Instalações Elétricas

Faculdade de Ciências e Tecnologia

Universidade Nova de Lisboa

MIEEC

(Proteções)

João Martins

2018/2019

Protecção das canalizações eléctricas

Uma canalização eléctrica tem, obrigatoriamente, de estar protegida contra sobrecargas e curto-circuitos.

Corrente de sobrecarga (de um circuito): Sobreintensidade que se produz num circuito na ausência de um defeito eléctrico.

Corrente de curto-circuito (franco): Sobreintensidade resultante de um defeito de impedância desprezável entre condutores activos que apresentem, em serviço normal, uma diferença de potencial.

Protecção contra sobrecargas

254.1—**Corrente estipulada**. Valor da corrente a partir do qual são determinadas as condições de funcionamento do dispositivo de protecção.

254.3—**Poder de corte**. Valor da corrente que o dispositivo de protecção é capaz de cortar a uma dada tensão especificada e em condições prescritas de emprego e de funcionamento.

254.2—**Corrente convencional de não funcionamento (de um dispositivo de protecção) (Inf)**. Valor especificado da corrente que pode ser suportada por um dispositivo de protecção num tempo especificado (denominado tempo convencional) sem provocar o seu funcionamento.

254.2— **Corrente convencional de funcionamento (de um dispositivo de protecção)**. Valor especificado da corrente que provoca o funcionamento do dispositivo de protecção antes do final de um tempo especificado, denominado tempo convencional.

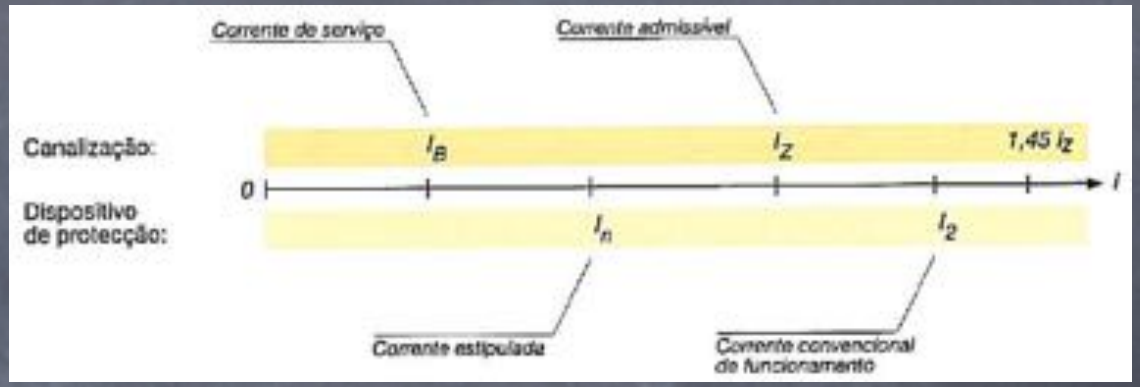
O tempo convencional para disjuntores é 1-2 horas...

Protecção contra sobrecargas

A protecção contra sobrecargas de uma canalização eléctrica está garantida se se verificarem simultaneamente as seguintes condições (que têm a ver com o comportamento das canalizações e o funcionamento dos dispositivos de protecção):

$$I_B \leq I_n \leq I_z$$

$$I_2 \leq 1{,}45 I_z$$

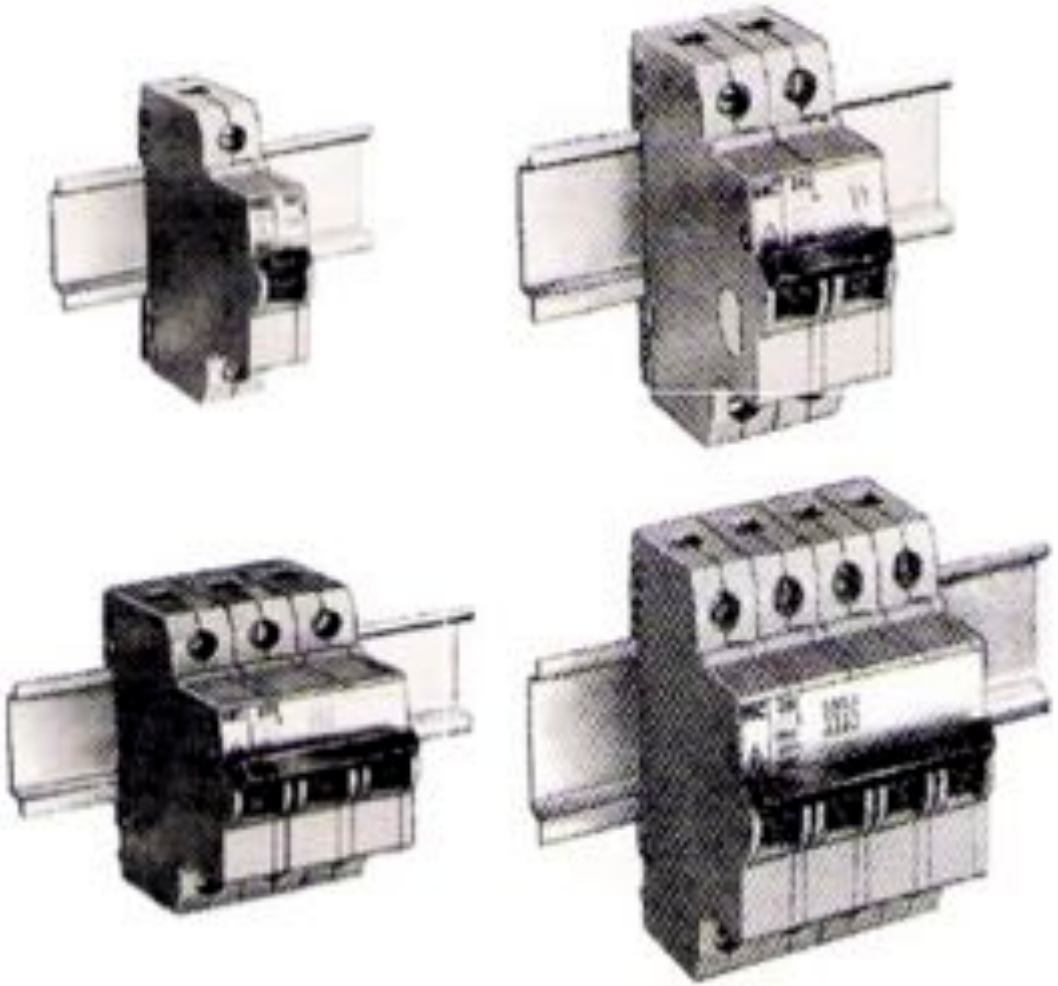


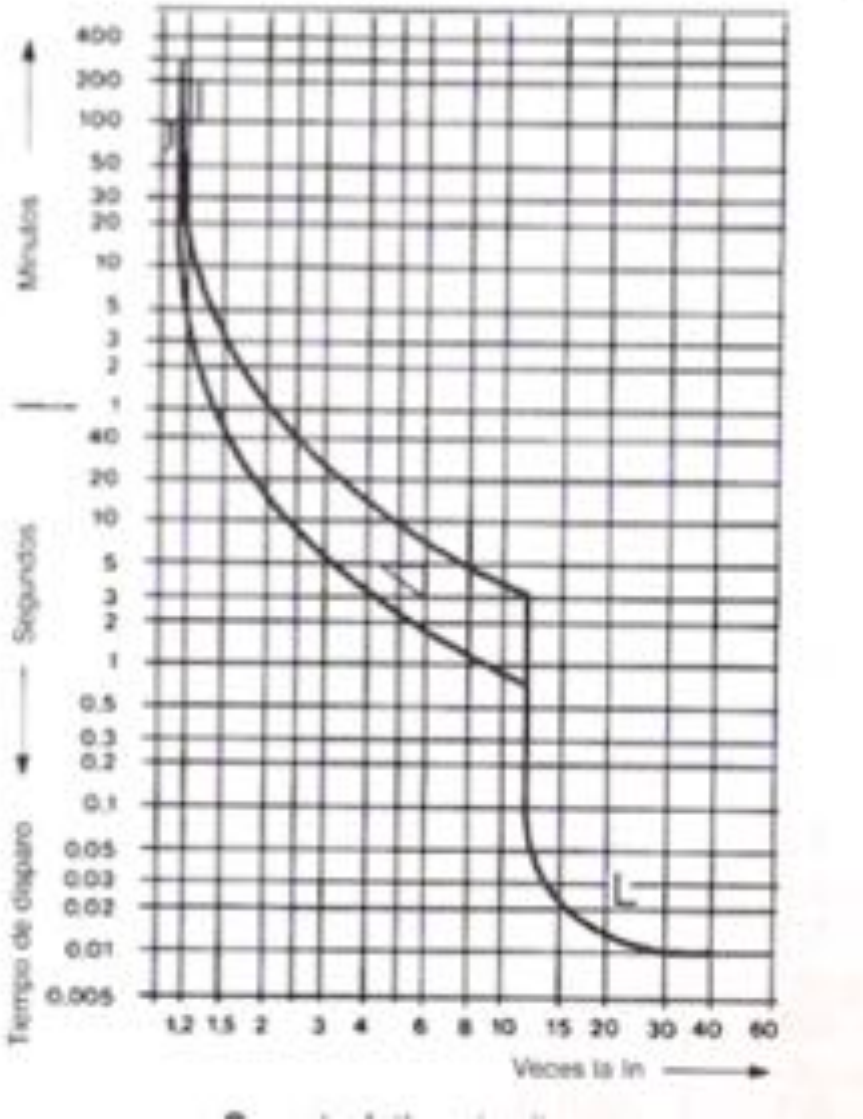
I_B é a corrente de serviço do circuito, em ampere;
I_z é a corrente admissível na canalização, em ampere;
I_n é a corrente estipulada do dispositivo de protecção, em ampere;
I_2 é a corrente convencional de funcionamento, em ampere.

Correntes estipuladas	Correntes convencionais de funcionamento
Pequenos disjuntores	1,45 In
Outros disjuntores	1,3 In

	Intensidade convencional de não funcionamento	Intensidade convencional de funcionamento
Disjuntores sem regulação	1,1 I_n	1,3 I_n
Disjuntores com regulação	1,05 I	1,2 I

Protecção contra sobrecargas

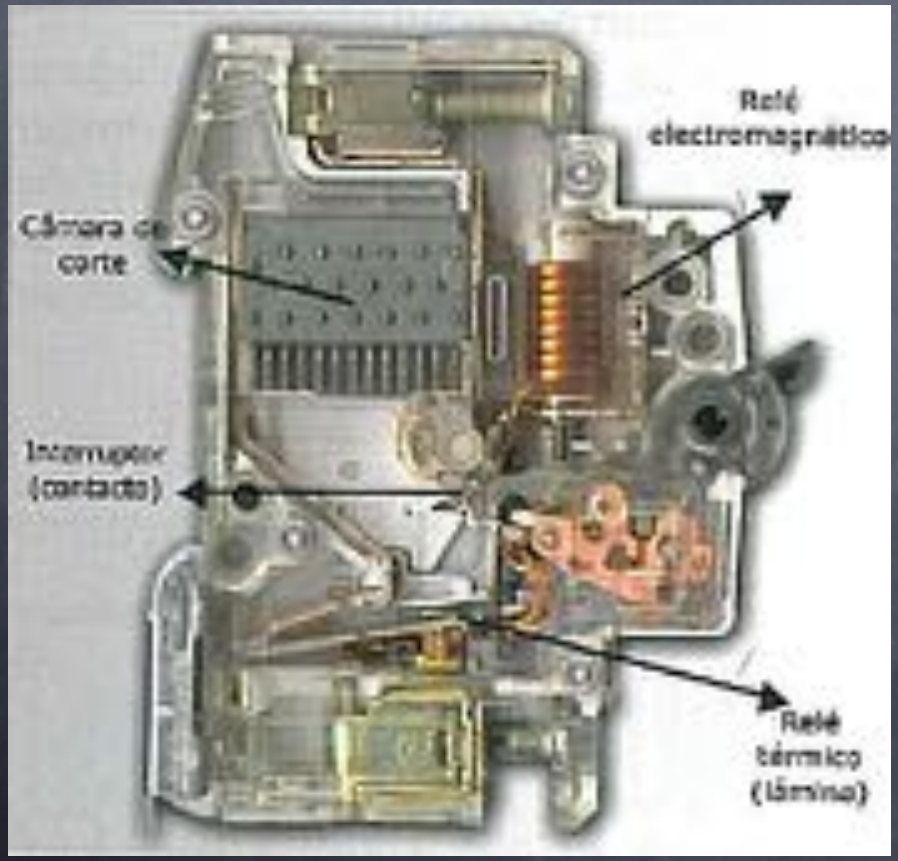


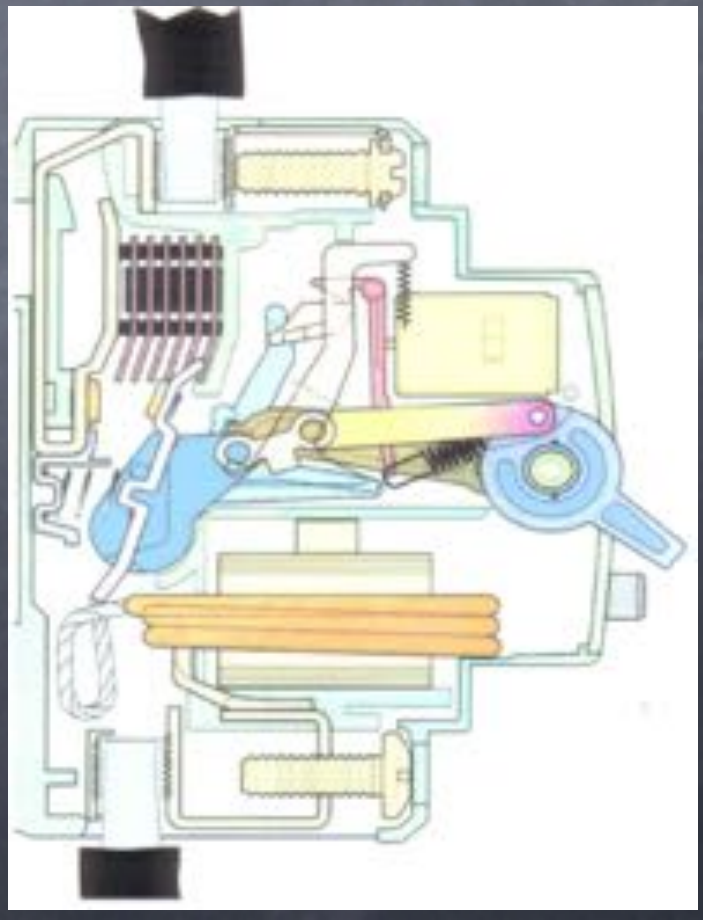


Protecção contra sobrecargas - Disjuntores

Princípio de funcionamento

Os disjuntores de BT são normalmente do tipo magnetotérmico e baseiam o seu funcionamento, num relé instantâneo de máxima corrente (*magnético*) e um relé térmico (*lâmina bimetálica*) que funciona por efeito de joule.

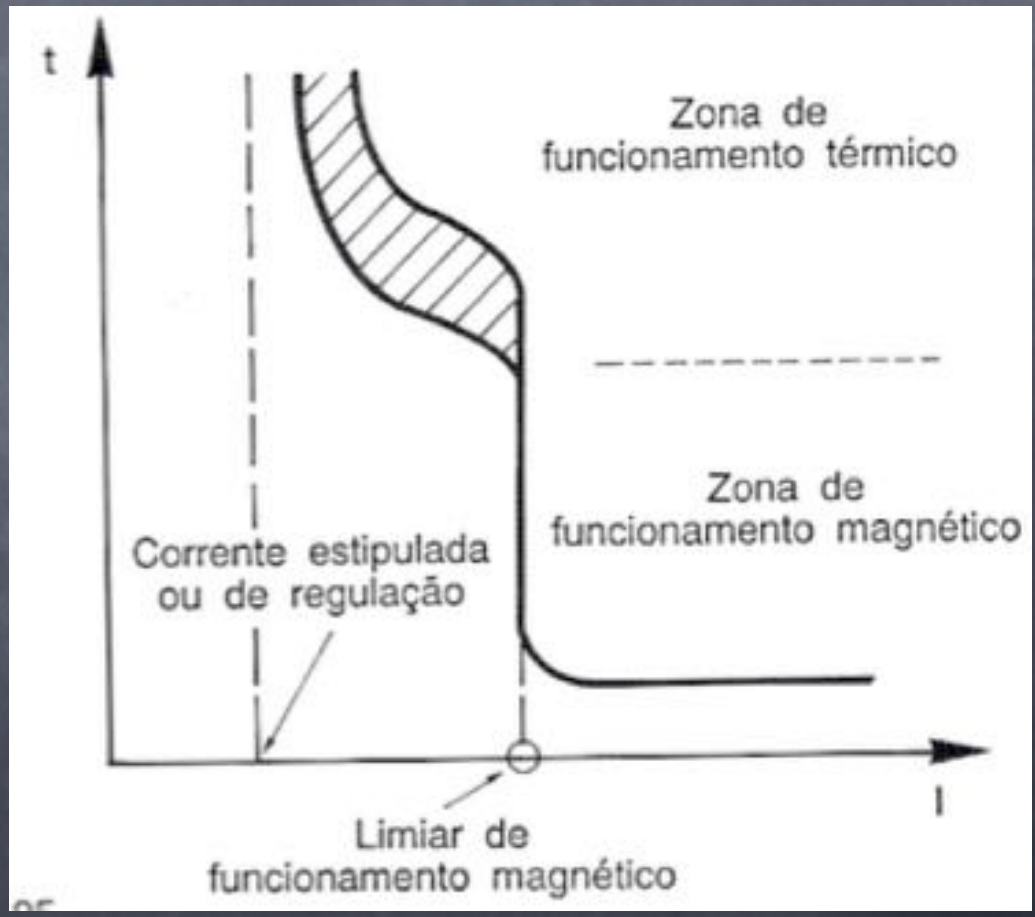




Protecção contra sobrecargas

Características dos disjuntores:

- ✓Tensão estipulada de serviço
- ✓Tensões estipuladas de isolamento à frequência industrial e ao choque
- ✓Corrente estipulada
- ✓Corrente convencional de não funcionamento
- ✓Corrente convencional de funcionamento
- ✓Corrente térmica ao ar
- ✓Corrente térmica sob invólucro
- ✓Poder de corte
- ✓Poder de fecho
- ✓Corrente de regulação dos disparadores térmicos
- ✓Corrente de funcionamento dos disparadores magnéticos
- ✓Corrente estipulada de curta duração admissível



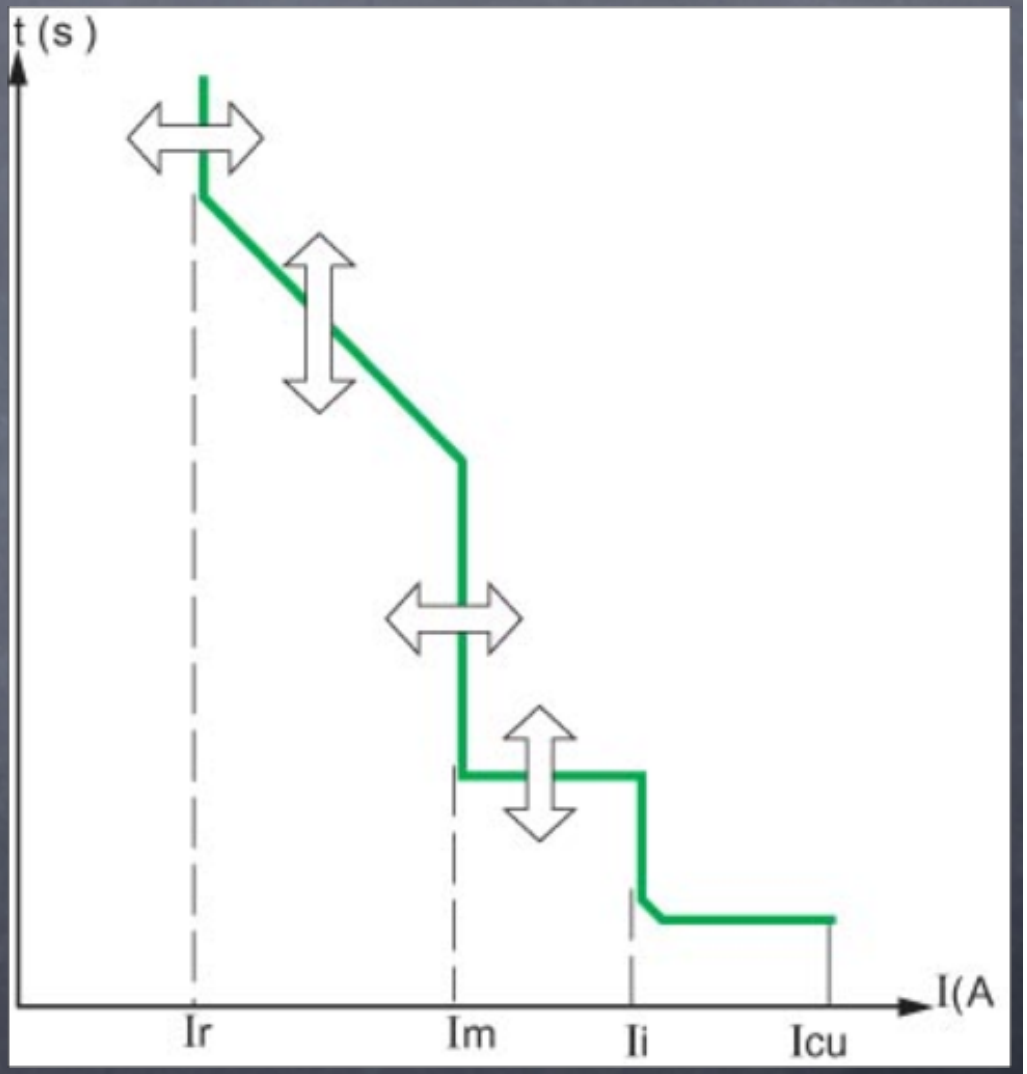
Protecção contra sobrecargas

Ir: Corrente estipulada (apenas ocorre disparo após um longo periodo de tempo)

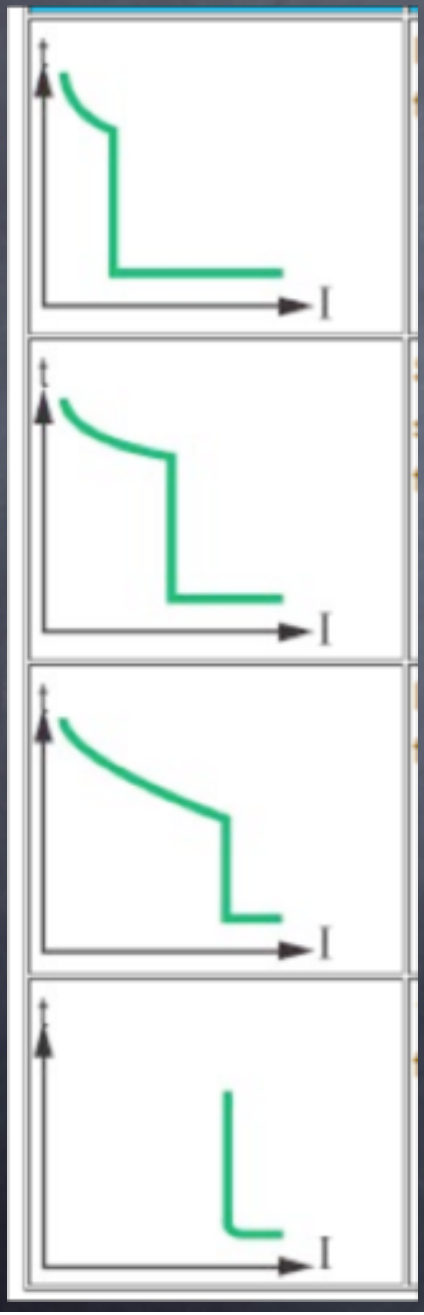
Im: Corrente de disparo por sobrecarga

Ii: Corrente de disparo por curto circuito

Icu: Poder de corte



Protecção contra sobrecargas



Tipo B: para cargas com fracas correntes de curto circuito ou cabos de longo comprimento

Tipo C: para cargas "normais"

Tipo D o K: para cargas com corrente transitoria de arranque elevada (motores, transformadores...)

Tipo MA: para motores em associação com discontactores (contactores com protecção contra sobrecargas)

Protecção contra sobrecargas

Condutores com a mesma seção, mesmo comprimento e mesmo material podem ser ligados em paralelo.

A máxima corrente admissível é igual à soma da máxima corrente de cada cabo, tomando em consideração os efeitos de aquecimento mútuo, o método de instalação...

A proteção contra sobrecargas e curto-circuitos é dimensionada da mesma forma.

Disjuntores Industriais

Estes disjuntores obedecem à norma CEI 60947. As características mais importantes são:

- ✓ Corrente estipulada In (normalmente regulaveis);
- ✓ Tensão estipulada Un limitada a 1000 V;
- ✓ Curva característica definida pela fabricante;
- ✓ Poder de corte: poder de corte último (Icu) e poder de corte em serviço (Ics)



Disjuntores Domésticos

✓Estes disjuntores obedecem à norma CEI 60898. As características mais importantes são:

✓ Corrente estipulada In, limitadas a 125 A. Não são regulaveís;

✓ Tensão estipulada Un limitada a 440 V;

✓ Curva característica definida pela fabricante;

✓ Poder de corte: poder de corte estipulado (Pdc) em kA, e poder de corte em serviço (Ics) em A.

Estes disjuntores são previstos para protecção contra sobrecarga e curto-circuitos.



Protecção contra sobrecargas - Disjuntores

Curvas características

Os tempos convencionais de funcionamento estão apresentados no quadro seguinte.

TEMPOS CONVENCIONAIS DE FUNCIONAMENTO DOS DISJUNTORES SEGUNDO CEI 60898	
Corrente estipulada do Disjuntor (I_n)	**Tempo convencional (t)**
≤ 63 A	1 h
≥ 63 A	2 h

Corrente estipulada I_n (A)	Corrente convencional de não funcionamento I_{nf} (A)	Corrente convencional de funcionamento I_2 (A)
10	11	14
16	18	23
20	22	29
25	28	36
32	36	46
40	45	58
50	56	72

Protecção contra curto-circuitos

Condições de protecção contra curto-circuitos

O valor da corrente de curto-circuito Icc numa instalação depende de:

- Potência e tipo da fonte de alimentação;
- Distância a que a instalação se encontra da fonte de alimentação;
- Características da rede que a alimenta;
- Próprias características da instalação.

Este valor pode ser calculado ou medido, ou conhecido por informação prestada pelo distribuidor de energia.

Uma vez conhecido o valor da corrente de curto-circuito Icc previsível para o local das instalações, para que estas fiquem correctamente protegidas impõe-se que os dispositivos de protecção contra c-c sejam selecionados de modo que o seu poder de corte seja superior ao valor de Icc.

Protecção contra curto-circuitos

Uma canalização, já protegida contra sobrecargas, encontra-se também protegida contra curto-circuitos se se verificarem, simultaneamente, as seguintes condições:

O **poder de corte** (Ipc) do aparelho de protecção contra sobrecargas deve ser, no mínimo, igual à máxima corrente de curto-circuito (Iccmax) prevista para o local.

$$I_{pc} \geq I_{cc_{\max}}$$

O **tempo de corte** (tp) do aparelho de protecção contra sobrecargas deverá ser compatível com o comportamento térmico da canalização (I^2xt).

$$t_p \leq \frac{\left(I^2 t\right)}{I_{cc_{\min}}^2}$$

Protecção contra curto-circuitos

O tempo de corte da corrente resultante de um curto-circuito que se produza em qualquer ponto do circuito não deve ser superior ao tempo necessário para elevar a temperatura dos condutores até ao seu limite admissível.

Para os curtos-circuitos de duração não superior a 5 s, o tempo necessário para que uma corrente de curto-circuito eleve a temperatura dos condutores da temperatura máxima admissível em serviço normal até ao valor limite pode ser calculado, numa primeira aproximação, através da fórmula seguinte:

$$\sqrt{t} \leq \frac{KS}{I_{CC\,\min}}$$

- t é o tempo, em segundo;
- S é a secção dos condutores, em milímetro quadrado;
- Iccmin é a corrente de curto-circuito efectiva (valor eficaz), em ampere, isto é, a corrente de um curto-circuito franco verificado no ponto mais afastado do circuito considerado;
- K é uma constante.

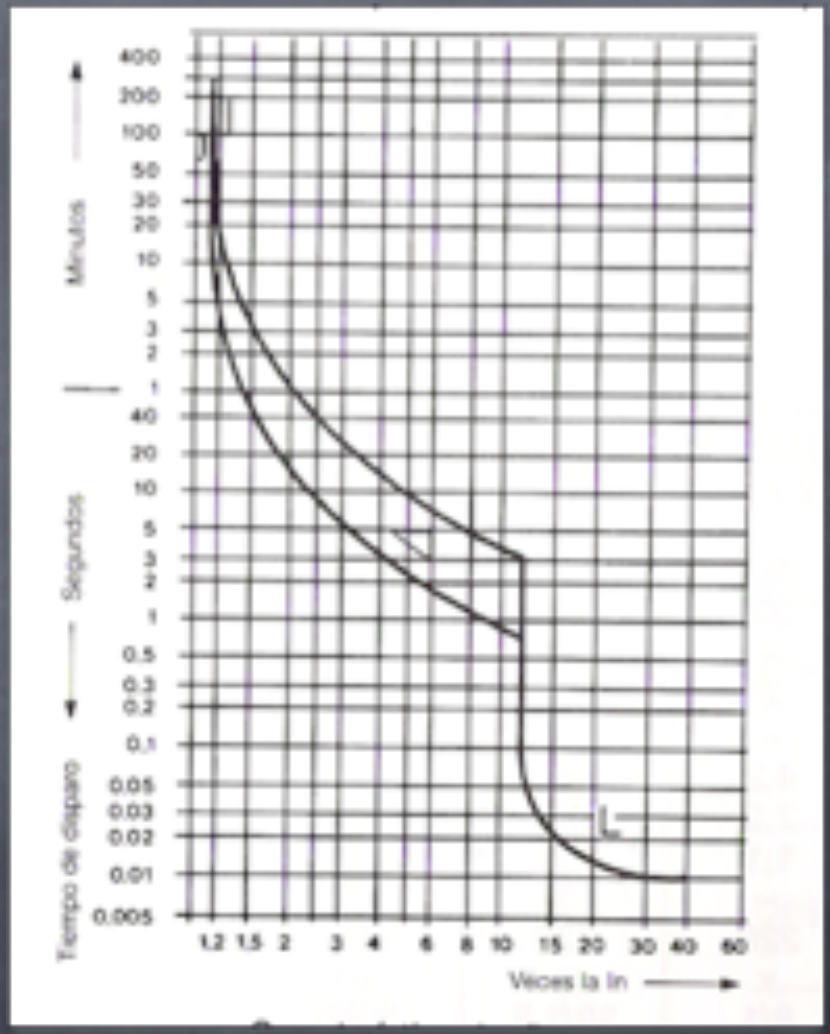
Protecção contra curto-circuitos

Uma canalização, já protegida contra sobrecargas, encontra-se também protegida contra curto-circuitos se o tempo de disparo da protecção contra sobrecargas for inferior a:

$$t \leq \frac{K^2 S^2}{I^2_{CC\,\min}}$$

Valores de K a considerar para cálculo de protecção aos curtos-circuitos

Alma condutora	Tipo de isolamento		
	PVC	Borracha	PEX
Cobre	115	134	143
Aluminio	76	89	94



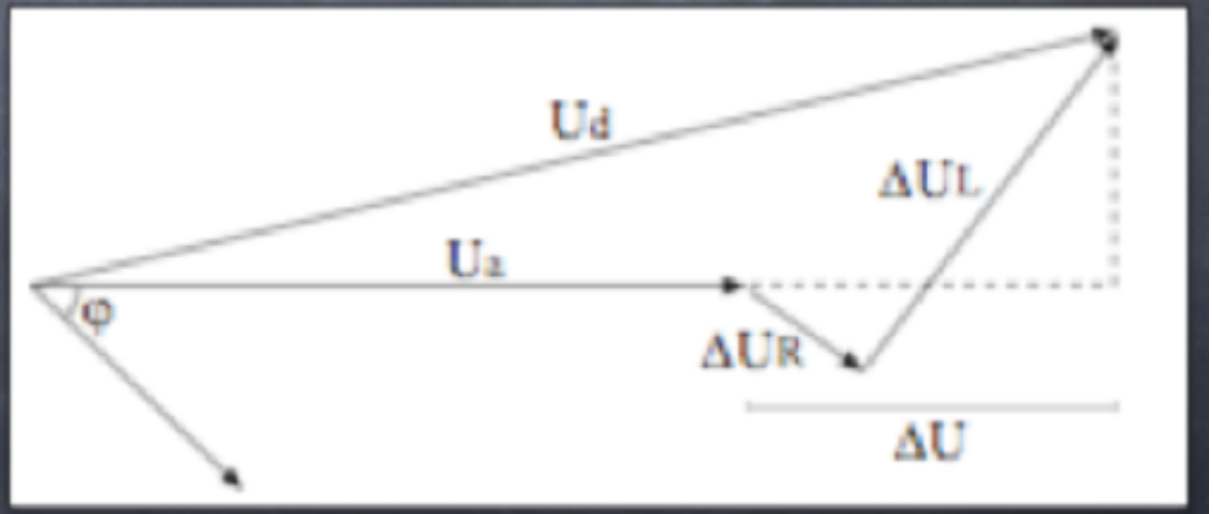
Protecção contra curto-circuitos e sobrecargas

Circuito (monofásico)	Potência máxima [W]	Secção [mm^2]	Corrente estipulada do disjuntor de protecção [A]
Iluminação	1500	1,5	10
Tomadas	3500	2,5	16
Termoacumulador	4400	4	20
Máquina de lavar	4400/5500	4	20/32
Fogão eléctrico	7000	6	38

Verificação da queda de tensão

Quando uma corrente eléctrica percorre um condutor existe uma queda de tensão entre as suas extremidades dependente da impedância do cabo e da intensidade de corrente eléctrica.
Se o valor da queda de tensão é excessivo, pode acontecer que a tensão fornecida ao receptor no fim da instalação seja demasiado baixa para que este funcione em condições adequadas.

Nos casos em que a reactância é bastante inferior à resistência óhmica, o que normalmente acontece para os cabos com condutores de secção inferior a 50 mm2, poder-se-á desprezar a reactância.



Verificação da queda de tensão

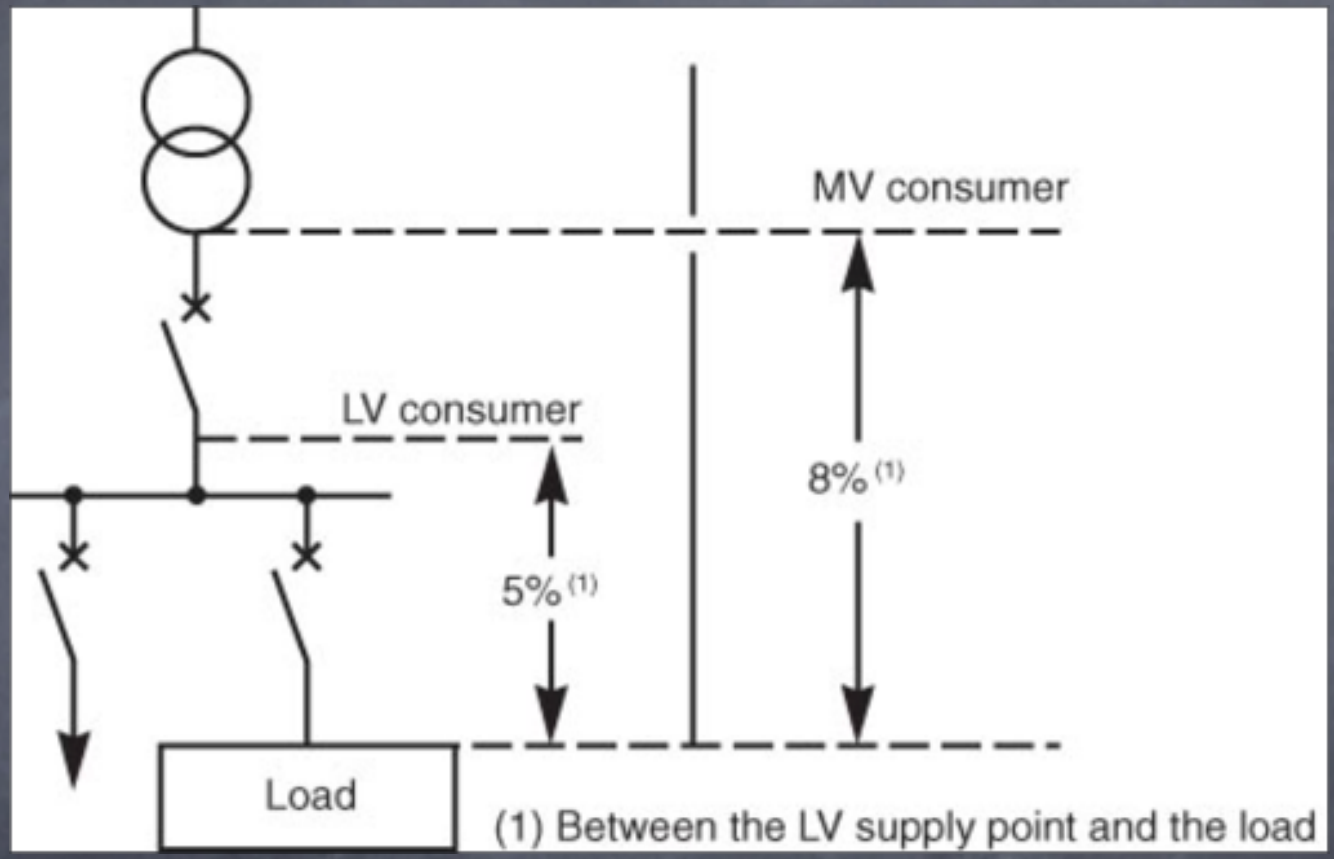
A queda de tensão entre a origem da instalação e qualquer ponto de utilização, expressa em função da tensão nominal da instalação, não deve ser superior ao apresentado na tabela seguinte.

Quedas de tensão máximas admissiveis

Utilização	Iluminação	Outros usos
A - Instalações alimentadas directamente a partir de uma rede de distribuição (pública) em baixa tensão	3 %	5 %
B - Instalações alimentadas a partir de um Posto de Transformação MT/BT(1)	6 %	8 %

(1) - Sempre que possivel, as quedas de tensão nos circuitos finais não devem exceder os valores indicados para a situação A. As quedas de tensão devem ser determinadas a partir das potências absorvidas pelos aparelhos de utilização com os factores de simultaneidade respectivos ou, na falta destes, das correntes de serviço de cada circuito.

Verificação da queda de tensão



Cargas que não iluminação...
5% - Alimentação a partir da rede publica BT
8% - Alimentação a partir de posto de transformação MT/BT

Verificação da queda de tensão

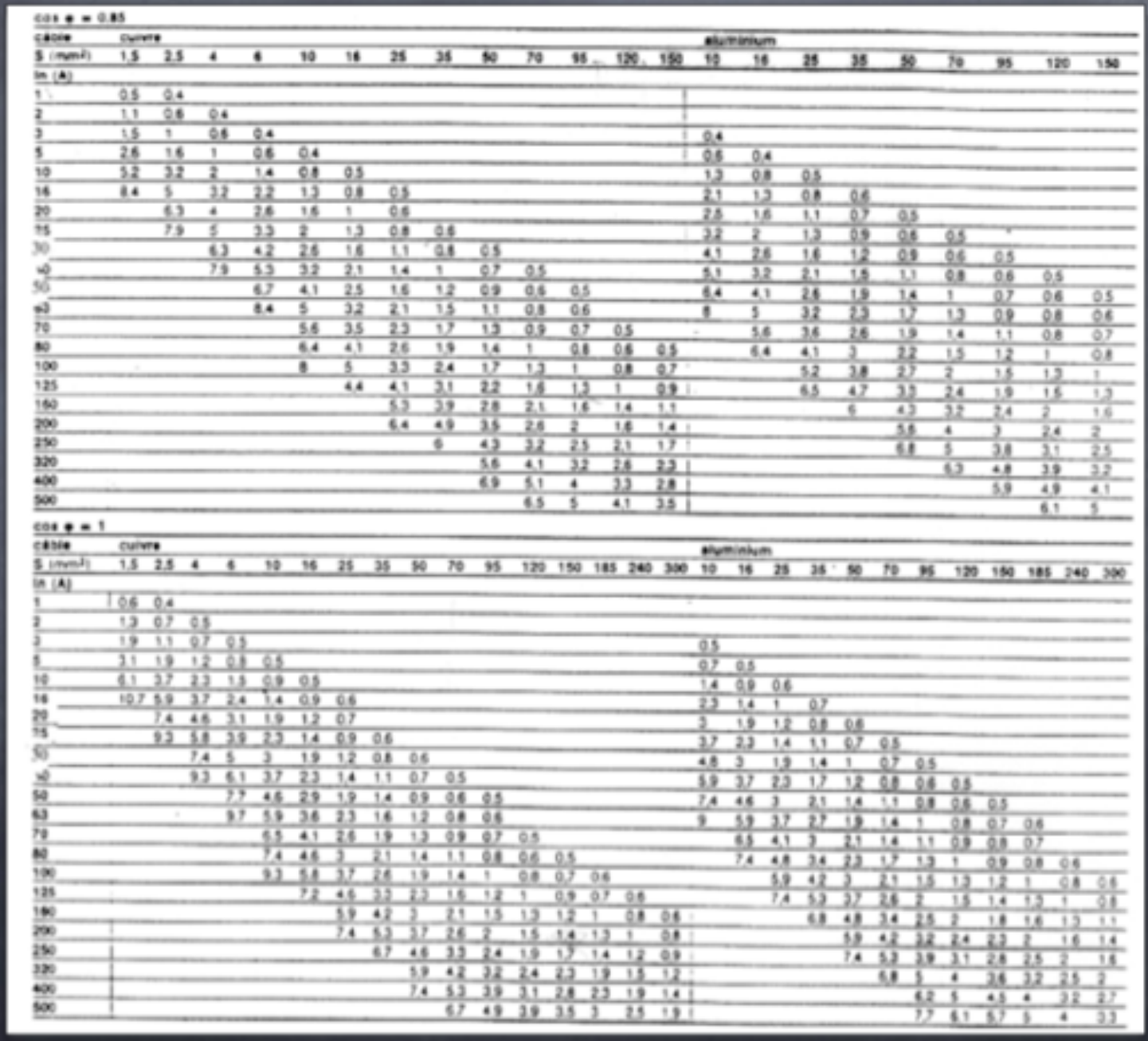
Tipo de circuito		Queda de tensão [V]	Queda de tensão [%]
Monofásico (fase-neutro)		$U = 2I_s l\sqrt{\left(\frac{\rho}{s}\cos\varphi\right)^2 + (X\sin\varphi)^2}$	$\Delta U = \frac{100U}{U_s}$
Trifásico equilibrado	Entre fases	$U = \sqrt{3}I_s l\sqrt{\left(\frac{\rho}{s}\cos\varphi\right)^2 + (X\sin\varphi)^2}$	$\Delta U = \frac{100U}{U_c}$
	Fase-neutro	$U = I_s l\sqrt{\left(\frac{\rho}{s}\cos\varphi\right)^2 + (X\sin\varphi)^2}$	$\Delta U = \frac{100U}{U_s}$

ρ = 0,0225 Ω mm2/m (1,25 * 0,0178 Ω Cobre – 20º)

ρ = 0,0360 Ω mm2/m (1,25 * Alumínio – 20º)

Para os valores de X (à falta de valores indicados pelo fabricante) podem considerar-se 0,08 mΩ/m (valor médio) para cabos multipolares e 0,12 mΩ/m para cabos unipolares.

Verificação da queda de tensão



cos φ = 0,85

câble	cuivre															aluminium								
S (mm²)	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	150			10	16	25	35	50	70	95	120	150
In (A)																								
1	0,5	0,4																						
2	1,1	0,6	0,4																					
3	1,5	1	0,6	0,4												0,4								
5	2,6	1,6	1	0,6	0,4											0,6	0,4							
10	5,2	3,2	2	1,4	0,8	0,5										1,3	0,8	0,5						
16	8,4	5	3,2	2,2	1,3	0,8	0,5									2,1	1,3	0,8	0,6					
20		6,3	4	2,6	1,6	1	0,6									2,5	1,6	1,1	0,7	0,5				
25		7,9	5	3,3	2	1,3	0,8	0,6								3,2	2	1,3	0,9	0,6	0,5			
30			6,3	4,2	2,6	1,6	1,1	0,8	0,5							4,1	2,6	1,6	1,2	0,9	0,6	0,5		
40			7,9	5,3	3,2	2,1	1,4	1	0,7	0,5						5,1	3,2	2,1	1,5	1,1	0,8	0,6	0,5	
50				6,7	4,1	2,5	1,6	1,2	0,9	0,6	0,5					6,4	4,1	2,6	1,9	1,4	1	0,7	0,6	0,5
63				8,4	5	3,2	2,1	1,5	1,1	0,8	0,6					8	5	3,2	2,3	1,7	1,3	0,9	0,8	0,6
70					5,6	3,5	2,3	1,7	1,3	0,9	0,7	0,5					5,6	3,6	2,6	1,9	1,4	1,1	0,8	0,7
80					6,4	4,1	2,6	1,9	1,4	1	0,8	0,6	0,5				6,4	4,1	3	2,2	1,5	1,2	1	0,8
100					8	5	3,3	2,4	1,7	1,3	1	0,8	0,7					5,2	3,8	2,7	2	1,5	1,3	1
125						4,4	4,1	3,1	2,2	1,6	1,3	1	0,9					6,5	4,7	3,3	2,4	1,9	1,5	1,3
150							5,3	3,9	2,8	2,1	1,6	1,4	1,1						6	4,3	3,2	2,4	2	1,6
200							6,4	4,9	3,5	2,6	2	1,6	1,4							5,6	4	3	2,4	2
250								6	4,3	3,2	2,5	2,1	1,7							6,8	5	3,8	3,1	2,5
320									5,6	4,1	3,2	2,6	2,3								6,3	4,8	3,9	3,2
400									6,9	5,1	4	3,3	2,8									5,9	4,9	4,1
500										6,5	5	4,1	3,5										6,1	5

cos φ = 1

câble	cuivre																aluminium											
S (mm²)	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240	300	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240	300
In (A)																												
1	0,6	0,4																										
2	1,3	0,7	0,5																									
3	1,9	1,1	0,7	0,5													0,5											
5	3,1	1,9	1,2	0,8	0,5												0,7	0,5										
10	6,1	3,7	2,3	1,5	0,9	0,5											1,4	0,9	0,6									
16	10,7	5,9	3,7	2,4	1,4	0,9	0,6										2,3	1,4	1	0,7								
20		7,4	4,6	3,1	1,9	1,2	0,7										3	1,9	1,2	0,8	0,6							
25		9,3	5,8	3,9	2,3	1,4	0,9	0,6									3,7	2,3	1,4	1,1	0,7	0,5						
30			7,4	5	3	1,9	1,2	0,8	0,6								4,8	3	1,9	1,4	1	0,7	0,5					
40			9,3	6,1	3,7	2,3	1,4	1,1	0,7	0,5							5,9	3,7	2,3	1,7	1,2	0,8	0,6	0,5				
50				7,7	4,6	2,9	1,9	1,4	0,9	0,6	0,5						7,4	4,6	3	2,1	1,4	1,1	0,8	0,6	0,5			
63				9,7	5,9	3,6	2,3	1,6	1,2	0,8	0,6						9	5,9	3,7	2,7	1,9	1,4	1	0,8	0,7	0,6		
70					6,5	4,1	2,6	1,9	1,3	0,9	0,7	0,5						6,5	4,1	3	2,1	1,4	1,1	0,9	0,8	0,7		
80					7,4	4,6	3	2,1	1,4	1,1	0,8	0,6	0,5					7,4	4,8	3,4	2,3	1,7	1,3	1	0,9	0,8	0,6		
100					9,3	5,8	3,7	2,6	1,9	1,4	1	0,8	0,7	0,6					5,9	4,2	3	2,1	1,5	1,3	1,2	1	0,8	0,6	
125						7,2	4,6	3,3	2,3	1,5	1,2	1	0,9	0,7	0,6				7,4	5,3	3,7	2,6	2	1,5	1,4	1,2	1	0,8	
150							5,9	4,2	3	2,1	1,5	1,3	1,2	1	0,8	0,6				6,8	4,8	3,4	2,5	2	1,8	1,6	1,3	1,1	
200							7,4	5,3	3,7	2,6	2	1,5	1,4	1,3	1	0,8					5,9	4,2	3,2	2,4	2,3	2	1,6	1,4
250								6,7	4,6	3,3	2,4	1,9	1,7	1,4	1,2	0,9					7,4	5,3	3,9	3,1	2,8	2,5	2	1,6
320									5,9	4,2	3,2	2,4	2,3	1,9	1,5	1,2						6,8	5	4	3,6	3,2	2,5	2
400									7,4	5,3	3,9	3,1	2,8	2,3	1,9	1,4							6,2	5	4,5	4	3,2	2,7
500										6,7	4,9	3,9	3,5	3	2,5	1,9							7,7	6,1	5,7	5	4	3,3

Verificação da queda de tensão

Quadro D2-6 CÁLCULO DE QUEDAS DE TENSÃO: QUEDAS DE TENSÃO LINEARES ALMAS DE COBRE (VALORES EM V / A / KM)

	Circuitos monofásicos			Circuitos trifásicos sem neutro distribuído (a)		
Secções (mm^2)	Iluminação	Potência Cos φ = 0,8	Potência Cos φ = 0,35 (b)	Iluminação	Potência Cos φ = 0,8	Potência Cos φ = 0,35 (b)
1,5	29	23	11	25	20	9,4
2,5	17	14	6,6	15	12	5,7
4	11	9,2	4,1	9,5	8	3,6
6	7,2	6,1	2,9	6,2	5,3	2,5
10	4,2	3,7	1,7	3,6	3,2	1,5
16	2,7	2,4	1,15	2,4	2,05	1
25	1,7	1,5	0,75	1,5	1,3	0,65
35	1,3	1,15	0,6	1,1	1	0,52
50	0,88	0,86	0,47	0,77	0,75	0,41
70	0,63	0,64	0,37	0,55	0,56	0,32
95	0,46	0,48	0,3	0,4	0,42	0,26
120	0,36	0,39	0,26	0,31	0,34	0,23
185	0,23	0,29	0,22	0,2	0,25	0,19
240	0,18	0,24	0,2	0,16	0,21	0,17

(a) Para circuitos trifásicos com neutro distribuído dividir os valores apresentados por $\sqrt{3} = 1,73$

(b) Situação típica de arranque de motores

Arranque de motores

553.2 — Limitação das perturbações devidas ao arranque dos motores. A corrente absorvida por um motor durante o seu arranque (ou por um conjunto de motores que possam arrancar simultaneamente) deve ser limitada a um valor que não seja prejudicial à conservação da instalação que o alimenta e não seja origem de perturbações inaceitáveis ao funcionamento dos outros equipamentos ligados à mesma fonte de energia. No caso de motores alimentados directamente por uma rede de distribuição, os seus arranques não originam, em regra, perturbações excessivas se a intensidade arranque não ultrapassar os valores indicados no quadro seguinte.

Arranque de motores

553.2 — Limitação das perturbações devidas ao arranque dos motores. A corrente absorvida por um motor durante o

Ligação do motor	Utilização dos locais	Intensidade máxima de arranque (A)	
		Rede aérea	Rede subterrânea
em monofásico	habitação	45	45
	outros usos	100	200
em trifásico	habitação	60	60
	outros usos	125	250

directamente por uma rede de distribuição, os seus arranques não originam, em regra, perturbações excessivas se a intensidade arranque não ultrapassar os valores indicados no quadro seguinte.

Arranque de motores

A corrente de serviço de um circuito de alimentação de um motor deve reflectir a situação temporária de arranque

Tipo de arranque	Corrente de arranque típica, em função de IN
Directo	6 x
Estrela-triângulo	3 x
Resistências rotóricas	2,2 x

$$I_B = I_N + \frac{I_{arr}}{3}$$

Se existir mais de um motor no circuito deverão ser considerados os coeficientes de simultaneidade respectivos (e não devem ser considerados os coeficientes de utilização)

Selectividade

539.1 — Selectividade entre dispositivos de protecção contra as sobreintensidades. Quando forem colocados dispositivos de protecção em série e quando a segurança ou as necessidades de exploração o justificarem, as suas características de funcionamento devem ser seleccionadas por forma a que seja colocada fora de serviço apenas a parte da instalação onde ocorrer o defeito.

Selectividade

Por selectividade entende-se a coordenação entre dispositivos de protecção dispostos em série, de tal forma que, em caso de defeito numa parte da instalação as restantes partes continuem em funcionamento normal.

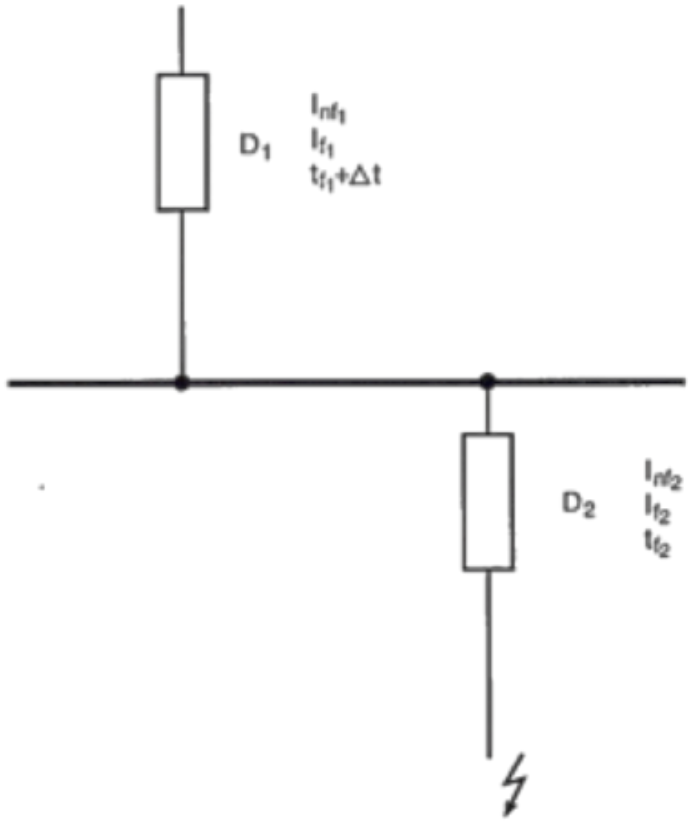
A selectividade entre aparelhos em cascata (selectividade vertical) pode ser considerada de duas formas:

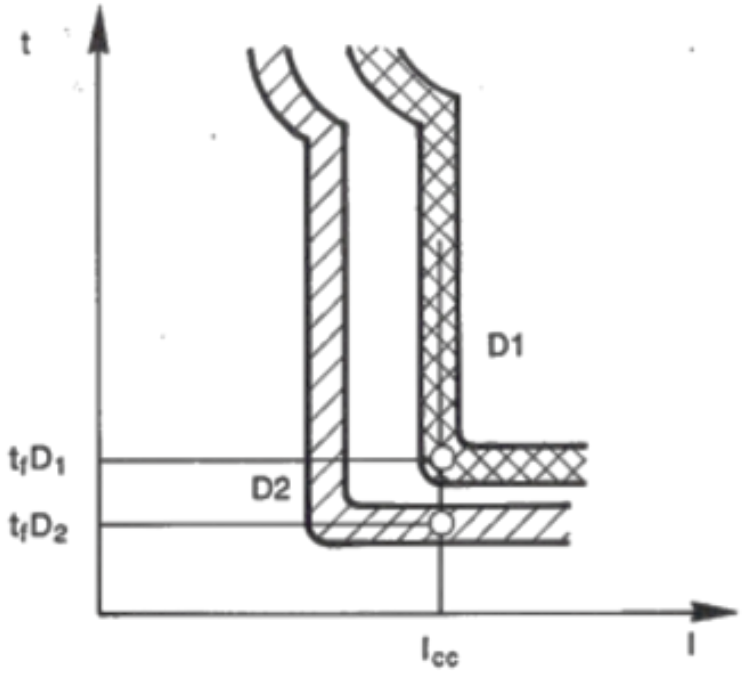
✓**Selectividade amperimétrica**: a corrente de não funcionamento do aparelho a montante deverá ser superior à corrente de funcionamento do aparelho a jusante:

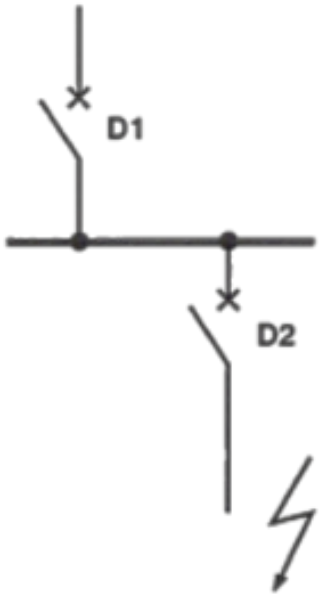
✓**Selectividade cronométrica**: o tempo total de funcionamento do aparelho a jusante deverá ser inferior à temporização do aparelho a montante.

Selectividade

No caso da protecção contra sobreintensidades a selectividade é assegurada quando a relação entre as correntes estipuladas de ambos os dispositivos é igual ou superior a 2,5.





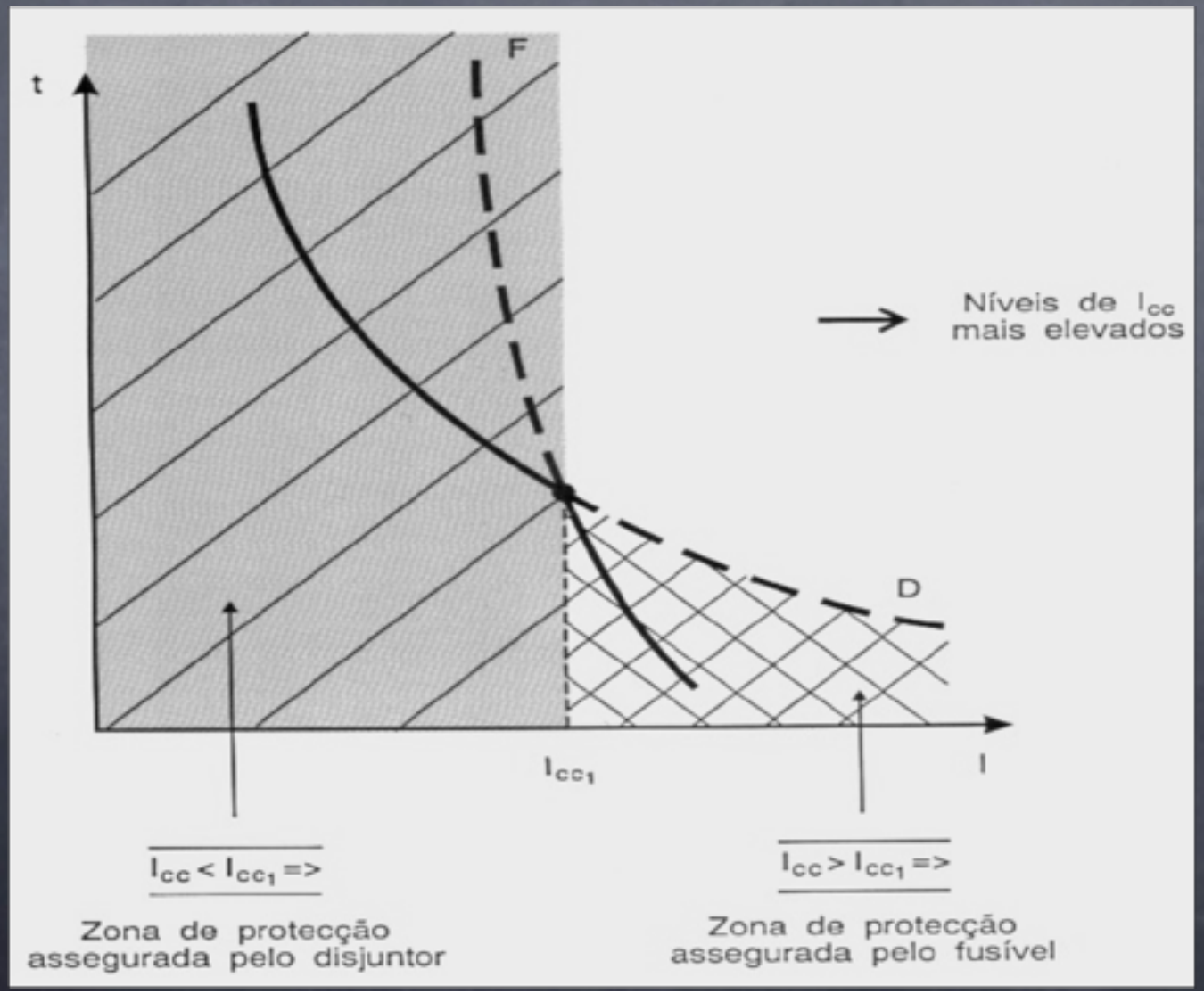


Para garantir a selectividade total dever-se-á analisar em particular as curvas de disparo de ambos os disjuntores.

Selectividade

Coordenação de protecções contra sobreintensidades

Disjuntor – fusível

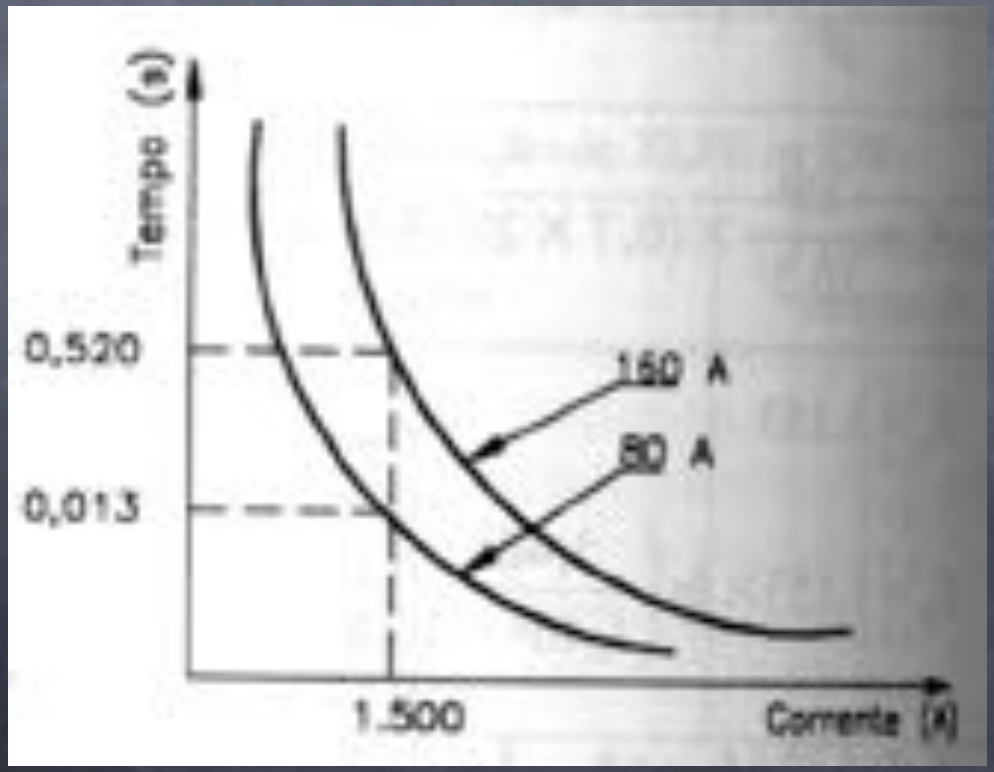


Selectividade

Coordenação de protecções contra sobreintensidades

Fusível – fusível

$$I_{f\text{montante}} = 1,6 \times I_{f\text{jusante}}$$

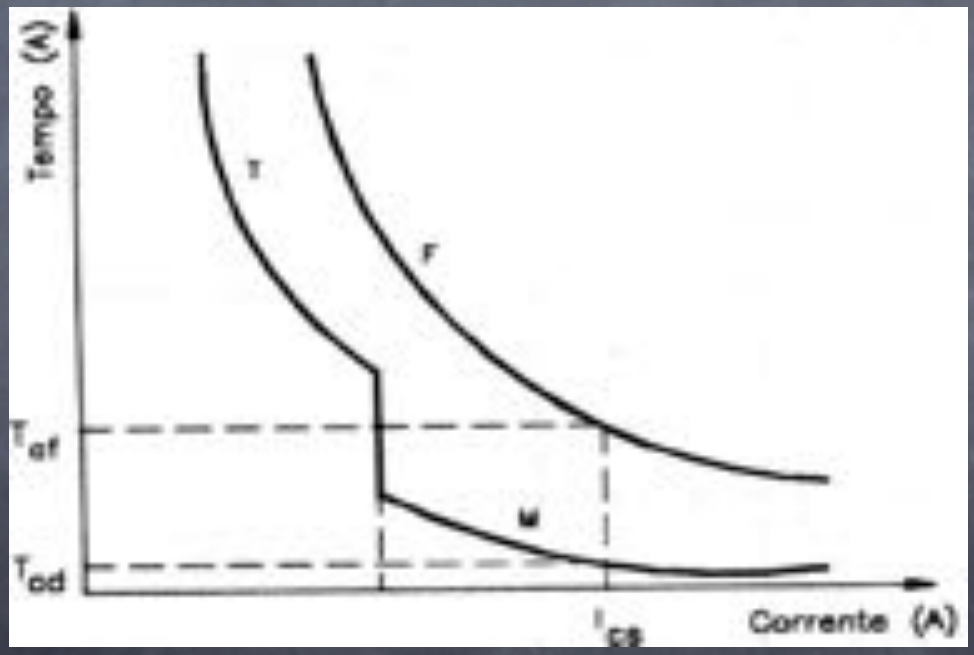


Selectividade

Coordenação de protecções contra sobreintensidades

Fusível em série com disjuntor magnetotérmico

Zona de sobrecargas



Zona de curto-circuito

$$T_{af} \geq T_{ad} + 50ms$$