



8

**TABELAS DE
INTENSIDADES MÁXIMAS
ADMISSÍVEIS
EM REGIME
PERMANENTE**

8.1 CONDIÇÕES DE INSTALAÇÃO

Nas Tabelas 6 a 9 são indicadas as intensidades máximas admissíveis em regime permanente para cabos de Cobre ou Alumínio, com isolamentos de EPR ou PEX, monopolares ou tripolares, instalados ao ar ou enterrados, na gama de Baixa Tensão (0,6/1 kV). Os valores incluídos nas tabelas (*) foram calculados segundo o método da IEC 60287 - correspondendo portanto a temperaturas no condutor de 90°C.



Também deve referir-se que os valores de intensidade estão adequados às seguintes **condições de instalação**:

CABOS ENTERRADOS

Um terno de cabos monopolares em contacto mútuo. Profundidade não superior a 1m, sendo a resistividade térmica do terreno 100 °C.cm/W, e a uma temperatura de referência a essa profundidade de 25 °C.

CABOS AO AR

Um terno de cabos monopolares em contacto mútuo, dispostos de forma a que entre eles se consiga uma renovação de ar eficaz, a uma temperatura de 40 °C e não expostos à luz solar. Em ambos os casos, se as condições verificadas não se ajustam exactamente a estes modelos de referência, devem aplicar-se os factores de correcção apresentados mais à frente, onde se referem as condições mais comuns.

Salvo alguns casos como os factores referentes a temperaturas inferiores à de referência ou resistividades térmicas mais baixas, os factores variam no sentido de diminuir por vezes significativamente o valor da intensidade máxima, particularmente quando alguns dos efeitos se fazem sentir em simultâneo.





Para os cabos de Baixa Tensão, a aplicação segue os mesmos valores de correcção, mas se tivermos em conta os valores previstos de queda de tensão é frequente termos de instalar uma secção superior à calculada para troços longos.

(*) NOTA: Em qualquer tipo de instalação as intensidades indicadas estão baseadas numa temperatura do condutor igual ao limite de 90 °C para isolamentos termoestáveis (PEX, EPR) ou 70 °C para os termoplásticos (PVC, PE). Assim, qualquer coeficiente redutor aplicado (ex.: cabos expostos ao sol - coeficiente 0,9) pode reduzir significativamente a corrente calculada. O cálculo englobando todos os coeficientes a considerar pode resultar num cabo de secção muito superior ao calculado inicialmente.

Por outro lado deve também ter-se em conta numa análise económica que quando um cabo tem uma temperatura elevada por efeito de Joule estamos a perder uma quantidade de energia na forma de calor. Resulta que a utilização de secções mais elevadas terá um incremento de custo que por vezes se amortizará rapidamente.



8.2 INTENSIDADES MÁXIMAS ADMISSÍVEIS

EM SERVIÇO PERMANENTE (AMPÈRE)

CABOS DE TENSÃO NOMINAL 0,6/1 kV

TABELA 6

INSTALAÇÃO AO AR (T=40 °C) TEMPERATURA MÁXIMA DO CONDUTOR - 90 °C CABOS ISOLADOS COM PEX						
SECÇÃO	Nº DE CONDUTORES DE COBRE			Nº DE CONDUTORES DE ALUMÍNIO		
mm²	UM	DOSIS	TRÊS	UM	DOIS	TRÊS
1,5	18	25	17	-	-	-
2,5	26	33	25	-	-	-
4	35	44	34	-	-	-
6	46	58	44	-	-	-
10	64	79	61	-	-	-
16	86	103	82	67	80	64
25	120	138	110	93	108	86
35	145	170	135	115	135	105
50	180	200	165	140	155	130
70	230	255	210	180	200	165
95	285	310	260	220	245	205
120	335	-	300	260	-	235
150	385	-	350	300	-	275
185	450	-	400	350	-	315
240	535	-	475	420	-	370
300	615	-	545	480	-	425
400	720	-	645	560	-	505
500	825	-	-	645	-	-
630	950	-	-	740	-	-

Se existem condições especiais de instalação, devem ter-se em conta na selecção da secção os factores correctivos aplicáveis.



INTENSIDADES MÁXIMAS ADMISSÍVEIS EM SERVIÇO PERMANENTE (AMPÈRE)

CABOS DE TENSÃO NOMINAL 0,6/1 kV

TABELA 7

INSTALAÇÃO ENTERRADA (TEMPERATURA DO TERRENO = 25°C, RESISTIVIDADE DO TERRENO = 100 °C. cm/W) TEMPERATURA MÁXIMA DO CONDUTOR - 90 °C CABOS ISOLADOS COM PEX						
SECÇÃO	Nº DE CONDUTORES DE COBRE			Nº DE CONDUTORES DE ALUMÍNIO		
mm ²	UM	DOIS	TRÊS	UM	DOIS	TRÊS
1,5	32	45	28	-	-	-
2,5	44	52	40	-	-	-
4	57	69	52	-	-	-
6	72	86	66	-	-	-
10	96	115	88	-	-	-
16	125	150	115	97	117	90
25	160	190	150	125	150	115
35	190	230	180	150	180	140
50	230	270	215	180	210	165
70	280	325	260	220	255	205
95	335	385	310	260	300	240
120	380	-	355	295	-	275
150	425	-	400	330	-	310
185	480	-	450	375	-	350
240	550	-	520	430	-	405
300	620	-	590	485	-	460
400	705	-	665	550	-	520
500	790	-	-	615	-	-
630	885	-	-	690	-	-

Se existem condições especiais de instalação, devem ter-se em conta na selecção da secção os factores correctivos aplicáveis.

INTENSIDADES MÁXIMAS ADMISSÍVEIS

EM SERVIÇO PERMANENTE (AMPÈRE)

CABOS DE TENSÃO NOMINAL 0,6/1 kV

TABELA 8

INSTALAÇÃO AO AR (T=40 °C) TEMPERATURA MÁXIMA DO CONDUTOR - 90 °C CABOS ISOLADOS COM EPR						
SECÇÃO	Nº DE CONDUTORES DE COBRE			Nº DE CONDUTORES DE ALUMÍNIO		
mm²	UM	DOIS	TRÊS	UM	DOIS	TRÊS
1,5	18	25	17	-	-	-
2,5	26	33	25	-	-	-
4	35	44	34	-	-	-
6	45	58	43	-	-	-
10	62	79	60	-	-	-
16	83	103	80	65	80	63
25	115	138	105	90	108	82
35	140	170	130	110	135	100
50	175	200	160	135	155	125
70	225	255	200	175	200	155
95	280	310	250	215	245	195
120	325	-	290	255	-	225
150	375	-	335	290	-	260
185	440	-	385	345	-	300
240	515	-	460	400	-	360
300	595	-	520	465	-	405
400	700	-	610	545	-	475
500	800	-	-	625	-	-
630	915	-	-	715	-	-

Se existem condições especiais de instalação, devem ter-se em conta na selecção da secção os factores correctivos aplicáveis.



INTENSIDADES MÁXIMAS ADMISÍBLES EN SERVICIO PERMANENTE (AMPÈRE)

CABOS DE TENSÃO NOMINAL 0,6/1 kV

TABELA 9

INSTALAÇÃO ENTERRADA (Temperatura do terreno = 25°C, Resistividade do terreno = 100 °C.cm/W) TEMPERATURA MÁXIMA DO CONDUTOR - 90 °C CABOS ISOLADOS COM EPR						
SECÇÃO	Nº DE CONDUTORES DE COBRE			Nº DE CONDUTORES DE ALUMÍNIO		
mm ²	UM	DOIS	TRÊS	UM	DOIS	TRÊS
1,5	31	39	28	-	-	-
2,5	43	50	39	-	-	-
4	55	67	51	-	-	-
6	70	84	64	-	-	-
10	94	112	85	-	-	-
16	120	148	110	94	115	86
25	155	185	140	120	145	110
35	185	225	175	145	175	135
50	225	260	205	175	205	160
70	270	315	250	215	245	200
95	325	375	305	255	295	235
120	375	-	350	290	-	270
150	415	-	390	325	-	305
185	470	-	440	365	-	345
240	540	-	505	420	-	395
300	610	-	565	475	-	445
400	690	-	645	540	-	500
500	775	-	-	605	-	-
630	870	-	-	680	-	-

Se existem condições especiais de instalação, devem ter-se em conta na selecção da secção os factores correctivos aplicáveis.

8.3 CABOS INSTALADOS AO AR

FACTORES DE CORRECÇÃO

CABOS INSTALADOS AO AR EM AMBIENTES COM TEMPERATURA DIFERENTE DE 40°C

Coeficientes de correcção para temperatura ambiente diferente de 40°C

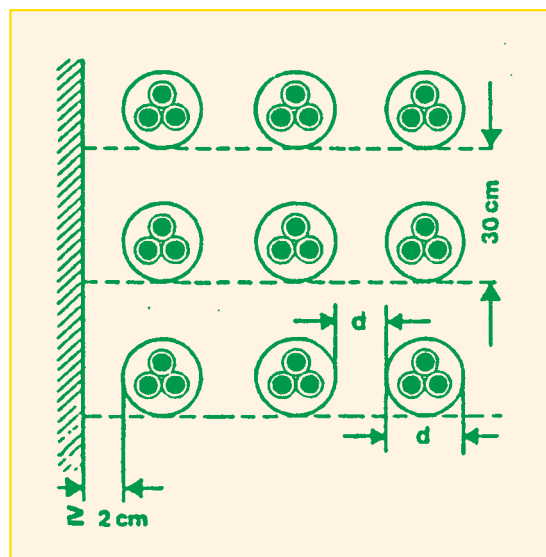
TEMPERATURA °C	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
Cabos isolados a PVC	1,35	1,29	1,22	1,15	1,08	1,00	0,91	0,81	0,71	0,58
Cabos isolados a PEX ou EPR	1,22	1,18	1,14	1,10	1,05	1,00	0,95	0,90	0,84	0,77

CABOS INSTALADOS AO AR EM CALEIRAS OU GALERIAS

Verifica-se em certas condições de instalação (caleiras, galerias, etc.) que o calor dissipado pelos cabos não se pode difundir livremente, provocando um aumento da temperatura do ar. Muitos factores estão dependentes da grandeza deste aumento, pelo que deve ser avaliado caso a caso. Em termos aproximados pode estimar-se a elevação de temperatura em cerca de 15°C; a intensidade admissível em regime permanente será afectada segundo os coeficientes incluídos na Tabela anterior.

CABOS TRIPOLARES OU TERNOS DE CABOS AGRUPADOS E INSTALADOS AO AR

Consideram-se cabos tripolares ou ternos de cabos instalados em esteiras contínuas (circulação de ar restringida), com separação igual ao diâmetro dos cabos ou ternos. Distância mínima da parede superior a 2 cm.





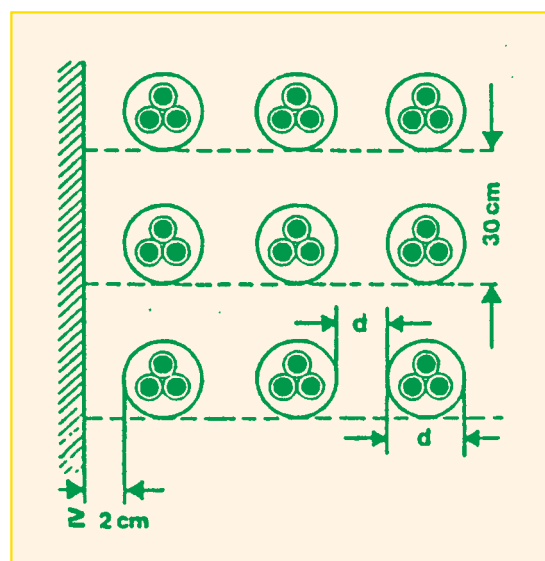
FACTORES DE CORRECÇÃO

NÚMERO DE ESTEIRAS	NÚMERO DE CABOS OU TERNOS				
	1	2	3	6	9
1	0,95	0,90	0,88	0,85	0,84
2	0,90	0,85	0,83	0,81	0,80
3	0,88	0,83	0,81	0,79	0,78
6	0,86	0,81	0,79	0,77	0,76

Nota: Quando a separação entre os cabos for igual ou superior a "2d" não se aplica correcção.

CABOS TRIPOLARES OU TERNOS DE CABOS INSTALADOS EM ESTEIRAS PERFURADAS COM SEPARAÇÃO IGUAL AO DIÂMETRO "d"

Distância da parede > 2 cm



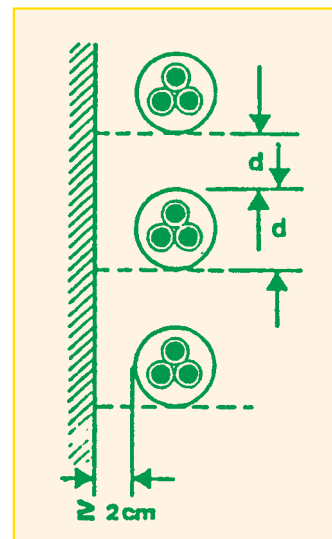
FACTORES DE CORRECÇÃO

NÚMERO DE ESTEIRAS	NÚMERO DE CABOS OU TERNOS				
	1	2	3	6	9
1	1	0,98	0,96	0,93	0,92
2	1	0,95	0,93	0,90	0,89
3	1	0,94	0,92	0,89	0,88
6	1	0,93	0,90	0,87	0,86

Nota: Quando a separação entre os cabos for igual ou superior a "2d" não se aplica correcção.

CABOS TRIPOLARES OU TERNOS DE CABOS INSTALADOS SUPORTADOS EM PAREDE COM SEPARAÇÃO ENTRE CABOS IGUAL A UM DIÂMETRO "d"

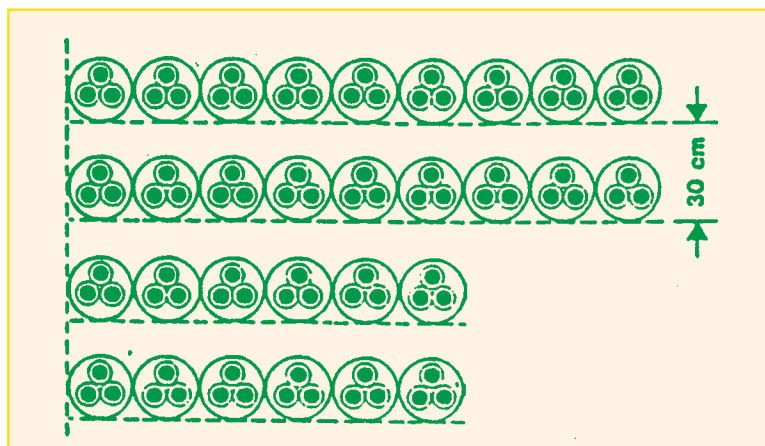
Distância da parede superior a 2 cm



FACTORES DE CORRECÇÃO

NÚMERO DE CABOS OU TERNOS			
1	2	3	6
1	0,93	0,90	0,87

Nota: Quando a separação entre os cabos for igual ou superior a "2d" não se aplica correcção.

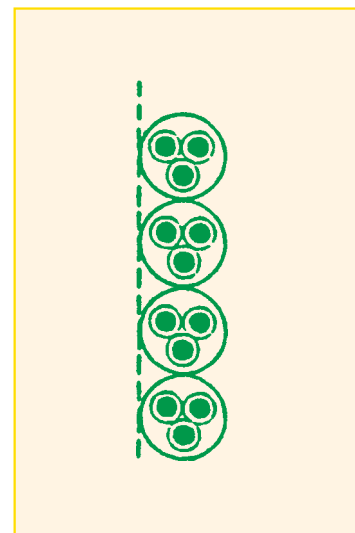


**CABOS TRIPOLARES OU
TERNOS DE CABOS EM
CONTACTO ENTRE SI E
COM A PAREDE,
INSTALADOS EM
ESTEIRAS CONTÍNUAS OU
PERFURADAS
(A CIRCULAÇÃO DE AR É
RESTRINGIDA)**

FACTORES DE CORRECÇÃO

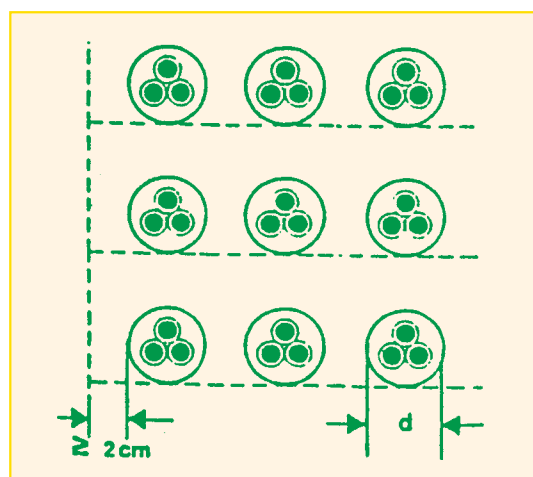
NÚMERO DE ESTEIRAS	NÚMERO DE CABOS OU TERNOS		
	2	3	6
1	0,84	0,80	0,75
2	0,80	0,76	0,71
3	0,78	0,74	0,70
6	0,76	0,72	0,68

CABOS TRIPOLARES OU TERNOS DE CABOS EM CONTACTO ENTRE SI, APOIADOS EM ESTRUTURAS OU PAREDES



FACTORES DE CORRECÇÃO

NÚMERO DE CABOS OU TERNOS			
1	2	3	6
0,85	0,78	0,73	0,68



AGRUPAMENTO DE CABOS TRIPOLARES OU TERNOS DE CABOS, COM SEPARAÇÃO INFERIOR A UM DIÂMETRO DE CABO E SUPERIOR A UM QUARTO DO DIÂMETRO, INSTALADOS EM ESTEIRAS PERFURADAS (PERMITINDO CIRCULAÇÃO LIVRE DO AR ENTRE OS CABOS)

FACTORES DE CORRECÇÃO

NÚMERO DE AGRUPAMENTOS COLOCADOS VERTICALMENTE	NÚMERO DE CABOS OU TERNOS			
	1	2	4	>3
1	1,00	0,93	0,87	0,83
2	0,89	0,83	0,79	0,75
3	0,80	0,76	0,72	0,69
mais de 3	0,75	0,70	0,66	0,64

CABOS EXPOSTOS DIRECTAMENTE AO SOL

O coeficiente de correcção a aplicar para cabos expostos ao sol é muito variável. Recomenda-se o valor de 0,90.

8.4 CABOS ENTERRADOS

FACTORES DE CORRECÇÃO

CABOS ENTERRADOS A TEMPERATURA DIFERENTE DE 25 °C

Coeficiente de correcção para temperatura ambiente diferente de 25 °C

TEMPERATURA	10	15	20	25	30	35	40	45	50
CABOS ISOLADOS A PVC	1,15	1,10	1,05	1,00	0,94	0,88	0,81	0,74	0,66
CABOS ISOLADOS A PEX OU EPR	1,11	1,07	1,04	1,00	0,96	0,92	0,88	0,83	0,78

CABOS ENTERRADOS DIRECTAMENTE OU EM ESTRUTURAS ENTERRADAS EM TERRENOS COM RESISTIVIDADE TÉRMICA DIFERENTE DE 100 K.cm/W

RESISTIVIDADE TÉRMICA DO TERRENO (K.cm/W)		80	100	120	150	200	250
COEFICIENTE DE CORRECÇÃO	MONOPOLARES	1,09	1	0,93	0,85	0,75	0,68
	TRIPOLARES	1,07	1	0,94	0,87	0,78	0,71

CABOS TRIPOLARES OU TERNOS DE CABOS AGRUPADOS SOB TERRA

FACTORES DE CORRECÇÃO

DISPOSIÇÃO DOS CABOS	2	3	4	5	6	8	10	12
COM SEPARAÇÃO DE CERCA DE 7 cm	0,85	0,75	0,68	0,64	0,60	0,56	0,53	0,50
EN CONTACTO	0,80	0,70	0,64	0,60	0,56	0,53	0,50	0,47

CABOS ENTERRADOS EM VALA A DIFERENTES PROFUNDIDADES

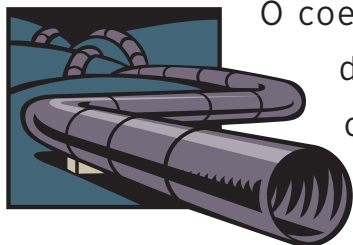
Para um cabo tripolar ou um terno de cabos enterrados directamente, a intensidade admissível será afectada por um coeficiente de correcção em função da profundidade da instalação. Na Tabela seguinte indicam-se os coeficientes a aplicar com base numa profundidade tipo de 70 ou 100 cm. Recomenda-se a instalação de um cabo mono ou tripolar por tubo. A relação entre o diâmetro do tubo e do cabo deve ser superior a 2. Quando for necessário instalar um terno por tubo a relação a considerar será entre o diâmetro do tubo e o diâmetro aparente do terno, a qual deverá ser superior a 2.

PROFUNDIDADE DE INSTALAÇÃO (cm)	40	50	60	70	80	90	100	120
Coeficiente de correcção	1,03	1,02	1,01	1,00	0,99	0,98	0,97	0,95
	1,06	1,05	1,04	1,03	1,02	1,01	1,00	0,98

CABOS ENTERRADOS EM VALA, NO INTERIOR DE TUBOS OU SIMILARES, EM CURTA DISTÂNCIA

Entende-se por curta distância instalações entubadas até 15 m (p. ex.: atravessamento de vias). Neste caso não é necessário aplicar coeficientes de correcção.

CABOS ENTERRADOS EM TUBOS OU SIMILARES, COM DISTÂNCIAS GRANDES



O coeficiente de correcção que se deve aplicar nestes casos depende do modo de agrupamento dos cabos e varia para cada cabo conforme está instalado num tubo central ou na periferia. Assim, cada caso deve ser objecto de análise individual. Mantêm-se as recomendações acima feitas quanto a relações entre diâmetros de cabos ou conjunto de cabos e dos tubos. Na generalidade considera-se um factor correctivo de 0,8 no caso de um cabo tripolar ou de um terno de cabos no interior de um mesmo tubo. Se se trata de uma ligação com três cabos monopolares em tubos separados, pode aplicar-se um factor de 0,9.

8.5 CURTOS-CIRCUITOS

GENERALIDADES

As redes eléctricas devem ser capazes de suportar sem danos permanentes não só as correntes de operação normal como também as correntes de alta intensidade associadas a situações de defeito (curto-circuito) na própria rede ou nos sistemas receptores a ela ligados. Estas correntes são de curta duração (no máximo alguns segundos) e desaparecem por actuação dos dispositivos de protecção que devem existir para esse fim, mas os seus efeitos térmicos são significativos devido ao efeito da intensidade elevada e ao facto de o efeito de Joule estar ligado ao quadrado do valor respectivo. Nas redes trifásicas os curtos-circuitos podem ser de vários tipos, conforme os condutores que entram em contacto accidental. Na maioria dos pontos de um sistema eléctrico o caso mais desfavorável é o curto-circuito trifásico franco, no sentido de desenvolver maiores intensidades de corrente.

Só muito próximo de geradores ou de transformadores com o neutro ligado à terra pode o defeito mono- ou bifásico ter uma intensidade superior ao trifásico. O caso deste último é também mais fácil de calcular, já que corresponde a um estado simétrico da rede, enquanto os outros exigem métodos de cálculo mais elaborados (método das componentes simétricas, método das componentes de Clarke, etc.).

O cálculo da corrente de curto-circuito não é em geral conteúdo de catálogo, mas de qualquer modo indica-se o processo de cálculo para o tipo tripolar.

CURTO-CIRCUITO TRIPOLAR

A corrente de curto-circuito é necessária para determinar as solicitações térmicas e mecânicas a que vão estar submetidas as instalações e portanto os cabos. Para determinar as solicitações térmicas deve ter-se em conta o tempo de solicitação e o desenvolvimento da corrente da forma mais completa possível. A corrente vai depender, no seu estabelecimento, da corrente de curto-circuito permanente no ponto do circuito em questão, das reactâncias sub-transitória, transitória e síncrona, e do momento em que se estabelece.



Necessitamos conhecer a corrente eficaz equivalente do fenómeno:

$$I^2 = \frac{\int_0^t i^2 dt}{t}$$

Para valores de t de cerca de 1,5 s basta considerar a corrente de curto-circuito permanente. A corrente permanente simétrica de curto-circuito tripolar, em valor eficaz, pode ser calculada pela fórmula:

$$I_{cc} = \frac{P_{cc}}{\sqrt{3}U}$$

P_{cc} = Potência permanente de curto-circuito.

U = Tensão nominal entre fases.

Esta fórmula está traduzida no gráfico 1 para o campo de aplicação normal dos cabos mais usuais.

As solicitações dinâmicas são proporcionais ao quadrado do impulso de corrente de curto-circuito (valor de crista): este valor depende das reactâncias referidas e do momento do curto-circuito, sendo para os casos mais severos dado por $1,8\sqrt{2} I_{cc}$. As solicitações dinâmicas submetem os cabos e terminais a esforços mecânicos. Em cabos tripolares estes esforços são absorvidos com maior facilidade pelo efeito da cableagem, da bainha e das armaduras, mas os cabos monopolares devem ser fixados adequadamente ao longo do traçado.

GRÁFICO 1

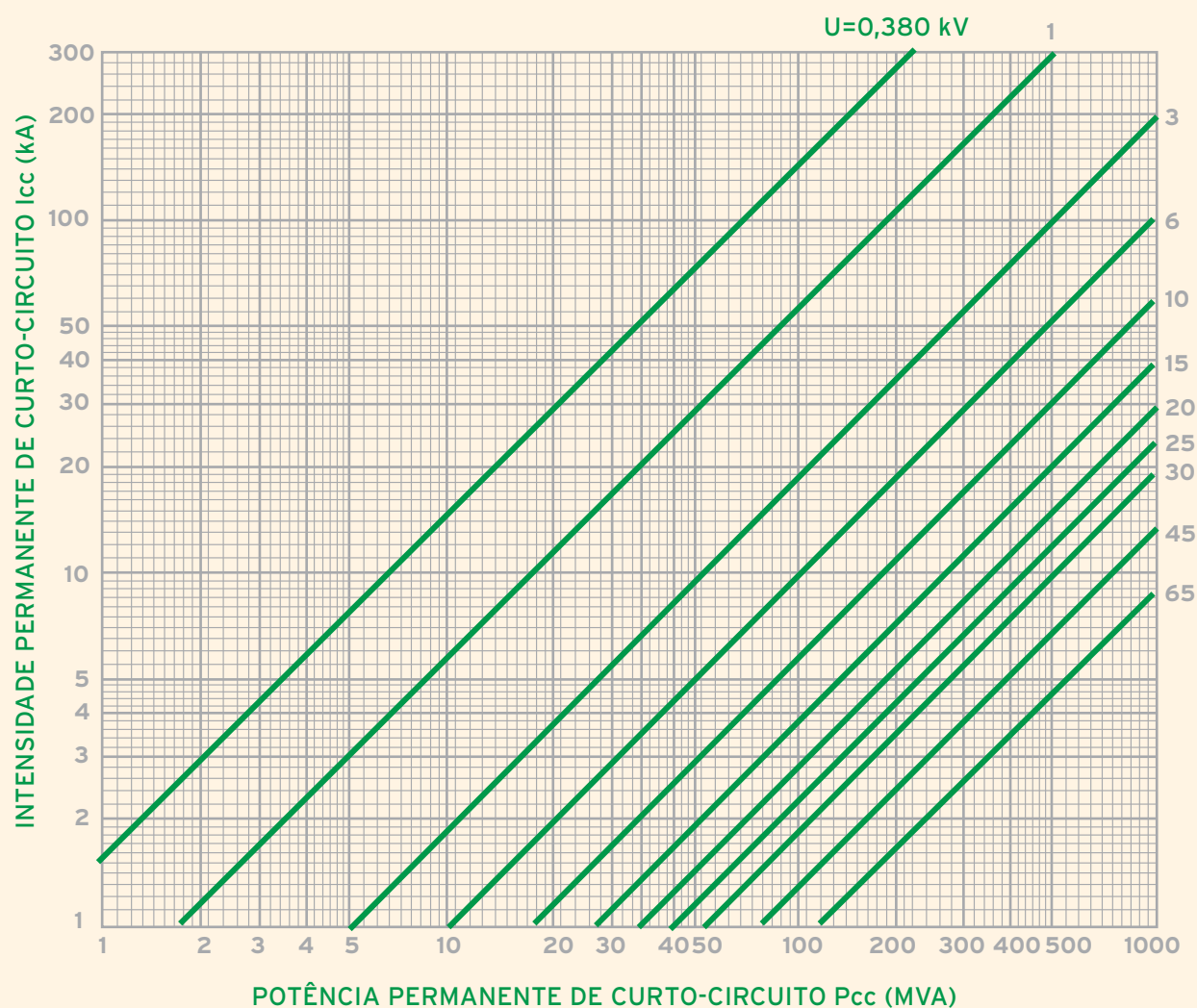




GRÁFICO 2

INTENSIDADE DE CURTO-CIRCUITO ADMISSÍVEL NOS CONDUTORES DE
CABOS ISOLADOS A PEX OU EPR (CONDUTORES DE COBRE)

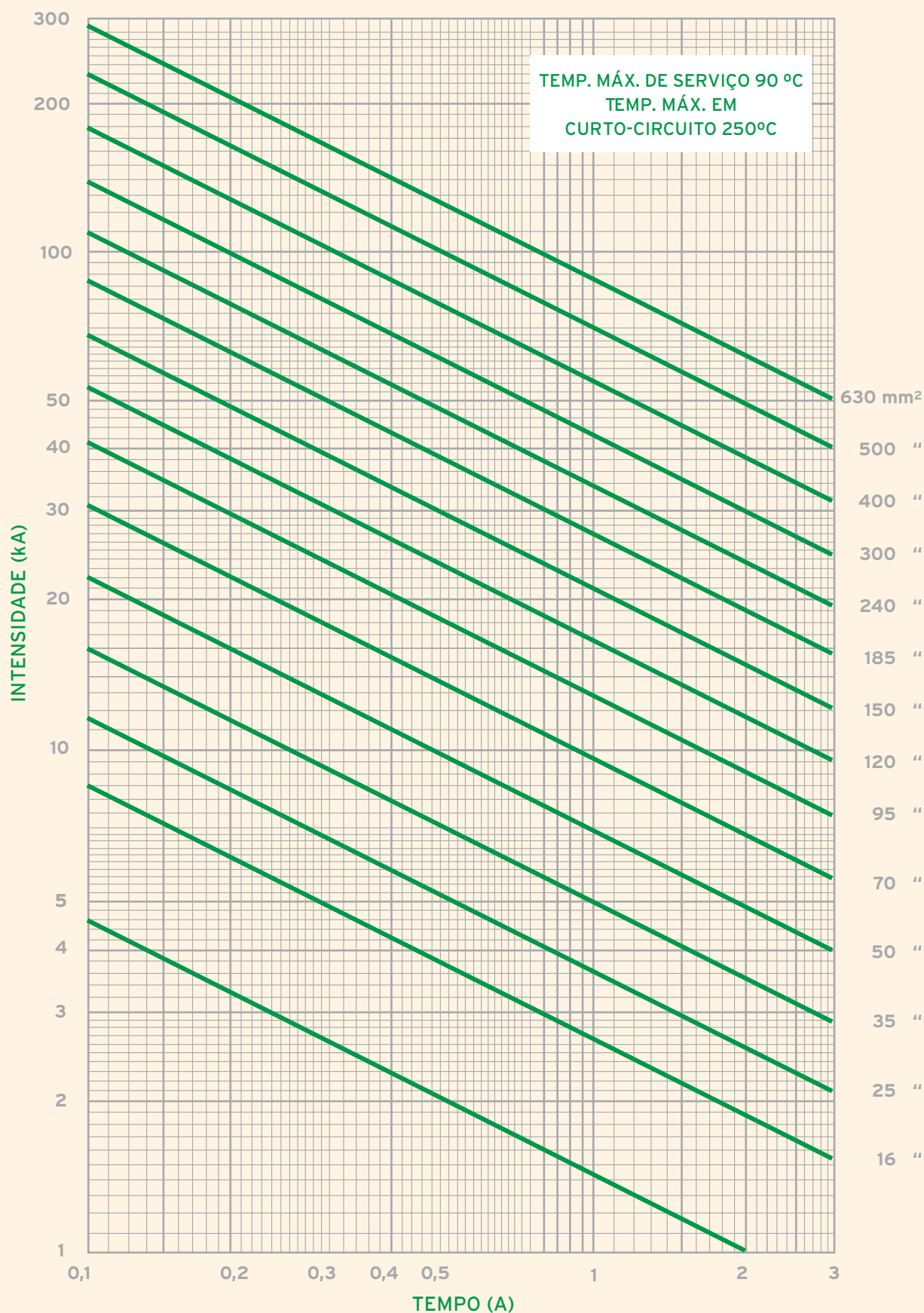
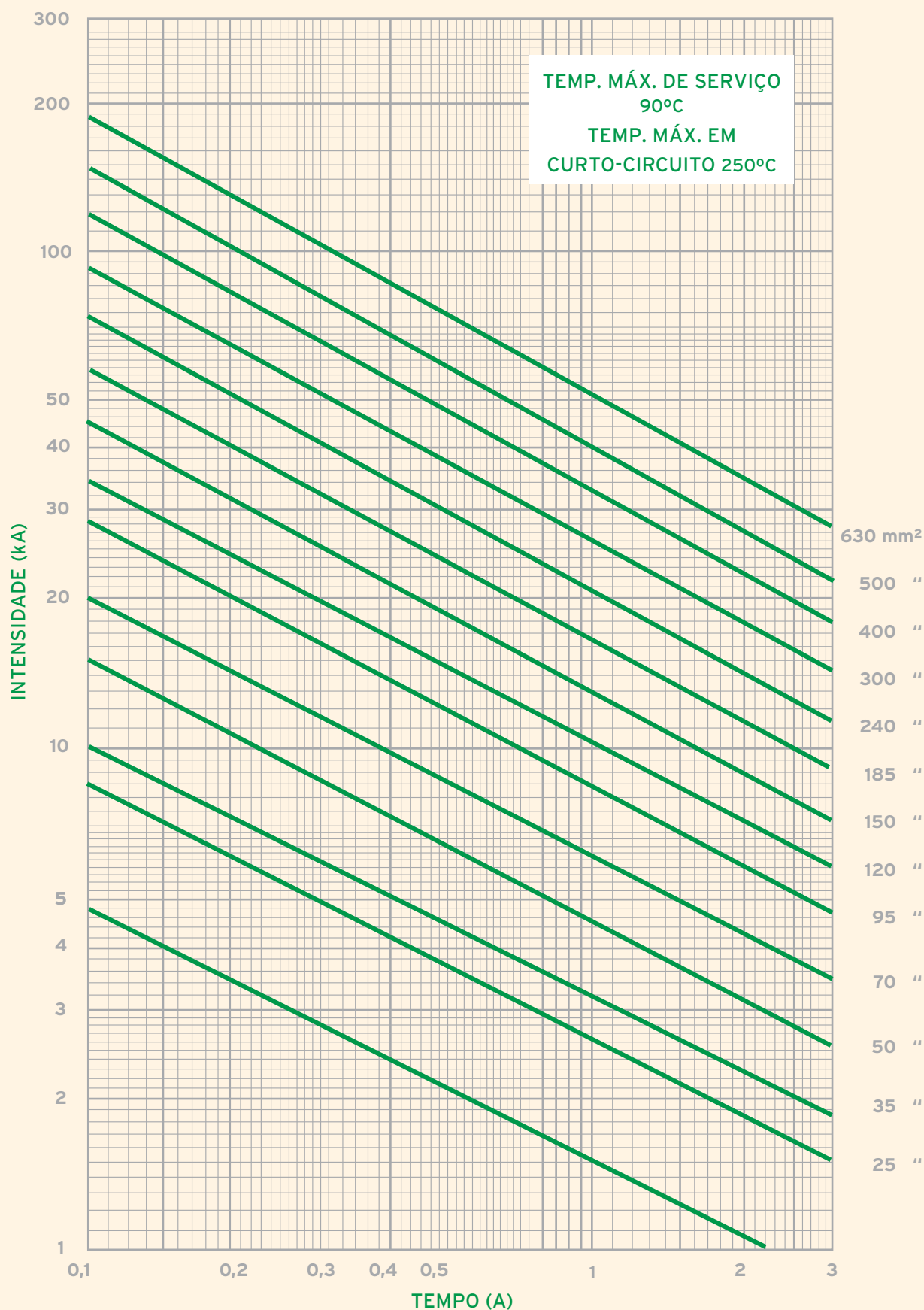


GRÁFICO 3

INTENSIDADE DE CURTO-CIRCUITO ADMISSÍVEL NOS CONDUTORES DE CABOS ISOLADOS A PEX OU EPR (CONDUTORES DE ALUMÍNIO)





CORRENTE DE CURTO-CIRCUITO NO CONDUTOR

Nos gráficos 2 e 3 expressam-se as intensidades de curto-circuito admissíveis para cabos isolados a EPR ou PEX, com condutores de Cobre ou Alumínio, em função da duração do curto-circuito, em segundos, e da secção nominal do condutor. Estas intensidades foram calculadas supondo:

1. Fenómeno de duração limitada
2. A temperatura antes do curto-circuito é a máxima admissível em regime permanente para este tipo de isolamentos
3. A temperatura final do curto-circuito é a máxima admissível para estes materiais nesse regime
4. Todo o calor libertado acumula-se na massa do condutor aumentando a sua temperatura e por conseguinte o que se liberta para o exterior é nulo (processo adiabático). Nestas condições pode aplicar-se a fórmula:

$$I_{cc} = S \frac{C}{\sqrt{t}}$$

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

S = Secção do condutor (mm²)

t = Tempo de duração do curto-circuito (s)

C = Coeficiente que depende da natureza do condutor e das temperaturas inicial e final do curto-circuito:

CONDUTOR	VALORES DE C
	ISOLAMENTO
	PEX OU EPR
Cu	141,8
Al	92,8