

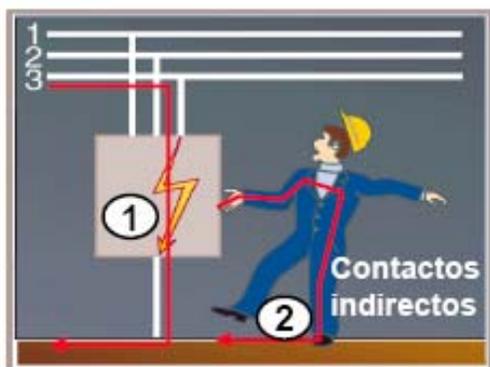
**Schneider**  
Electric

# Protecção de pessoas

## Sistemas de ligação à terra

# Os perigos da corrente eléctrica

- Definição dos riscos



O fluxo de corrente nas instalações eléctricas comporta sempre riscos.

Aparelhos mal isolados, defeitos de cablagem ou utilização incorrecta de um dispositivo podem provocar perigos importantes ao nível dos equipamentos (incêndio) e das pessoas (electrocussão).

**Electrização** : *aplicação de uma tensão entre 2 partes do corpo humano.*

**Electrocussão** : *electrização que provoca a morte.*

# Riscos numa instalação eléctrica

➡ Curto-circuitos

➡ Sobrecargas

➡ Correntes de fuga

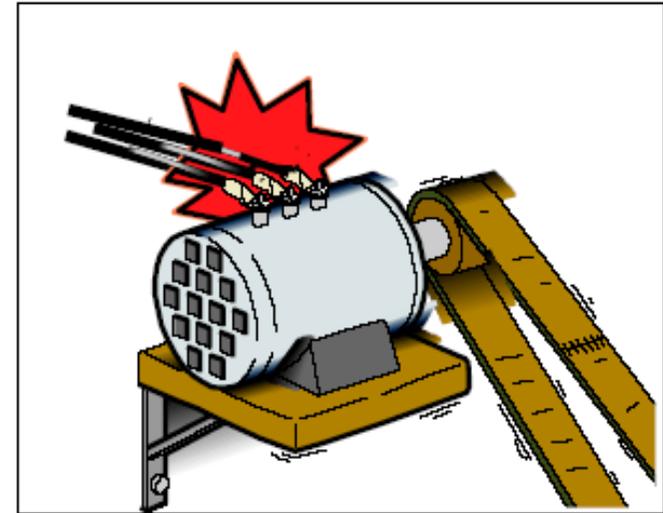
➤ *Deterioração do isolamento de um condutor*

➤ **Causas**

correntes de fuga à terra (fase/massa)

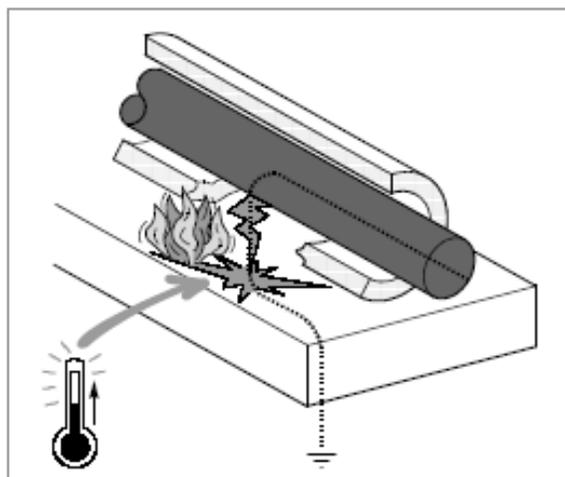
➤ **Consequências**

incêndios  
electrocução  
destruição dos receptores



# Corrente de fuga à terra

Na maioria das situações, resulta da deterioração do isolamento entre 2 condutores ou entre um condutor e a massa.



**Risco de incêndio**

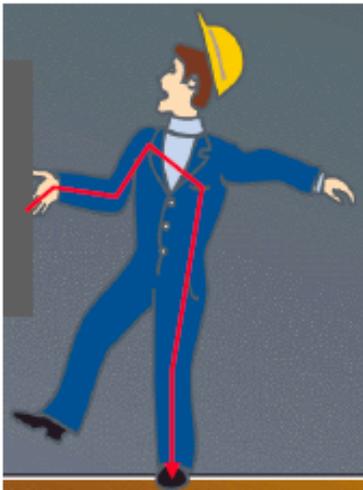
*Nota importante :  
30% dos incêndios  
domésticos são devidos a  
estes "fogos eléctricos".*

- A corrente toma um caminho não previsto o que provoca um sobreaquecimento podendo **originar incêndios**.
- As fugas à terra podem também ser provocadas por outros factores nomeadamente superfícies isolantes sujas.

**Estas correntes de fuga na superfície apresentam sérios riscos para as pessoas quando são postas em contacto com estas superfícies.**

# Efeitos da corrente ao passar pelo corpo humano

Norma CEI 60479-1 e CEI 479-2



Os **perigos** que as pessoas correm quando que são atravessadas pela **corrente eléctrica** dependem essencialmente da sua **intensidade** e do **tempo de passagem**.

Esta corrente depende da **tensão de contacto** que se aplica sobre esta pessoa, assim como da **impedância** encontrada pela corrente ao longo do seu caminho no corpo humano.

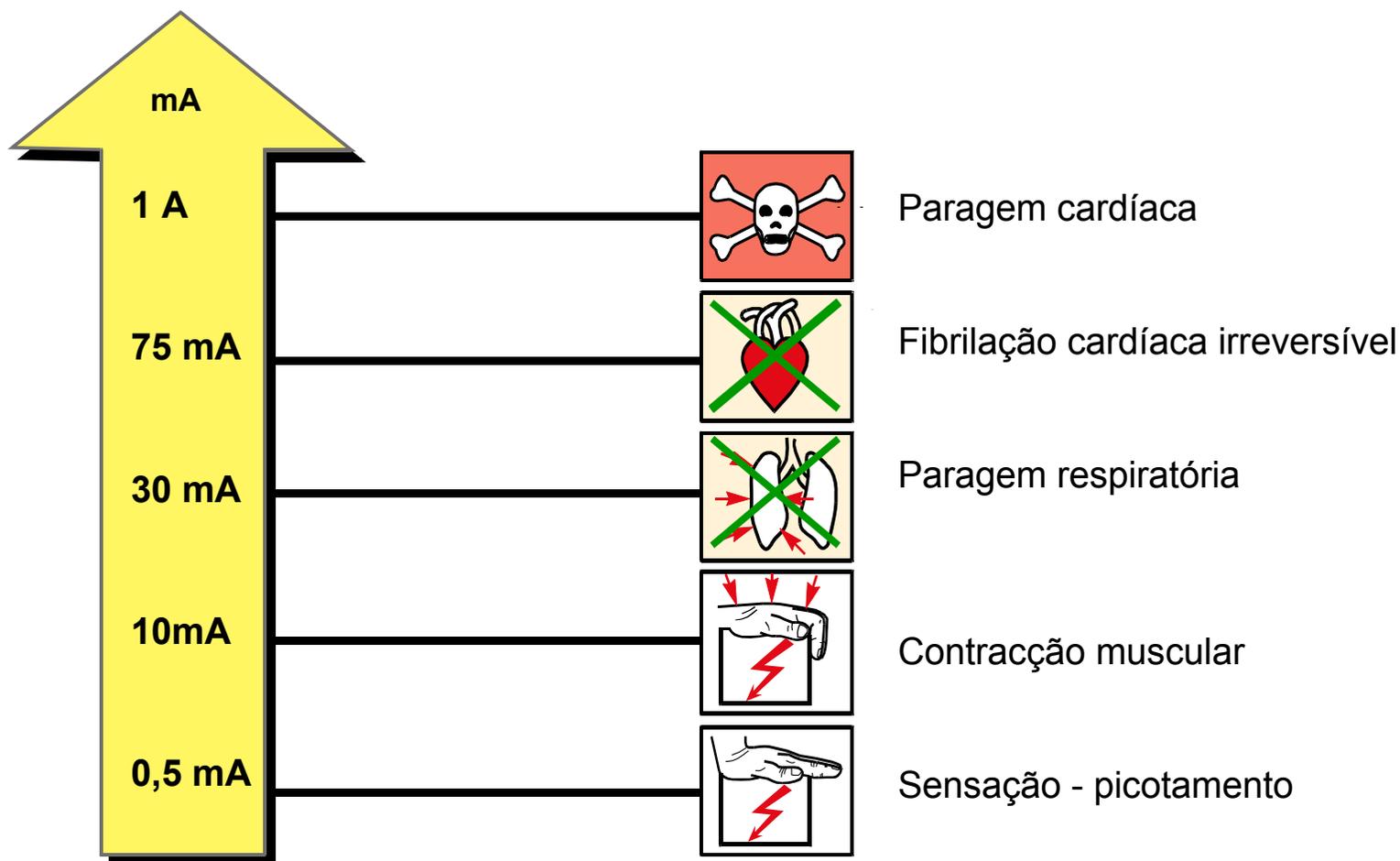
Esta relação não é linear, porque a impedância depende do trajeto, da frequência da corrente e da tensão de contacto aplicada assim como do estado de humidade da pele.

***Proteger o homem dos efeitos perigosos da corrente eléctrica é prioritária, o risco de electrização é sempre o primeiro a tomar em consideração.***

# Efeitos da corrente alternada entre os 15 e 100Hz

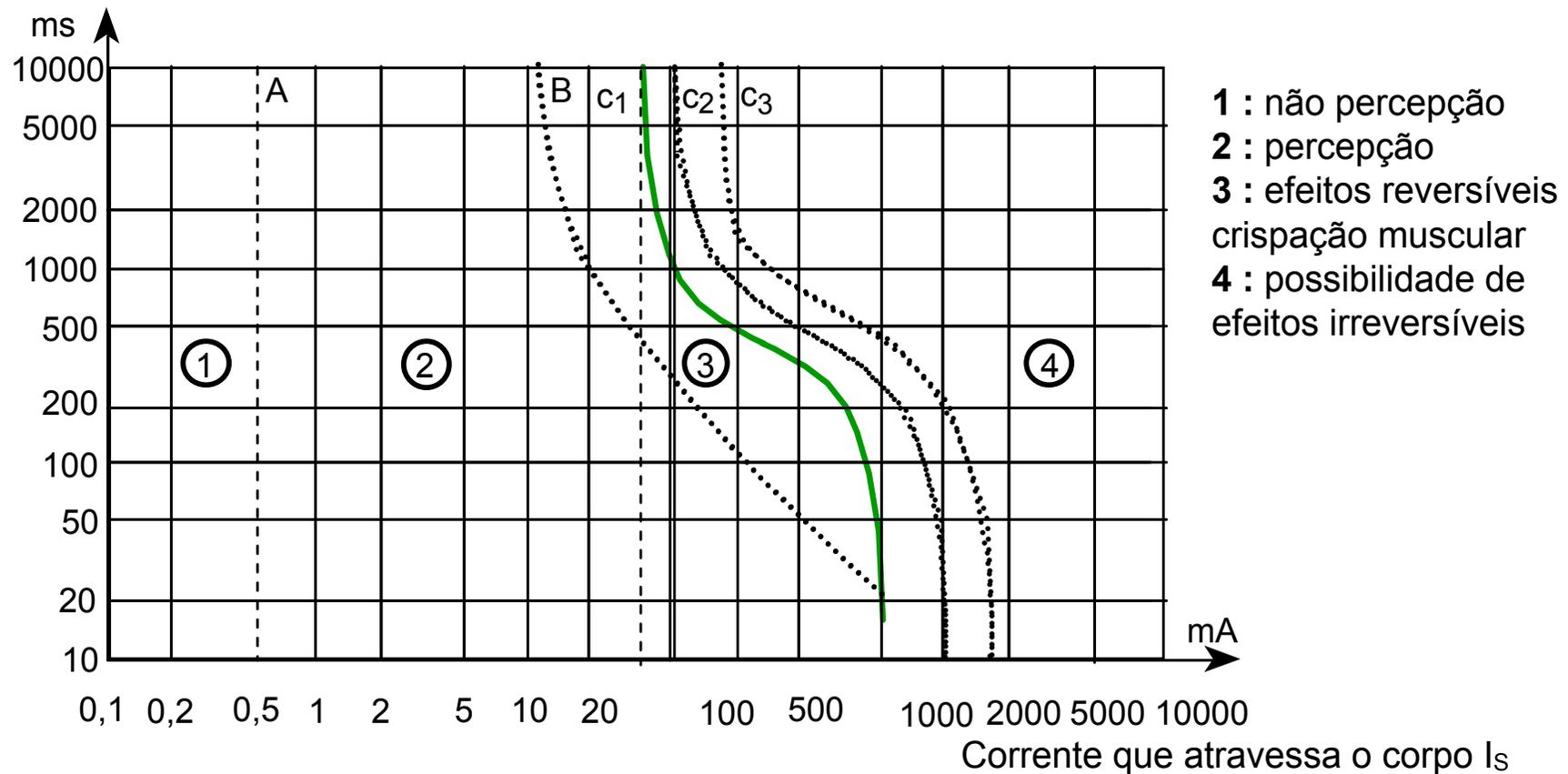
IEC 60479-1

Valores críticos em corrente



# Os choques eléctricos

## Duração da passagem da corrente



A **curva C1** da CEI 479.1. : Curva tempo (ms)/corrente (mA) de 15 a 100 Hz

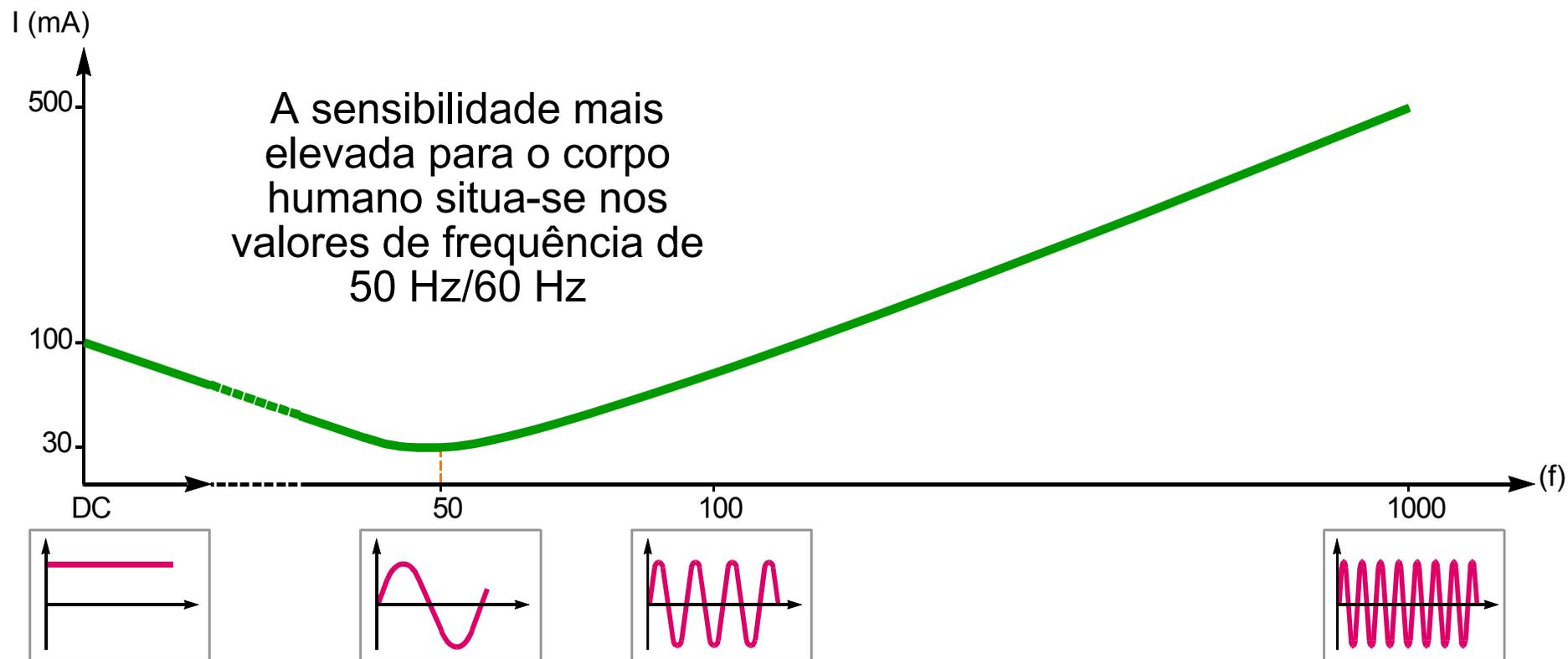
Define o limite de exposição tempo/corrente a um choque eléctrico **não deve ser ultrapassada !...**

# Efeitos da corrente alternada $>100\text{Hz}$

1. Quanto maior for a frequência menores são os riscos de fibrilação cardíaca.
2. Aumentam os riscos de queimadura.
3. Quanto maior o valor da frequência (entre 200 e 400 Hz), mais a impedância do corpo diminuí.

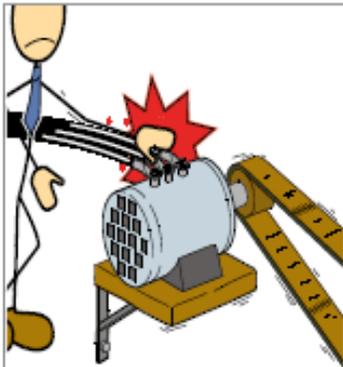
**Consideram-se geralmente idênticas as condições de protecção de pessoas para contactos indirectos em 400Hz e 50/60 Hz.**

# Sensibilidade do corpo humano à frequência



# Protecção contra os contactos directos e indirectos

## Definições .



**Contacto directo** : contacto das pessoas (ou de animais) com as partes activas do material eléctrico



**Contacto indirecto** : contacto das pessoas (ou de animais) com as massas colocadas acidentalmente sob tensão

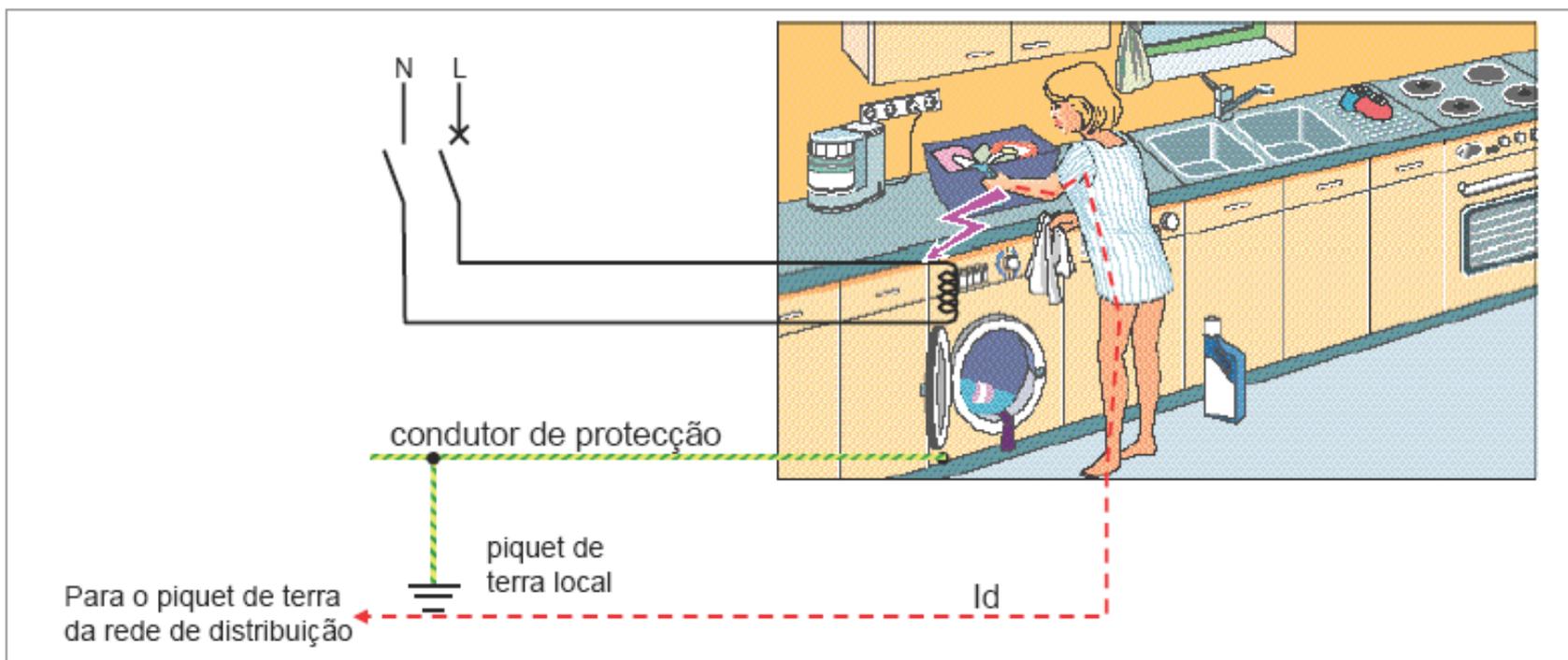


**Massa** : Parte conductora acessível que não é uma parte activa mas que pode ser colocada sob tensão em caso de defeito (isolamento).

# Contacto directo: contacto das pessoas (ou de animais) com as partes activas do material eléctrico

## Características

Qualquer que seja o regime de neutro, no caso de um contacto directo, a corrente que retorna à fonte é a que atravessa o corpo humano



# Meios de protecção contra os contactos directos

A primeira forma de protecção consiste em pervenir todo o risco de contacto directo com uma peça sob tensão:

**Esta protecção deverá ser realizada logo :**

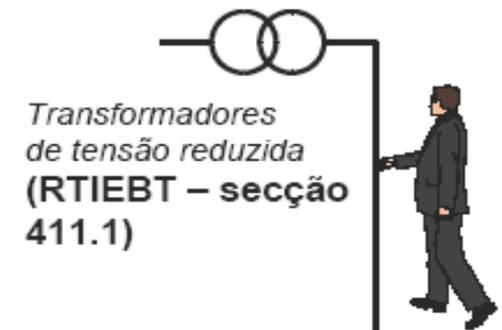
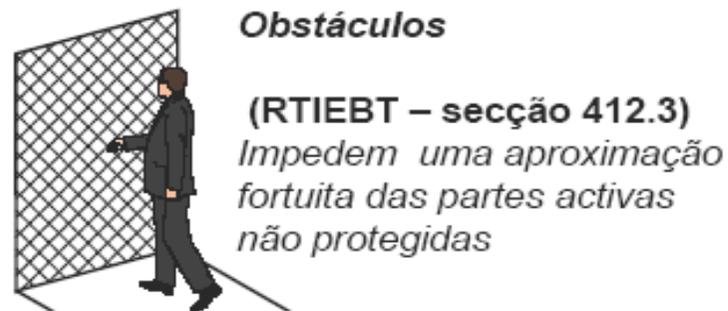
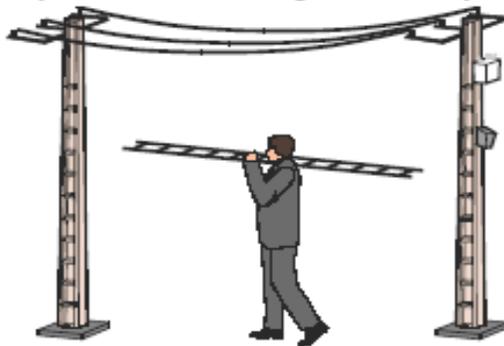
- ✓ na construção do material eléctrico
- ✓ na sua instalação

# Meios de protecção contra os contactos directos



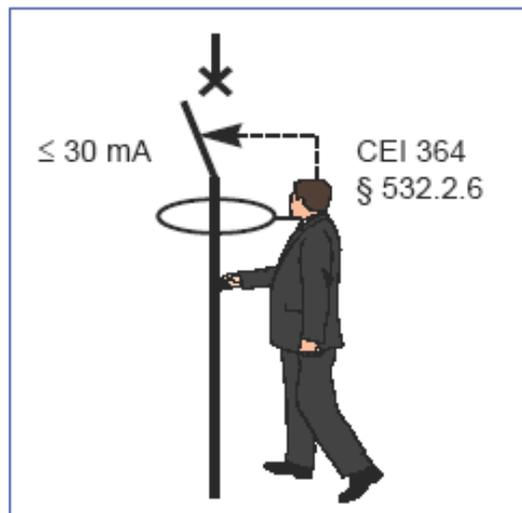
## **Afastamento**

**(RTIEBT – secção 412.4)**



# Medidas complementares

- RTIEBT – secção 412.5 / 481.3.1.2

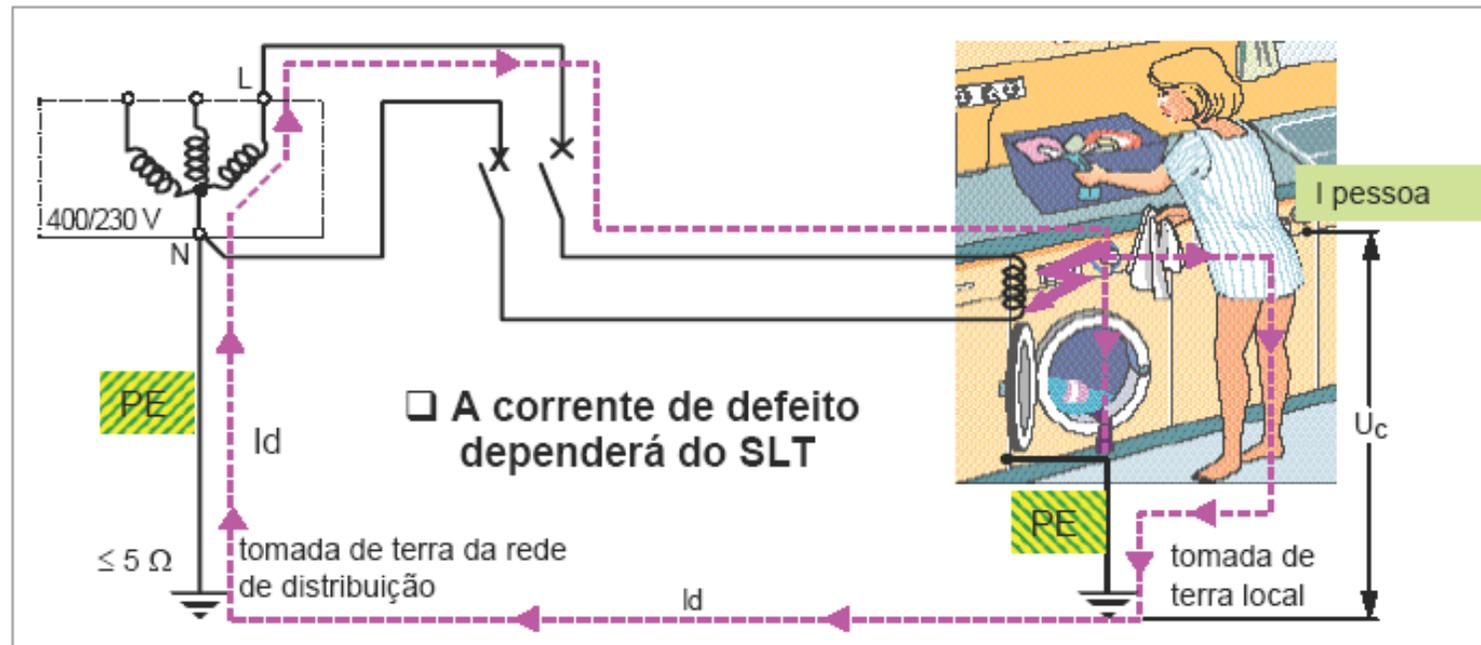


*O emprego de dispositivos diferenciais, de corrente residual estipulada não superior a 30mA, é reconhecido como medida de protecção complementar em caso de falha de outras medidas de protecção para contactos directos ou em caso de imprudência dos utilizadores*

# Contacto indirecto: contacto de pessoas (ou animais) com **massas colocadas acidentalmente sob tensão**

## Características

A corrente de defeito não circula integralmente através do corpo humano .



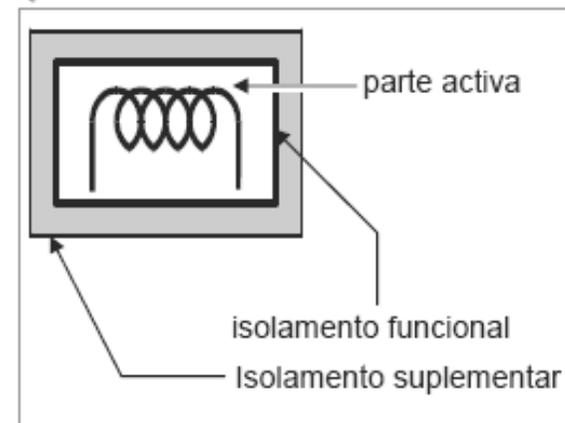
A protecção contra os contactos indirectos pressupõe a utilização de material eléctrico **seguro e com boa manutenção.**

# Meios de protecção contra os **contactos indirectos** sem corte automático de alimentação

se não for possível realizar o corte automático de alimentação,  
( RTIEBT secção 413.2 e seguintes )

- Emprego de material de classe II =

simbolo 



- Afastamento ou interposição de obstáculos isolantes
- Ligações equipotenciais locais não religadas à terra
- Protecção por separação eléctrica dos circuitos

ex. : transformador de separação 230V/230V. 

# Meios de protecção contra os **contactos indirectos** sem corte automático de alimentação

**Protecção por tensão reduzida ( secção 411.1 )**

transformador de separação secundária (  $U_n < 50 \text{ V}$  ),



Tipo TRS ( para circuitos não ligados à terra ) ou  
TRP ( para circuitos ligados à terra )

# RTIEBT – secção 413 – protecção contra os contactos indirectos

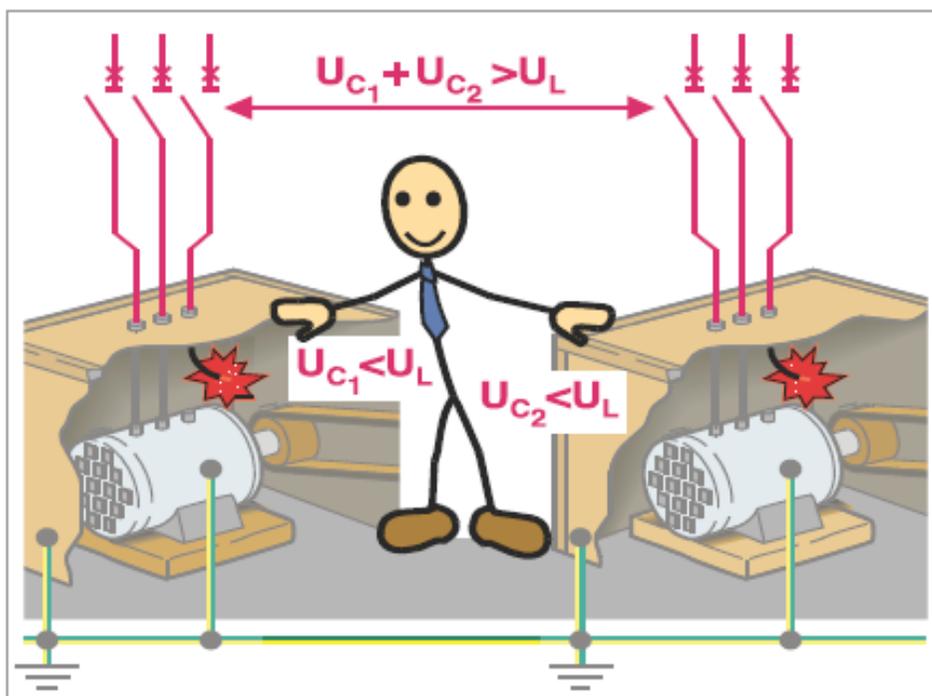
## Protecção por corte automático de alimentação ( 413.1)

Ligação à terra de todas as massas dos materiais eléctricos e de todos os elementos condutores acessíveis.

Duas massas simultâneamente acessíveis devem ser religadas a uma mesma tomada de terra.

Colocação fora de tensão automática da parte onde se produzir um defeito de isolamento, por um dispositivo de protecção (de acordo com o sistema de ligação à terra ).

Este dispositivo de protecção deve funcionar num tempo compatível com os quadros. **“Duração máxima da tensão de contacto”**.



### Princípio :

- Ligação à terra de todas as massas dos materiais eléctricos e de todos os elementos condutores acessíveis
- Duas massas simultâneamente acessíveis devem ser religadas a uma mesma tomada de terra

# Corte de alimentação

## 413.1.1.1/ 481.3.1.1

**Duração máxima de manutenção da tensão de contacto nas condições correspondentes a UL= 50 Vac ou UL=120Vdc**

**Quadro 41 GA**

tensão de contacto presumida (V)	tempo de corte Máximo do dispositivo de protecção (s)	
	corrente alterna	corrente contínua
< 50	5	5
50	5	5
75	0,60	5
90	0,45	5
120	0,34	5
150	0,27	1
220	0,17	0,4
280	0,12	0,3
350	0,08	0,2
500	0,04	0,1

**Duração máxima de manutenção da tensão de contacto nas condições correspondentes a UL= 25 Vac ou UL=60Vdc**

**Quadro 48 GE**

tensão de contacto presumida (V)	tempo de corte Máximo do dispositivo de protecção (s)	
	corrente alterna	corrente contínua
25	5	5
50	0,48	5
75	0,30	2
90	0,25	0,80
110	0,18	0,50
150	0,12	0,25
230	0,05	0,06
280	0,02	0,02

# Protecção contra os contactos indirectos com corte automático de alimentação

**Emprego de dispositivo diferencial alta sensibilidade ( $I\Delta n \leq 30 \text{ mA}$ )  
para os circuitos : Ver parte 7 das RTIEBT**

- de tomadas de corrente estipulada  $\geq 32\text{A}$  qualquer que seja o local,
- tomadas de corrente em locais molhados qualquer que seja a corrente estipulada,
- tomadas de corrente em instalações temporárias, de alimentação a:
  - caravanas, barcos de passeio, instalações florestais, salas de água e piscinas.

**Nota :** esta protecção pode ser individual por circuito ou por grupo de circuitos.

**Emprego de dispositivo diferencial de sensibilidade ( $I\Delta n \leq 500 \text{ mA}$ )  
Em locais classificados com risco de incêndio ( *secção 705.422* )**

# Protecção contra os choques eléctricos – RTIEBT . 481

## curvas da segurança

As medidas de protecção com corte automático de alimentação são baseadas no respeito das curvas de segurança.

### **Tensão limite convencional absoluta $U_L$**

*É a tensão máxima à qual pode ser, indefinidamente submetida, uma pessoa nas condições dadas*

*$U_L$  depende da resistência do corpo humano que é, notavelmente, função do estado de humidade da pele (código BB)*

- Por convenção, são definidos três estados para o corpo humano
- RTIEBT – secção 322.2- resistência eléctrica do corpo humano

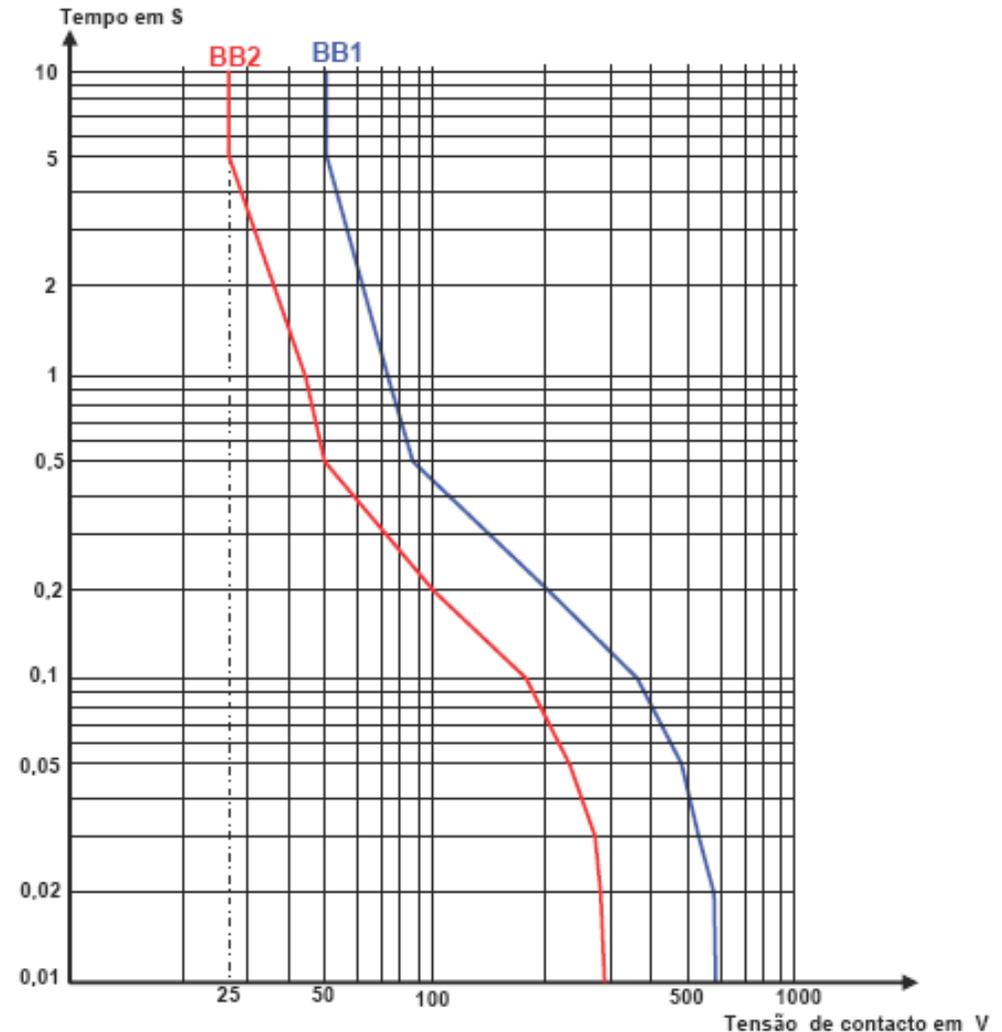
		Tensão limite Convencional absoluta UL em Volts		
Código	Estado do corpo humano	Corrente Alternada ( AC )	Corrente Contínua não Lisa ( DC )	Corrente Contínua lisa ( DCL )
BB1	Pele seca ou húmida por suor – Normal	RTIEBT -413.1 50	75	120
BB2	Pele molhada – baixa	RTIEBT -481.3 25	36	60
BB3	Pele imersa – muito baixa	12	18	30

# Tensão Limite convencional relativa

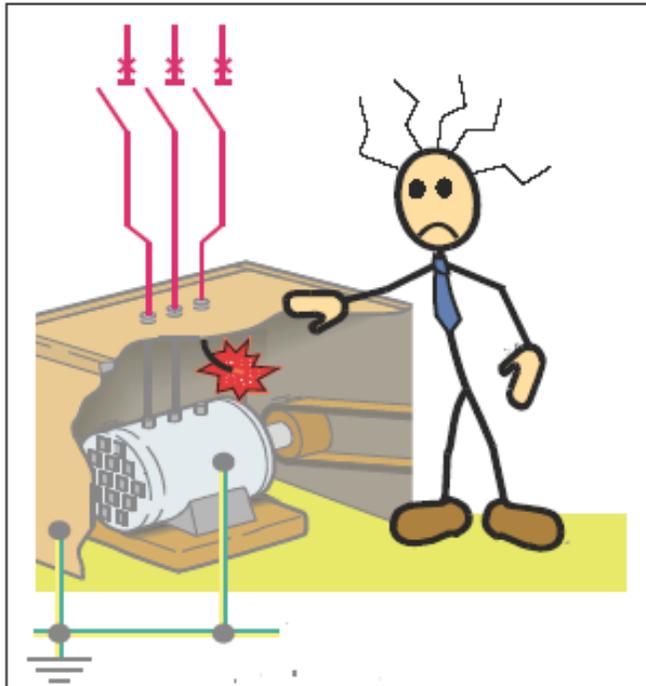
## $UL(t)$ = curvas de segurança

Indica o tempo máximo durante o qual uma pessoa pode ser submetida a uma dada tensão.

Tempo máximo (s)	$U_L(t)$ (V)	
	BB1 AC	BB2 AC
$\infty$	< 50	< 25
5	50	25
1	72	43
0,5	87	50
0,2	207	109
0,1	340	170
0,05	465	227
0,03	520	253
0,02	543	263
0,01	565	275



# Princípio da protecção



Se  $U_c$  (tensão de contacto)  $\leq$   $U_L$

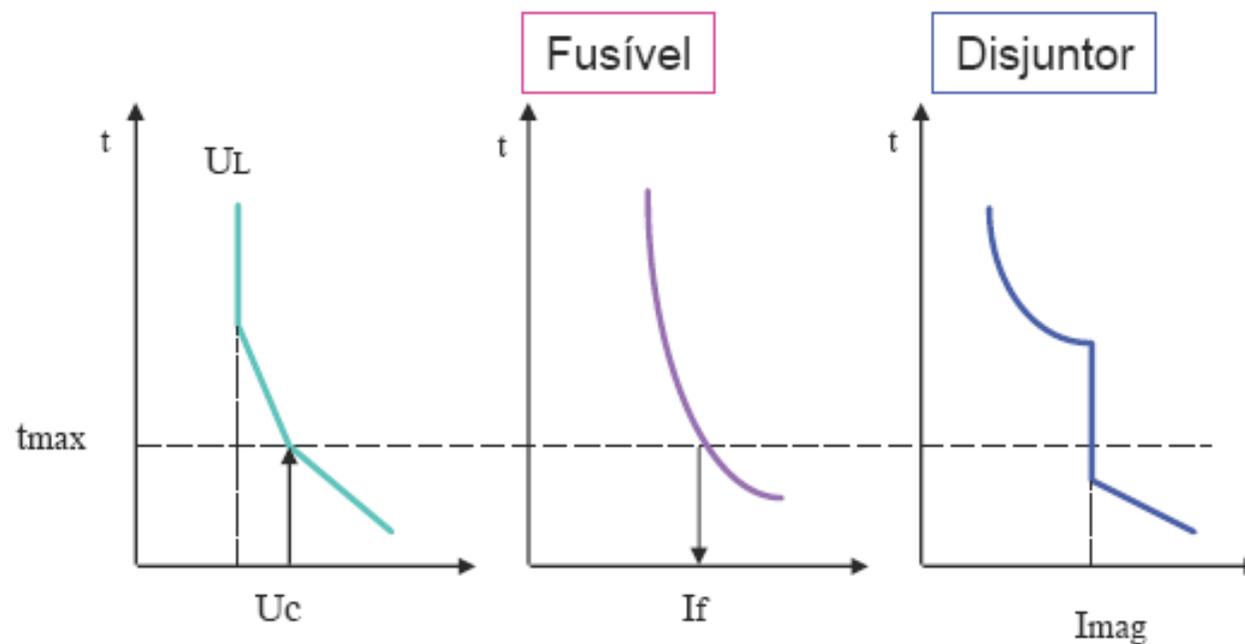


protecção de pessoas assegurada

Se  $U_c$  (tensão de contacto)  $>$   $U_L$



disparo obrigatório no tempo exigido pelas curvas de segurança



★ Tomar em consideração as tolerâncias dos equipamentos de protecção

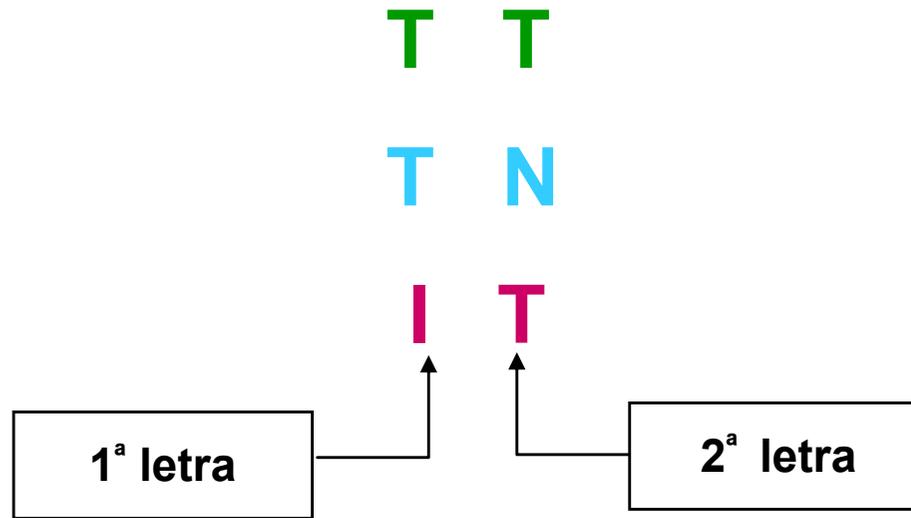
A colocação fora de tensão da instalação ou parte da instalação faz-se de diferente forma (equipamentos) de acordo com os **sistemas de ligação à terra**

# Os sistemas de ligação à terra

# Generalidades sobre os sistemas de ligação à terra

- SLT – Sistema de Ligação à Terra caracteriza:
  - O modo de ligação à terra de um dos pontos de alimentação (em geral o neutro )
  - A forma de colocação á terra das massas de utilização
    - ❑ A escolha destas ligações condiciona as medidas de protecção de pessoas contra os contactos indirectos.
    - ❑ Em critérios de segurança de pessoas, os três sistemas são equivalentes se todas as regras de instalação forem respeitadas.
    - ❑ São os imperativos de continuidade de serviço e de condições de exploração que determinam a ou as escolhas dos sistemas de ligação à terra (ou regimes de neutro).

# Sistema



## Situação da alimentação / terra :

T = ligação directa de um ponto com a terra  
I = isolado ou impedante

## Situação das massas da instalação / terra:

T = massas religadas directamente à terra  
N = massas religadas ao ponto de Neutro

## esquema

T N

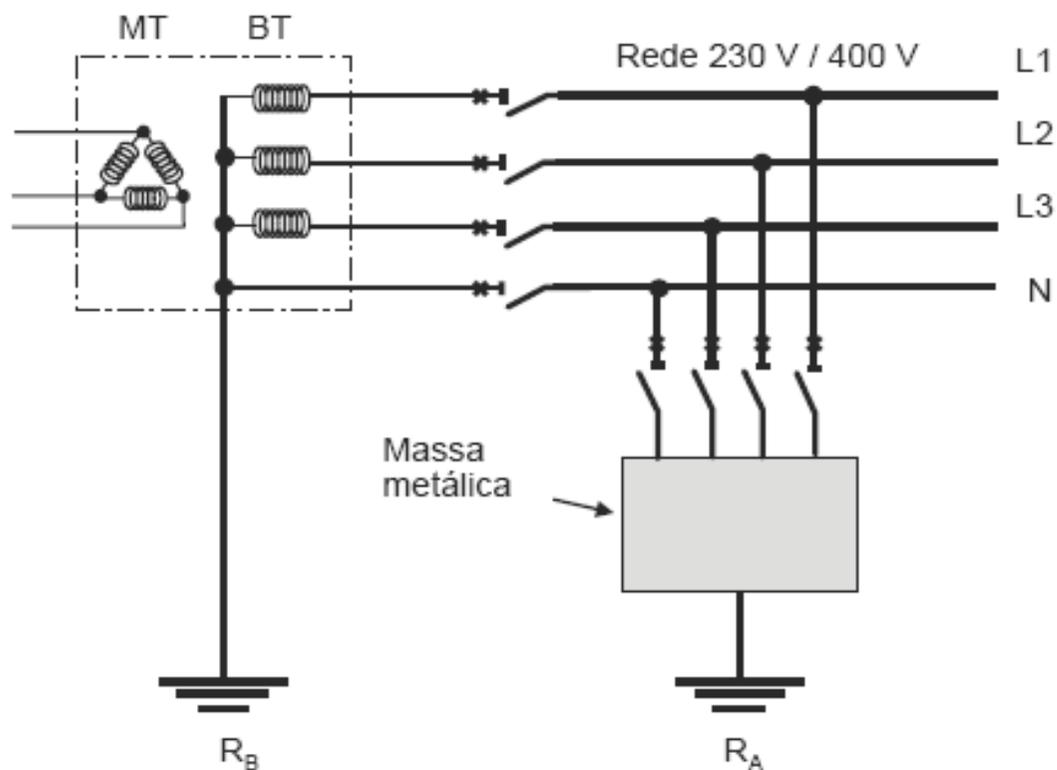
TN **S** = função de protecção PE distinto do N ou do conductor activo (fase) ligado à terra

TN **C** = função de protecção comum com o N (PEN)

# Sistema TT

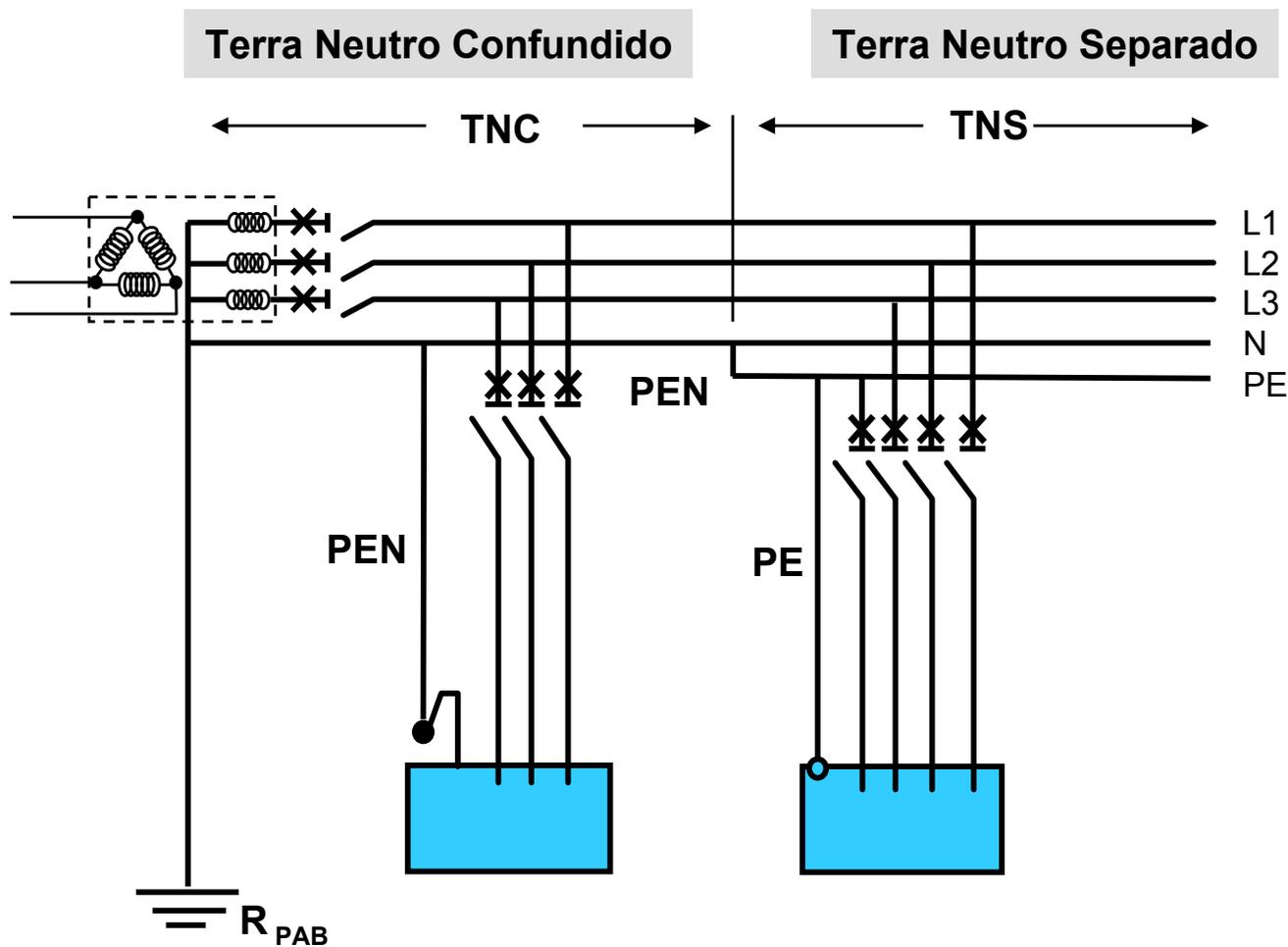
## RTIEBT – secção 312.2.2

- ❑ O ponto de neutro da alimentação ligado à terra de serviço, as massas da instalação estão ligadas a uma tomada de terra de protecção eléctrica distinta da tomada de terra de serviço.



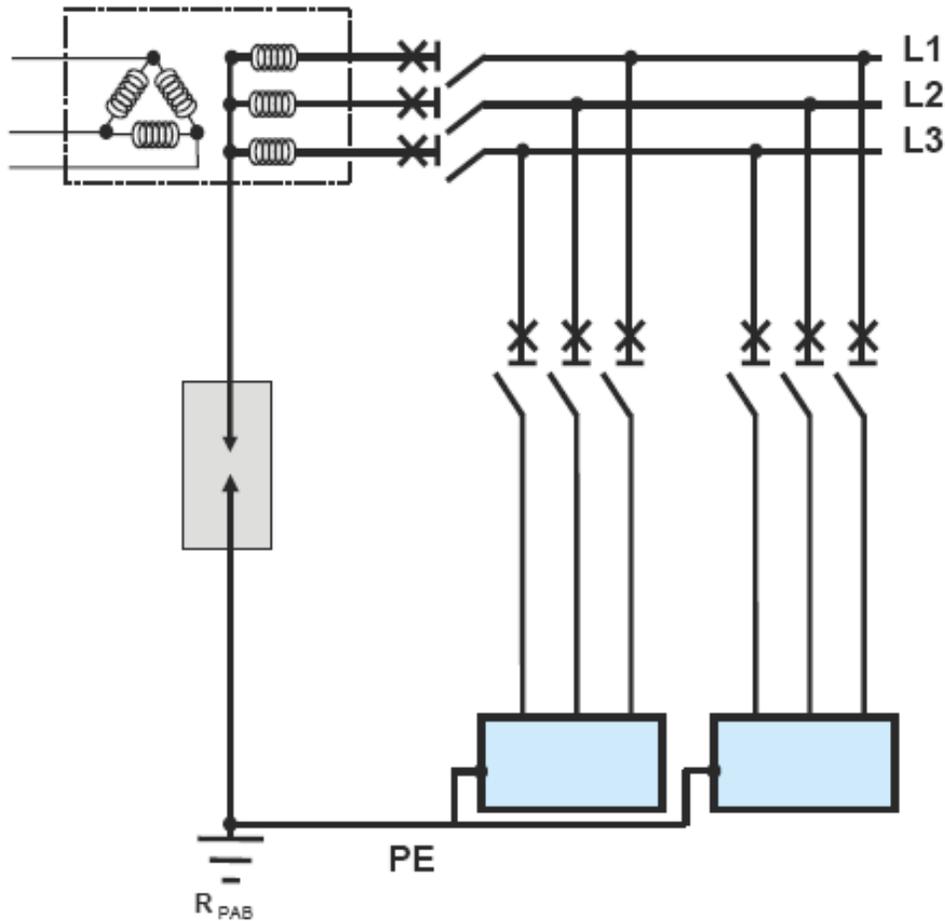
# Sistema TN

## RTIEBT – secção 312.2.1



# Sistema IT

## RTIEBT – secção 312.2.3

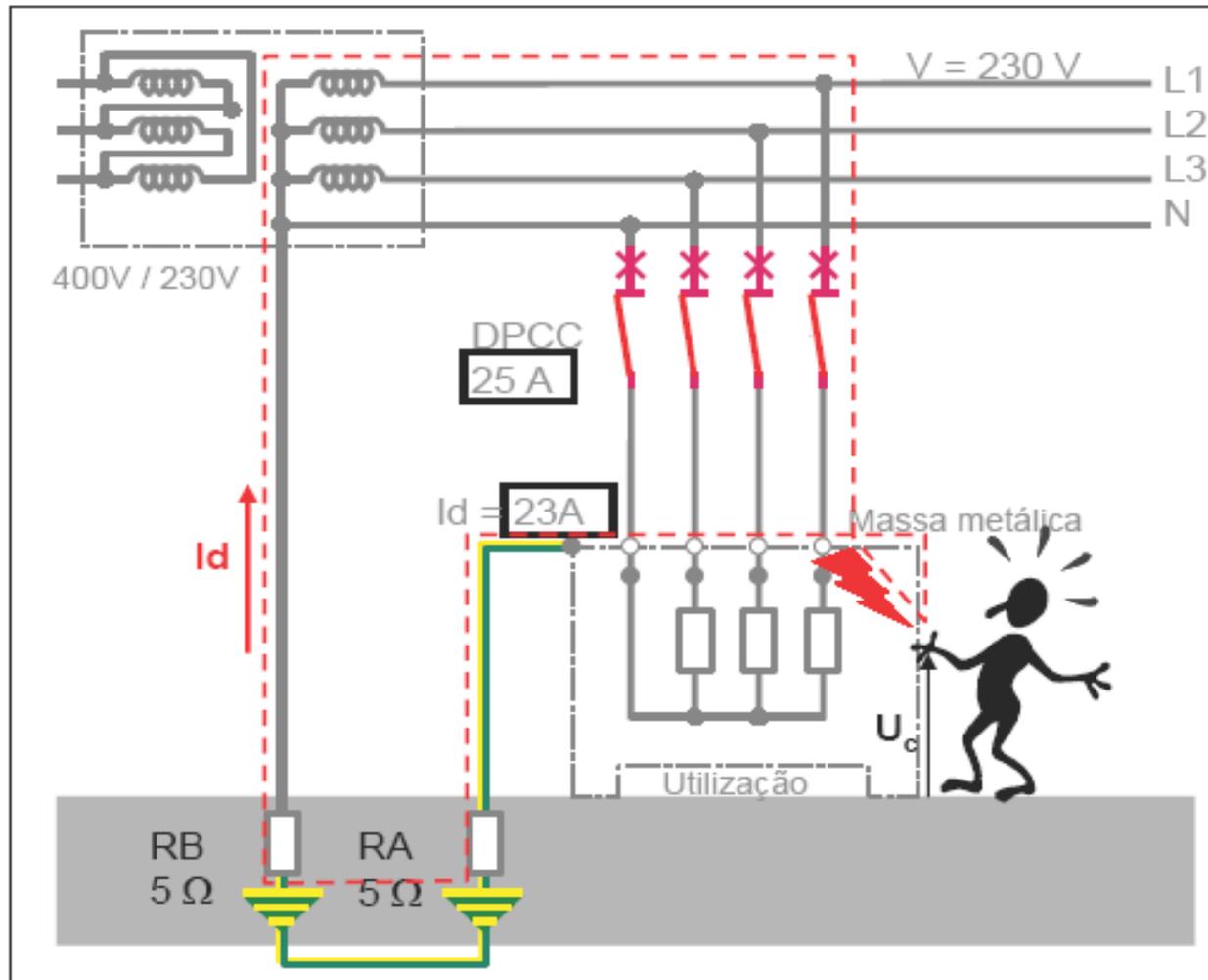


□ Todas as partes activas são isoladas da terra ( ou religadas por uma impedância ), as massas da instalação estão ligadas à terra.

# Comportamento dos diferentes Sistemas de ligação à terra na Protecção de Pessoas

# Contactos indirectos em sistema TT

RTIEBT – secção 413.1.4



$$I_d = \frac{V}{Z_{anel}}$$
$$= \frac{230}{5 + 5} = 23A$$

$$U_c = R_u \times I_d$$
$$= 5 \times 23 = 115V$$



perigo !

## 413.1.4.2 – no esquema TT

- Deve verificar-se a seguinte condição

$$R_A \times I_A \leq 50$$

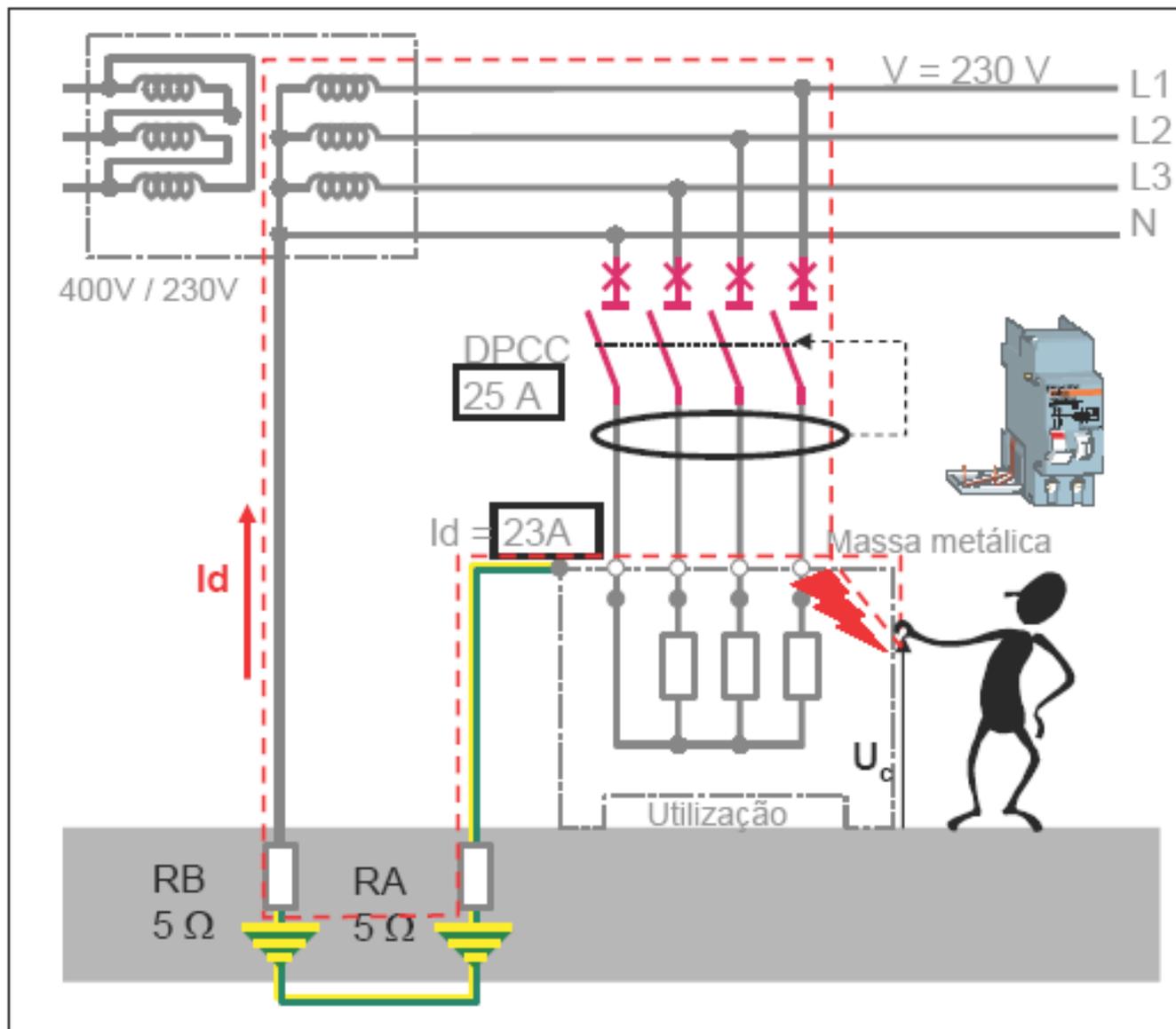
Em que  $R_A$  é a soma das resistências do eléctrodo de terra e dos condutores de protecção das massas em ohms.

$I_A$  é a corrente que garante o funcionamento automático do dispositivo de protecção em Ampère.

Quando este dispositivo for diferencial,  $I_A$  é a corrente diferencial residual estipulada  $I_{\Delta N}$ .

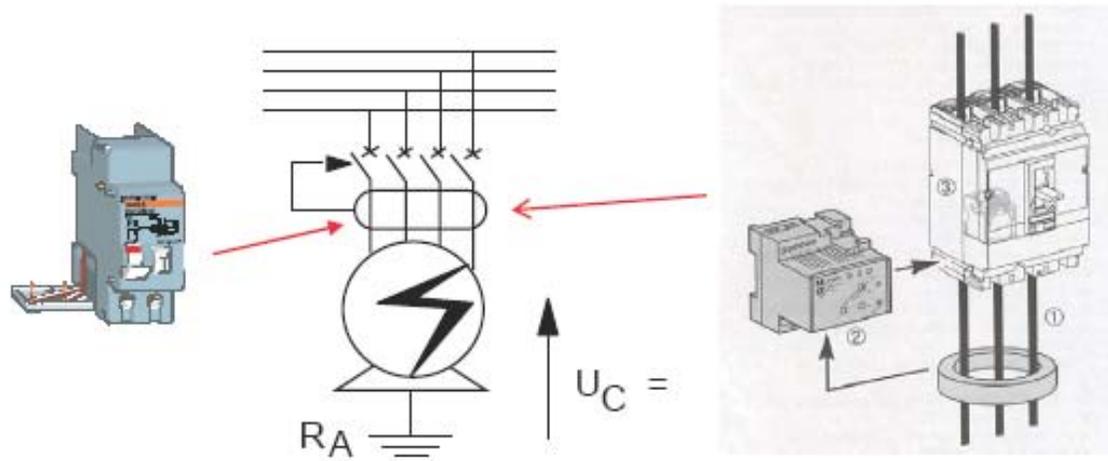
Esta regra é válida em condições gerais de humidade, em casos mais severos, veja-se secção 481.3.1 .

## Solução.



# Colocação em serviço do sistema TT

- Determinação do valor  $I_{\Delta N}$  do DDR



$U_L$  = tensão limite de segurança

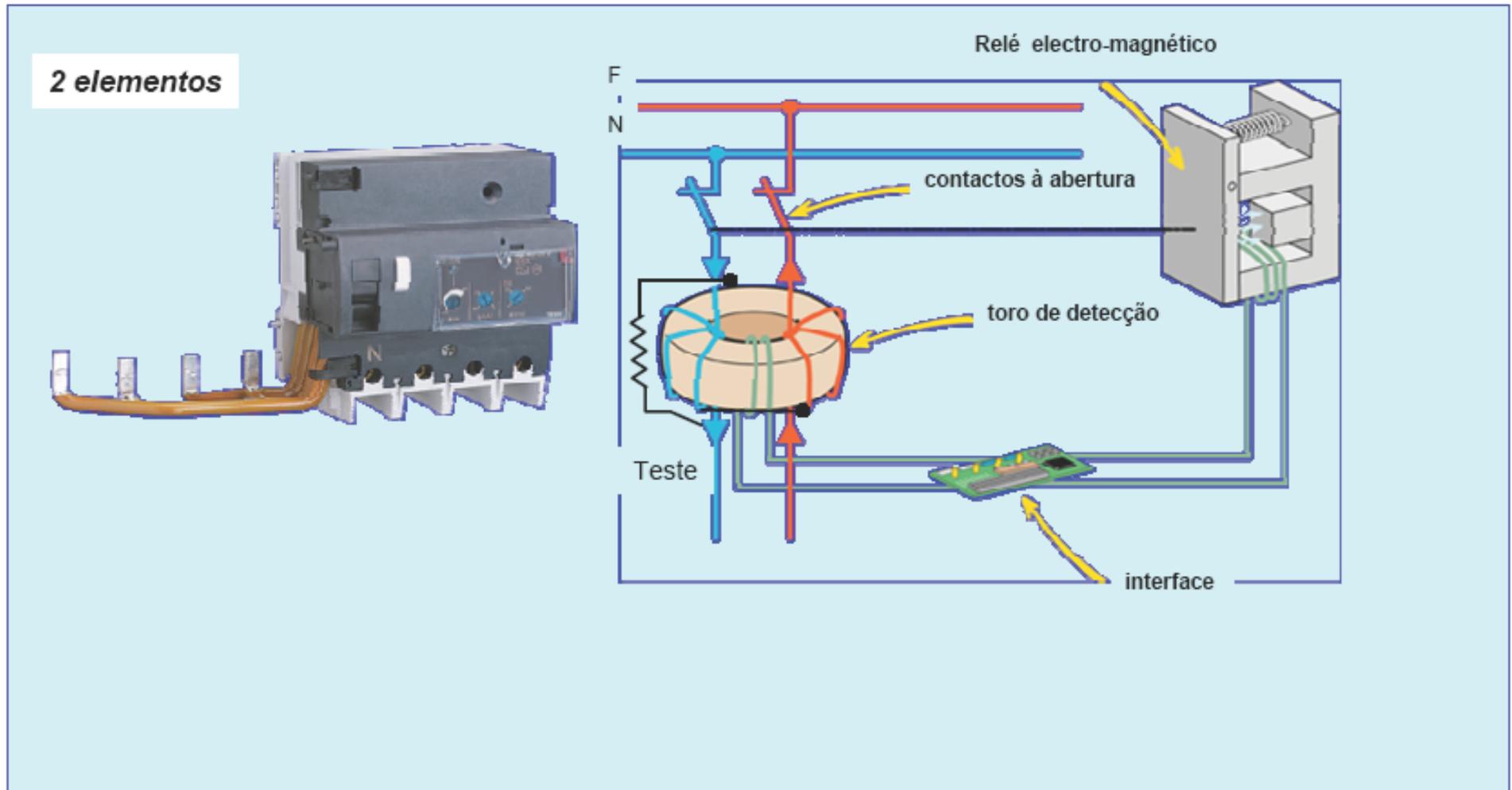
$$I_{\Delta n} \leq \frac{U_L}{R_A}$$

$$U_L = 50 \text{ Vac} \quad (413.1.1.1)$$

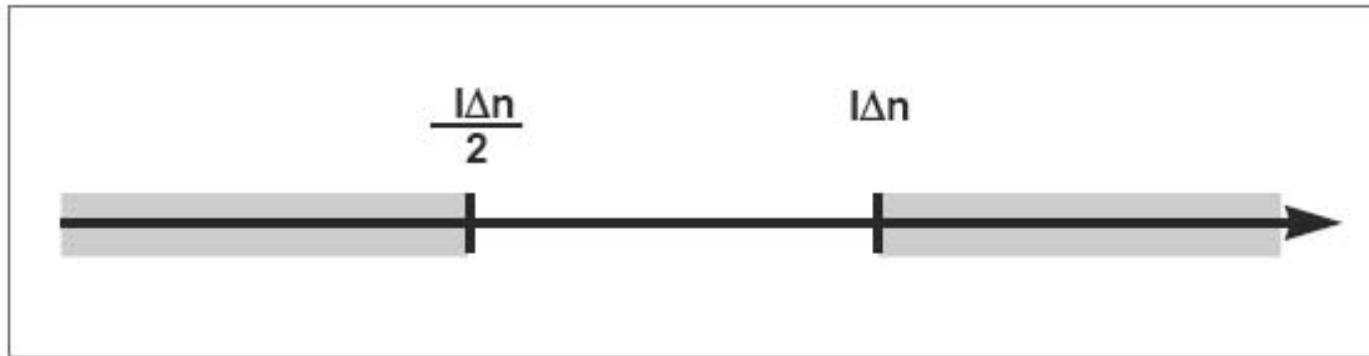
$$U_L = 25 \text{ Vac} \quad (481.3.1)$$

# Constituição do DDR

*Dispositivo de medida, associado a um captor, toro « cercado » pelos condutores activos.*



# Sensibilidade



- De acordo com a norma CEI 61008, CEI 61009 e CEI 60947-2 :  
os valores nominais das correntes diferenciais de funcionamento
- 0,006 A ; - 0,01 A ; - 0,03 A ; - 0,1 A ; - 0,3 A ; - 0,5 A ; - 1 A ; - 3 A ; - 10 A ; - 30 A.

## ❑ Comportamento de um DDR em presença da componente contínua

De acordo com CEI 60755 : regras gerais relativas aos dispositivos de protecção à corrente diferencial residual.

- **Definição classe AC** : O disparo é assegurado pelas correntes diferenciais alternadas sinusoidais, que lhe são bruscamente aplicadas ou que eles aumentem lentamente
- **Definição classe A** : O disparo é assegurado para as correntes alternadas sinusoidais, e também para as correntes diferenciais contínuas pulsatórias que lhe sejam bruscamente aplicadas ou que eles aumentem lentamente
- **Definição classe B** : diferencial para o qual o disparo é assegurado para as correntes alternadas sinusoidais e também para as correntes diferenciais contínuas pulsatórias que lhe sejam bruscamente aplicadas ou que eles aumentem lentamente

### Classe AC



### Classe A



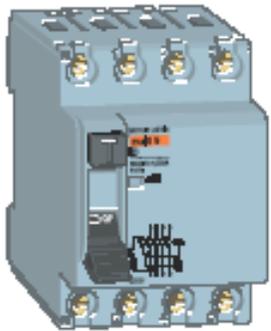
### Classe B



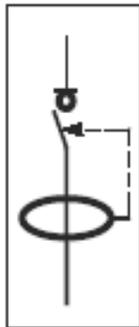
## □ Gama de produtos

3 grupos :

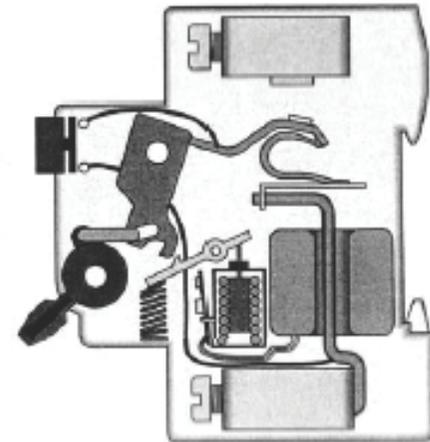
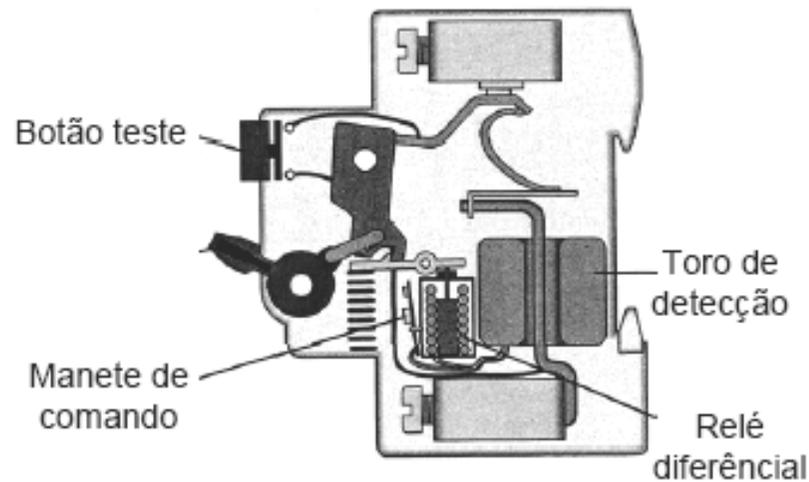
**1 - Interruptor diferencial (ID).**



**ID**



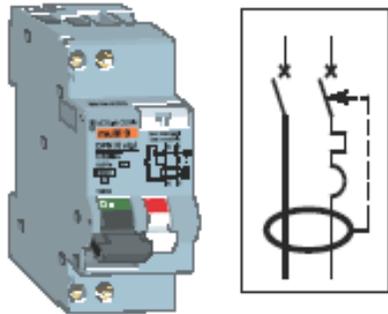
Únicamente para detecção de correntes de fuga ⇒ obrigação de coordenar com um disjuntor.



**Acessórios !**

O mecanismo de disparo é o interruptor !...

## 2 - Disjuntor-diferencial (DPN Vigi).

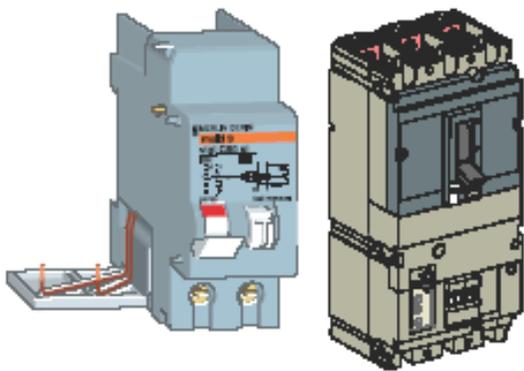


= disjuntor + diferencial = 1! produto

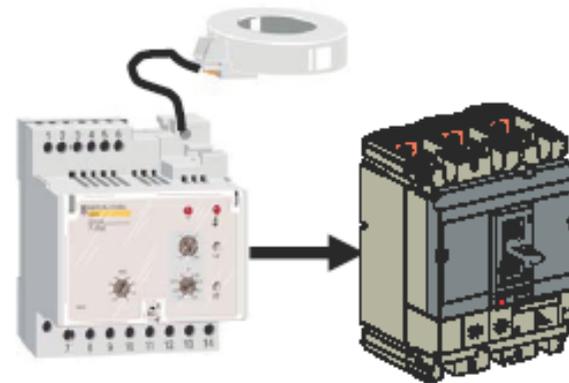
Protecção magnéto-térmica da fase, neutro não protegido

**DPN Vigi**

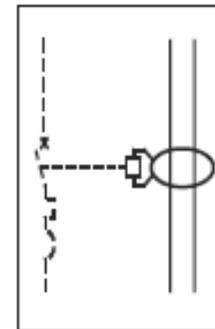
## 3 - Blocos independentes (Vigi, relé). = bloco adicional para o disjuntor



**Bloc Vigi**



**Relé diferencial + toro**



**Bloc Vigi "si"**

Sem mecanismo interno  $\Rightarrow$  ordem mecânica transmitida ao disjuntor.

# Coordenação entre diferentes dispositivos de protecção

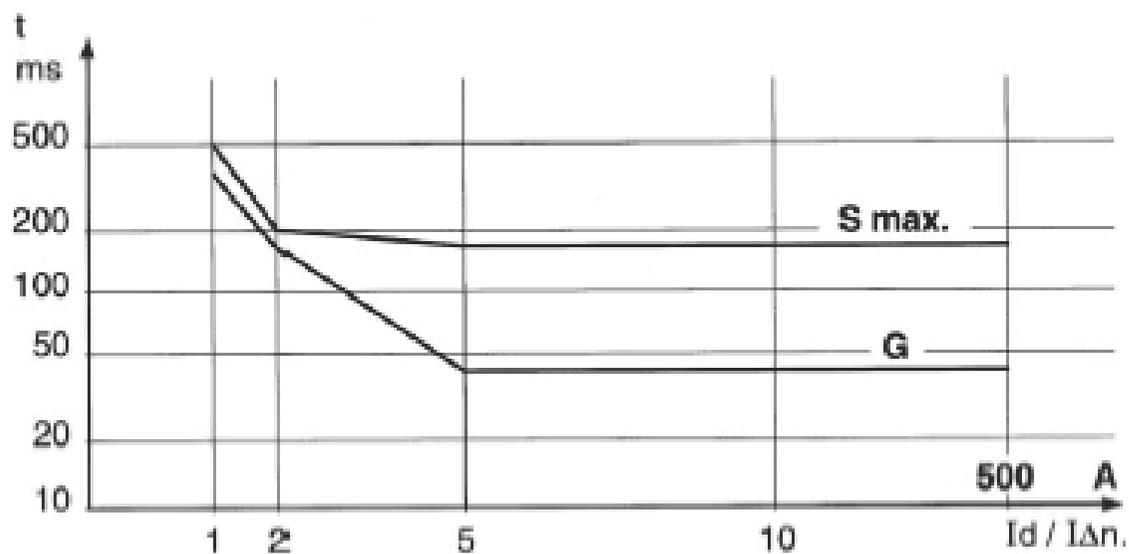
## – Dispositivos diferenciais – secção 539-3

Valores normalizados do tempo de funcionamento máximo e do tempo de não funcionamento de acordo com a CEI 61008 e CEI 61009 :

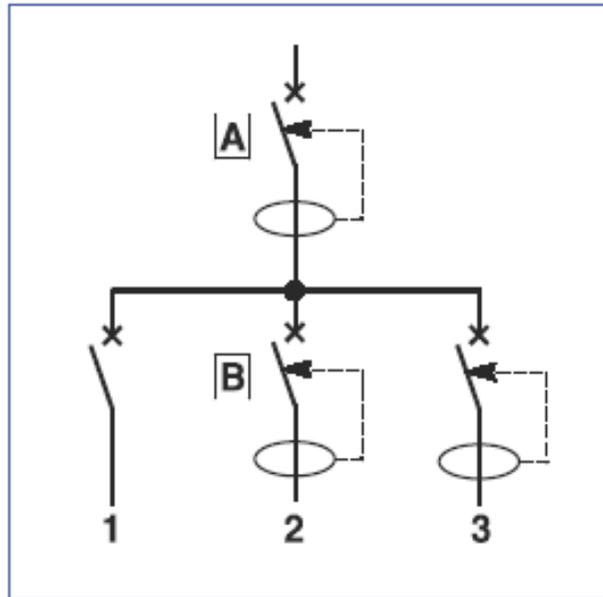
Tipo	In A	IΔn A	Valores normalizados do tempo (s) de funcionamento e de não funcionamento (em segundos) a :				
			IΔn	2IΔn	5IΔn	500 A	
Geral	Não importa qual o valor	Não importa qual o valor	0,3	0,15	0,04	0,04	Tempo de funcionamento máximo
Selectivo	≥ 25	> 0,030	0,5	0,2	0,15	0,15	Tempo de funcionamento máximo
			0,13	0,06	0,05	0,04	Tempo de não funcionamento mínimo

# Curvas de disparo

Curvas de tempo de funcionamento máximo para disjuntor ou ID « s » e para uso geral instantâneo.



# Colocação em serviço da selectividade



**Selectividade horizontal**  
**Selectividade vertical**

Legenda :

td : tempo de disparo

tf : tempo de funcionamento do mecanismo de disparo

## ■ **Selectividade**

De acordo com a natureza dos defeitos a eliminar, isto é, o tipo de correntes de fuga necessita que duas condições estejam reunidas:

□ ***selectividade amperimétrica.***

□ ***selectividade cronométrica.***

$$\begin{aligned} I_{\Delta n} (A) &> 2 \times I_{\Delta n} (B) \\ t_d (A) &> t_d (B) + t_f (B) \end{aligned}$$

# Perturbações de funcionamento dos DDR

*2 riscos :*

 **disparo**

 **« cegueira » (não disparo)**

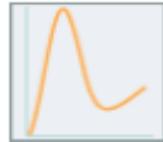
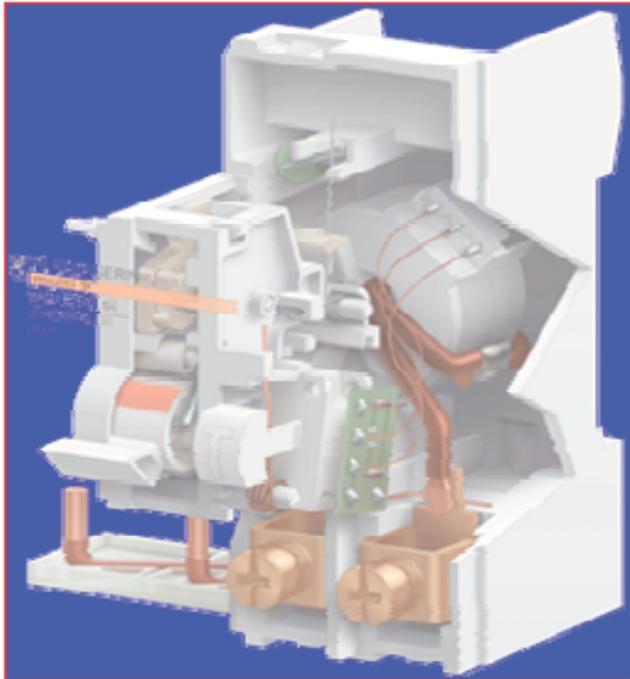
Causas de disparo.

1. **Sobretensões atmosféricas**
2. **Sobretensões de manobra**
3. ***Colocação em tensão de circuitos com forte efeito capacitivo em relação à terra***

Causas de cegueira.

1. **Temperatura muito baixa (- 25°C) criam uma não sensibilização**
2. ***Correntes de fuga de AF***

# Solução: a gama Si



**Reduzir os problemas de disparos intempestivos devidos a:**

correntes de fuga de AF

correntes transitórias de origem atmosférica (raio )

correntes transitórias causadas pelas sobretensões de manobra da aparelhagem eléctrica

correntes de fuga permanentes a 50 Hz (filtros antiparasitas )

**Reduzir os problemas de “cegueira” dos diferenciais devida a:**

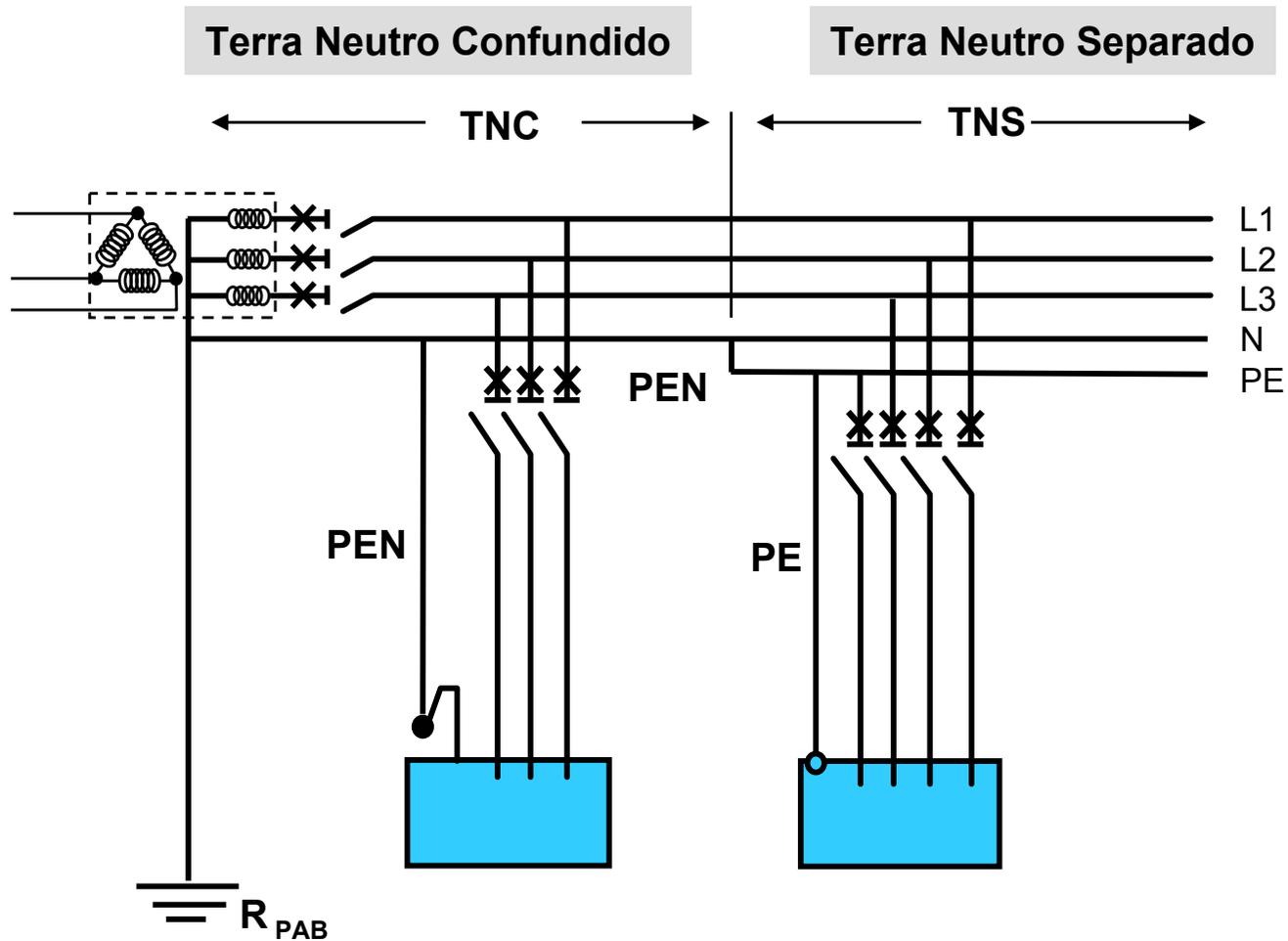
correntes de fuga de AF

correntes de fuga à componente contínua

baixas temperaturas

# Contactos indirectos em sistema TN-C-S

## RTIEBT – secção 413.1.4



# Contactos indirectos em sistema TN-C-S

## regras gerais:

### TNC:

O PEN é simultaneamente condutor de protecção e condutor de neutro. O PEN nunca pode ser cortado.

Ex. : aparelhagem tripolar numa linha com PEN

Ligar o PEN no borne de "massa" do receptor.

OTNC é interdito a jusante de um TNS.

### TNS:

O condutor de protecção (PE) é separado do neutro.

Obrigatório para  $S < 10\text{mm}^2$  cobre /  $16\text{mm}^2$  alumínio.

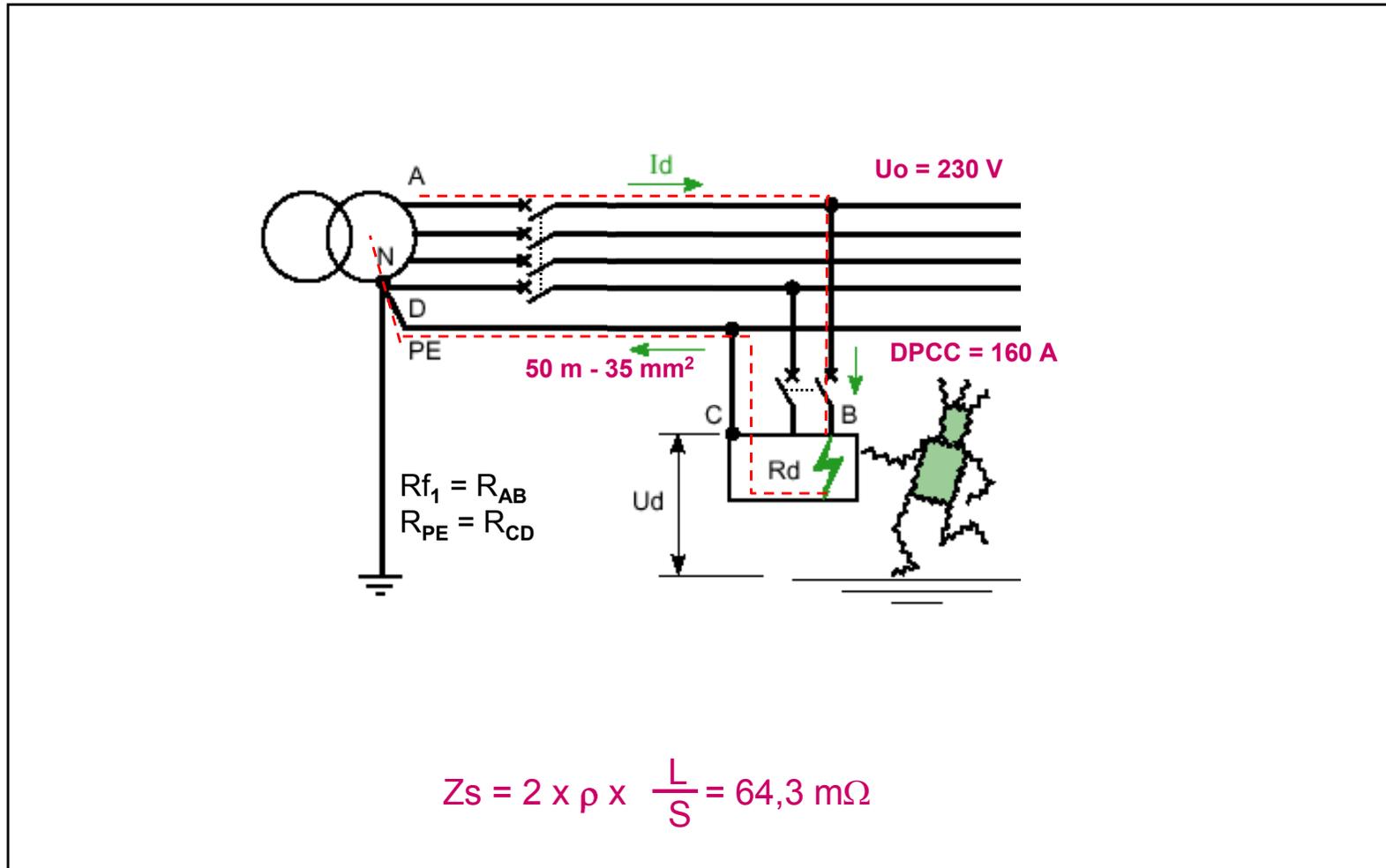
*As massas do posto,*

O neutro BT, e as massas de utilização são religadas à mesma tomada de terra.

Repartição das tomadas de terra sobre o PE.

Fazer caminhar o PE (PEN) ao lado das fases.

# Estudo de um defeito



# Protecção contra os contactos indirectos

## Corte automático em esquema TN

Em presença dum defeito de isolamento, a corrente de defeito  $I_d$  é limitada apenas pela impedância dos cabos do anel de defeito;

$$I_d = \frac{U_o}{Z_s} = \frac{U_o}{R_{f_1} + R_d + R_{PE}}$$

$$I_d = 230 / 0,0643 = 3.576 \text{ A } (\approx 22 \text{ In})$$

$I_d$  tem um valor importante e induz uma tensão de defeito em relação à terra:

$$U_d = R_{PE} \times I_d$$

sendo  $R_d = 0$ ,  $U_d = U_o \times \frac{R_{PE}}{R_{f_1} + R_{PE}}$  para  $R_{PE} = R_{f_1}$

$$U_d = \frac{U_o}{2} = 115 \text{ V}$$

- **Esta tensão é perigosa porque ultrapassa a tensão limite de segurança  $U_L$ .**

# Verificação das condições de disparo

- ❑ A protecção é assegurada pelo DPCC mas não evita que tenhamos que fazer sempre a verificação da impedância do anel de defeito.  
Para que a protecção seja efectivamente assegurada  $I_{rm} < I_d$ . O cabo situado a jusante do último dispositivo de protecção de curto circuito DPCC, deverá ter sempre um comprimento inferior a:

$$L \text{ máx} < \frac{0,8 \times U_0 \times S_f}{\rho (1 + m) I_{rm}}$$

- *A melhor solução em todos os casos ( $L > L_{max}$  ou  $L$  : não conhecido) é instalar um dispositivo diferencial residual (DDR) regulado de 30 mA a 250 A.*
- *Se o local for de risco de incêndio é aconselhado o uso de um (DDR) de 300 mA.*

**L máx:** comprimento máximo em m

**U<sub>0</sub> :** tensão simples = 230 V  
para uma rede de 400 V

**S<sub>f</sub> :** secção do condutor de fase em mm<sup>2</sup>

**ρ :** resistividade dos condutores

**m :**  $S_f / SPE$

**I<sub>rm</sub> :** regulação magnética do DPCC

Se ultrapassarmos L máx, devemos :

– diminuir o valor de I<sub>rm</sub>

– aumentar SPE

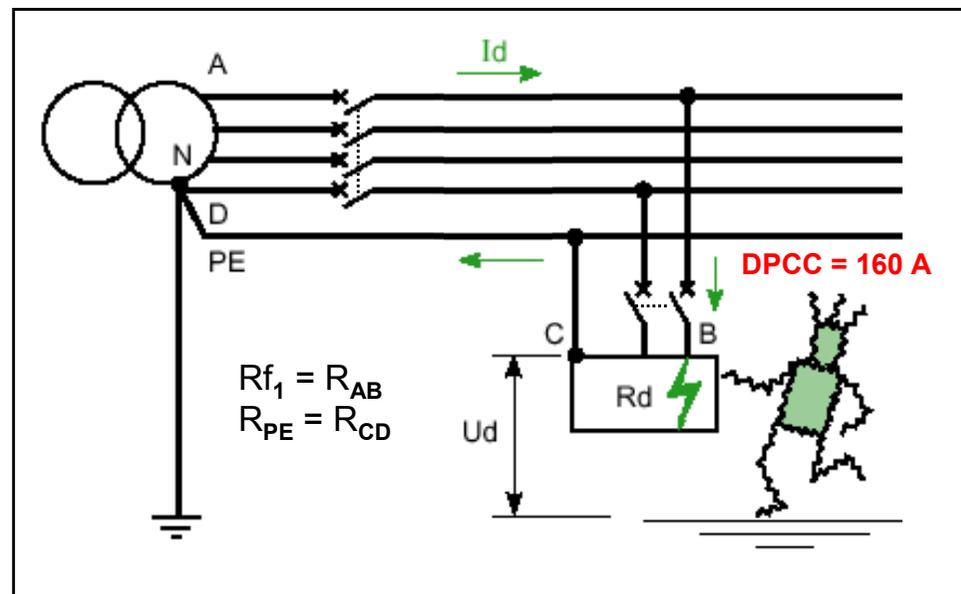
# Tempos de corte máximos em esquema TN

- Sendo o defeito de isolamento semelhante a um curto-circuito fase-neutro, há que assegurar o corte da instalação por um **Dispositivo de Protecção contra Curto-Circuitos (DPCC)**, num tempo de corte, função de  $U_L$ :

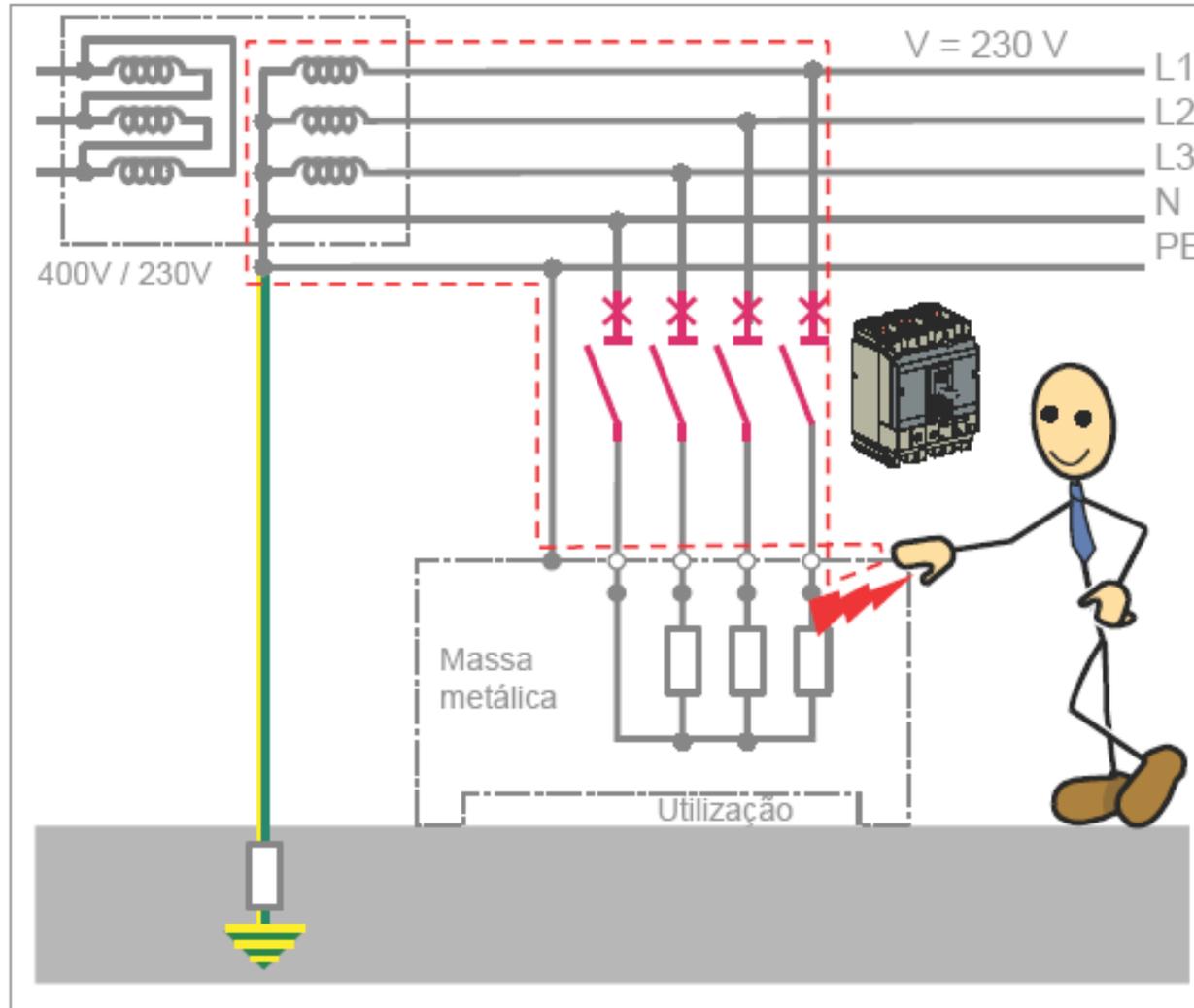
(RTIEBT – secção 413.1.3.3)

Quadro 41A

$U_0$ (Volt)	Tempo de corte (segundos) $U_L = 50V$	Tempo de corte (segundos) $U_L = 25V$
127	0,8	0,35
<b>230</b>	<b>0,4</b>	<b>0,2</b>
400	0,2	0,05
> 400	0,1	0,02



# solução



# Comprimentos máximos das canalizações trifásicas 230/400V

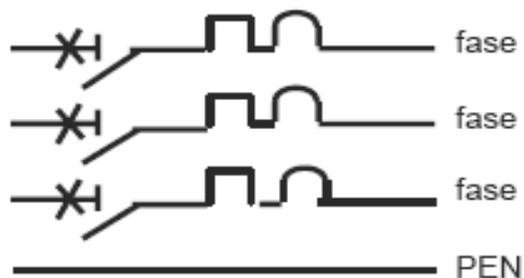
$m = 1$ ;  $U_L = 50V$ , condutores de cobre ( $\rho_1 = 22,21 m\Omega \text{ mm}^2/m$ ),  
regulação magnética =  $10I_r$

Secções mm <sup>2</sup>	intensidade de corrente estipulada ( A )																	
	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	320	400	500	630	
1,5	38	30	24	18	15	12	9	7										
2,5	63	51	40	31	25	20	15	12	10	8								
4	102	81	64	51	40	32	26	20	16	12	10	8						
6	153	122	98	76	60	49	38	30	24	19	15	12	9					
10	254	203	159	127	102	81	64	51	40	32	25	20	16	12	10			
16	408	327	261	203	163	130	103	81	64	52	40	32	26	20	16	12	10	
25			408	318	254	203	161	127	102	81	63	51	40	31	25	20	15	
35				357	357	286	226	178	143	113	88	71	57	44	35	28	22	
50						408	323	254	203	163	127	102	81	63	51	40		
70							408	323	254	203	163	127	102	81	63	51	40	
95								357	286	228	178	143	114	88	71	57	44	
120									387	310	242	194	155	121	97	77	61	
150										391	306	245	196	153	122	98	77	
185											332	266	212	166	132	106	84	
240												306	245	191	153	122	97	
													391	313	245	196	156	124

# Colocação em serviço do sistema TN

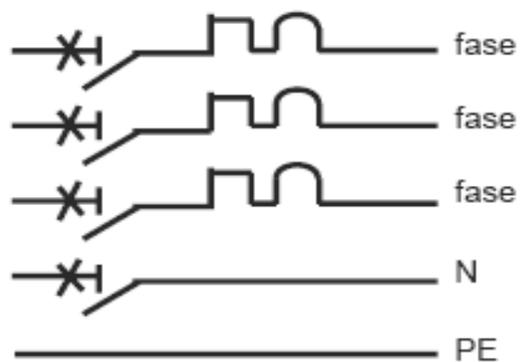
A protecção do neutro :

TNC

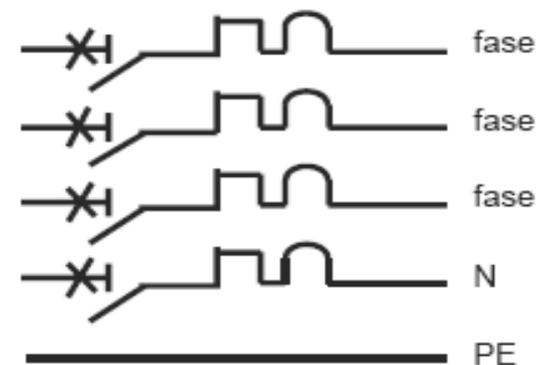


TNS

$SN = S_{\text{fase}}$

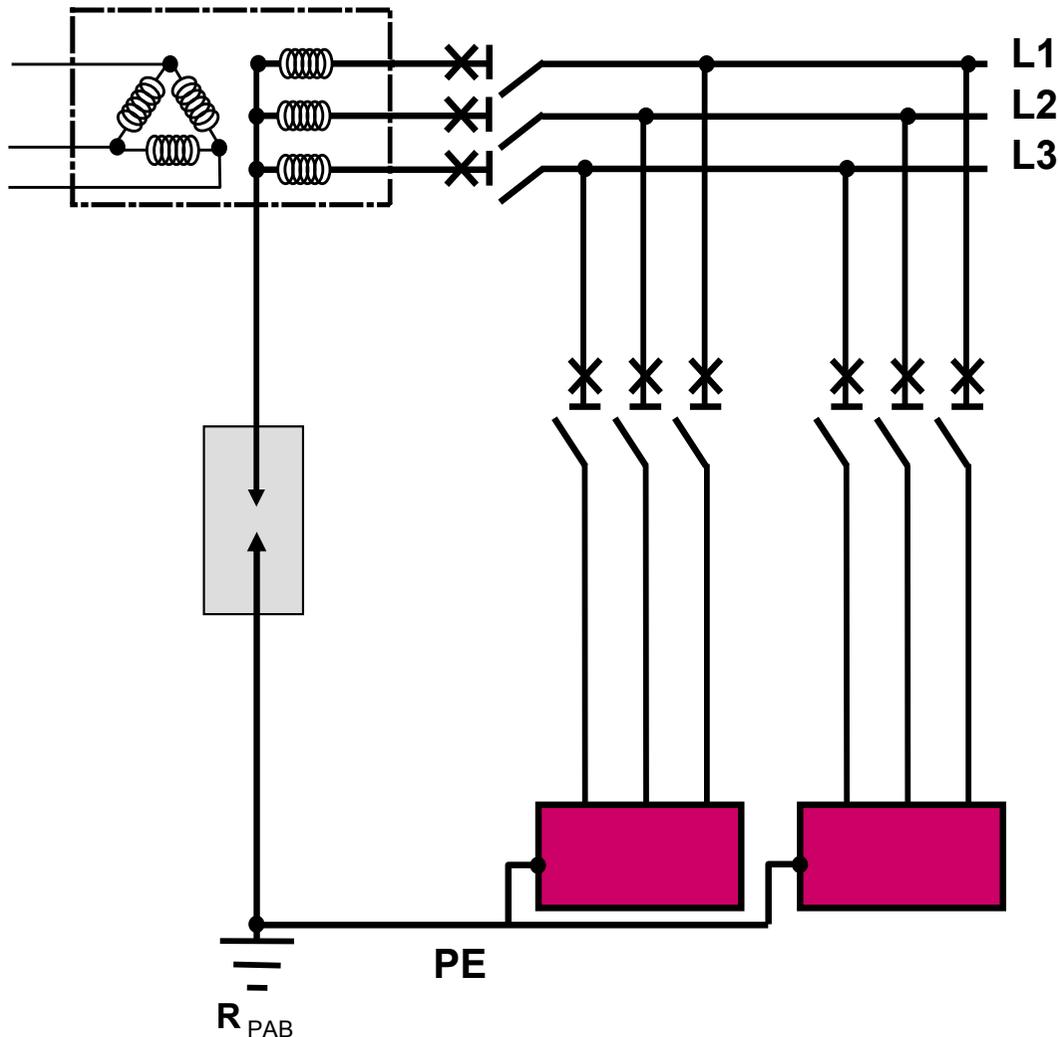


$SN < S_{\text{fase}}$



# Sistema IT

## RTIEBT – secção 413.1.5

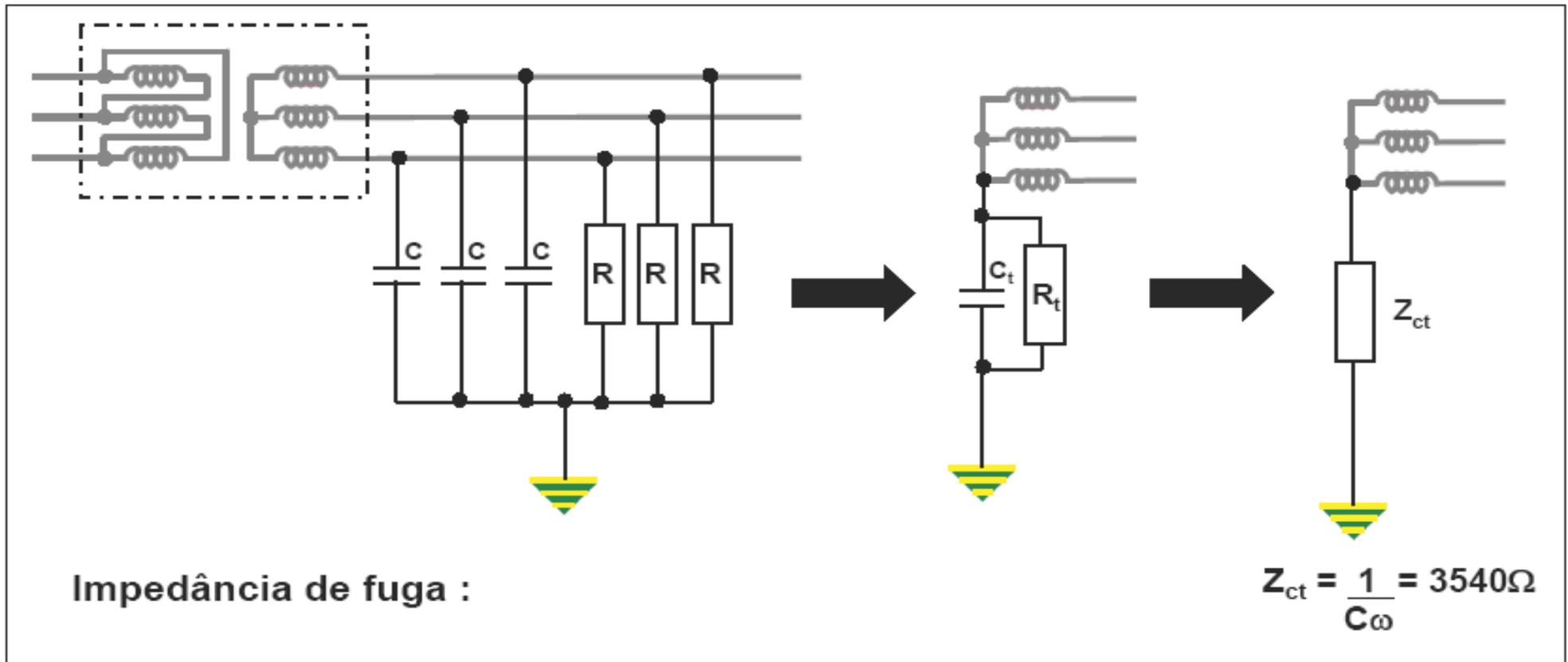


### ■ Regras gerais :

- O ponto neutro do transfo BT Não está ligado a uma tomada de terra
- as massas das utilizações são religadas pelo condutor PE a uma tomada de terra comum ou a tomadas de terra separadas
- É recomendado pela norma não distribuir o neutro
- O limitador de sobretensões deve ser usado
- Todas as massas devem estar interligadas.

# Sistema IT (neutro isolado)

## RTIEBT – secção 413.1.5.1



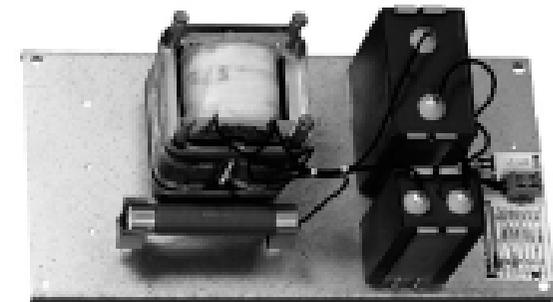
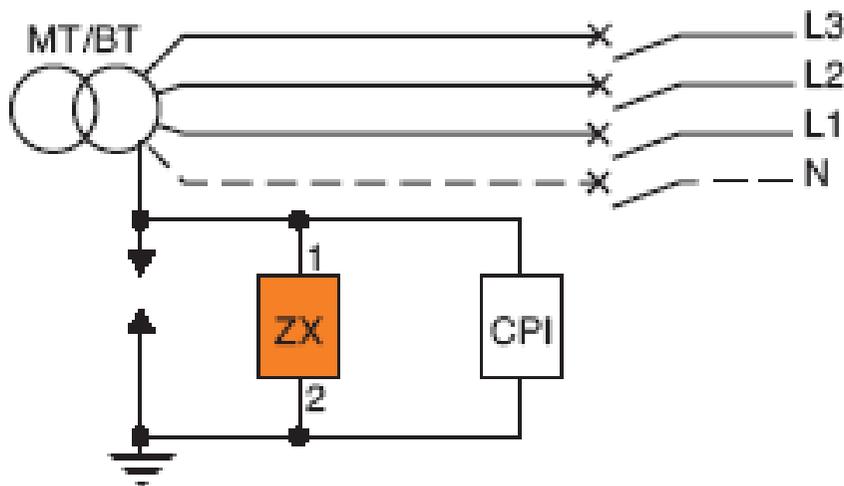
para 1 km de rede trifásica :

- $C = 0,9 \mu\text{F}$ ,
- $R = 3,3 \text{ M}\Omega$ .

# Sistema IT (neutro impedante)

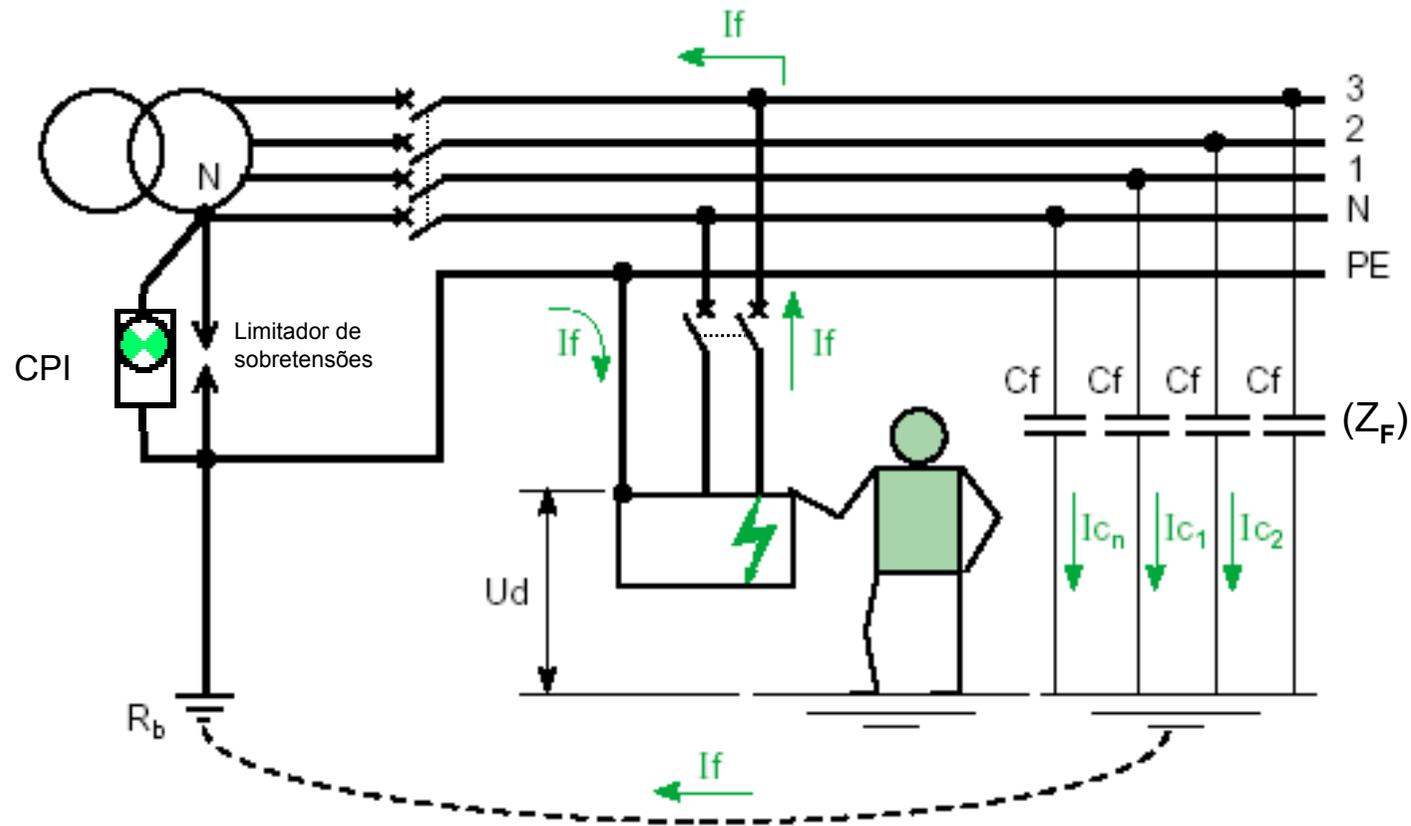
Para reduzir as sobretensões, pode ser necessário a ligação à terra por meio de impedâncias...

O valor da impedância ZX deve ser seleccionado de forma a evitar oscilações do valor de potencial da instalação, por fenómenos de ressonância, por outro lado baixar o valor das correntes de defeito para que não seja visto pelos equipamentos de protecção ( não corte ao primeiro defeito). Na prática recomenda-se um valor de  $1000\Omega$  para redes de 230/400V



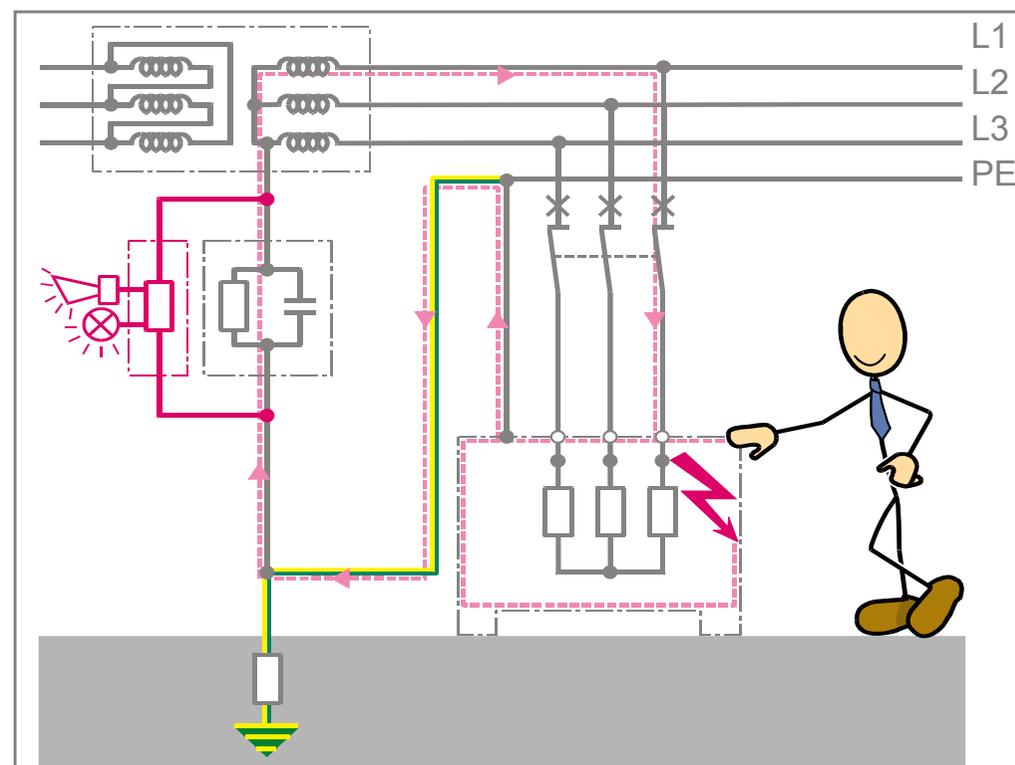
Oferta Schneider  
 $1500\Omega$  a 50 Hz

# Contactos indirectos em sistema IT



# 1º Defeito

- Para uma rede com 1 km, a impedância de fuga à terra  $Z_f$ , será  $\cong 3500 \Omega$ ;
- Para a tensão  $U_o = 230 \text{ V}$ , a corrente de fuga será:  
 $I_f = U_o / Z_f = 230 / 3500 \cong \mathbf{66 \text{ mA}}$ ;
- Para  $R_b = 10 \Omega$ , a tensão de contacto será:  
 $U_d = R_b \times I_f = 10 \times 0,066 = \mathbf{0,66 \text{ Volt}}$ ;



## 413.1.5.3 – Nota:

Quando ocorrer um primeiro defeito de isolamento, a corrente de defeito tem um valor tão reduzido que a tensão de contacto daí resultante não é perigosa, muito inferior a UL

# RTIEBT – secção 413.1.5.3

- As massas devem ser ligadas á terra, individualmente, por grupos ou por conjuntos, devendo verificar-se a seguinte condição:

$$R_A \times I_d \leq 50$$

- Em que:

$R_A$  é a soma das resistências do eléctrodo de terra e dos condutores de protecção das massas em ohms.

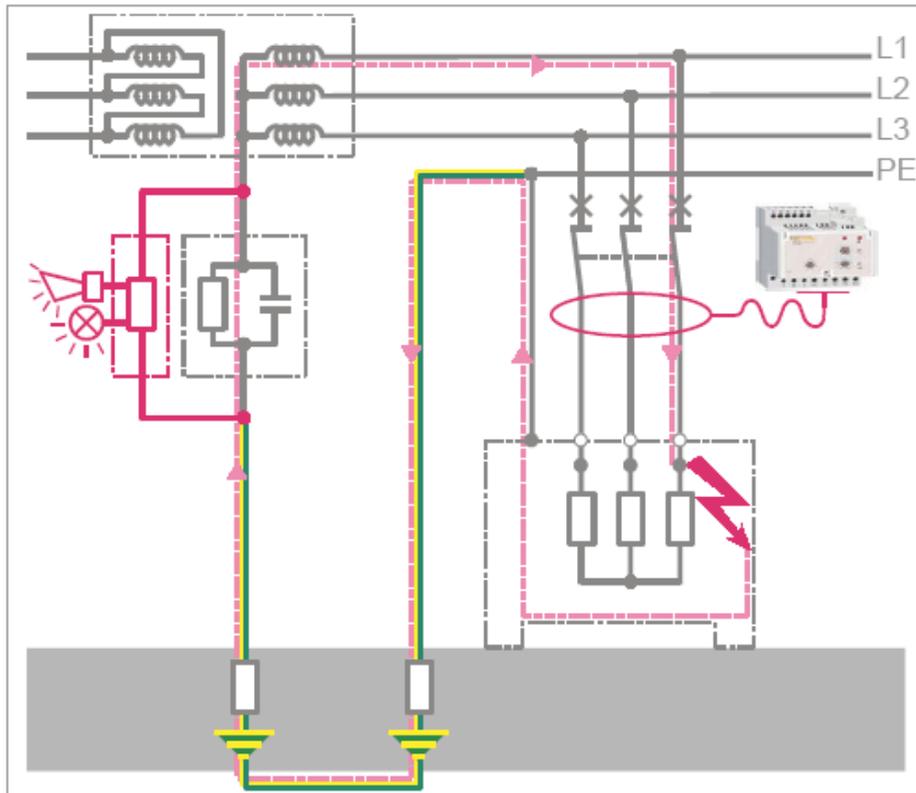
$I_d$  é a corrente de defeito no caso de um primeiro defeito franco entre um condutor de fase e uma massa, em ampéres ( no valor de  $I_d$ , há que ter em conta as correntes de fuga e a impedância global de ligação à terra da instalação eléctrica).

Nota: em condições de humidade mais severas, veja 481.3

# 1º Defeito

- Desde que se verifique a condição,  $R_A \times I_d \leq 50$  , o corte não é obrigatório quando ocorrer um único defeito (à massa ou à terra ), dado o valor da corrente de defeito ser muito reduzido...
- Não há risco de incêndio
- O defeito não provoca um disparo mas impõe uma sinalização...

# 1º Defeito



O defeito não provoca disparo, mas obriga à sua sinalização, utilização dum

➤ **Controlador Permanente de Isolamento**

**Obrigatoriedade de procurar a origem do defeito e eliminá-lo rapidamente antes que se produza um segundo defeito que provoque o disparo das protecções.**

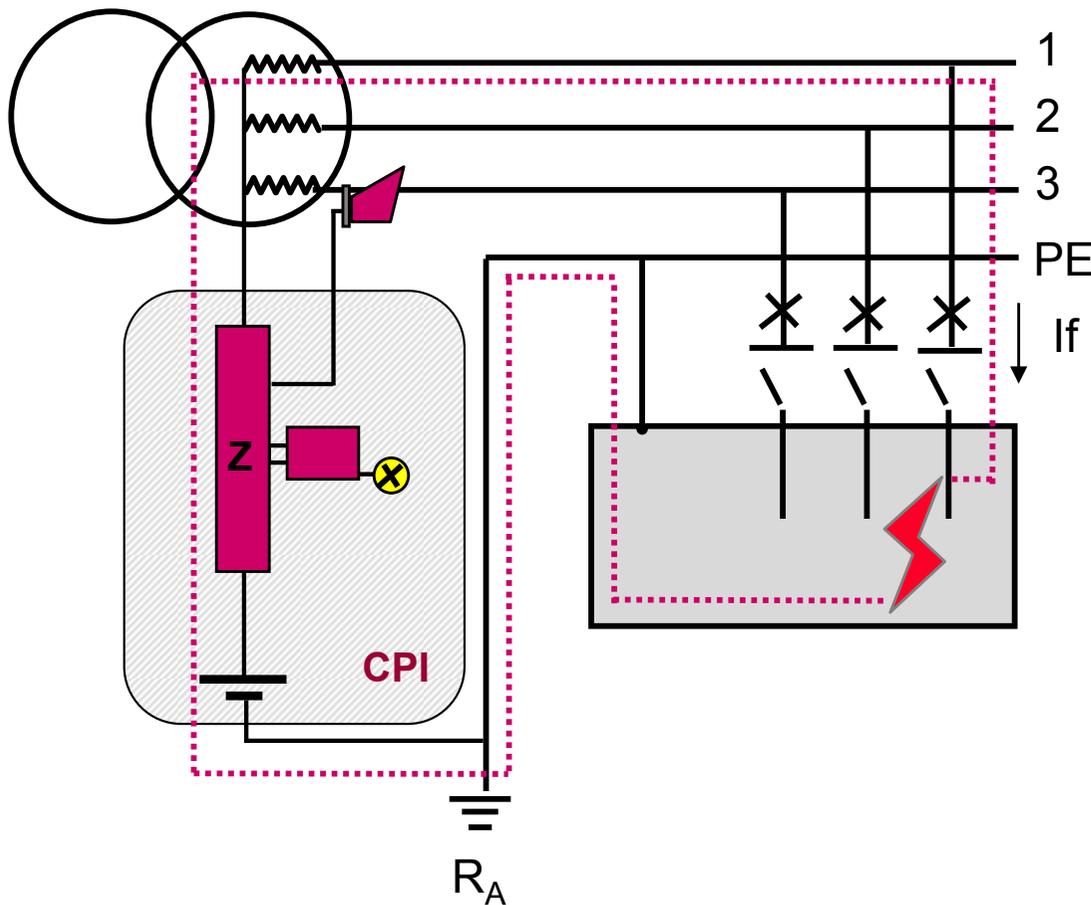
**É imperativa a busca e eliminação rápida do primeiro defeito, para beneficiar totalmente da continuidade do serviço, que é a grande vantagem deste tipo de esquema.**

# Sistema IT

- A vantagem explicada foi claramente valorizada pelos editores das normas internacionais e nacionais para manter um elevado nível de disponibilidade (quadros de segurança).
- Um cálculo simples de probabilidades confirma a vantagem do IT.  
Supondo que a probabilidade de defeito de isolamento numa instalação eléctrica é de um defeito em cada 90dias, ou seja,  $\lambda = 1/90$  dias, que a reparação e busca do defeito é de um dia, ou seja,  $\mu = 1$  dia, a técnica de gráficos de Markof permite calcular o tempo médio entre duas falhas no 2º defeito, 8190 dias!
- Corresponde a uma disponibilidade 91 vezes superior ao TT ou TN

# O CPI - RTIEBT – secção 413.1.5.4

■ **Objectivo:** sinalização do primeiro defeito



■ **tipos de CPI :**

□ CPI de injeção de corrente contínua

- permite ter em consideração unicamente a parte de resistência de isolamento da rede.

- só funciona em redes AC

□ CPI de injeção de corrente alternada

- permite ter em consideração a resistência de isolamento e a capacidade da rede

- funciona sobre as redes AC e DC

■ **nota importante :**

**Não é permitido o funcionamento em simultâneo de 2 CPI sobre a mesma rede**

# o CPI de injeção de corrente alternada



Actualmente a técnica de injeção de corrente alternada permite identificar um mau isolamento

o BF permite identificar os pontos de mau isolamento.

Um aumento das capacidades parasitas da rede (por envelhecimento da rede; filtros de AF...) implica consequentemente um aumento de IC sem que signifique perda de isolamento ( o valor de R mantém-se),

**O CPI detecta em módulo e fase.**

# O CPI

- Deve ser previsto um controlador permanente de isolamento para sinalizar o aparecimento de um 1º defeito entre uma parte activa e a massa ou a terra, que accione um sinal sonoro ou um sinal visual.
- É um dispositivo que controla, continuamente, o isolamento de uma instalação eléctrica. Destina-se a sinalizar qualquer redução significativa do nível de isolamento da instalação, tendo por finalidade permitir a busca da avaria ao 1º defeito.  
(RTIEBT – 531.3)

# O CPI

- O CPI deve ser regulado para um valor de resistência de isolamento inferior ao especificado na secção 612.3

## Resistência de isolamento da Instalação Eléctrica

Tensão nominal do circuito (V)	Tensão ensaio em DC (V)	Resistência de isolamento (MΩ)
TRS e TRP	250	$\geq 0,25$
$U \leq 500$	500	$\geq 0,5$
$U > 500$	1 000	$\geq 0,1$

As medições devem ser feitas em DC, devendo o aparelho usado no ensaio fornecer uma tensão ao valor indicado no quadro e uma corrente de 1mA.

# O CPI

- Regulação do CPI

Na prática, o limiar de funcionamento de um CPI é regulado para um valor de aproximadamente 80% da resistência de isolamento do conjunto da instalação. Se a resistência de isolamento for superior a 1,25 vezes o limite superior do domínio de regulação do limiar de funcionamento do CPI, este deve ser regulado para esse valor superior.

# O CPI

- Instalação do CPI – RTIEBT 531.3

## Terminal de rede

A ligação do CPI efectua-se entre o ponto comum da alimentação (neutro), ou de uma fase se o neutro não for acessível,

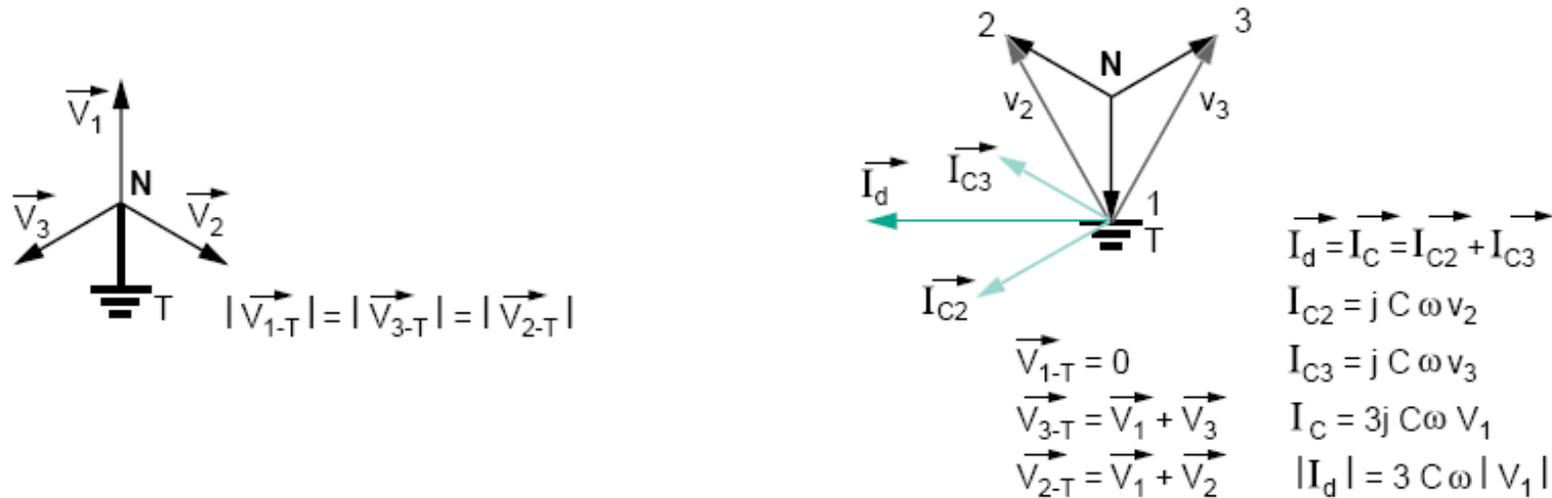
## Terminal terra

Deve ser ligado ao eléctrodo de terra das massas da instalação

# Sobretensões em esquema IT

- Sobretensões devidas a defeitos de isolamento
- Sobretensões devidas a arcos internos nos transformadores MT/BT
- Sobretensões devidas a descargas atmosféricas na rede de MT
- Sobretensões devidas a descargas atmosféricas em edifícios da instalação

- Sobretensões devidas a defeitos de isolamento



Os equipamentos de BT devem estar dimensionados para suportar durante o tempo de busca e eliminação do defeito uma tensão fase massa composta.

- Sobretensões devidas a arcos internos nos transformadores MT/BT

1. São pouco frequentes e a sua aparição “brusca” implica que o limitador de sobretensões coloque de imediato a rede de BT à terra evitando-se atingir os valores de tensão da MT.

● → Utilização de um limitador de 750V em redes de 230/400V

- Sobretensões devidas a arcos internos nos transformadores MT/BT

## 2. Arcos de retorno ou arcos internos MT-massa

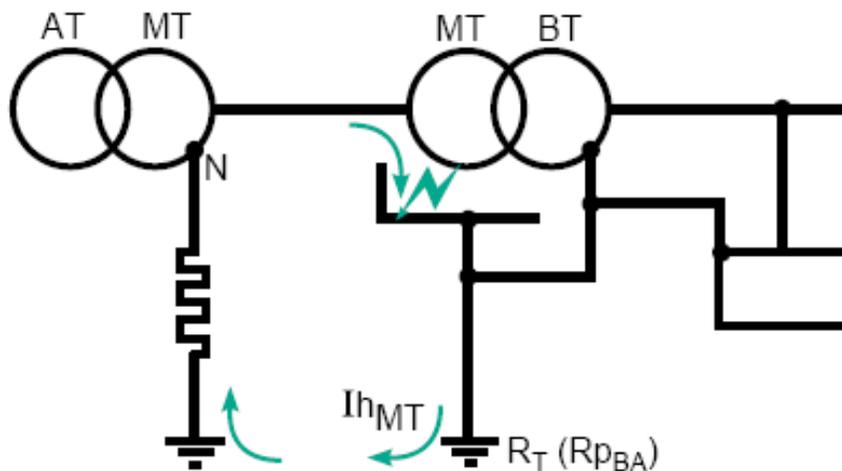
<b>Tensões alternadas admissíveis sobre os equipamentos BT</b>	<b>Tempo de corte (s)</b>
$U_0 + 250 \text{ V ( 650 V en IT) }^*$	$> 5$
$U_0 + 1200 \text{ V (1600 V en IT) }^*$	$\leq 5$

(\*) Para uma rede IT, a tensão  $U_0$  substituí-se pela tensão  $\sqrt{3} U_0$ .

Sobretensões admissíveis nos materiais de BT numa instalação em IT com rede de 230/400V

- Sobretensões devidas a arcos internos nos transformadores MT/BT

Quando a massa do transformador e a rede de BT se ligam à mesma tomada de terra, há o risco de perfuração dos materiais de BT se a tensão  $R_p I_{h_{MT}}$  ultrapassar a rigidez dielétrica dos equipamentos, sendo  $R_p$  a resistência da tomada de protecção e  $I_{h_{MT}}$  a corrente homopolar de MT



Solução: criar terras distintas, difícil... Devido á malhagem das massas no PT...

- Sobretensões devidas a descargas atmosféricas

Se existir uma descarga atmosférica na rede de MT, provoca uma onda que se transmite aos condutores activos do lado BT por ligação capacitiva entre os enrolamentos do transformador.

O limitador de sobretensões terá como objectivo absorver as sobretensões que chegam ao condutor activo ao qual está ligado (neutro ou fase), e coloca-se em curto-circuito se a sobretensão for muito enérgica.

**IT** ↔ **TN-s**

# O limitador de sobretensões



## ■ Escolha dos limitadores de sobretensão em função :

- ❑ da tensão nominal da instalação
- ❑ nível de isolamento da instalação
- ❑ do modo de ligação do limitador
- ❑ da corrente de curto circuito presumida na origem da instalação

## Cardew C

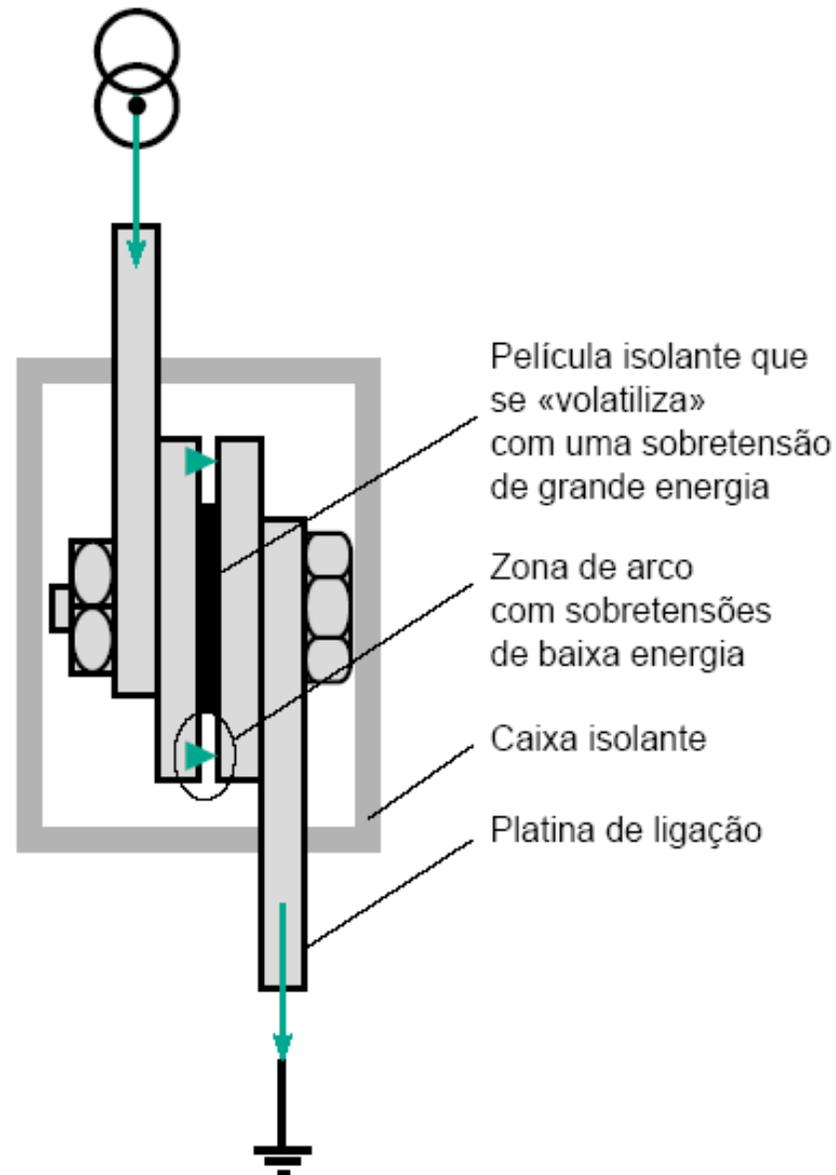


## Importante :

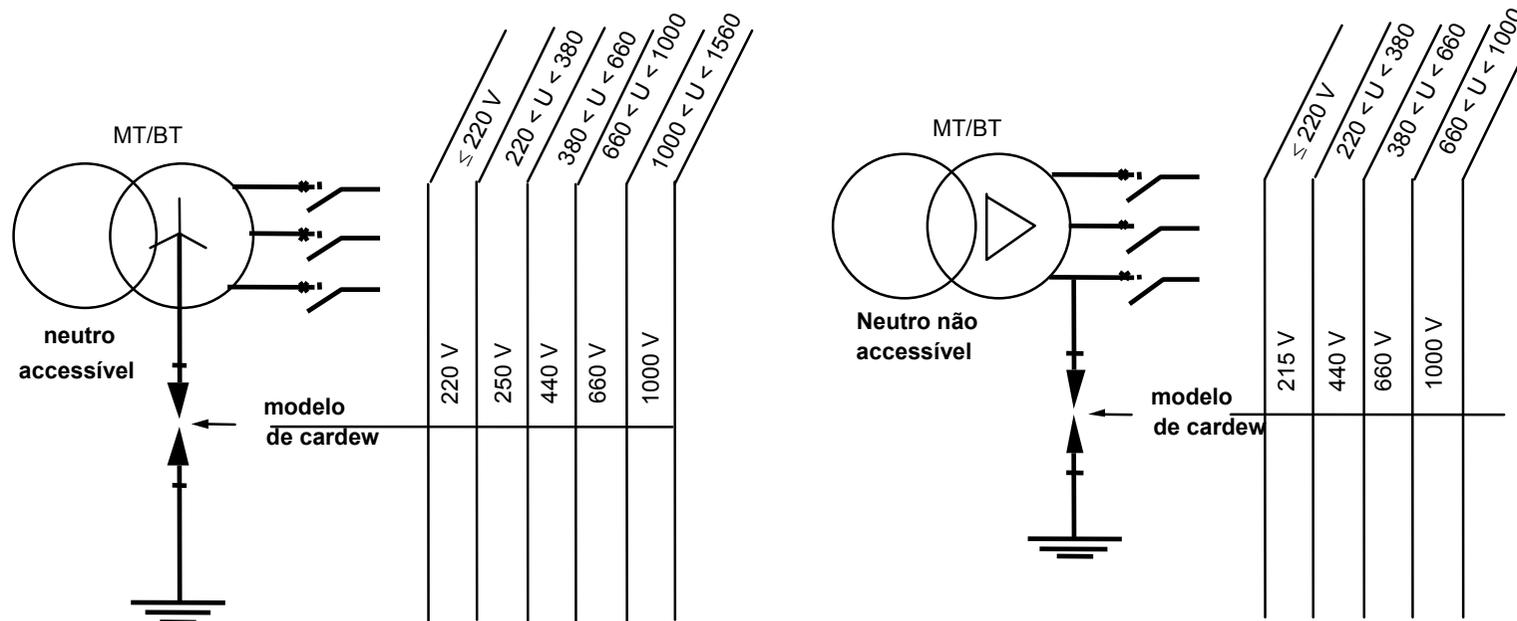
em caso de funcionamento, o limitador de sobretensão

- transforma um esquema ITR em TN
- transforma um esquema ITN em TT

# O limitador de sobretensões



# O limitador de sobretensões

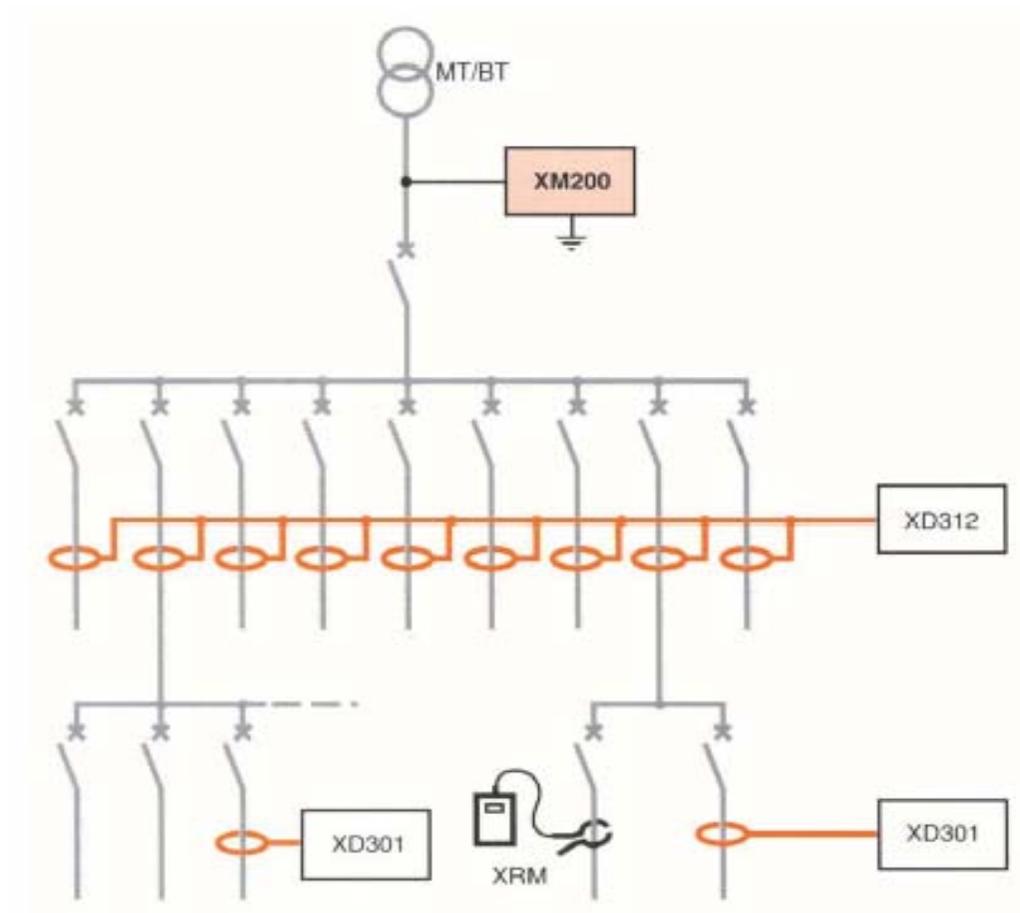


**Quadro de escolha do cabo de ligação do cardew c**

P do transfo kVA / 400 V	15	40	50	63	125	200	315	400	630	1000	1600
	25			80	160	250		500	800	1250	2000
				100							
secção Cu mm <sup>2</sup>	2.5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120

Nota : estas secções são obrigatórias em esquema ITR

# Procura de defeitos, sob tensão,

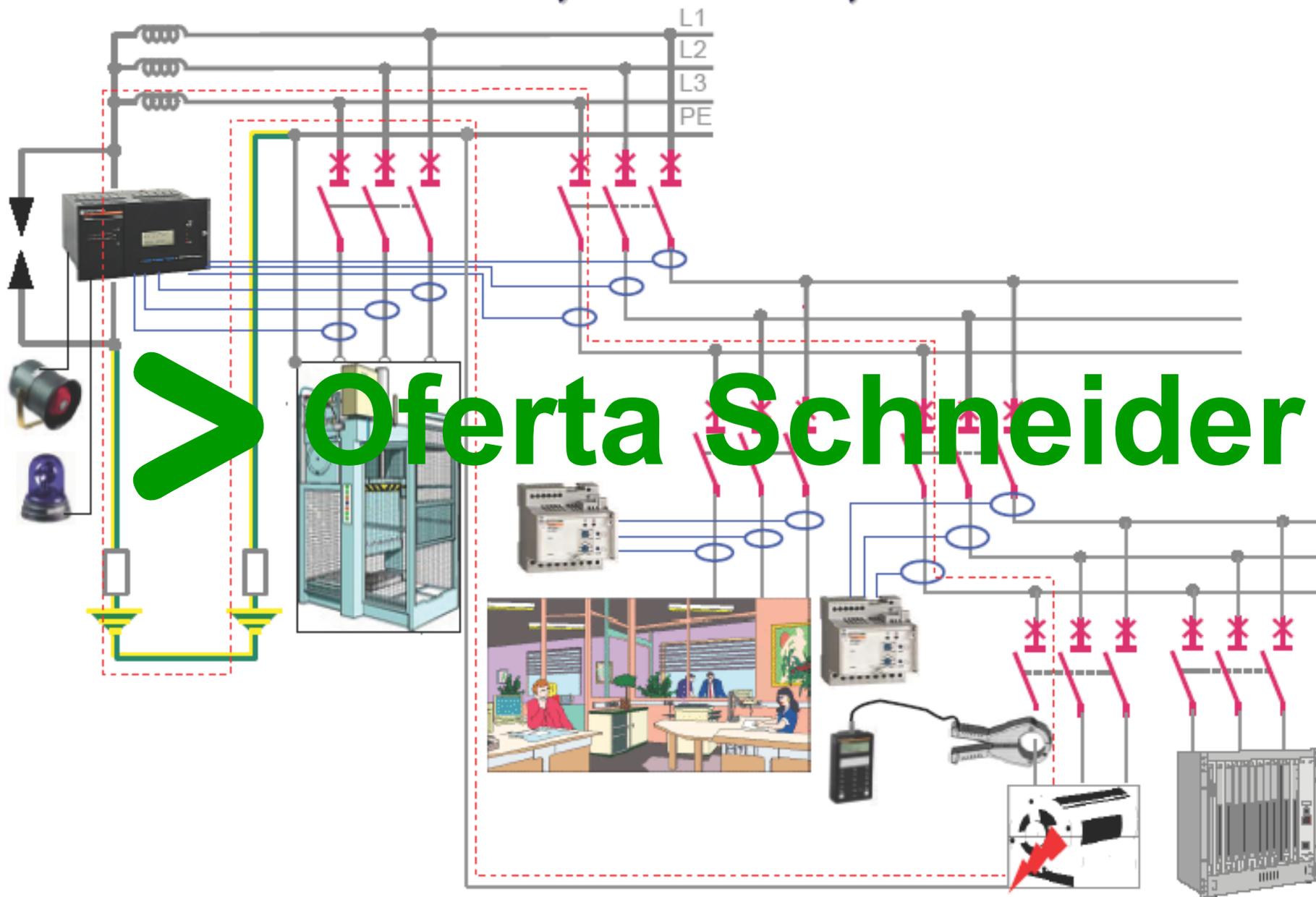


## ■ procura automática

*detectores fixos :*  
(XD312 - XD 301)

## ■ procura manual

*Detectores móveis :*  
(caixa XRM associada a  
pinças P15 / P50 / P100)



# > Oferta Schneider

# RTIEBT – secção 413.1.5.5 – 2º defeito

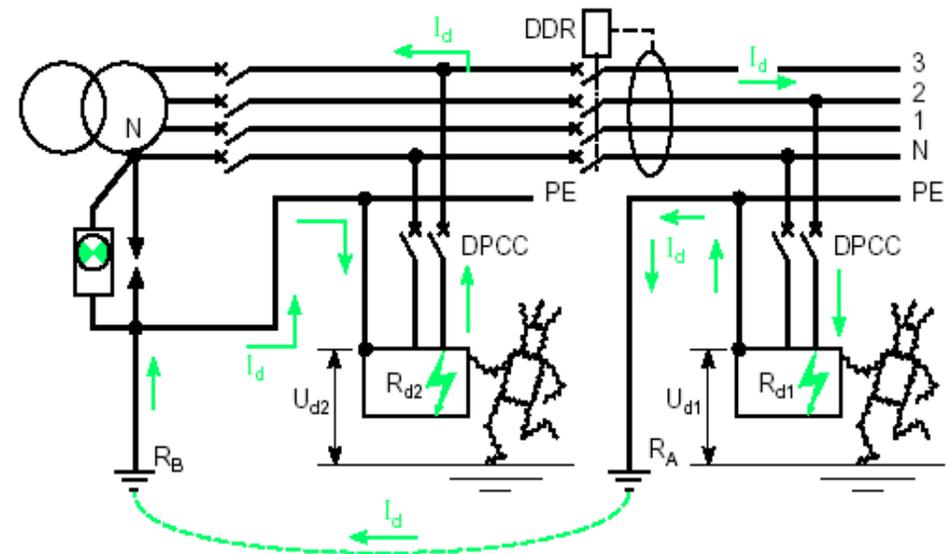
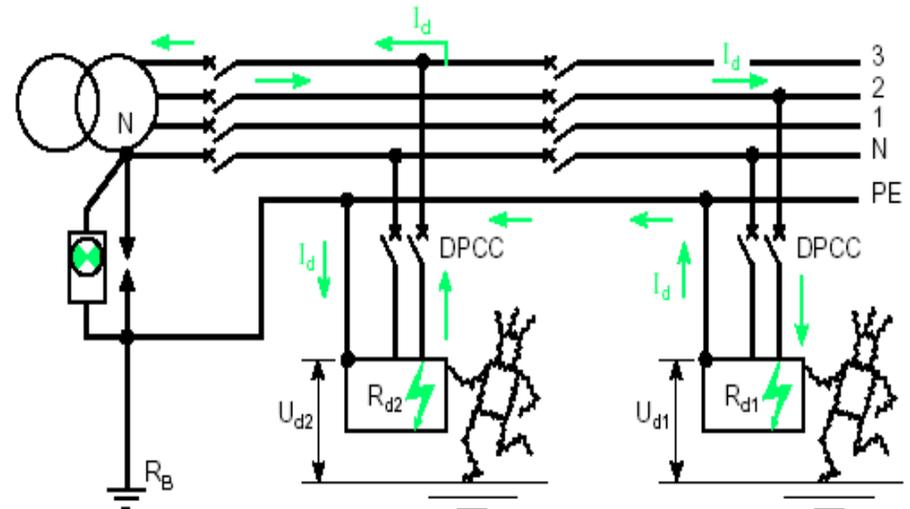
- No caso de ocorrer um segundo defeito, devem ser tomadas as medidas adequadas por forma a evitar riscos de efeitos fisiopatológicos perigosos para que as pessoas possam ficar em contacto com partes condutoras simultaneamente acessíveis.
- Quando ocorrer um segundo defeito sem que o primeiro esteja resolvido, a alimentação deve, consoante o modo de ligação das massas à terra, ser interrompida nas seguintes condições:
  - a) Quando as massas estiverem ligadas à terra, individualmente ou por grupos **o esquema IT transforma-se em TT** – aplicação das regras indicadas em 413.1.4 (com excepção do 2º parágrafo de 413.1.4.1 que não é aplicável)
  - b) Quando as massas estiverem interligadas, **o esquema IT transforma-se em TN**, sendo aplicáveis as regras de, 413.1.5.6 e 413.1.5.7

# Análise do 2º defeito

Se aparecer um segundo defeito numa outra fase, enquanto o primeiro defeito não tiver sido eliminado, as massas dos receptores respectivos são levadas ao potencial desenvolvido pela corrente de defeito no condutor de protecção (PE) que as interliga;

**1º caso – As massas de utilização estão interligadas pelo condutor de protecção;**

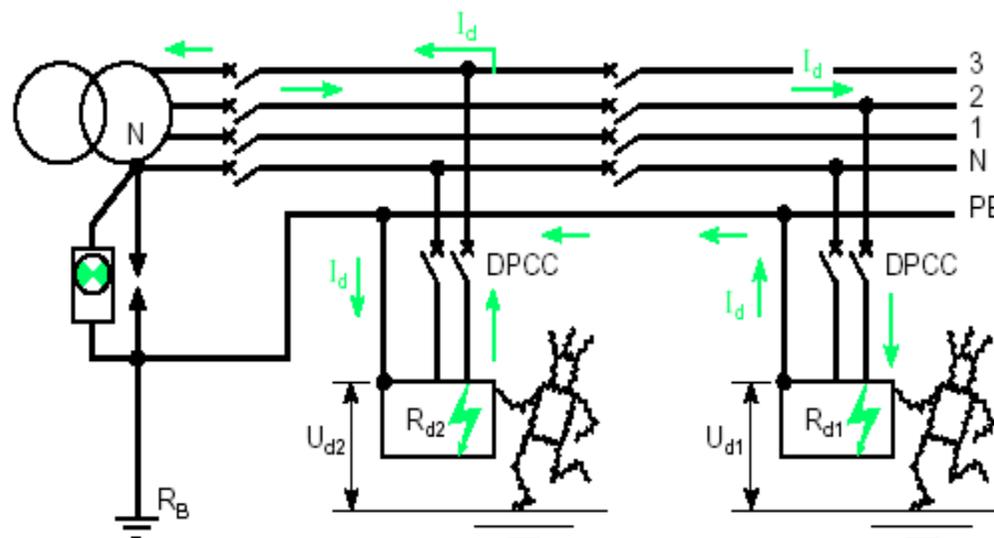
**2º caso – As massas de utilização estão ligadas a tomadas de terra diferentes, não interligadas.**



# Análise do 2º defeito

## 1º caso – Massas de utilização interligadas pelo condutor de protecção (PE):

- Situação semelhante ao esquema TN. O segundo defeito gerado é assim um curto-circuito;
- A protecção é assegurada por DPCC ( $I_{rm} < I_d$ ), sendo obrigatório verificar sempre a impedância do anel (condutor PE e fase);



Quando aparece um defeito entre duas massas, vai circular uma corrente nos condutores de fase e no condutor de protecção PE, que assegura a interligação das massas.

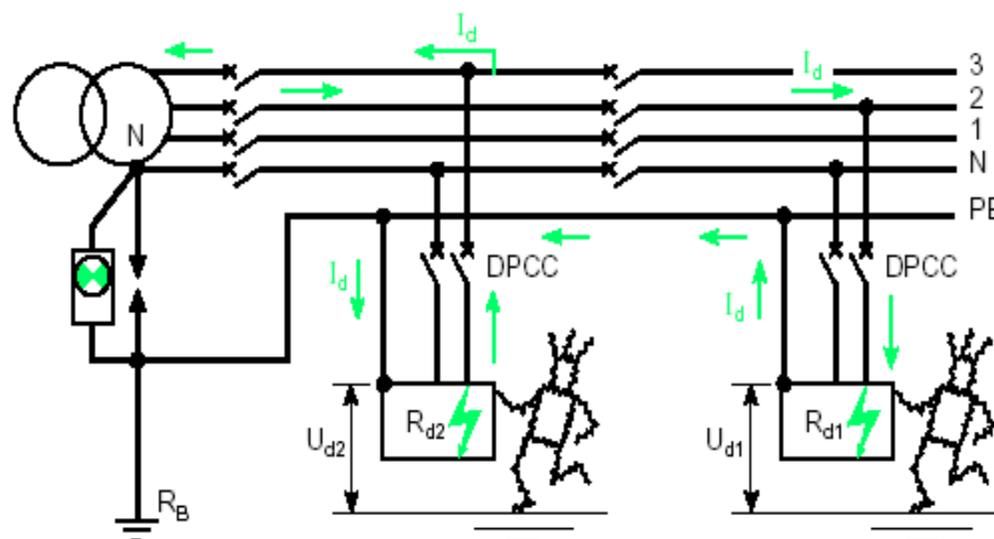
Uo-Uc (volts)	Tempos de corte a respeitar em segundos, para UL = 50V	
	Neutro não distribuído	Neutro distribuído
120 – 240	0,8	5
230 – 400	0,4	0,8
400 – 690	0,2	0,4

(RTIEBT – secção 413.1.5.6) - Quadro 41B

## 1º caso – Massas de utilização interligadas pelo condutor de protecção (PE):

Se as condições de disparo não forem respeitadas:

- Regular os magnéticos das protecções para um valor mais baixo;
- Aumentar a secção dos condutores;
- Utilizar os DDR.



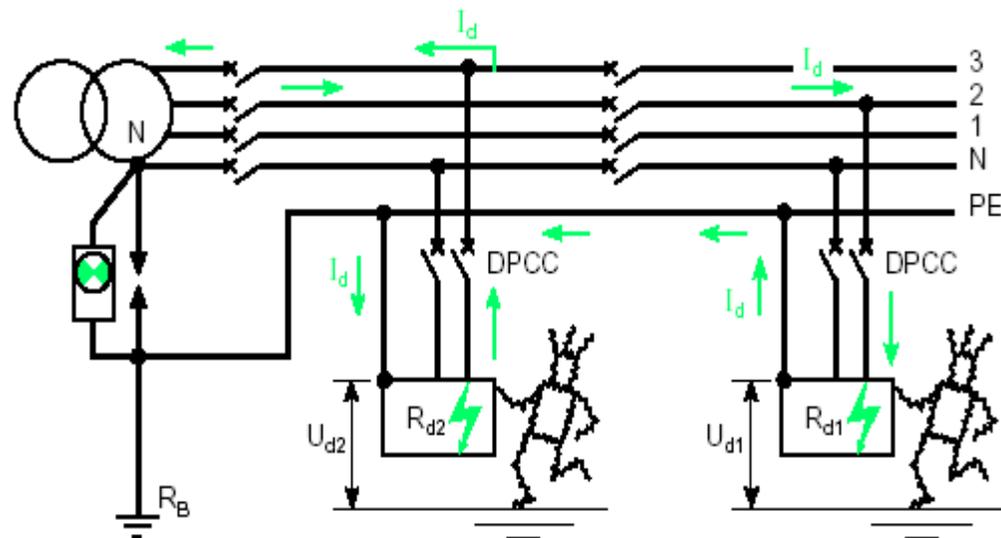
## 1º caso – Massas de utilização interligadas pelo condutor de protecção (PE):

- Se o circuito tiver neuro distribuído, o comprimento do cabo situado a jusante do último DPCC não deve exceder:

$$L_{\text{máx}} = \frac{1}{2} \times \frac{0,8 \times U_0 \times S_{\phi}}{\rho (1 + m) l_{\text{rm}}}$$

- E se não tiver neuro distribuído:

$$L_{\text{máx}} = \frac{\sqrt{3}}{2} \times \frac{0,8 \times U_0 \times S_{\phi}}{\rho (1 + m) l_{\text{rm}}}$$



# Comprimentos máximos das canalizações trifásicas 230/400V

$m = 1$ ;  $U_L = 50V$ , condutores de cobre ( $\rho_1 = 22,21 m\Omega \text{ mm}^2/m$ ),  
regulação magnética =  $10I_r$

Secções mm <sup>2</sup>	intensidade de corrente estipulada ( A )																
	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	320	400	500	630
1,5	19	15	12	9	7,5	6	4,5	3,5									
2,5	32	26	20	16	12	10	7,5	6	5	4							
4	51	41	32	26	20	16	13	10	8	6	5	4					
6	76	61	49	38	30	24	19	15	12	9,5	7,5	6	4,5				
10	127	102	79	63	51	41	32	26	20	16	13	10	8	6	5		
16	204	163	131	102	82	65	51	41	32	26	20	16	13	10	8	6	5
25	319	255	204	159	127	102	81	64	51	41	34	26	20	16	12	10	7,5
35		357	285	223	178	143	113	89	72	56	44	36	28	22	17	14	11
50			408	266	255	204	161	127	101	81	63	51	40	31	25	20	16
70				446	357	285	227	178	143	114	89	76	57	44	36	28	22
95						388	308	242	198	155	121	97	77	61	48	39	30
120							389	306	245	186	153	127	98	77	61	49	38
150								331	265	212	166	133	106	88	66	53	42
185									306	245	191	153	122	96	76	66	48
240										313	245	196	123	98	78	62	

# Coeficientes de correcção a aplicar às tabelas anteriores

	Coeficientes de correcção	
Tensões limites convencionais (UI)	25 V	0.75
	12 V	0.60

m	Fusíveis	Disjuntores
2	0.50	0.67
3	0.36	0.50
4	0.28	0.40

**Nota:** coeficiente de correcção em função de m e do tipo de protecção - **SLT TN**

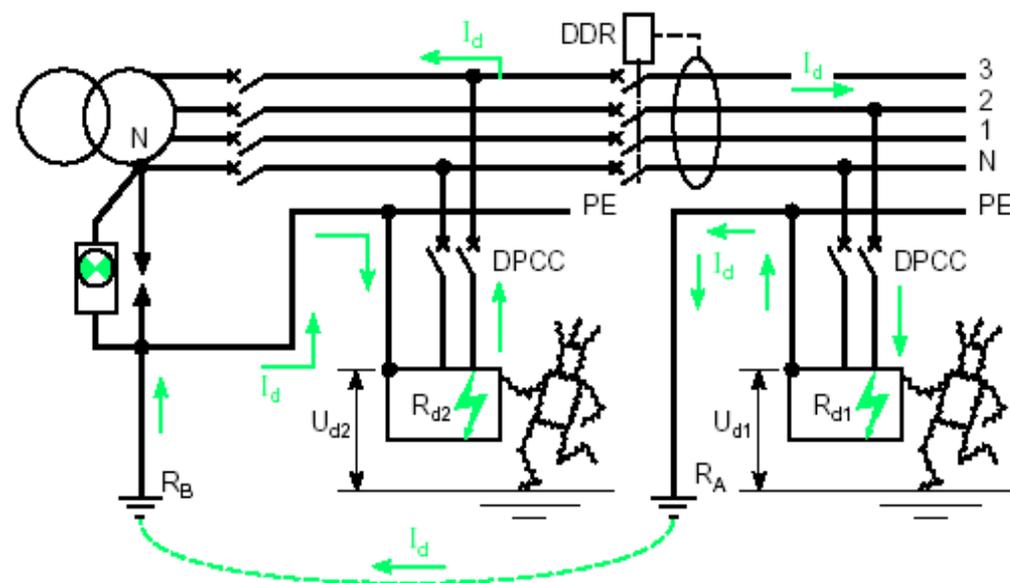
		Fusíveis	Disjuntores
m N não distribuído	1	1	0.86
	2	0.50	0.58
	3	0.36	0.43
	4	0.38	0.35
m N distribuído	1	0.89	0.50
	2	0.44	0.33
	3	0.32	0.25
	4	0.25	0.20

**Nota:** coeficiente de correcção em função de m e do tipo de protecção - **SLT IT**

## 2º caso – Massas de utilização ligadas a tomadas de terra não interligadas

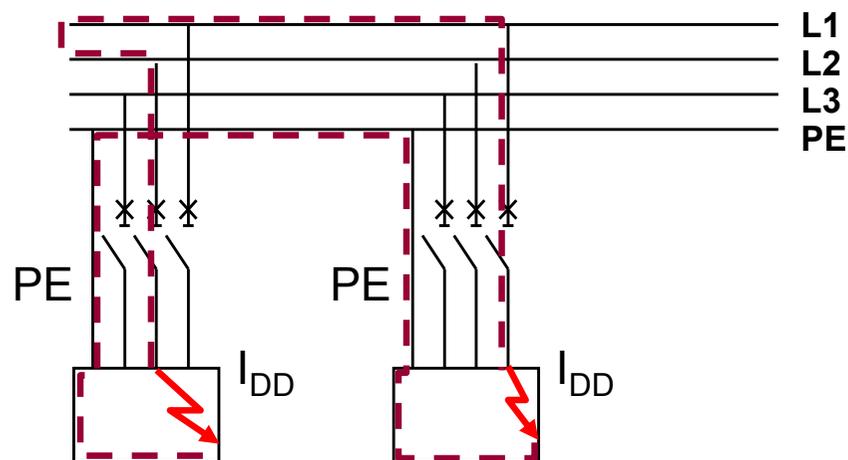
- Os dois defeitos podem produzir-se em grupos diferentes;

Defeito duplo	$U_c$	$I_d$
• Fase - Neutro	115 V	11 A
• Fase - Fase	200 V	20 A
* Considerando $R_A = R_B = 10 \Omega$		



- Além da proteção prevista no caso anterior, é obrigatório instalar um (DDR) Dispositivo Diferencial Residual à entrada de cada um dos grupos.

# O poder de corte em esquema IT



Em esquema IT o valor da corrente de duplo defeito ( $I_{DD}$ ) entre 2 fases (400V) pode ser elevada

□ estimativa de  $I_{DD}$  :

Se  $I_{k3} > 10 \text{ kA}$   $I_{DD} = 0,25 \times$  a corrente de curto circuito trifásica no ponto considerado

Se  $I_{k3} \leq 10 \text{ kA}$   $I_{DD} = 0,15 \times$  a corrente de curto circuito trifásica no ponto considerado

□  $I_{cu} \text{ 1 pólo a } U_n = I_{cu} \text{ 3 pólos a } U_n \times \sqrt{3}$

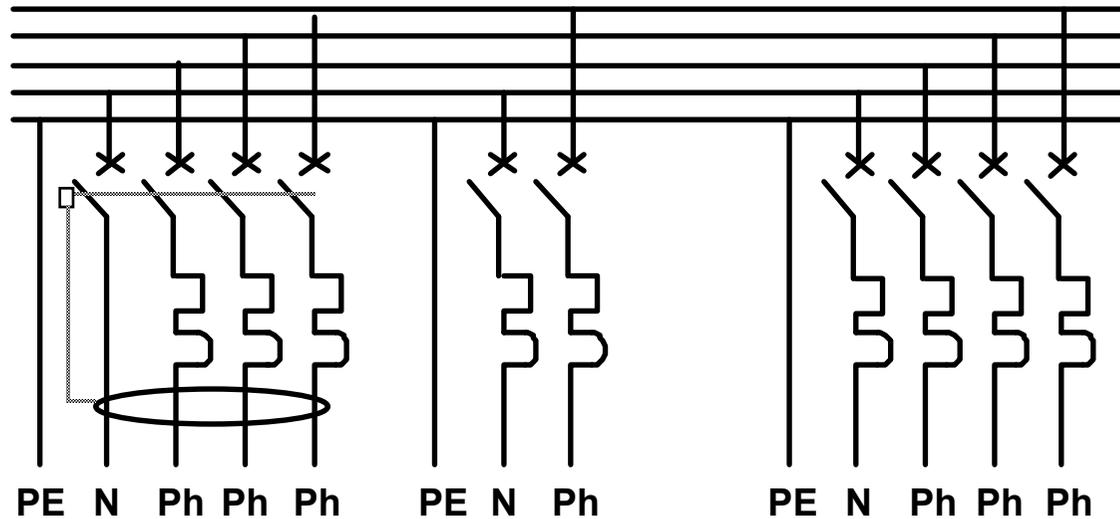
- **$I_{cu} \text{ 1 pólo a } U_n = I_{cu} \text{ 3 pólos a } U_n \times \sqrt{3}$**

Os fabricantes de disjuntores indicam os poderes de corte ( $I_{cu}$ ) monofásico dos seus equipamentos segundo cada tensão nominal.

A norma CEI 947-2 prevê uma seqüência de ensaios para os disjuntores em redes do sistema IT. Os disjuntores que não cumpram estes requisitos

devem ser marcados: ~~IT~~

# A protecção do neutro



- ❑ Em esquema IT, a protecção do condutor de neutro é **obrigatória**
- ❑ protecção por DDR:  $I_{\Delta N} \leq 0,15 I_z$  neutro

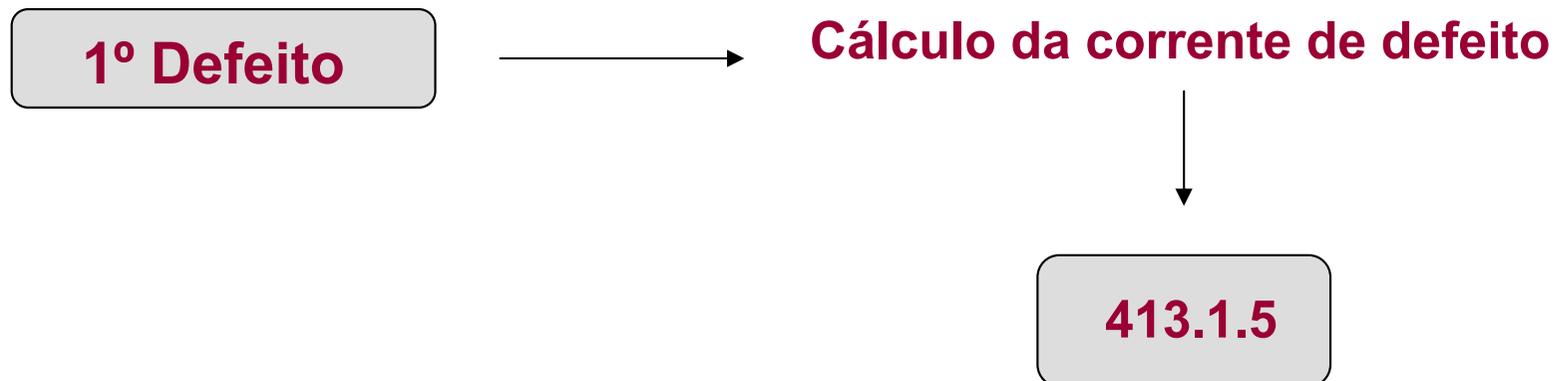
❖ cada um dos circuitos é protegido contra contactos indirectos por um dispositivo de protecção de sobreintensidades

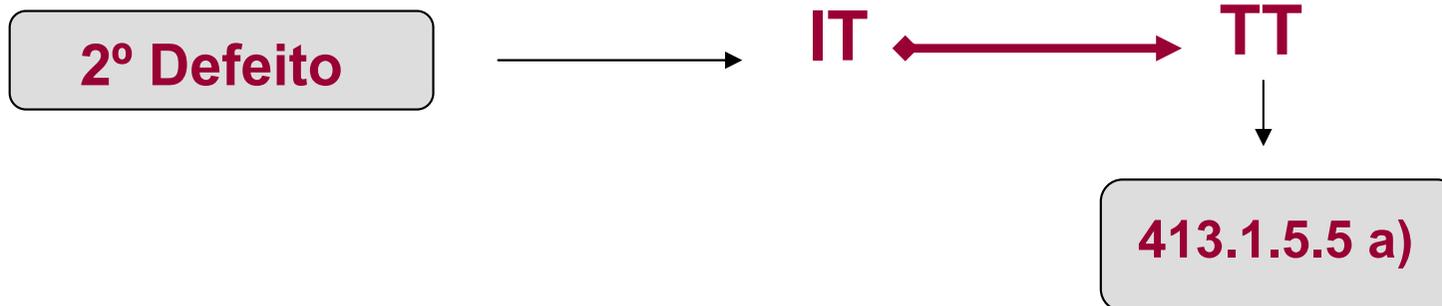
# recapitulativo

	TT	TN-C	TN-S	IT
Corrente de defeito	alguns mA a A	$I_d \approx I_{cc}$	$I_d \approx I_{cc}$	$I_d < 0,1A$
Tensão de defeito	$U_C > U_L$	$U_C > U_L$	$U_C > U_L$	$V_C < U_L$
Comprimento dos cabos	sem limitações	cálculo	cálculo	cálculo
Protecções defeito de isolamento	DDR	disjuntor	disjuntor ou DDR	disjoncteur ou DDR + signalisation
Descarregador de sobretensões	aconselhado	aconselhado	aconselhado	necessário

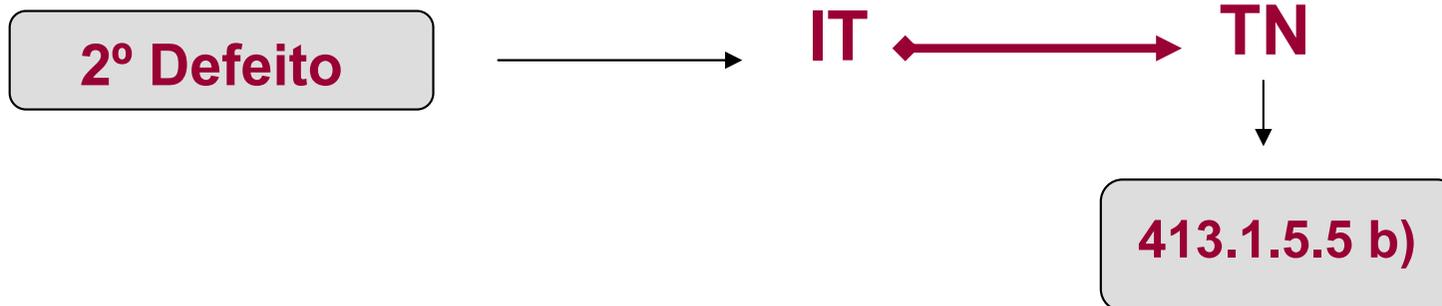
# Verificação das condições de protecção por corte automático da alimentação – de acordo com as RTIEBT

612.6.1 – Sistema IT – c)





- **Medida da resistência do eléctrodo de terra das massas instalação**
- **Verificar características do dispositivo de corte associado ao TT**
  1. **Inspeção visual da corrente e o ensaio, quando o dispositivo de protecção diferencial (Anexo B)**
  2. **Inspeção visual da corrente estipulada dos disjuntores ou fusíveis de protecção de sobreintensidades**
  3. **Verificar continuidade dos condutores de protecção ( 612.2)**



- **Medição da malha de defeito ou medida da resistância dos condutores de protecção.**
- **Verificação das características do dispositivo de corte, inspecção visual da corrente estipulada dos disjuntores ou dos fusíveis. Para os DDR verificação do seu funcionamento.**
- **Medida da resistância do electrodo de terra global RB ( 413.1.3.7)**

# Metodologias de acordo com as RTIEBT / parte 6

- Anexo B

## Verificação do funcionamento dos DDR

### Método 1

Pode ser usado nas instalações em SLT TN-S; TT; ou IT. Para o esquema IT, pode ser necessário ligar à terra um ponto da instalação durante a realização dos ensaios, a fim de fazer actuar o dispositivo.

### Método 2

Pode ser usado em instalações de sistema TN-S; TT ou IT.

# Metodologias de acordo com as RTIEBT / parte 6

- Anexo B

## **Verificação do funcionamento dos DDR**

### **Método 3**

Necessita de um eléctrodo de terra auxiliar.

Pode ser usado nas instalações em SLT TN-S; TT; ou IT. Para o esquema IT, pode ser necessário ligar à terra um ponto da instalação durante a realização dos ensaios, a fim de fazer actuar o dispositivo.

Nota: todos estes métodos são a título exemplificativo

# Metodologias de acordo com as RTIEBT / parte 6

- Anexo C

## **Medição da resistência de um eléctrodo de terra**

**Seguir indicações das RTIEBT - Exemplificativo**

- Anexo D

## **Medição da malha de terra**

**Método 1 – Quedas de tensão**

**Método 2 – Alimentação separada**