximo item.

Tabela 6.1

CORRENTE ALTERNADA

Resistência Elétrica e Reatância Indutiva de Fios e Cabos — Valores em [Ω / km]

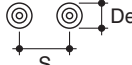
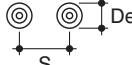
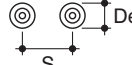
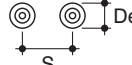


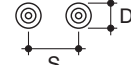
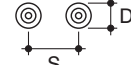


Tipo do Conductor:	Condutores isolados Cabos unipolares				Material da Isolação:		PVC – EPR – XLPE			
	Método de Instalação:	Linhas elétricas ao ar livre, bandejas, suportes e leitos p/ cabos				Circuito:		FN – FF		
Seção Nominal [mm ²]	$S = De$		$S = 2 \cdot De$		$S = 10 \text{ cm}$		$S = 20 \text{ cm}$		Trifólio	
										
1,5	14,48	0,16	14,48	0,21	14,48	0,39	14,48	0,44	14,48	0,16
2,5	8,87	0,15	8,87	0,20	8,87	0,37	8,87	0,42	8,87	0,15
4	5,52	0,14	5,52	0,20	5,52	0,35	5,52	0,40	5,52	0,14
6	3,69	0,14	3,69	0,19	3,69	0,33	3,69	0,39	3,69	0,14
10	2,19	0,13	2,19	0,18	2,19	0,32	2,19	0,37	2,19	0,13
16	1,38	0,12	1,38	0,17	1,38	0,30	1,38	0,35	1,38	0,12
25	0,87	0,12	0,87	0,17	0,87	0,28	0,87	0,34	0,87	0,12
35	0,63	0,11	0,63	0,17	0,63	0,27	0,63	0,32	0,63	0,11
50	0,46	0,11	0,46	0,16	0,46	0,26	0,46	0,31	0,46	0,11
70	0,32	0,10	0,32	0,16	0,32	0,25	0,32	0,30	0,32	0,10
95	0,23	0,10	0,23	0,16	0,23	0,24	0,23	0,29	0,23	0,10
120	0,19	0,10	0,18	0,15	0,18	0,23	0,18	0,28	0,19	0,10
150	0,15	0,10	0,15	0,15	0,15	0,22	0,15	0,27	0,15	0,10
185	0,12	0,10	0,12	0,15	0,12	0,21	0,12	0,26	0,12	0,10
240	0,09	0,10	0,09	0,15	0,09	0,20	0,09	0,25	0,09	0,10
300	0,08	0,10	0,07	0,15	0,07	0,19	0,07	0,24	0,08	0,10
400	0,06	0,10	0,06	0,15	0,06	0,18	0,06	0,23	0,06	0,10
500	0,05	0,10	0,05	0,15	0,05	0,17	0,05	0,23	0,05	0,10
630	0,04	0,09	0,04	0,15	0,04	0,16	0,04	0,22	0,04	0,09
800	0,04	0,09	0,03	0,14	0,03	0,15	0,03	0,20	0,04	0,09
1000	0,03	0,09	0,03	0,14	0,03	0,14	0,03	0,19	0,03	0,09

Tabela 6.2											CORRENTE ALTERNADA			
Resistência Elétrica e Reatância Indutiva de Fios e Cabos — Valores em $[\Omega / \text{km}]$														
Método de Instalação:		Linhas elétricas ao ar livre, bandejas, suportes e leitos p/ cabos							Material da Isolação:			PVC – EPR – XLPE		
Seção Nominal $[\text{mm}^2]$	Condutores Isolados Cabos Unipolares										Cabos Bi e Tripolares		Cabo Tetrapolar	
	$S = De$		$S = 2 \cdot De$		$S = 10 \text{ cm}$		$S = 20 \text{ cm}$		Trifólio		FN - FF - 3F		3F+N/3F+PE	
1,5	14,48	0,17	14,48	0,23	14,48	0,40	14,48	0,46	14,48	0,16	14,48	0,12	14,48	0,14
2,5	8,87	0,16	8,37	0,22	8,87	0,38	8,87	0,44	8,87	0,15	8,87	0,12	8,87	0,13
4	5,52	0,16	5,52	0,22	5,52	0,37	5,52	0,42	5,52	0,14	5,52	0,12	5,52	0,13
6	3,69	0,15	3,69	0,20	3,69	0,35	3,69	0,40	3,69	0,14	3,69	0,11	3,69	0,12
10	2,19	0,14	2,19	0,20	2,19	0,34	2,19	0,39	2,19	0,13	2,19	0,10	2,19	0,12
16	1,38	0,14	1,38	0,19	1,38	0,32	1,38	0,37	1,38	0,12	1,38	0,10	1,38	0,11
25	0,87	0,13	0,87	0,18	0,87	0,30	0,87	0,35	0,87	0,11	0,87	0,10	0,87	0,11
35	0,63	0,13	0,63	0,18	0,63	0,29	0,63	0,34	0,63	0,11	0,63	0,09	0,63	0,11
50	0,46	0,13	0,46	0,18	0,46	0,28	0,46	0,33	0,46	0,11	0,46	0,09	0,46	0,11
70	0,32	0,12	0,32	0,17	0,32	0,27	0,32	0,32	0,32	0,10	0,82	0,09	0,32	0,10
95	0,23	0,12	0,23	0,17	0,23	0,25	0,23	0,30	0,23	0,10	0,23	0,09	0,23	0,10
120	0,19	0,12	0,18	0,17	0,18	0,24	0,18	0,29	0,19	0,10	0,19	0,09	0,19	0,10
150	0,15	0,12	0,15	0,17	0,15	0,23	0,15	0,29	0,15	0,10	0,15	0,09	0,15	0,10
185	0,12	0,12	0,12	0,17	0,12	0,23	0,12	0,28	0,12	0,10	0,12	0,09	0,12	0,10
240	0,09	0,12	0,09	0,17	0,09	0,22	0,09	0,27	0,09	0,10	0,10	0,09	0,09	0,10
300	0,08	0,11	0,07	0,17	0,07	0,21	0,07	0,26	0,08	0,10	0,08	0,09	0,08	0,10
400	0,06	0,11	0,06	0,17	0,06	0,20	0,06	0,25	0,06	0,10	—	—	—	—
500	0,05	0,11	0,05	0,16	0,05	0,19	0,05	0,24	0,05	0,10	—	—	—	—
630	0,04	0,11	0,04	0,16	0,04	0,18	0,04	0,23	0,04	0,09	—	—	—	—
800	0,04	0,11	0,03	0,16	0,03	0,16	0,03	0,22	0,04	0,09	—	—	—	—
1000	0,03	0,11	0,03	0,16	0,03	0,16	0,03	0,21	0,03	0,09	—	—	—	—

Tabela 6.3		CORRENTE ALTERNADA
Resistência Elétrica e Reatância Indutiva de Fios e Cabos — Valores em [Ω / km]		
Tipo do Condutor:	Condutores isolados, cabos unipolares e multipolares	
Material da Isolação:	PVC – EPR – XLPE	
Método de Instalação:	Condutos fechados não-magnéticos	
Circuito:	FN – FF – 3F	
Seção Nominal [mm^2]	R	X_L
1,5	14,48	0,16
2,5	8,87	0,15
4	5,52	0,14
6	3,69	0,13
10	2,19	0,13
16	1,38	0,12
25	0,87	0,12
35	0,63	0,11
50	0,47	0,11
70	0,32	0,10
95	0,23	0,10
120	0,19	0,10
150	0,15	0,10
185	0,12	0,099
240	0,094	0,098
300	0,078	0,097
400	0,063	0,096
500	0,052	0,095
630	0,043	0,093
800	0,037	0,089
1000	0,033	0,088

6.2.2 Seção Nominal

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

Esta série (veja a tabela 6.4) — estabelecida pela IEC (*International Electrotechnical Commission*) e adotada pela NBR 6880 —, atribui um valor de **S** para a resistência elétrica máxima que condutores, com um quilômetro de comprimento e à 20°C, podem apresentar.

Tabela 6.4 Série Métrica IEC	
Seção Nominal [mm ²]	
0,5	70
0,75	95
1	120
1,5	150
2,5	185
4	240
6	300
10	400
16	500
25	630
35	800
50	1000

As tabelas 6.5 a 6.10 mostram os dados construtivos para cabos isolados, unipolares e multipolares. Observe que os fios, cabos isolados e cabos unipolares são especificados apenas pelo número de suas seções nominais — para os cabos multipolares, entretanto, este número é precedido pelo de veias (por exemplo, na tabela 6.9, um cabo com três veias e seção de 2,5mm² está especificado como 3×2,5 mm²).

Com essas tabelas, podemos agora formular o exemplo abaixo, mostrando concretamente que a seção nominal não se refere à área transversal da seção metálica, como já havíamos observado.

- **Exemplo:** para um fio isolado de 2,5mm² de seção nominal, a tabela 6.5 indica que o diâmetro nominal do condutor é igual a 1,7mm.

Em vista disso, o valor da área transversal da seção metálica do condutor é:

$$A_s = \frac{\pi \cdot D^2}{4} = \frac{\pi \times 1,7^2}{4} = 2,27 \text{ mm}^2$$

diferente, portanto, de sua seção nominal, cujo valor é 2,5mm².

Tabela 6.5 Dados Médios de Fios Isolados				
Seção Nominal [mm ²]	Diâmetro Nominal do Condutor D [mm]	Espessura Nominal da Isolação [mm]	Diâmetro Externo Nominal De [mm]	Área Externa A _c [mm ²]
0,5	0,8	0,6	2,1	3,5
0,75	1,0	0,6	2,2	3,8
1	1,1	0,6	2,4	4,5
1,5	1,4	0,7	2,8	6,2
2,5	1,7	0,8	3,4	9,1
4	2,2	0,8	3,9	11,9
6	2,7	0,8	4,4	15,2
10	3,5	1,0	5,6	24,6

Tabela 6.6 Dados Médios de Cabos Isolados				
Seção Nominal [mm ²]	Diâmetro Nominal do Condutor D [mm]	Espessura Nominal da Isolação [mm]	Diâmetro Externo Nominal De [mm]	Área Externa A _c [mm ²]
0,5	0,9	0,6	2,2	3,8
0,75	1,1	0,6	2,3	4,2
1	1,3	0,6	2,5	4,9
1,5	1,5	0,7	3,0	7,1
2,5	1,9	0,8	3,6	10,2
4	2,4	0,8	4,2	13,8
6	3,0	0,8	4,7	17,3
10	3,9	1,0	6,0	28,3
16	5,5	1,0	7,6	45,3
25	6,9	1,2	9,4	69,4
35	8,3	1,2	10,8	91,6
50	9,9	1,4	12,8	128,6
70	11,7	1,4	14,6	167,3
95	13,4	1,6	16,8	221,6
120	15,3	1,6	18,7	274,5
150	17,2	1,8	20,9	342,9
185	18,8	2,0	23,0	415,3
240	21,8	2,2	26,3	543,0

Tabela 6.7
Dados Médios de Cabos Unipolares

Nº de Condutores versus Seção Nominal [mm²]	Diâmetro Nominal do Condutor D [mm]	Espessura Nominal		Diâmetro Externo Nominal De [mm]	Área Externa A _c [mm²]
		Isolação [mm]	Cobertura [mm]		
1 × 1,5	1,5	0,8	0,9	4,9	18,8
1 × 2,5	1,9	0,8	0,9	5,4	22,9
1 × 4	2,4	1,0	1,0	6,5	33,2
1 × 6	2,9	1,0	1,0	7,0	38,5
1 × 10	3,9	1,0	1,0	8,0	50,2
1 × 16	5,5	1,0	1,0	9,5	70,8
1 × 25	6,9	1,2	1,1	11,6	105,6
1 × 35	8,2	1,2	1,1	12,9	130,6
1 × 50	9,8	1,4	1,2	15,3	183,8
1 × 70	11,6	1,4	1,2	17,1	229,5
1 × 95	13,4	1,6	1,3	19,6	301,6
1 × 120	15,3	1,6	1,3	21,5	362,9
1 × 150	17,1	1,8	1,4	24,0	452,2
1 × 185	18,8	2,0	1,5	26,2	538,9
1 × 240	21,8	2,2	1,6	29,8	697,1

Tabela 6.8
Dados Médios de Cabos Bipolares

Nº de Condutores versus Seção Nominal [mm²]	Diâmetro Nominal do Condutor D [mm]	Espessura Nominal		Diâmetro Externo Nominal De [mm]	Área Externa A _c [mm²]
		Isolação [mm]	Cobertura [mm]		
2 × 1,5	1,5	0,8	1,0	8,5	56,7
2 × 2,5	1,9	0,8	1,1	9,6	72,3
2 × 4	2,4	1,0	1,1	11,5	103,8
2 × 6	2,9	1,0	1,2	12,7	126,6
2 × 10	3,9	1,0	1,2	14,8	171,9
2 × 16	5,5	1,0	1,3	18,2	260,0
2 × 25	6,9	1,2	1,4	22,0	379,9
2 × 35	8,2	1,2	1,5	24,9	486,7
2 × 50	9,8	1,4	1,6	30,3	720,7
2 × 70	11,6	1,4	1,7	33,8	896,8
2 × 95	13,4	1,6	1,8	38,4	1157,5
2 × 120	15,3	1,6	1,9	42,4	1411,2
2 × 150	17,1	1,8	2,0	47,1	1741,5
2 × 185	18,8	2,0	2,2	52,4	2155,4
2 × 240	21,8	2,2	2,4	59,5	2779,1

Tabela 6.9
Dados Médios de Cabos Tripolares

Nº de Condutores versus Seção Nominal [mm²]	Diâmetro Nominal do Condutor D [mm]	Espessura Nominal		Diâmetro Externo Nominal De [mm]	Área Externa A _c [mm²]
		Isolação [mm]	Cobertura [mm]		
3 × 1,5	1,5	0,8	1,1	9,3	67,9
3 × 2,5	1,9	0,8	1,1	10,2	81,7
3 × 4	2,4	1,0	1,2	12,4	120,7
3 × 6	2,9	1,0	1,2	13,5	143,1
3 × 10	3,9	1,0	1,2	15,7	193,5
3 × 16	5,5	1,0	1,3	19,4	295,4
3 × 25	6,9	1,2	1,4	23,6	437,2
3 × 35	8,2	1,2	1,5	26,6	555,4
3 × 50	9,8	1,4	1,6	32,1	808,9
3 × 70	11,6	1,4	1,7	36,2	1028,7
3 × 95	13,4	1,6	1,9	41,3	1339,0
3 × 120	15,3	1,6	2,0	45,6	1632,3
3 × 150	17,1	1,8	2,1	50,8	2025,8
3 × 185	18,8	2,0	2,3	55,6	2426,7
3 × 240	21,8	2,2	2,5	63,3	3145,4

Tabela 6.10
Dados Médios de Cabos Tetrapolares

Nº de Condutores versus Seção Nominal [mm²]	Diâmetro Nominal do Condutor D [mm]	Espessura Nominal		Diâmetro Externo Nominal De [mm]	Área Externa A _c [mm²]
		Isolação [mm]	Cobertura [mm]		
4 × 1,5	1,5	0,8	1,1	10,1	80,1
4 × 2,5	1,9	0,8	1,1	11,1	96,7
4 × 4	2,4	1,0	1,2	13,5	143,1
4 × 6	2,9	1,0	1,2	14,8	171,9
4 × 10	3,9	1,0	1,3	17,5	240,4
4 × 16	5,5	1,0	1,4	21,5	362,9
4 × 25	6,9	1,2	1,5	26,2	538,9
4 × 35	8,2	1,2	1,6	30,2	716,0
4 × 50	9,8	1,4	1,7	35,6	994,9
4 × 70	11,6	1,4	1,9	40,4	1281,2
4 × 95	13,4	1,6	2,0	45,8	1646,6
4 × 120	15,3	1,6	2,1	50,8	2025,8
4 × 150	17,1	1,8	2,3	56,6	2514,8
4 × 185	18,8	2,0	2,5	62,0	3017,5
4 × 240	21,8	2,2	2,7	70,5	3901,6

6.2.3 Isolação e Isolamento

Gradiente de Potencial e Rigidez Dielétrica

Gradiente de potencial, normalmente expresso em [kV/mm], é a relação entre a tensão aplicada a uma camada elementar de isolante (dielétrico) e a espessura desta camada.

Para uma determinada tensão, a rigidez dielétrica é a medida da diminuição das características isolantes do dielétrico.

Perdas dielétricas, portanto, são as perdas, em [W], que ocorrem no dielétrico em função da tensão aplicada

A isolação (ou dielétrico) é aplicada aos condutores para confinar o campo elétrico gerado pela tensão e, com isto, isolá-los eletricamente do exterior, reduzindo ou eliminando o risco de choques e curto-circuitos.

Em baixa tensão, usa-se para a isolação o PVC (cloreto de polivinila), o EPR (borracha etileno-propileno) ou o XLPE (polietileno reticulado).

Os dois primeiros são os mais comuns e têm as seguintes propriedades:

■ PVC:

- rigidez dielétrica elevada, porém as perdas dielétricas também são elevadas, principalmente acima de 10kV, o que limita seu uso a tensões máximas de 6kV;
- considerável resistência a agentes químicos e à água;
- boa resistência à propagação de chama. Porém, quando submetido ao fogo, gera considerável quantidade de fumaça e de gases tóxicos e corrosivos.

■ EPR:

- excelente resistência ao envelhecimento, permitindo a aplicação de altas densidades de corrente;
- ótima flexibilidade, mesmo em baixas temperaturas;
- elevada resistência dielétrica e baixa perdas dielétricas, o que permite seu uso em altas tensões (usualmente até 138kV);
- boa resistência a agentes químicos e à água.

Não confunda isolação com isolamento!

Isolação tem sentido estritamente **qualitativo** (isolação de PVC, EPR etc.).

Isolamento, por sua vez, tem sentido **quantitativo**. Na verdade, a forma correta de dizer é tensão de isolamento, valor relacionado à espessura da isolação e às características da instalação (nível de tensão).

A tensão de isolamento de um condutor é especificada por dois valores separados por uma barra, o primeiro indicando a tensão fase-neutro (U_0), o segundo indicando a tensão fase-fase (U), ou seja, U_0/U , como por exemplo: 0,6/1kV.

Conforme a tensão fase-fase do isolamento, os condutores são classificados em:

- condutores de baixa tensão $U \leq 1kV$
- condutores de média tensão $1kV < U \leq 35 kV$
- condutores de alta tensão $U > 35 kV$

Identificação dos Condutores pela Cor

Azul Claro	neutro
Verde	proteção
Preto, Vermelho, Branco	fase

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

O enquadramento do condutor como de baixa, média ou alta tensão é função da espessura e das propriedades do material usado na isolação. Há materiais que, por suas propriedades, não conseguem posicionar o condutor além de determinada classe, ainda que sua espessura seja aumentada indefinidamente — caso, como acabamos de ver, da isolação em PVC, cujas perdas dielétricas limitam seu uso até as tensões de 6kV (média tensão).

Estivemos, até agora, tratando apenas de uma das solicitações a que a camada de isolação está sujeita, que é o campo elétrico gerado pela tensão.

Outra solicitação importante é o aquecimento gerado pela passagem da corrente no condutor (Efeito Joule).

Acima de determinada temperatura, os materiais usados na isolação começam a perder suas propriedades, levando à definição de três classes térmicas de funcionamento:

■ **temperatura em regime permanente** — valor máximo no qual a isolação pode permanecer indefinidamente. A corrente máxima possível de ser conduzida nesta condição define a denominada **capacidade de condução** do condutor. Sendo:

p/ isolação em PVC	70°C
p/ isolação em EPR	90°C

■ **temperatura em regime de sobrecarga** — valor máximo no qual a isolação pode permanecer durante 100 horas num período de 12 meses, porém, sem superar 500 horas ao longo da vida do condutor. Sendo:

p/ isolação em PVC	100°C
p/ isolação em EPR	130°C

■ **temperatura em regime de curto-circuito** — valor máximo no qual a isolação pode permanecer por apenas 5 segundos ao longo da vida do condutor. Sendo:

p/ isolação em PVC	160°C
p/ isolação em EPR	250°C

Como se vê, do ponto de vista da temperatura, a isolação de EPR é superior à de PVC — entre dois condutores com a mesma seção nominal, um com isolação de PVC e o outro de EPR, o último terá maior capacidade de condução de corrente, pois permite atingir temperaturas superiores.

Para uma dada corrente, se o que se procura é o condutor de menor seção nominal ou o mais flexível ou, ainda, o que melhor suporta as perigosas correntes de sobrecarga e de curto-circuito, a melhor opção é o EPR.

6.2.4 Comportamento dos Condutores em Condições de Fogo e Incêndio

Nas instalações elétricas residenciais, porém, a classe térmica do cabo não sendo tão relevante, a relação custo / benefício conduz à escolha de cabos com isolamento de PVC.

A isolamento e/ou a cobertura requerem apreciável quantidade de materiais orgânicos que, por serem combustíveis, podem conferir aos cabos a perigosa característica de elemento propagador de fogo.

Quanto a este aspecto, classifica-se os cabos em quatro categorias:

- **propagador de chama** — quando submetido a ação direta da chama, mesmo por curto intervalo de tempo, o cabo entra em combustão e a mantém após a retirada da chama ativadora. Tais cabos podem contribuir para o desenvolvimento e a propagação de incêndios. O EPR e o XLPE estão incluídos nesta categoria;
- **não propagador de chama** — quando a chama se extingue após cessar a causa ativadora. Entre outros fatores, o comportamento desses cabos em relação ao fogo depende, em grande parte, do tempo de exposição à chama, da intensidade desta e da quantidade de cabos agrupados. Os condutores de cobre com isolamento de PVC do tipo BW (NBR 6148) incluem-se nesta categoria;
- **resistente à chama** — quando a chama não se propaga mesmo em caso de exposição prolongada. Quando submetidos ao rigoroso ensaio de queima vertical, efetuado em feixe de cabos com concentração de material combustível bem definida (de acordo com a NBR 6812), os danos causados pela chama limitam-se a poucas dezenas de centímetros. O PVC aditivado confere aos cabos essa característica, sendo designados por BWF (NBR 6148);
- **resistente ao fogo** — especialmente recomendados para circuitos de segurança, pois o circuito é mantido em operação na presença de incêndio, atendendo à NBR 10.301 (exposição a chama direta, durante 3 horas à 750°C).

Para finalizar as considerações sobre os condutores, a tabela 6.11 relaciona diversos tipos e suas aplicações típicas correspondentes.

Tabela 6.11
Características Normativas para Fios e Cabos para Baixa Tensão

Normas	Aplicáveis	Características			Isolamento (Uo/U)	Temperatura [°C] em Regime:			Seção Nominal [mm ²]	Aplicações Típicas
		Tipo	Isolação	Cobertura		Contínuo	Sobre Carga	Curto Circuito		
NBR 6148	NBR 6880 NBR 6245 NBR 6812	Condutor isolado (fio ou cabo).	PVC	sem	450 / 750V	70	100	160	Fio: ≤ 10 Cabo: ≤ 500	Instalações internas fixas de luz e força em prédios residenciais, comerciais, industriais etc., circuitos de distribuição e terminais.
NBR 7288		Cabo unipolar; Cabo multipolar com 2, 3 ou 4 condutores.	PVC	PVC	0,6 / 1kV	70	100	160	≤ 1 x 1000 ≤ 2 x 300 ≤ 3 x 300 ≤ 4 x 300	Instalações internas fixas de luz e força em prédios residenciais, comerciais, industriais etc., circuitos de distribuição e terminais; linhas subterrâneas de energia em baixa tensão.
NBR 7286	NBR 6880 NBR 6244		EPR	PVC	0,6 / 1kV	90	130	250	≤ 1 x 500 ≤ 2 x 50 ≤ 3 x 300 ≤ 4 x 50	
NBR 7285	NBR 6880	Cabo isolado; Cabo triplexado.	XLPE	sem	0,6 / 1kV	90	130	250	≤ 1 x 1000 ≤ 3 x 300	Instalações internas fixas de luz e força em prédios residenciais, comerciais, industriais etc., circuitos de distribuição e terminais; linhas subterrâneas e aéreas de energia em baixa tensão.
NBR 13249	NBR 6880	Cabo multipolar flexível com 2, 3 ou 4 condutores.	PVC	PVC	450 / 750V	70	100	160	≤ 2 x 10 ≤ 3 x 10 ≤ 4 x 10	Ligações de aparelhos eletrodomésticos e eletrofissionais portáteis ou móveis (enceradeiras, aspiradores de pó, refrigeradores, furadeiras etc.).
		Cordão (paralelo ou torcido).	PVC	sem	450 / 750V	70	100	160	≤ 2 x 4	Ligações de pequenos aparelhos eletrodomésticos portáteis e aparelhos de iluminação (quebra-luzes, pendentes, lustres etc.).

NOTAS:

- # As faixas apresentadas de seção nominal são valores médios de referência, podendo variar de acordo com o fabricante.
- # NBR 6148: Condutores isolados com isolação extrudada de cloreto de polivinila (PVC) para tensões até 750V - sem cobertura - Especificação.
- # NBR 6880: Condutores de cobre para cabos isolados - Padronização.
- # NBR 6245: Determinação do índice de oxigênio - Método de Ensaio.
- # NBR 6812: Queima vertical (fogueira) - Método de Ensaio.
- # NBR 6244: Ensaio de resistência à chama para fios e cabos - Método de Ensaio.
- # NBR 7286: Cabos de potência com isolação sólida extrudada de borracha etileno-propileno (EPR) para tensões de 1 a 35kV - Especificação.
- # NBR 7288: Cabos de potência com isolação sólida extrudada de cloreto de polivinila (PVC) para tensões de 1 a 205kV - Especificação.
- # NBR 7285: Cabos de potência com isolação sólida extrudada de polietileno termofixo para tensões até 0,6/1kV - sem cobertura - Especificação.
- # NBR 13249: Cabos e cordões flexíveis para tensões até 750V - Especificação.

6.3 Condutos Elétricos

Chamam-se condutos elétricos (ou, simplesmente, condutos), as canalizações usadas para proteger e/ou suportar os condutores.

Há os condutos “de catálogo”, fabricados, obedecendo normas específicas, em ampla variedade de formas e que atendem grande parte das necessidades das instalações elétricas (os mais comuns estão representados na figura 6.2).

Há, também, os que são moldados “in loco”, como as canaletas de concreto ou alvenaria, providas de tampa removível em toda a extensão e que, pela pequena seção, não comportam uma pessoa em seu interior,

De certa forma, entre as moldadas “in loco” poderiam ser incluídos os espaços de construção, como são denominados todas as cavidades nas estruturas das obras civis, sejam elas poços, galerias, pisos técnicos (vão entre dois pavimentos onde cabe uma pessoa), forros falsos e cavidades internas de elementos de divisória.

Inúmeras vezes, os condutores prescindem da proteção dos condutos. Cabos com cobertura permitem a instalação do condutor diretamente no solo ou na alvenaria, caso em que poder-se-ia dizer que o conduto é a cobertura. Outras vezes, a natureza da construção requer apenas o uso de suportes para os condutores em pontos isolados, caso típico dos circuitos de transmissão e distribuição das concessionárias de energia elétrica.

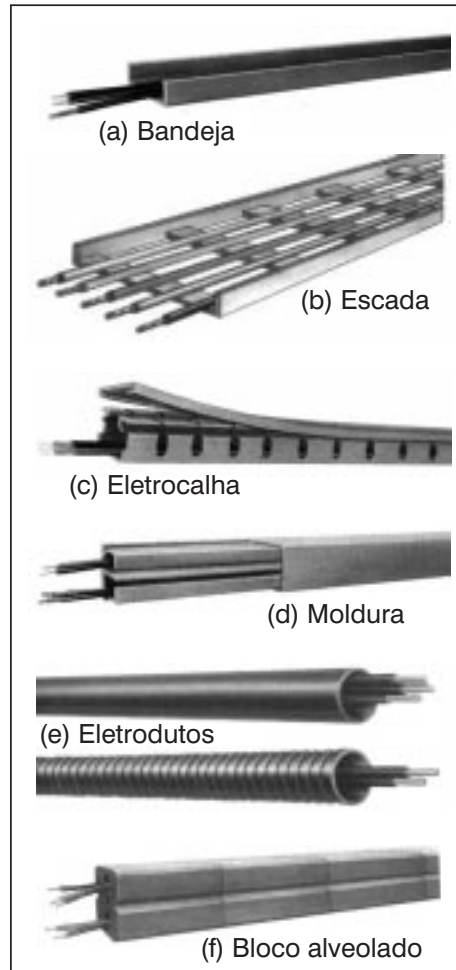


Figura 6.2:
alguns condutos “de catálogo”.

Quanto à instalação dos condutores nos condutos, deve-se observar o seguinte:

- Todos os condutores vivos do mesmo circuito, inclusive o neutro, devem ser agrupados no mesmo conduto.
- Em eletrodutos, eletrocalhas e blocos alveolados podem ser instalados condutores de mais de um circuito, quando:
 - os circuitos forem da mesma instalação, isto é, tiverem sua origem no mesmo dispositivo de manobra e proteção;

6.3.1 Linhas com Eletrodutos

- as seções nominais dos condutores fase estiverem contidas no intervalo de três valores normalizados sucessivos (por exemplo: 4, 6 e 10mm²).

As linhas elétricas — nome que se dá ao conjunto dos condutores e seus condutos — dependendo da maneira como são construídas, classificam-se em:

- **Aérea** — condutores desprovidos de condutos, elevados em relação ao piso e suportados em pontos isolados;
- **Aparente** — condutos à vista do ambiente;
- **Embutida** — linhas em que os condutos e/ou os condutores são enterrados nas paredes ou nas estruturas, ficando acessíveis apenas em determinados pontos;
- **Subterrânea** — linha embutida no solo.

A partir desta classificação, a NBR 5410 estipula os condutores e cabos que podem ser utilizados em cada tipo de linha, como mostra a tabela 6.12.

Embora a norma prescreva eletrodutos de seções diferentes, a forma circular é a mais utilizada. Além de proteger os condutores contra ações mecânicas e contra a corrosão, este tipo de conduto exerce as funções de:

- proteção ao meio ambiente contra o perigo de incêndio, causado por superaquecimento dos condutores, e de formação de arcos por curto-circuitos;
- quando metálicos, de aterramento para os condutores (evitando choques elétricos) e, conseqüentemente, de condutor de proteção.

6.3.1.1 Eletrodutos Metálicos Rígidos (magnéticos) — normalmente fabricados em aço-carbono, o produto acabado são “varas” de 3 metros de comprimento, revestidas, externa e internamente, com uma camada de proteção, que pode ser de zinco, para os galvanizados, de tinta, de esmalte ou, ainda, de composto asfáltico (neste caso, apenas externamente).

No Brasil, há três tipos de eletrodutos metálicos rígidos, pois três são as normas que os regem: NBR 5597, NBR 5598 e NBR 5624. Os tipos relativos às duas primeiras normas estão fora de nossa área de interesse, por serem mais apropriados a instalações elétricas industriais e similares.

Tabela 6.12
Métodos de Instalação versus Condutores Permitidos

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

Notas:

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

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

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

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



A tabela 6.13 mostra as características do tipo regido pela NBR 5624, que tem parede mais fina que a dos dois primeiros, e se destinam a aplicações não industriais principalmente — sendo importante observar que:

- os esmaltados devem ser usados apenas em instalações internas, em linhas embutidas ou aparentes de locais em que a corrosão não seja notável;
- os galvanizados devem ser reservados para instalações externas (aparentes) ou em linhas subterrâneas, em contato direto com o solo, ou envelopados em concreto.

6.3.1.2 Eletrodutos Isolantes Rígidos — fabricados em PVC, polietileno de alta densidade e cimento-amianto, entre outros materiais. Para linhas acima do solo, aparentes ou embutidas, e para linhas subterrâneas envelopadas em concreto, os de PVC são os mais utilizados, inclusive nas instalações elétricas residenciais.

Para estes, o produto acabado são “varas” de 3 metros de comprimento, atendendo à NBR 6150, que prevê eletrodutos roscáveis e soldáveis, com duas classes de espessura (veja a tabela 6.14).

6.3.1.3 Eletrodutos Isolantes Flexíveis — popularmente conhecidos como “mangueiras”, apesar de vastamente empregados, não o deveriam ser, pois sua capacidade de suportar esforços transversais é extremamente reduzida, o que compromete a integridade dos condutores.

Tabela 6.13
Eletrodutos Rígidos de Aço Carbono — conforme NBR 5624
(com costura, revestimento protetor e rosca NBR 8133)

Tamanho Nominal	Rosca (pol)	Diâmetro Externo [mm]		Espessura da Parede [mm]	Área Nominal [mm ²]
		Mínimo	Máximo		
10	3/8	16,3	16,5	1,50	139
15	1/2	20,0	20,4	1,50	227
20	3/4	25,2	25,6	1,50	387
25	1	31,5	31,9	1,50	638
32	1 1/4	40,5	41,0	2,00	1046
40	1 1/2	46,6	47,1	2,25	1391
50	2	58,4	59,0	2,25	2281
65	2 1/2	74,1	74,9	2,65	3716
80	3	86,8	87,6	2,65	5214
90	3 1/2	99,0	100,0	2,65	6892
100	4	111,6	112,7	2,65	8870

Tabela 6.14
Eletrodutos Rígidos Roscáveis de PVC — conforme NBR 6150

Tamanho Nominal	Rosca (pol)	Diâmetro Externo [mm]	Espessura da Parede [mm]		Área Nominal [mm ²]	
			Classe A	Classe B	Classe A	Classe B
16	3/8	16,7	2,0	1,8	127	135
20	1/2	21,1	2,5	1,8	204	240
25	3/4	26,2	2,6	2,3	346	366
32	1	33,2	3,2	2,7	564	607
40	1 1/4	42,2	3,6	2,9	962	1040
50	1 1/2	47,8	4,0	3,0	1243	1372
60	2	59,4	4,6	3,1	1978	2222
75	2 1/2	75,1	5,5	3,8	3225	3577
85	3	88,0	6,2	4,0	4487	5024

Tabela 6.15
Eletrodutos Transversalmente Elásticos (conf. NFC 68-101)

Tamanho Nominal	Área Nominal [mm ²]
16	135
20	240
25	366
32	607
40	1040
50	1372
60	2222
75	3577
85	5024

6.3.1.4 Eletrodutos Transversalmente Elásticos — fabricados com polietileno de alta densidade, de acordo com normas específicas, caracterizam-se por retomar a forma original após deformados por uma força transversal aplicada durante curto intervalo de tempo.

Destinados a linhas embutidas, principalmente em prédios e residências, sua principal vantagem sobre os eletrodutos rígidos é a facilidade de instalação, pois dispensam curvas, luvas, arruelas e buchas, além de reduzirem muito as perdas de material (veja a tabela 6.15).

6.3.1.5 Acessórios para Eletrodutos — na figura 6.3, que esquematiza, para efeito de explanação, o caminhamento de eletrodutos rígidos roscáveis em um cômodo, estão representados os acessórios de uso mais comum.

A finalidade de alguns é bastante evidente, como as luvas e as curvas, que servem para emendar dois trechos de eletrodutos com a mesma direção e de direções diferentes, respectivamente.

As arruelas e as buchas fixam a extremidade dos eletrodutos nas caixas de passagem. As arruelas ficam no lado externo; a fixação sendo complementada pela bucha, inserida no lado interno, que também tem a importante função de não permitir danos à isolação dos condutores durante o “puxamento”.

As caixas de derivação ou de passagem, além de abrigarem os equipamentos (tomadas, interruptores etc.) e as emendas dos condutores, facilitam o “puxamento”, pois permitem limitar o comprimento dos trechos dos eletrodutos e a quantidade de curvas.

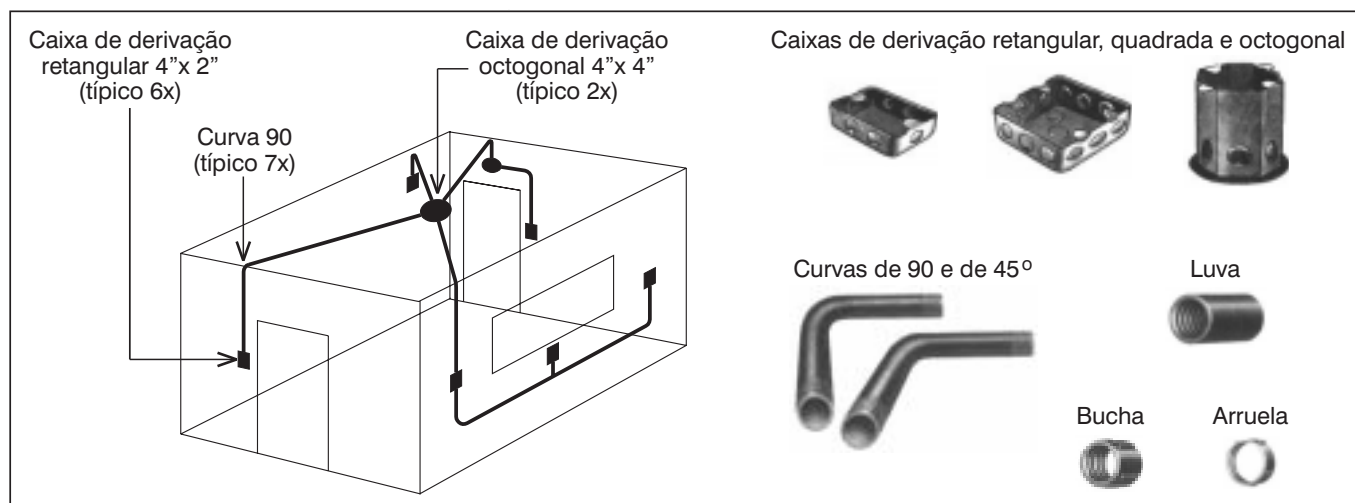


Figura 6.3:
arranjo típico de eletrodutos rígidos rosçáveis e seus acessórios mais comuns.

Quanto a este último aspecto, a NBR 5410 estabelece as seguintes limitações, aplicável a qualquer tipo de eletrodutos:

- (i) sem interposição de caixas de passagem, os trechos contínuos dos eletrodutos deverão ser limitados a 15 metros. Havendo curvas, o comprimento de 15 metros deverá ser reduzido de 3 metros para cada curva de 90°;
- (ii) quando o trecho referido na letra (i) anterior passar por locais em que não seja possível a interposição de caixas de passagem, o procedimento será:
 - (ii-a) calcular o comprimento máximo que seria permitido pela letra (i), considerando a quantidade de curvas de 90° existentes;
 - (ii-b) para cada 6 metros ou fração que o comprimento real do trecho exceder ao calculado em (ii-a), aumentar o tamanho nominal do eletroduto para um imediatamente acima;
- (iii) em nenhum trecho e em nenhuma circunstância poderão ser utilizadas curvas com deflexão acima de 90°;
- (iv) em cada trecho de eletroduto entre duas caixas de passagem, a deflexão total das curvas não poderá exceder 270° (por exemplo: 3 curvas de 90°; 2 curvas de 90° mais 2 de 45° e outras combinações possíveis);
- (v) caixas de passagem deverão ser previstas em todos os pontos de entrada e saída de condutores nos eletrodutos (exceto nos de transição para linha aérea), bem como nos de emenda e derivação dos condutores.

A figura 6.4 ilustra três casos que, ao serem analisados quanto às limitações impostas pela NBR 5410 ao comprimento e à quantidade de curvas existentes em trechos contínuos de eletrodutos, exigiram que fossem feitas as correções apropriadas.

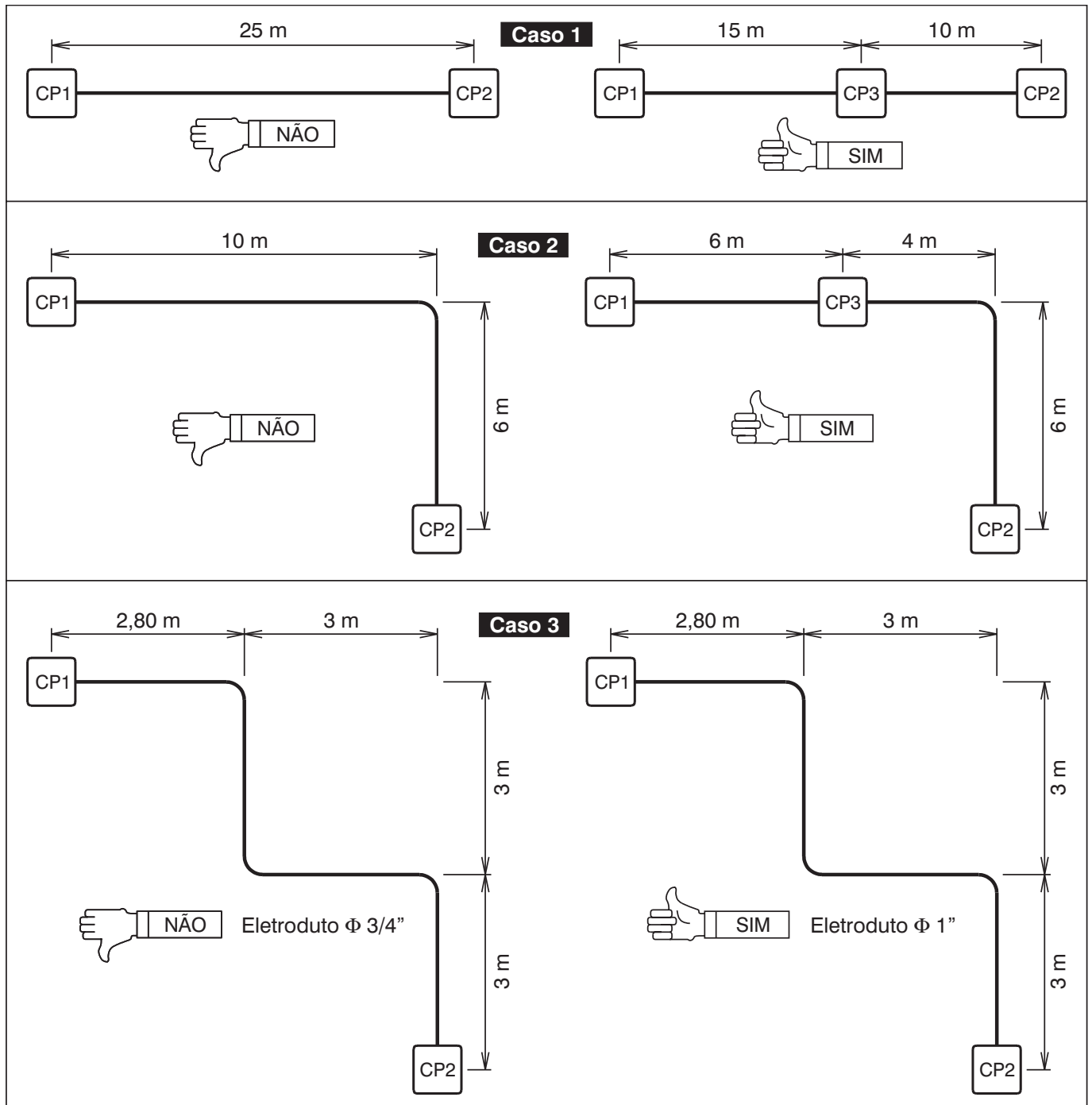


Figura 6.4:
exemplos de correção de trechos de eletrodutos para atender às exigências da NBR 5410.

Caso 1 — pelo disposto na letra (i), o comprimento do trecho (25m) excede o máximo permitido (15m), o que levou à inserção de mais uma caixa de passagem (CP3).

Caso 2 — como há uma curva de 90° no trecho, pelo disposto na letra (i), o comprimento máximo permitido para o eletroduto, ao serem descontados 3m referentes à curva, é:

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

Como o comprimento do trecho é:

$$10 + 6 = 16\text{ m}$$

superior, portanto, ao máximo permitido (12m), é preciso interpor mais uma caixa de passagem (CP3).

Observe que, com esta interposição, o comprimento máximo entre duas caixas com uma curva passa a ser:

$$4 + 6 = 10\text{ m}$$

inferior, portanto, ao máximo permitido (12m).

Caso 3 — representa a situação prevista na letra (ii), em que não é possível a interposição de novas caixas de passagem. Procedendo como ali indicado:

- pelo disposto na letra (ii-a), o comprimento máximo que seria permitido pela letra (i), considerando as 3 curvas de 90° existentes, é:

$$15\text{ m} - (3\text{ curvas} \times 3\text{ m}) = 6\text{ m}$$

- pelo disposto na letra (ii-b), o comprimento real do trecho, que é igual a:

$$2,80 + 3 + 3 + 3 = 11,80\text{ m}$$

excede o máximo permitido em:

$$11,80 - 6 = 5,80\text{ m}$$

Logo, a quantidade de aumentos no tamanho nominal do eletroduto previsto é:

$$\frac{5,80}{6} = 0,97$$

ou seja: 1 aumento.

Supondo que se trate de eletroduto rígido de PVC, então, como o que estava previsto era de $\frac{3}{4}$ ", pela tabela 6.14, aumentando uma vez o tamanho nominal para o imediatamente acima leva à adoção de eletroduto de 1".

6.4 Recapitulação

(respostas na última página)

- a) Em instalações elétricas de locais com alta taxa de ocupação, caso em que se enquadram residências, hotéis e hospitais, a NBR 5410 não admite condutores de alumínio, exceto para aterramento e proteção.
sim não
- b) O condutor de seção transversal uniforme (geralmente com forma cilíndrica), maciço e flexível é denominado fio.
sim não
- c) Ao conjunto de fios enfeixados helicoidalmente (produto bem mais flexível que os fios), denomina-se condutor encordoado.
sim não
- d) Denomina-se cabo, ao condutor encordoado constituído por um conjunto de fios encordoados, isolados ou não entre si, podendo o conjunto ser isolado ou não.
sim não
- e) Isolação é o nome que se dá à “capa” de materiais sintéticos aplicada aos fios e cabos para isolá-los eletricamente do exterior, enquanto cobertura é como se designa a camada resistente à abrasão sobreposta à isolação.
sim não
- f) Cabos unipolares são aqueles constituídos por um único condutor isolado e dotados, no mínimo, de cobertura, enquanto cabos multipolares são os constituídos por dois ou mais condutores isolados e dotados, no mínimo, de cobertura.
sim não
- g) Segundo a NBR 5410, os cabos multipolares só devem conter os condutores de um único circuito e, se for o caso, do condutor de proteção respectivo.
sim não
- h) Efeito pelicular é o fenômeno pelo qual o valor eficaz da densidade de corrente (corrente por unidade de área) é maior perto da superfície externa dos condutores, fazendo com que a área que efetivamente conduz a corrente seja menor e acarretando, em consequência, um aumento da resistência
sim não

- i) Efeito de proximidade é o fenômeno caracterizado pela distribuição não uniforme da densidade de corrente, por influência da corrente que percorre condutores próximos.
sim não
- j) Nos circuitos de corrente alternada, a indutância e, conseqüentemente, a reatância, além das características dos condutores, dependem também das distâncias entre os demais condutores do circuito.
sim não
- k) Diferentemente do que possa parecer, a seção nominal dos condutores não se refere à área transversal da seção metálica, mas ao enquadramento do condutor em uma série de valores padrões de resistência elétrica. Esta série, atribui um valor de seção nominal para a resistência elétrica máxima que condutores, com um quilômetro de comprimento e à 20°C, podem apresentar.
sim não
- l) Isolação tem sentido estritamente qualitativo (isolação de PVC, EPR etc.). Isolamento, por sua vez, tem sentido quantitativo. Na verdade, a forma correta de dizer é tensão de isolamento, valor relacionado à espessura da isolamento e às características da instalação (nível de tensão).
sim não
- m) Temperatura em regime permanente é o valor máximo no qual a isolamento pode permanecer indefinidamente. A corrente máxima possível de ser conduzida nesta condição define a denominada capacidade de condução do condutor.
sim não
- n) Temperatura em regime de sobrecarga é o valor máximo no qual a isolamento pode permanecer durante 100 horas num período de 12 meses, porém, sem superar 500 horas ao longo da vida do condutor.
sim não
- o) Temperatura em regime de curto-circuito é o valor máximo no qual a isolamento pode permanecer por apenas 5 segundos ao longo da vida do condutor.
sim não

