

Capítulo 9

O aquecimento dos condutores e a queda de tensão

9.1 – Introdução

- O dimensionamento correto de condutores e de sua proteção é um **problema térmico**. Trata-se de limitar a corrente, tanto a de regime permanente como a transitória, de modo que os condutores constituintes dos condutores isolados e dos cabos uni e multipolares não atinjam, por efeito Joule, temperaturas que possam afetar a integridade física, química e mecânica, bem como a durabilidade da isolação.

9.2 – Equilíbrio térmico e corrente em regime permanente nos condutores e cabos isolados

- Temperatura de funcionamento
- Modelo simplificado
- Temperatura máxima para serviço contínuo
- Capacidade de condução de corrente
- Temperatura (final) de regime

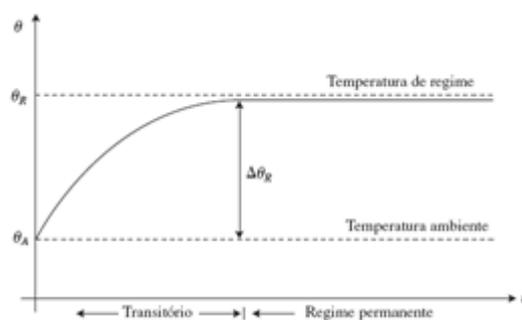


Figura 9.1 ■ Equilíbrio térmico em um condutor ou cabo isolado

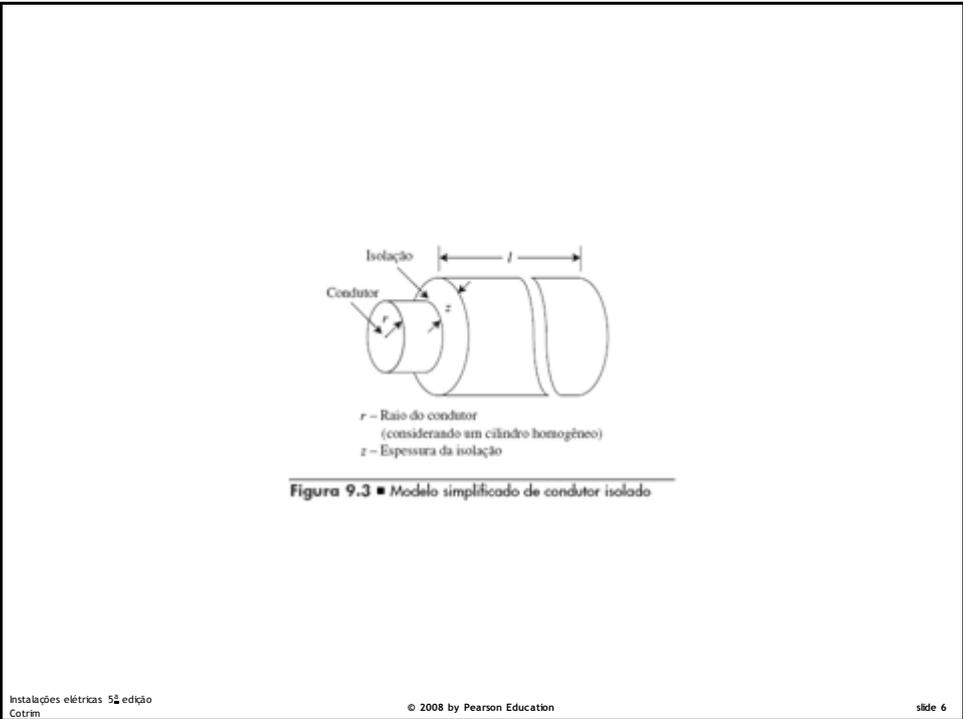
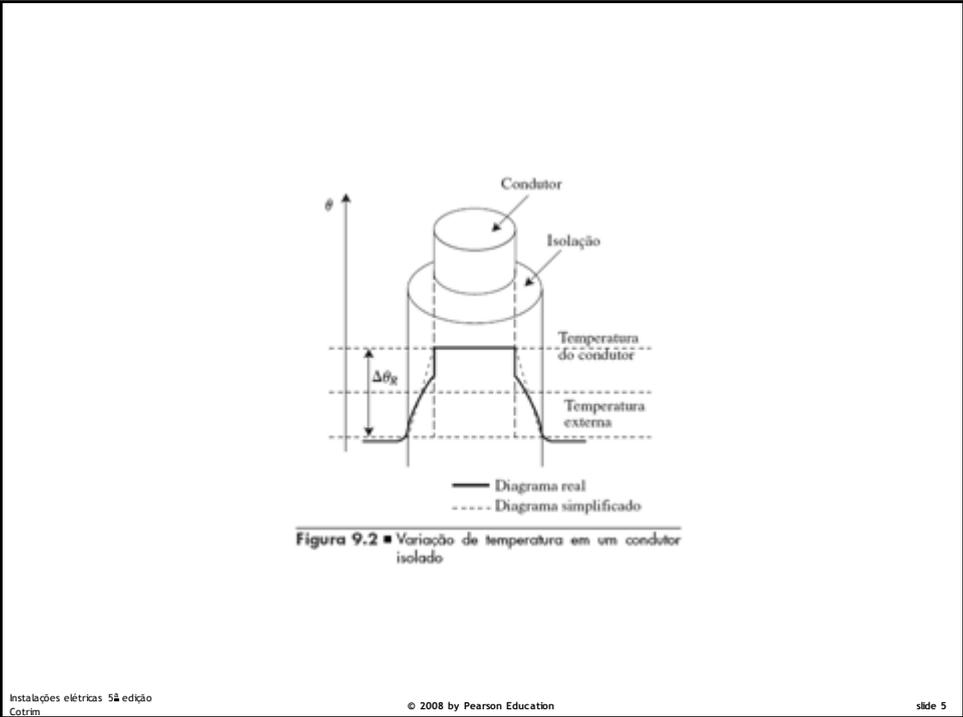


Tabela 9.1 ■ Comparação entre valores reais da espessura z da isolação e valores calculados pela expressão $z = 0,7 \sqrt{r}$ para condutores isolados Superastic*

Seção nominal (mm ²)	Fios				Cabos			
	Diâmetro nominal d (mm)	Raio $r = d/2$ (mm)	Espessura nominal da isolação z (mm)	$0,7 \sqrt{r}$	Diâmetro nominal d (mm)	Raio $r = d/2$ (mm)	Espessura nominal da isolação z (mm)	$0,7 \sqrt{r}$
1,5	1,36	0,68	0,70	0,58	1,55	0,78	0,70	0,62
2,5	1,74	0,87	0,80	0,65	2,00	1,00	0,80	0,70
4	2,20	1,10	0,80	0,73	2,50	1,25	0,80	0,78
6	2,70	1,35	0,80	0,81	3,10	1,55	0,80	0,87
10	3,50	1,75	1,00	0,92	3,75	1,88	1,00	0,96
16	4,41	2,21	1,00	1,04	4,75	2,38	1,00	1,08
25					5,95	2,98	1,20	1,21
35					7,00	3,50	1,20	1,31
50					8,05	4,03	1,40	1,41
70					9,70	4,85	1,40	1,54
95					11,45	5,73	1,60	1,68
120					12,80	6,40	1,60	1,77
150					14,25	7,13	1,80	1,87
185					15,85	7,93	2,00	1,97
240					18,35	9,18	2,20	2,12

* Condutores isolados de cobre com isolação e PVC, tipo BWF, tensão de isolamento 450/750 V, de acordo com as normas NBR NM 247-3, NBR 6245 e NBR NM IEC60332-3.

Tabela 9.2 ■ Temperaturas máximas para serviço contínuo

Material de isolação	Temperatura máxima para serviço contínuo θ_c (°C)
Cloreto polivinila (PVC)	70
Borracha etileno-propileno (EPR)	90
Poliétileno reticulado (XLPE)	90

1. O valor 2,2 é usado para seções de até 10 mm², e o valor 2,6 para as demais.

Tabela 9.3 ■ Valores do coeficiente a para alguns tipos de linhas (temperatura ambiente 30 °C)

Tipo de linha	Valor de a							
	Condutor de cobre				Condutor de alumínio			
	Isolação de PVC		Isolação de EPR/XLPE		Isolação de PVC		Isolação de EPR/XLPE	
	2 condutores carregados	3 condutores carregados						
A	11	10,5	15	13,5	8,5	8	11,5	8
B	13,5	12	18	16	10,5	9,5	14	9,5
C	15	13,5	19	17	11,5	10,5	15	10,5
D	17,5	14,5	21	17,5	13,5	11,5	16	11,5
E	17	14,5	21	18	13	11	16	13,5
F	17	14,5	21	18	13	11	16	13,5

9.3 – Capacidade de condução de corrente

- Número de condutores carregados
- Temperatura ambiente
- Resistividade térmica do solo
- Fatores de agrupamento
- Omissão dos fatores de agrupamento

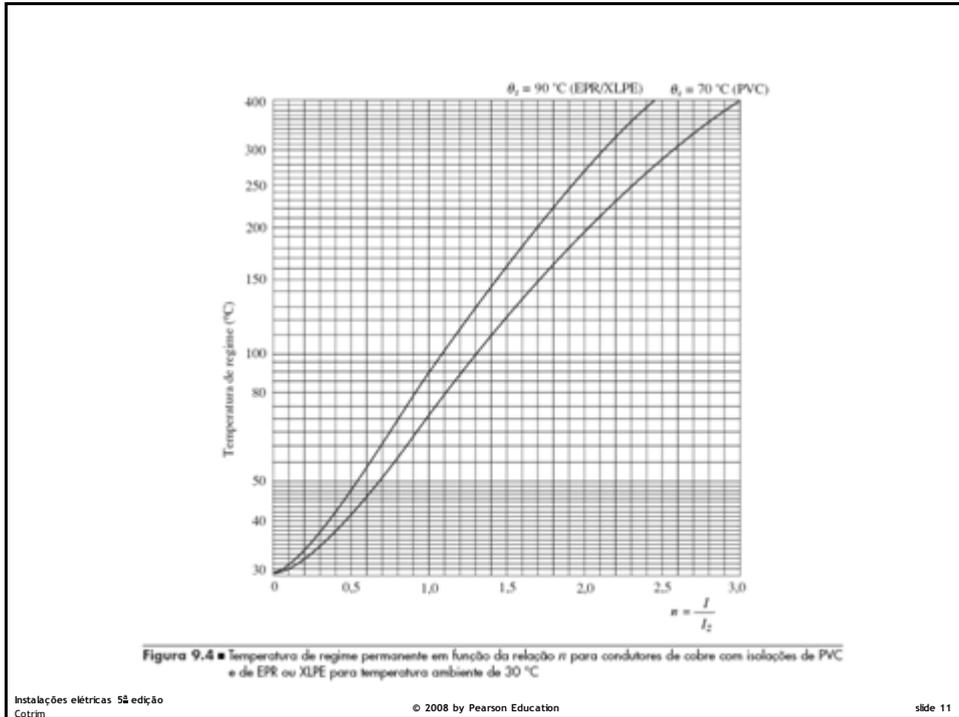


Tabela 9.4 ■ Capacidades de condução de corrente em ampères, para as condições de referência A1, A2, B1, B2, C e D

- Condutores isolados, cabos unipolares e multipolares — cobre e alumínio, isolação de PVC
- Temperatura de 70 °C no condutor
- Temperatura 30 °C ambiente, 25 °C solo

Métodos de instalação e de referência definidos na Tabela 5.58

Seções nominais (mm²)	Métodos de instalação e de referência definidos na Tabela 5.58											
	A1		A2		B1		B2		C		D	
	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
16	1,25	1,35	1,46	1,51	1,65	1,75	1,86	1,96	1,88	1,83	1,75	1,68
Cobre	7	7	7	7	9	8	9	8	10	9	12	10
0,75	9	9	9	9	11	10	11	10	13	13	15	12
1,0	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	25	20	27	24	29	24
4,00	26	24	25	23	32	28	30	27	36	32	38	31
6,00	34	31	32	29	41	36	38	34	46	41	49	39
10	46	42	43	39	53	50	52	46	63	57	69	52
16	60	56	57	52	76	68	69	62	85	76	91	67
25	80	75	75	68	101	89	90	80	112	96	116	86
35	99	93	92	83	125	110	111	99	138	119	145	107
50	119	108	107	99	151	134	135	118	168	144	169	122
70	150	136	139	125	192	170	168	149	213	184	203	154
95	182	164	167	150	232	207	206	179	258	223	236	179
120	210	188	192	172	269	239	232	206	299	259	268	207
150	240	216	219	196	309	275	265	236	344	298	278	230
185	273	245	248	223	353	314	300	260	392	341	312	258
240	321	286	291	261	403	350	341	315	461	403	361	297
300	367	326	334	296	457	406	406	368	519	464	406	336
400	438	390	398	335	531	470	477	425	614	537	476	394
500	502	447	454	406	606	537	545	486	729	642	580	445
630	578	514	526	467	704	628	628	559	843	743	674	506
800	669	599	609	540	811	718	725	645	979	863	786	597
1.000	767	679	688	618	938	827	836	738	1.125	996	902	682
Alumínio												
16	40	43	44	41	40	53	54	48	46	59	62	52
25	43	57	58	53	79	70	71	62	63	73	80	66
35	57	50	51	45	97	86	86	77	103	96	96	80
50	63	64	66	59	118	104	104	92	125	110	113	94
70	118	107	108	98	150	133	133	116	160	140	140	117
95	142	129	130	118	181	161	161	143	189	165	166	138
120	164	149	150	135	210	186	181	160	226	197	199	157
150	189	170	172	155	241	214	206	183	261	227	233	176
185	215	194	195	176	273	245	234	206	299	259	260	200
240	252	227	229	207	324	284	274	243	352	309	317	238
300	289	263	265	237	372	331	315	278	406	351	353	260
400	343	311	314	283	446	397	372	331	488	422	426	305
500	396	356	360	324	521	456	425	376	563	486	494	345
630	456	410	414	373	602	527	488	438	653	562	476	392
800	529	475	482	432	687	612	563	502	761	654	557	446
1.000	607	544	552	493	790	704	643	574	878	753	657	505

Nota: CC = condutores enterrados.

Tabela 9.3 • Capacidade de condução de corrente, em ampères, para os métodos de referência A1, A2, B1, B2, C e D

• Condutores isolados, cabos unipolares e multipolares — cobre e alumínio, isolação de EPR ou XLPE
 • Temperatura no condutor: 90 °C
 • Temperatura ambiente: 30 °C (casos); 20 °C (outros)

Seções nominais (mm²)	Métodos de instalação e de referência definidos na Tabela 9.3B											
	A1		A2		B1		B2		C		D	
	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
Cobre												
0,5	10	9	10	9	12	10	11	10	12	11	14	12
0,75	12	11	12	11	15	13	15	13	16	14	18	15
1	15	13	14	13	18	16	17	15	19	17	21	17
1,5	19	17	18,5	18,5	23	20	21	19,5	24	22	26	22
2,5	26	23	25	23	31	28	29	26	33	30	34	29
4	35	31	33	30	42	37	40	35	45	40	44	37
6	45	40	42	39	54	48	51	44	56	52	56	48
10	61	54	57	51	73	66	69	60	76	71	77	64
16	81	73	76	68	100	88	91	80	102	96	95	79
25	106	95	99	89	133	117	119	108	138	129	122	106
35	130	117	121	108	164	144	146	128	171	147	146	122
50	158	141	145	130	198	175	178	154	209	179	173	144
70	200	179	183	164	253	222	224	194	260	229	213	178
95	241	214	220	197	308	269	268	232	328	276	252	211
120	290	249	253	221	384	332	335	280	382	322	297	246
150	318	285	290	259	467	398	399	337	441	371	324	271
185	362	324	329	295	564	468	469	380	536	424	363	304
240	424	367	372	346	706	581	582	467	669	500	419	352
300	486	415	421	386	828	683	684	555	789	603	518	424
400	579	519	527	472	951	781	782	632	932	705	602	484
500	664	595	604	541	1064	880	881	711	1066	797	679	525
630	767	685	696	623	1268	1059	1060	859	1272	923	771	596
800	895	792	805	711	1518	1236	1237	997	1511	1104	912	699
1000	1044	906	925	826	1733	1438	1439	1158	1737	1297	1046	802
Alumínio												
16	64	56	60	55	76	71	72	64	84	76	77	61
25	84	76	79	71	105	93	94	84	109	90	93	74
35	103	94	96	87	130	116	117	103	126	112	112	94
50	125	113	115	104	157	140	138	124	154	136	132	112
70	156	142	145	131	200	179	178	156	196	174	163	136
95	193	171	175	157	242	217	216	188	243	211	193	164
120	229	197	201	180	291	251	242	216	280	245	220	186
150	283	226	230	206	325	289	297	248	324	283	249	210
185	308	256	262	237	366	330	334	281	371	325	279	236
240	348	310	317	275	415	369	368	326	419	362	322	272
300	387	344	352	313	469	417	421	377	468	410	364	308
400	462	400	411	372	567	516	520	448	552	482	426	361
500	530	468	483	426	667	607	611	517	637	550	482	400
630	611	538	556	497	784	714	718	608	759	657	587	464
800	708	622	644	566	921	830	835	705	882	758	674	529
1000	812	712	739	648	1061	955	970	810	1008	850	736	568

Nota: CC = condutores compactados

Instalações elétricas 5ª edição Cotrim

© 2008 by Pearson Education

slide 13

Tabela 9.4 • Capacidade de condução de corrente, em ampères, para os métodos de referência E, F e G

• Condutores isolados, cabos unipolares e multipolares — cobre ou alumínio, isolação de PVC
 • Temperatura no condutor: 70 °C, no condutor
 • Temperatura ambiente: 30 °C

Seções nominais (mm²)	Métodos de instalação e de referência definidos na Tabela 9.3B					
	E	F	F	F	G	G
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Cobre						
0,5	11	9	11	9	9	10
0,75	14	12	14	11	11	13
1	17	14	17	13	13	16
1,5	21	18,5	21	17	16	20
2,5	28	25	28	24	23	28
4	36	32	36	31	30	36
6	45	41	45	41	40	45
10	60	55	60	55	53	60
16	80	75	80	75	72	80
25	105	100	105	100	95	105
35	130	125	130	125	120	130
50	160	155	160	155	150	160
70	200	195	200	195	190	200
95	240	235	240	235	230	240
120	280	275	280	275	270	280
150	330	325	330	325	320	330
185	380	375	380	375	370	380
240	450	445	450	445	440	450
300	520	515	520	515	510	520
400	610	605	610	605	600	610
500	700	695	700	695	690	700
630	800	795	800	795	790	800
800	910	905	910	905	900	910
1000	1030	1025	1030	1025	1020	1030
Alumínio						
16	71	63	71	62	65	75
25	95	85	95	84	87	100
35	115	105	115	105	105	120
50	140	130	140	130	130	150
70	170	160	170	160	160	180
95	200	190	200	190	190	210
120	240	230	240	230	230	250
150	280	270	280	270	270	290
185	330	320	330	320	320	340
240	390	380	390	380	380	410
300	450	440	450	440	440	470
400	530	520	530	520	520	550
500	620	610	620	610	610	640
630	720	710	720	710	710	740
800	830	820	830	820	820	850
1000	940	930	940	930	930	960

Instalações elétricas 5ª edição Cotrim

© 2008 by Pearson Education

slide 14

Tabela 9.2 • Capacidade de condução de corrente, em ampères, para as massivas de isolador E, P e G

- Condutores isolados, cabos unipolares e multipolares — cobre e alumínio, isolamento de EPR ou XLPE
- Temperatura de 90 °C no condutor
- Temperatura ambiente: 30 °C

Seções nominais (mm ²)	Métodos de instalação e de referência definidos na Tabela 1.26						
	E	E	P	P	G	G	G
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Alumínio							
0,5	15	13	13	30	10	15	12
0,75	17	15	17	35	14	19	16
1	21	18	21	46	17	25	19
1,5	26	23	27	61	22	30	25
2,5	36	32	37	80	30	41	35
4	49	42	50	105	42	56	48
6	65	54	65	135	55	73	63
10	86	73	86	180	73	96	80
16	115	100	121	240	100	131	110
25	149	127	161	315	141	182	153
35	185	156	200	400	176	226	206
50	235	192	242	500	230	295	248
70	290	246	310	640	290	375	318
95	352	298	371	820	342	450	380
120	419	346	437	1050	400	530	454
150	475	390	504	1350	464	600	527
185	542	456	579	1750	533	690	608
240	641	538	676	2250	634	810	710
300	741	621	783	2900	746	950	830
400	892	745	940	3750	895	1160	1000
500	1060	870	1100	4800	1060	1380	1180
630	1260	1035	1300	6150	1260	1630	1400
800	1500	1250	1550	7800	1500	1950	1680
1000	1810	1530	1900	10000	1810	2350	2000
Alumínio							
15	91	77	90	56	50	103	80
25	108	91	121	100	107	158	122
35	135	120	150	150	135	192	157
50	164	140	184	210	183	240	198
70	211	187	237	290	255	321	264
95	267	227	280	390	344	432	360
120	300	263	337	500	400	510	431
150	346	304	380	640	500	630	530
185	397	341	441	820	630	790	670
240	470	400	510	1050	800	1000	850
300	543	471	613	1350	970	1200	1000
400	654	566	740	1800	1160	1450	1200
500	786	675	876	2350	1400	1750	1450
630	930	795	1000	3000	1650	2050	1700
800	1090	920	1160	3900	1950	2450	2000
1000	1300	1100	1400	5000	2350	2950	2400

Instalações elétricas 5ª edição Cotrim

© 2008 by Pearson Education

slide 15

Tabela 9.3 • Fatores de correção para temperaturas ambientes diferentes de 30 °C para linhas não-subterrâneas e de 20 °C (temperatura do solo) para linhas subterrâneas

	Temperatura (°C)	Instalação	
		PVC	EPR ou XLPE
Linhas não-subterrâneas	10	1,22	1,15
	15	1,17	1,12
	20	1,12	1,08
	25	1,06	1,04
	35	0,94	0,96
	40	0,87	0,91
	45	0,79	0,87
	50	0,71	0,82
	55	0,61	0,76
	60	0,50	0,71
	65	-	0,65
	70	-	0,58
	75	-	0,50
80	-	0,41	
Linhas subterrâneas	10	1,10	1,07
	15	1,05	1,04
	25	0,95	0,96
	30	0,89	0,93
	35	0,84	0,89
	40	0,77	0,85
	45	0,71	0,80
	50	0,63	0,76
	55	0,55	0,71
	60	0,45	0,65
	65	-	0,60
	70	-	0,53
	75	-	0,46
80	-	0,38	

Instalações elétricas 5ª edição Cotrim

© 2008 by Pearson Education

slide 16

Tabela 9.9 ■ Fatores de correção para cabos contidos em eletrodutos enterrados no solo, com resistividades térmicas de 2,5 K.m/W, a serem aplicados às capacidades de condução de corrente do método de referência D

Resistividade térmica (K.m/W)	1	1,5	2	3
Fator de correção	1,18	1,1	1,05	0,96

Notas:

1. Os fatores de correção dados são valores médios para as seções nominais incluídas nas Tabelas 9.4 e 9.5, com uma dispersão geralmente inferior a cinco por cento.
2. Os fatores de correção são aplicáveis a cabos em eletrodutos enterrados, a uma profundidade de até 90 cm.
3. Os fatores de correção para cabos diretamente enterrados são mais elevados para resistividades térmicas inferiores a 2,5 K.m/W e podem ser calculados pelos métodos dados na NBR 11301.

Tabela 9.10 ■ Fatores de correção aplicáveis a condutores em linhas abertas ou fechadas, agrupados em um mesmo plano e em camada única

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

Notas:

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

Tabela 9.11 ■ Fatores de correção aplicáveis a agrupamentos que consistem em mais de uma camada de condutores: aplicar aos métodos de referência C (tabelas 9.4 e 9.5), E e F (tabelas 9.6 e 9.7)

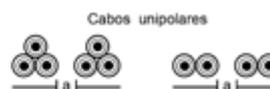
		Quantidade de circuitos trifásicos ou de cabos multipolares por camada				
		2	3	4 ou 5	6 ou 8	9 e mais
Quantidade de camadas	2	0,68	0,62	0,60	0,58	0,56
	3	0,62	0,57	0,55	0,53	0,51
	4 ou 5	0,60	0,55	0,52	0,51	0,49
	6 a 8	0,58	0,53	0,51	0,49	0,48
	9 e mais	0,56	0,51	0,49	0,48	0,46

Notas:

1. Os fatores são válidos independentemente da disposição da camada, se horizontal ou vertical.
2. Sobre condutores agrupados em uma única camada, ver Tabela 9.10 (linhas 2 a 5 da tabela).
3. Se forem necessários valores mais precisos, deve-se recorrer à ABNT NBR 11301.

Tabela 9.12 ■ Fatores de agrupamento para mais de um circuito – cabos unipolares ou cabos multipolares diretamente enterrados (método de referência D)

Número de circuitos	Distância entre cabos (a)				
	Nula	1 diâmetro de cabo	0,125 m	0,25 m	0,5 m
2	0,75	0,80	0,85	0,90	0,90
3	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85
4	0,60	0,60	0,70	0,75	0,80
5	0,55	0,55	0,65	0,70	0,80
6	0,50	0,55	0,60	0,70	0,80



Nota:

Os valores indicados são aplicáveis para uma profundidade de 0,7 m e uma resistividade térmica do solo de 2,5 K.m/W. São valores médios para as dimensões dos cabos constantes nas Tabelas 9.4 e 9.5. Os valores médios arredondados podem apresentar erros de $\pm 10\%$ em certos casos. Se forem necessários valores mais precisos, deve-se recorrer à NBR 11301.

Tabela 9.13 ■ Fatores de agrupamento para mais de um circuito - cabos em eletrodutos diretamente enterrados

Cabos multipolares em eletrodutos - 1 cabo por eletroduto				
Número de circuitos	Espaçamento entre eletrodutos (a)			
	Nulo	0,25 m	0,5 m	1,0 m
2	0,85	0,90	0,95	0,90
3	0,75	0,85	0,90	0,95
4	0,70	0,80	0,85	0,90
5	0,65	0,80	0,85	0,90
6	0,60	0,80	0,80	0,80

Cabos unipolares em eletrodutos - 1 cabo por eletroduto				
Número de circuito (2 ou 3 cabos)	Espaçamento entre eletrodutos (a)			
	Nulo	0,25 m	0,5 m	1,0 m
2	0,80	0,90	0,90	0,95
3	0,70	0,80	0,85	0,90
4	0,65	0,75	0,80	0,90
5	0,60	0,70	0,80	0,90
6	0,60	0,70	0,80	0,90

Cabos multipolares

Cabos unipolares

Nota:
Os valores indicados são aplicáveis para uma profundidade de 0,7 m e uma resistividade térmica do solo de 2,5 K.m/W. São valores médios para as dimensões dos cabos constantes nas Tabelas 9.4 e 9.5. Os valores médios arredondados podem apresentar erros de ± 10% em certos casos. Se forem necessários valores mais precisos, deve-se recorrer à NBR 11301.

9.4 – Critério da capacidade e condução de corrente

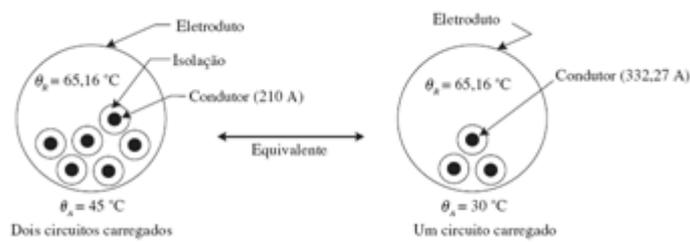


Figura 9.5 ■ Equivalência de dois circuitos carregados com um circuito carregado

9.5 – Condutores em paralelo

- O uso de condutos em paralelo em vez de um único condutor, na mesma fase, ou polaridade, pode representar uma solução mais prática e econômica quando se trata de transportar correntes elevadas.

9.6 – Transitório térmico e tempo de sobrecarga admissível

- Temperatura de sobrecarga

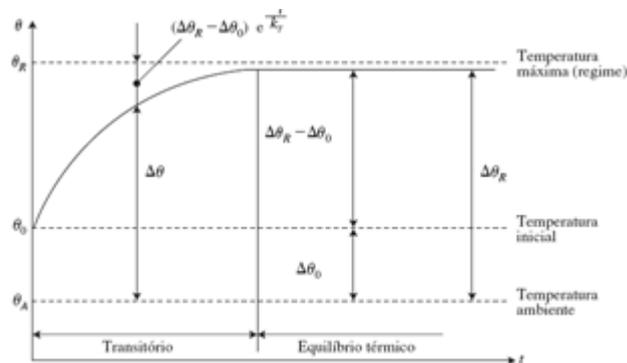


Figura 9.6 ■ Transitório e equilíbrio térmico em um condutor ou cabo isolado

Tabela 9.14 ■ Temperaturas de sobrecarga

Material de isolamento	Temperatura-limite de sobrecarga θ_s (°C)
Cloroeto de polivinila (PVC)	100
Borracha etileno-propileno (EPR)	130
Poliétileno reticulado (XLPE)	130

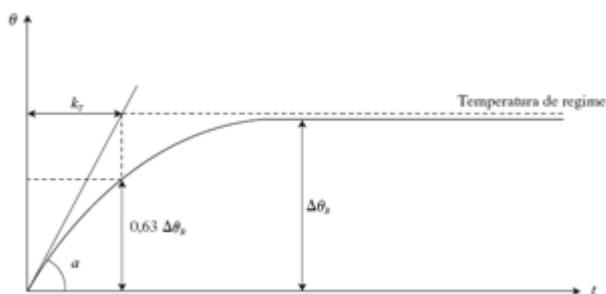


Figura 9.7 ■ Significado gráfico da constante de tempo

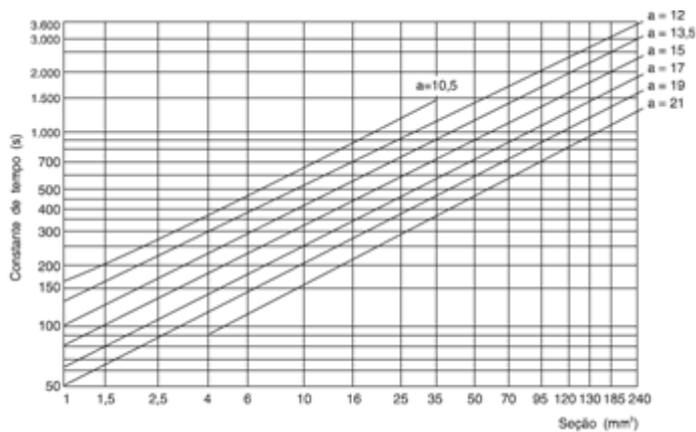
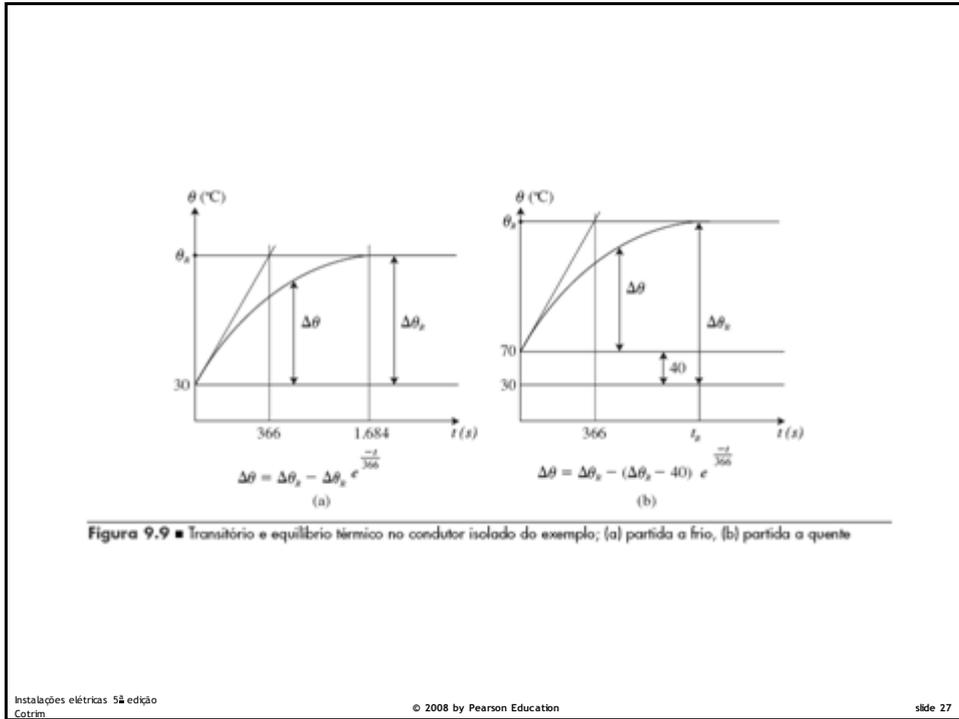
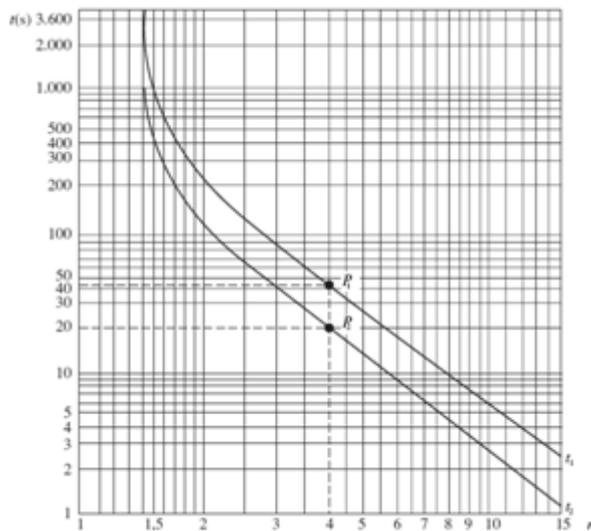


Figura 9.8 ■ Constante de tempo (k_p) em função de S , para alguns valores de a ; condutores isolados Cu/PVC



9.7 – Transitório térmico rápido



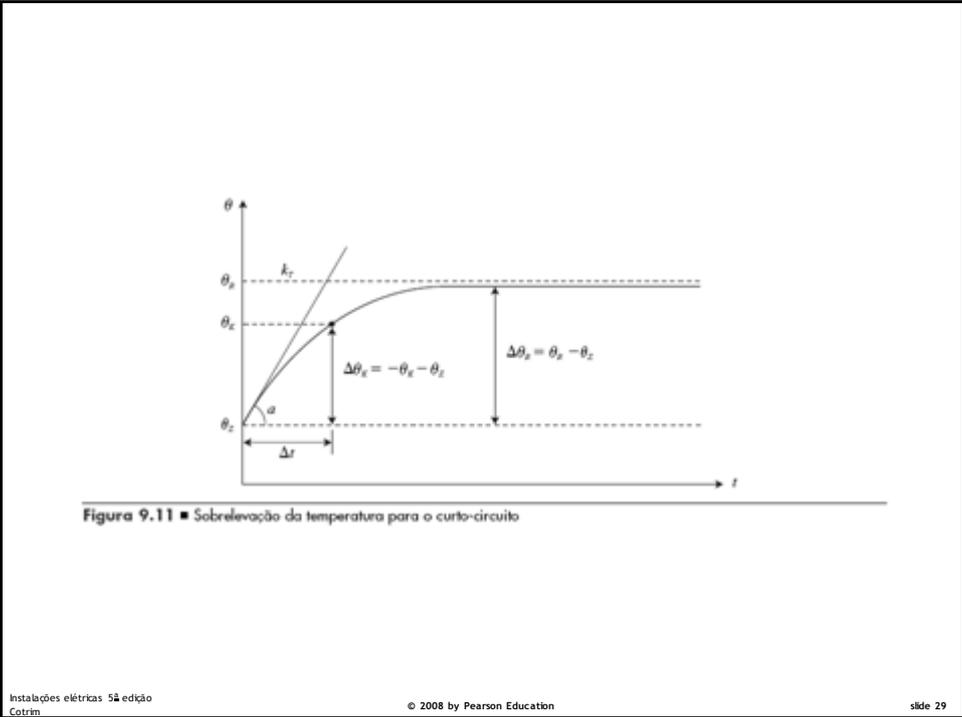


Tabela 9.15 ■ Temperaturas de curto-circuito (θ_{sc})

Material de isolação	Temperatura-limite de curto-circuito θ_{sc} (°C)
Cloreto de polivinila (PVC)	160
Borracha etileno-propileno (EPR)	250
Polietileno reticulado (XLPE)	250

Tabela 9.16 ■ Temperaturas características dos condutores

Tipos de isolação	Temperatura máxima para serviço contínuo θ_c (°C)	Temperatura-limite de sobrecarga θ_s (°C)	Temperatura-limite de um curto-circuito θ_{sc} (°C)
Cloreto de polivinila (PVC)	70	100	160
Borracha etileno-propileno (EPR)	90	130	250
Polietileno reticulado (XLPE)	90	130	250

9.8 – Queda de tensão nos circuitos

- Introdução
- Cálculos de queda de tensão
- Limites de queda de tensão estabelecidos pela NBR 5410

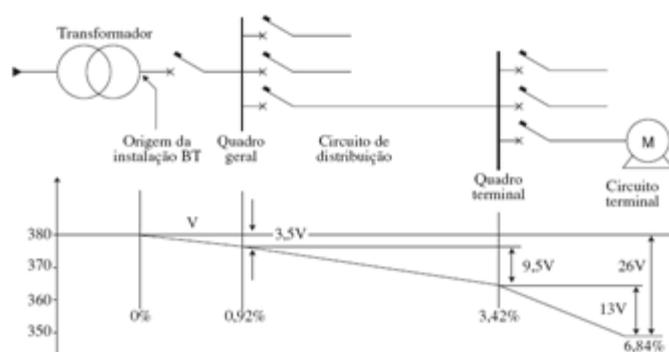


Figura 9.12 ■ Exemplo típico de queda de tensão em instalação BT

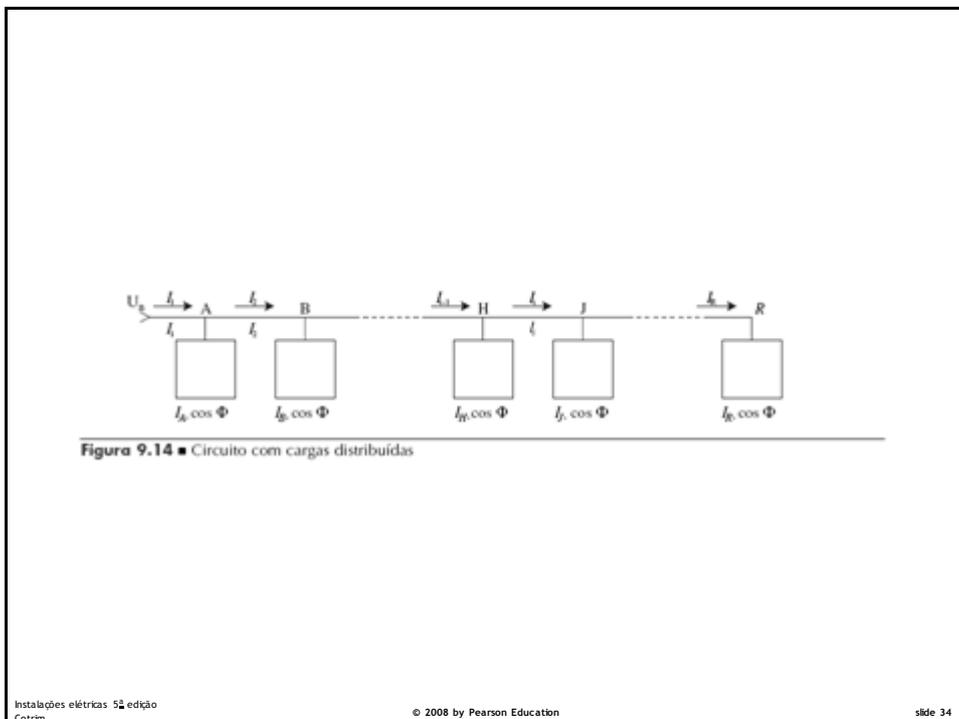
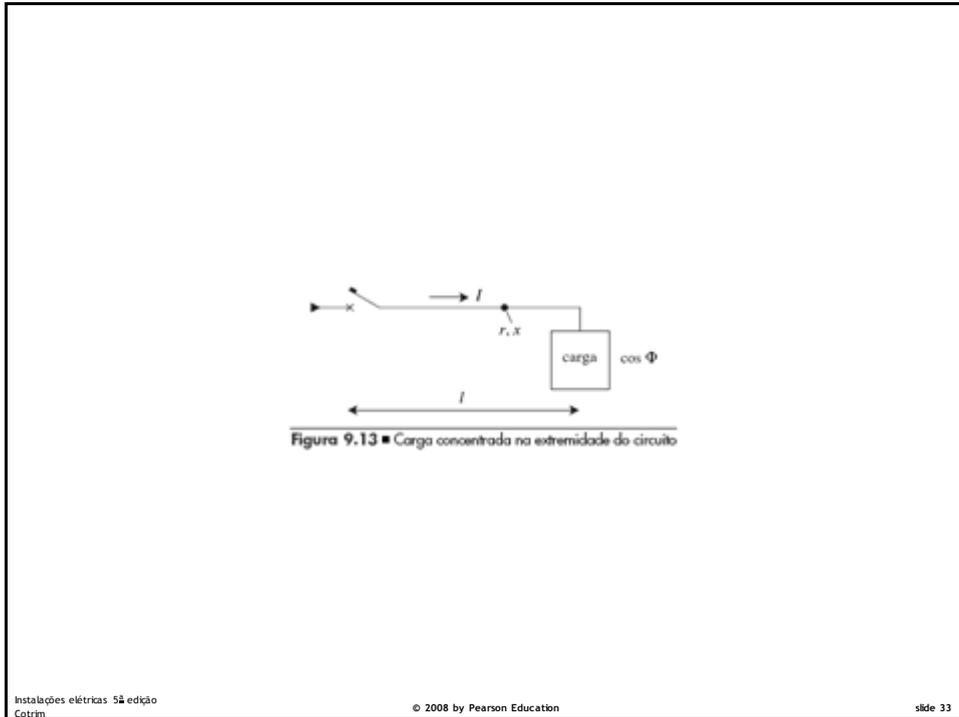


Tabela 9.17 • Queda de tensão em V/A.km (Cortesia da Prysmian)

Seção nominal (mm ²)	Eletroduto e eletrocalha ¹ (material magnético)		Eletroduto e eletrocalha ¹ (material não-magnético)			
	Cabo Superastlic, Cabo Superastlic Super e Afumex 750 V		Cabo Superastlic, Cabo Superastlic Super e Afumex 750 V			
	Circuito monofásico e trifásico		Circuito monofásico		Circuito trifásico	
	FP = 0,8	FP = 0,95	FP = 0,8	FP = 0,95	FP = 0,8	FP = 0,95
1,5	23	27,4	23,3	27,6	20,2	23,9
2,5	14	16,8	14,3	16,9	12,4	14,7
4	9,0	10,5	8,96	10,6	7,79	9,15
6	5,87	7,00	6,03	7,07	5,25	6,14
10	3,54	4,20	3,63	4,23	3,17	3,67
16	2,27	2,70	2,32	2,68	2,03	2,33
25	1,50	1,72	1,51	1,71	1,33	1,49
35	1,12	1,25	1,12	1,25	0,98	1,09
50	0,86	0,95	0,85	0,94	0,76	0,82
70	0,64	0,67	0,62	0,67	0,55	0,59
95	0,50	0,51	0,48	0,50	0,43	0,44
120	0,42	0,42	0,40	0,41	0,36	0,36
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:
 1. As dimensões do eletroduto e da eletrocalha adotadas são tais que a área dos cabos não ultrapassa 40% da área interna destes.
 2. Temperatura do condutor = 70 °C.

Tabela 9.18 • Queda de tensão em V/A. km. Temperatura no condutor = 70 °C (Cortesia da Prysmian)

Instalação ao ar livre¹

Cabos Síntex, Cabos Síntex Flex e Voltakex

Seção nominal (mm ²)	Cabos unipolares ²																Cabos unipolares ou bipolares		Cabos trifásicos ou tetrapolares	
	Circuito monofásico								Circuito trifásico								Circuito monofásico		Circuito trifásico	
	S = 10 cm				S = 20 cm				S = 10 cm				S = 20 cm				S = 10 cm		S = 20 cm	
	FP = 0,8	FP = 0,95	FP = 0,8	FP = 0,95	FP = 0,8	FP = 0,95	FP = 0,8	FP = 0,95	FP = 0,8	FP = 0,95	FP = 0,8	FP = 0,95	FP = 0,8	FP = 0,95	FP = 0,8	FP = 0,95	FP = 0,8	FP = 0,95		
1,5	23,6	27,8	23,7	27,8	23,4	27,6	20,5	24,0	20,5	24,1	20,3	24,0	20,2	23,9	23,3	27,6	20,2	23,9		
2,5	14,6	17,1	14,7	17,1	14,4	17,0	12,7	14,8	12,7	14,8	12,5	14,7	12,4	14,7	14,3	16,9	12,4	14,7		
4,0	9,3	10,7	9,3	10,7	9,1	10,6	8,0	9,3	8,1	9,3	7,9	9,2	7,8	9,2	9,0	10,6	7,8	9,1		
6,0	6,3	7,2	6,4	7,2	6,1	7,1	5,5	6,3	5,5	6,3	5,3	6,2	5,2	6,1	6,0	7,1	5,2	6,1		
10	3,9	4,4	3,9	4,4	3,7	4,3	3,4	3,8	3,4	3,8	3,2	3,7	3,2	3,7	3,6	4,2	3,1	3,7		
16	2,6	2,8	2,6	2,8	2,4	2,7	2,2	2,4	2,3	2,5	2,1	2,4	2,0	2,3	2,3	2,7	2,0	2,3		
25	1,73	1,83	1,80	1,86	1,59	1,76	1,52	1,59	1,57	1,62	1,40	1,53	1,32	1,49	1,50	1,71	1,31	1,48		
35	1,33	1,36	1,39	1,39	1,20	1,29	1,17	1,19	1,22	1,22	1,06	1,13	0,98	1,09	1,12	1,25	0,97	1,08		
50	1,05	1,04	1,11	1,07	0,93	0,97	0,93	0,91	0,98	0,94	0,82	0,85	0,75	0,82	0,85	0,93	0,74	0,81		
70	0,81	0,76	0,87	0,80	0,70	0,71	0,72	0,67	0,77	0,70	0,63	0,62	0,55	0,59	0,62	0,67	0,54	0,58		
95	0,65	0,59	0,71	0,62	0,56	0,54	0,58	0,52	0,64	0,55	0,50	0,47	0,43	0,44	0,48	0,50	0,42	0,43		
120	0,57	0,49	0,63	0,52	0,48	0,44	0,51	0,43	0,56	0,46	0,43	0,39	0,36	0,36	0,40	0,41	0,35	0,35		
150	0,50	0,42	0,56	0,45	0,42	0,38	0,45	0,37	0,51	0,40	0,38	0,34	0,31	0,30	0,33	0,34	0,30	0,30		
185	0,44	0,36	0,51	0,39	0,37	0,32	0,40	0,32	0,46	0,35	0,34	0,29	0,27	0,25	0,30	0,29	0,26	0,25		
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	0,22	0,20		
300	0,35	0,26	0,41	0,29	0,30	0,23	0,32	0,23	0,37	0,26	0,28	0,21	0,21	0,19	0,23	0,20	0,20	0,18		
400	0,32	0,22	0,37	0,26	0,27	0,21	0,29	0,20	0,34	0,23	0,25	0,19	0,18	0,15	-	-	-	-		
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	-	-	-	-		
1.000	0,21	0,14	0,27	0,17	0,21	0,14	0,20	0,13	0,25	0,16	0,20	0,13	0,14	0,10	-	-	-	-		

(continua)

(continuação)

Seção nominal (mm ²)	Instalação ao ar livre ¹																	
	Cabos Epoximex, Epoxitrex Grette e Alimex 0,6/1kV																	
	Cabos unipolares ²												Cabos unipolares ou bipolares		Cabos trifásicos ou tetrapolares			
	Espaço aberto						Cabo fixado						Espaço aberto		Espaço fixado			
	S = 10 cm		S = 20 cm		S = 2D		S = 10 cm		S = 20 cm		S = 2D		S = 10 cm		S = 20 cm			
FP = 0,8	FP = 0,95	FP = 0,8	FP = 0,95	FP = 0,8	FP = 0,95	FP = 0,8	FP = 0,95	FP = 0,8	FP = 0,95	FP = 0,8	FP = 0,95	FP = 0,8	FP = 0,95	FP = 0,8	FP = 0,95	FP = 0,8	FP = 0,95	
1,5	23,8	28,0	23,9	28,0	23,6	27,9	20,7	24,2	20,7	24,3	20,3	24,1	20,4	24,1	23,3	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	12,7	15,0	14,8	17,3	12,7	15,0
4,0	9,4	10,9	9,5	10,9	9,2	10,8	8,2	9,5	8,2	9,5	8,0	9,4	7,9	9,3	9,1	10,8	7,9	9,3
6,0	6,4	7,3	6,4	7,3	6,2	7,2	5,5	6,3	5,6	6,3	5,4	6,2	5,3	6,2	6,1	7,1	5,3	6,2
10	3,9	4,4	4,0	4,4	3,7	4,3	3,4	3,8	3,5	3,8	3,3	3,7	3,2	3,7	3,6	4,2	3,2	3,7
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	2,35	2,34	2,70	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	1,52	1,73	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	1,15	1,26	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	0,75	0,82
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	0,54	0,58
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	0,42	0,44
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	0,35	0,35
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	0,30	0,30
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	0,26	0,25
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	0,22	0,21
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	0,20	0,18
400	0,31	0,23	0,38	0,36	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	--	--	--	--
1.000	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	--	--	--	--

Notas:
 1. Válido para instalação em eletrotubo não magnético e devidamente aterrado.
 2. Aplicável para fixação direta no poste ou tor, com cablo aberto, ventilado ou fechado, em poço, em espaço de construção, em bandeja, em perfilado, em suportes sobre isoladores e em linha aérea.
 3. Aplicável também aos condutores isolados Cabo Superimex, Cabo Superimex Super e Alimex T80V sobre isoladores e em linha aérea.

Instalações elétricas 5ª edição Cotrim © 2008 by Pearson Education slide 37

9.9 – Seção do condutor de neutro

- Por que os números 15 e 33 por cento são utilizados
- O neutro pode ser menor que o condutor de fase
- O neutro pode ser igual ao condutor de fase
- O neutro deve ser maior que a fase

Tabela 9.19 ■ Seção reduzida do condutor neutro

Taxa de 3ª harmônica e múltiplas menor que 15 por cento	Taxa de 3ª harmônica e múltiplas entre 15 por cento e 33 por cento inclusive	Taxa de 3ª harmônica e múltiplas superior a 33 por cento
O neutro pode ser menor que o fase.	O neutro pode ser igual ao fase.	O neutro pode ser maior que o fase.

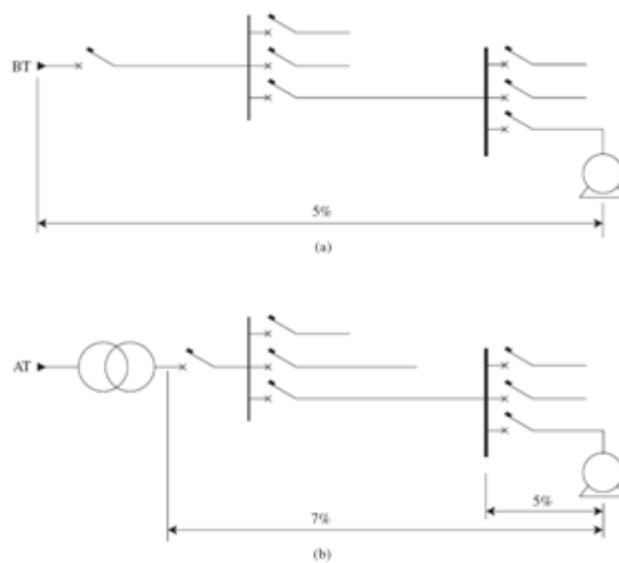


Figura 9.15 ■ Limites de queda de tensão: (a) instalação alimentada por rede de distribuição pública em baixa tensão; (b) instalação alimentada por subestação de transformação ou por transformador próprio.

Tabela 9.20 ■ Seção do condutor neutro

Seção dos condutores fase (mm ²)	Seção mínima do condutor neutro (mm ²)
S ≤ 25	S
35	25
50	25
70	35
95	50
120	70
150	70
185	95
240	120
300	150
400	185

Tabela 9.21 ■ Fator f_n para a determinação da corrente de neutro

Taxa de 3ª harmônica (%)	f_n	
	Circuito trifásico com neutro	Circuito com duas fases e neutro
33 a 35	1,15	1,15
36 a 40	1,19	1,19
41 a 45	1,24	1,23
46 a 50	1,35	1,27
51 a 55	1,45	1,30
56 a 60	1,55	1,34
61 a 65	1,64	1,38
≥ 66	1,73	1,41