



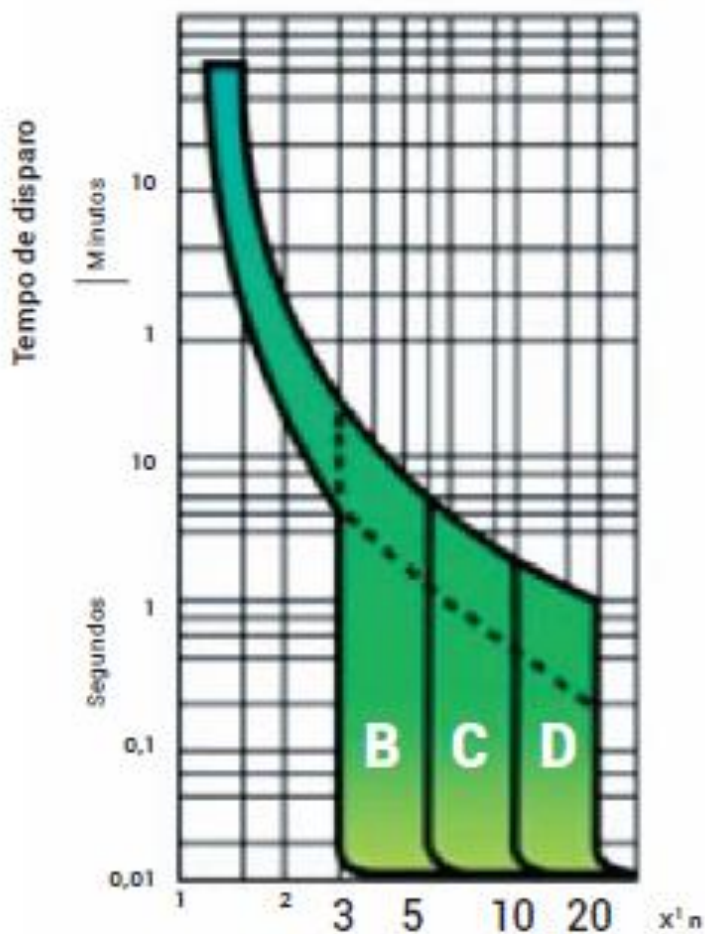
CTeSP – Instalações eléctricas e Automação

Aula 09 - Aparelhagem e Medidas Eléctricas



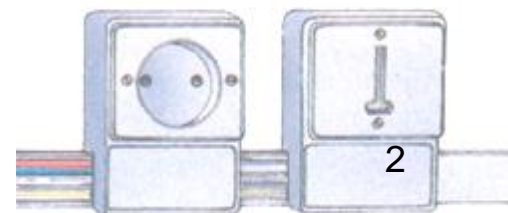
Aparelhagem eléctrica

Disjuntor



- **Curva B:** é utilizada na protecção das cargas mais favoráveis, como cargas resistivas, aquecimento, e outros;
- **Curva C:** é utilizada principalmente na protecção de tomadas de corrente e iluminação fluorescente;
- **Curva D:** é utilizada na protecção de cargas bastante indutivas, com correntes de arranque elevadas (motores eléctricos potentes, por exemplo), transformadores, entre outros.

José Saraiva





Aparelhagem eléctrica

Disjuntor

- No seguinte quadro apresentam-se as características dos disjuntores de BT segundo interpretação das normas.

DISJUNTORES DE BAIXA TENSÃO		
Características Eléctricas	Tipos	
	Doméstico EN 60898	Industrial CEI 947-2
Tensão estipulada - U_n	≤ 440 V	≤ 1000 V
Corrente estipulada - I_n	$I_n \leq 125$ A	Não limitadas
Disparo térmico	$1,13 \times I_n$ a $1,45 \times I_n$	$1,05 \times I_n$ a $1,30 \times I_n$ regulável
Disparo magnético	Curvas: B - 3 a $5 \times I_n$ C - 5 a $10 \times I_n$ D - 10 a $20 \times I_n$	Curvas do fabricante
Poder de corte estipulado - P_{dc}	$P_{dc}, I_{cn} \leq 25$ kA	I_{cu}
Poder de corte ultimo - I_{cu}		
Poder de corte em serviço I_{cs}	$I_{cn} \leq 6$ kA $\Rightarrow I_{cs} = I_{cn}$ $I_{cn} > 6$ kA $\Rightarrow I_{cs} = 0,75 \times I_{cn}$ $I_{cn} \leq 10$ kA $\Rightarrow I_{cs} = 0,75 \times I_{cn}$ $I_{cn} > 10$ kA $\Rightarrow I_{cs} = 0,50 \times I_{cn}$	$I_{cs} = \% I_{cu}$

- Os poderes de corte estipulados normalizados dos disjuntores domésticos são : 1,5 – 3 – 4,5 – 6 – 10 -25 KA

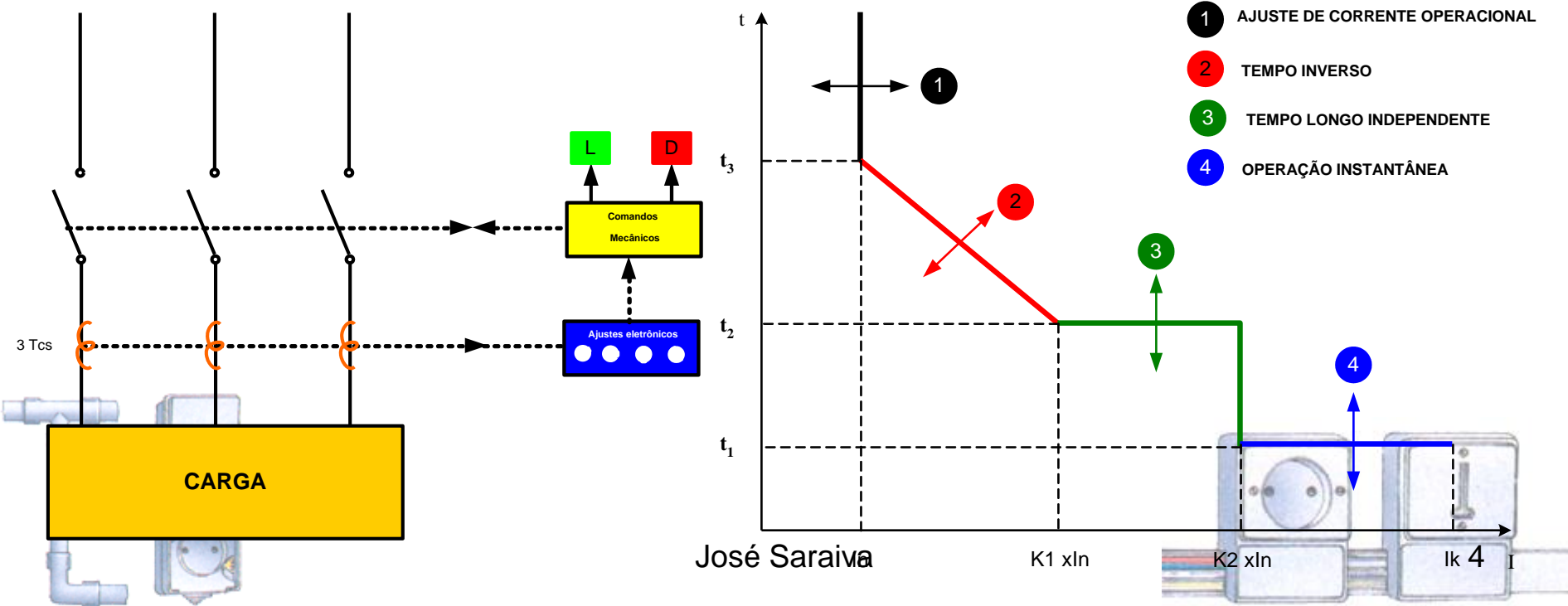


Aparelhagem eléctrica

Disjuntor

Disjuntores electrónicos de BT

- O disjuntor electrónico, compreende sensores de corrente, uma electrónica de processamento dos sinais de comando e actuadores;
- Os sensores de corrente são constituídos por TI e TT e elaboram a imagem da corrente medida. A electrónica processa as informações e, dependendo do valor da corrente medida, determina o disparo do disjuntor no tempo previsto.



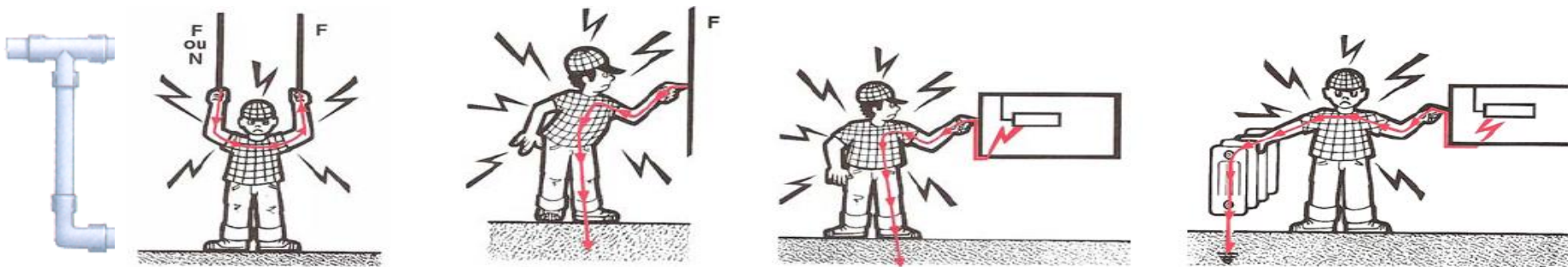


Aparelhagem eléctrica

Choque eléctrico

- Choque eléctrico

- A corrente eléctrica, ao circular pelo corpo humano produz diversos efeitos como consequência da interacção com os órgãos e seu mecanismo fisiológico de funcionamento.
- Esta passagem de corrente através do corpo humano provoca essencialmente problemas de circulação, funções respiratórias e queimaduras graves;
- O grau de gravidade para a vítima é directamente proporcional à amplitude da corrente, as partes do corpo afectadas e a duração do contacto;
- A norma IEC 479-1 define 4 zonas de efeitos Fisiopatológicos da magnitude de corrente em função do tempo de contacto;
- As normas relevantes são as normas IEC 364, IEC 479-1, IEC 755, IEC 1008, IEC 1009, e IEC 947-2 anexo B;





Aparelhagem eléctrica

Choque eléctrico

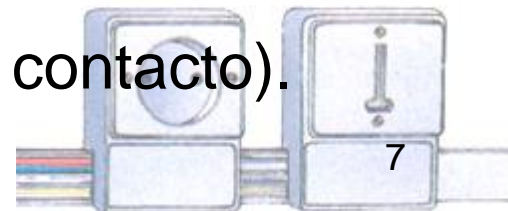
Os efeitos da Corrente eléctrica e a sensibilidade:

- **Percepção**: Reacção provocada pelo efeito da passagem da corrente eléctrica que apenas produz um simples formigueiro.
- **Convulsão**
 - **Esticção**: Os músculos reagem provocado de imediato a interrupção do contacto. Nota-se nas vítimas um estado de comoção que se dissipa mais ou menos rapidamente.
 - **Tetanização**: Dá-se a contracção dos músculos provocando a colagem ao condutor. As vítimas perdem a consciência. Se contacto não for interrompido há o risco da generalização da contracção provocar a asfixia por tetanização dos músculos respiratórios quando a intensidade é suficiente ao nível dos músculos torácicos.
- **Fibrilação ventricular**: Este fenómeno é devido a contracções anárquicas do músculo cardíaco. Nestas condições o cérebro e o próprio coração deixam de ser irrigados e perturbações graves, irreversíveis ao fim de alguns minutos, levam à paragem definitiva do coração.
- **Queimaduras**: Os efeitos térmicos da corrente eléctrica provocam lesões nos tecidos, mais ou menos graves de acordo com o valor da corrente.



Parâmetros a ter em conta na avaliação dos riscos

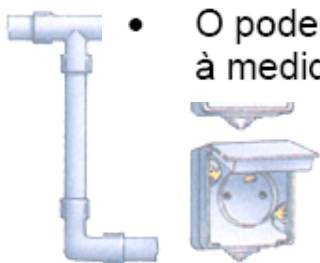
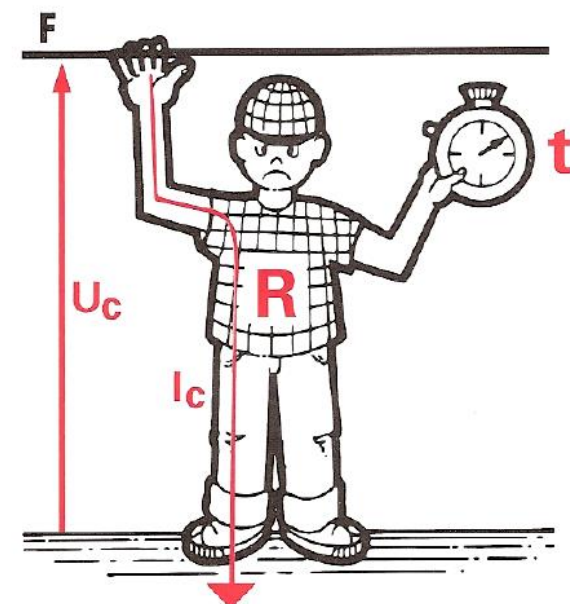
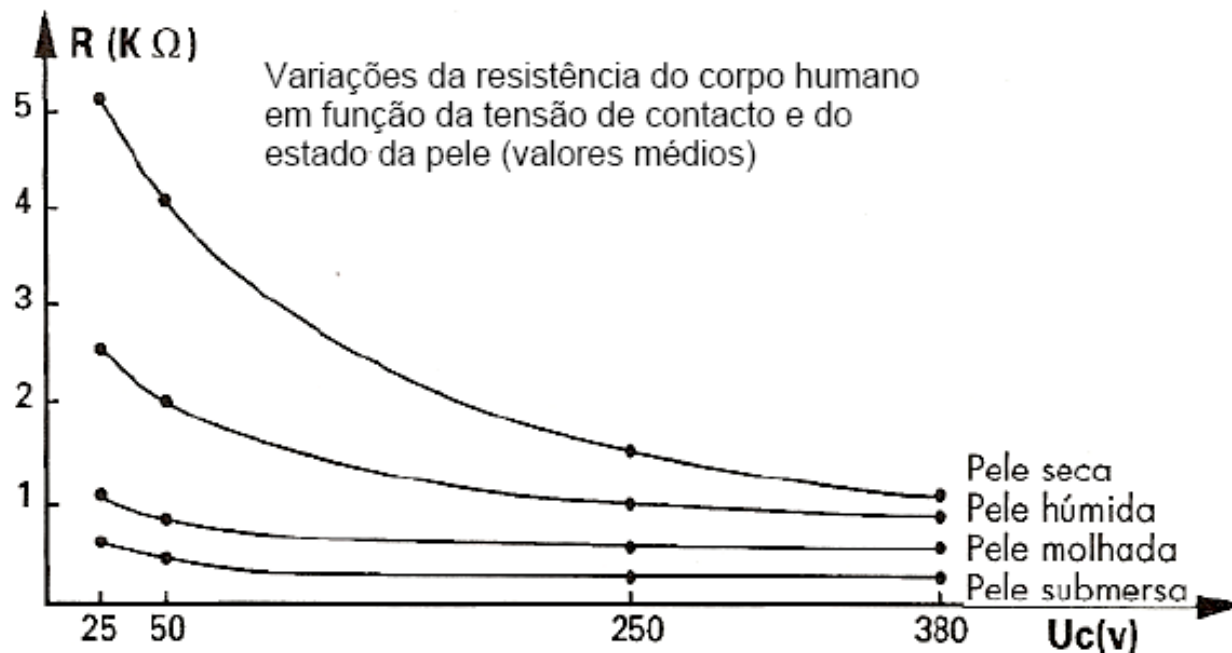
- **Intensidade de corrente I_c** que circula pelo corpo.
- **Tempo de passagem t** da corrente que circula pelo corpo.
- **Resistência do corpo R_c** à passagem da corrente eléctrica.
 - **$R_{\text{contacto}} = R_{\text{corpo}} + R_{\text{toque}} + R_{\text{vestuário}}$**
 - **R_{corpo}** varia com:
 - » Idade; »Sexo; » Estatura; » Peso; »Hereditariedade;
 - » Estado da pele; »Estado de fadiga; »Estado de digestão.
 - » Estado emotivo.
 - **R_{toque}** varia com a pressão Atmosférica.
 - **$R_{\text{vestuário}}$** varia com o tipo e espessura.
- **Tensão aplicada ao corpo U_c** (tensão de contacto).





Aparelhagem eléctrica

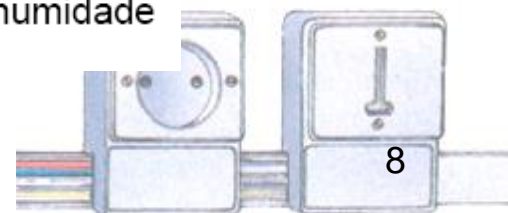
Choque eléctrico



- O poder protector da pele diminui à medida que a tensão aumenta.

- O poder protector da pele diminui à medida que a grau de humidade aumenta.

José Saraiva





Aparelhagem eléctrica

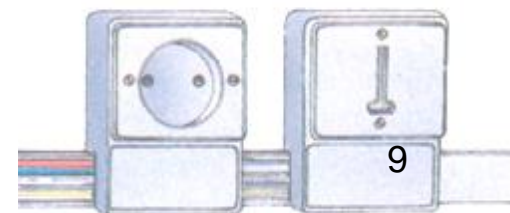
Choque eléctrico

Nas instalações eléctricas de utilização devem ser adoptadas medidas destinadas a garantir a protecção das pessoas contra os chamados choques eléctricos.

Segundo as R.T.I.E.B.T. (Parte 4 – Secção 41), nas instalações de utilização devem ser tomadas medidas destinadas a garantir a protecção das pessoas contra os contactos directos e os contactos indirectos.

A **protecção contra os contactos directos** envolve fundamentalmente medidas preventivas.

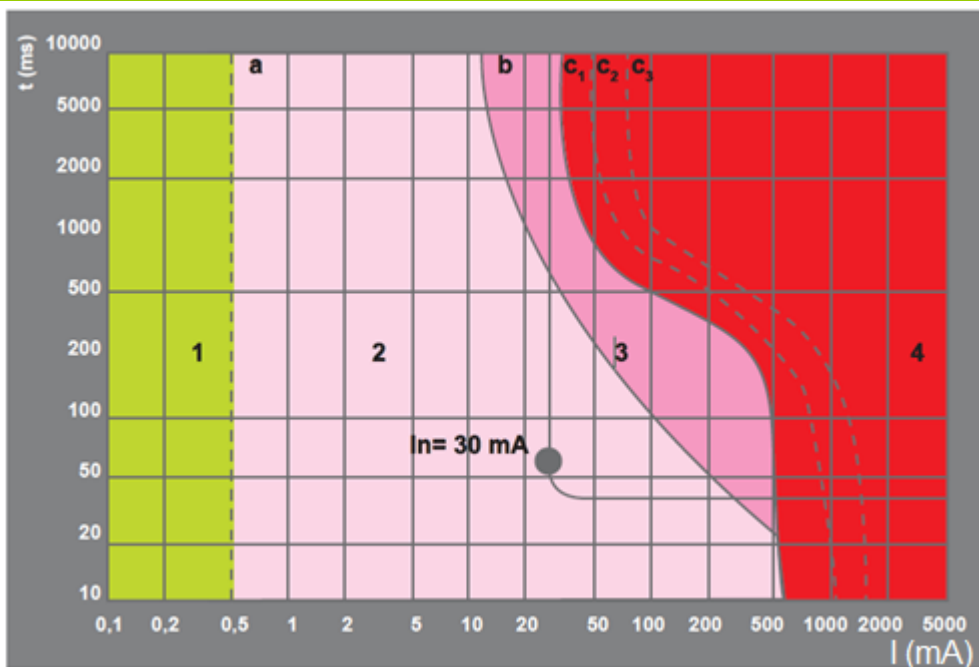
A **protecção contra contactos indirectos** é usualmente feita através da utilização de aparelhos sensíveis à corrente diferencial - residual resultante de um defeito de isolamento.





Aparelhagem eléctrica

Diferencial



Zona 1: nenhum efeito perceptível.

Zona 2: efeitos fisiológicos que geralmente não causam danos. Ligeira percepção superficial, ligeira paralisia nos músculos do braço e início de tetanização.

Zona 3: efeitos fisiológicos consideráveis (paragem cardíaca, paragem respiratória, contracções musculares) geralmente reversíveis. Paralisia estendida aos músculos do tórax, sensação de falta de ar e tontura; possibilidade de fibrilação ventricular se a descarga eléctrica ocorrer na fase crítica do ciclo cardíaco e por tempo superior a 200 ms.

Zona 4: elevada probabilidade de efeitos fisiológicos muito graves e irreversíveis (fibrilação cardíaca, paragem respiratória). Traumas cardíacos persistentes; neste caso o efeito é letal, salvo intervenção imediata de assistência médica com equipamento adequado.

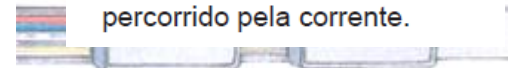
A Comissão Electrotécnica Internacional (IEC), efectuou um estudo que estabeleceu zonas e faixas de corrente, em miliampères (mA), que podem ser prejudiciais ao ser humano, tendo em conta, a intensidade de corrente (mA) e o período de exposição (em segundos).

A norma IEC 60479 que resulta deste estudo, aponta também como factores determinantes para a acção da corrente eléctrica no corpo humano, a frequência do sinal (Hz), a densidade da corrente (mA/mm²) e o caminho percorrido pela corrente.

> Efeitos da corrente eléctrica

Corrente eléctrica	Reacção fisiológica num indivíduo
500 mA	Paragem cardíaca
30 mA	Risco de fibrilação cardíaca irreversível
10 mA	Sem efeitos perigosos, desde que o contacto seja inferior a 5 segundos
0,5 mA	Contracção muscular ligeira
0,1 mA	Sensação de desconforto

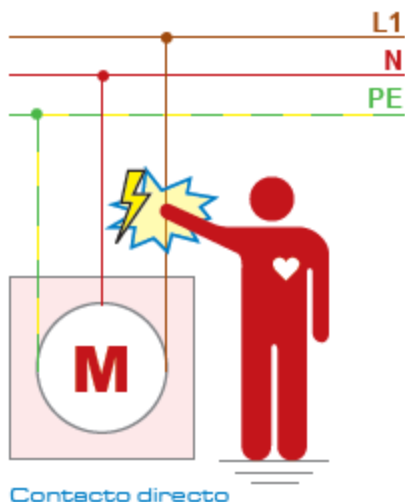
raiva





Aparelhagem eléctrica

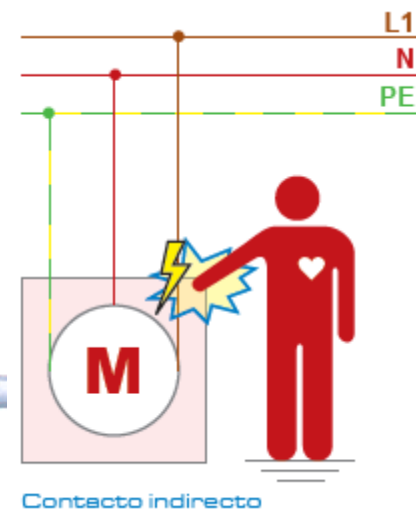
Diferencial



> Contactos directos

O contacto directo é aquele em que um indivíduo entra em contacto com um elemento que está sob tensão, como por exemplo, um cabo condutor de energia eléctrica. Nestes casos, a protecção contra este tipo de contactos envolve medidas essencialmente preventivas e de segurança, para evitar este risco, como por exemplo a utilização de barreiras físicas (como por exemplo, os quadros eléctricos só terem acesso por chave) de forma a tornar inacessível o contacto com as partes que se encontram sob tensão.

Para além destas medidas e para complementar a protecção de pessoas e bens, devem ser utilizados equipamentos de protecção diferencial, como os relés de corrente residual, de forma a que mesmo que haja um contacto directo, a protecção das pessoas esteja assegurada.

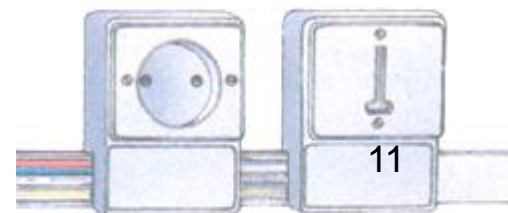


> Contactos indirectos

O contacto indirecto é aquele em que um indivíduo entra em contacto com uma massa condutora que normalmente não está sob tensão, mas que acidentalmente e por defeito de isolamento, fica sob tensão.

Os exemplos mais comuns de contactos indirectos, é por exemplo, o contacto com máquinas de lavar ou frigoríficos, que acidentalmente, conduzem a energia eléctrica através da sua massa.

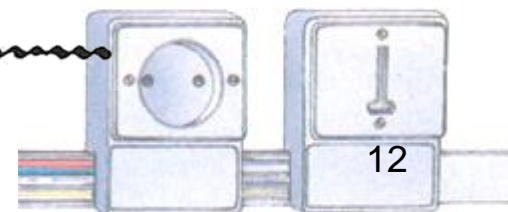
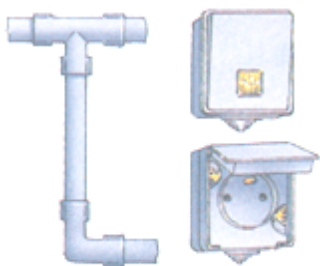
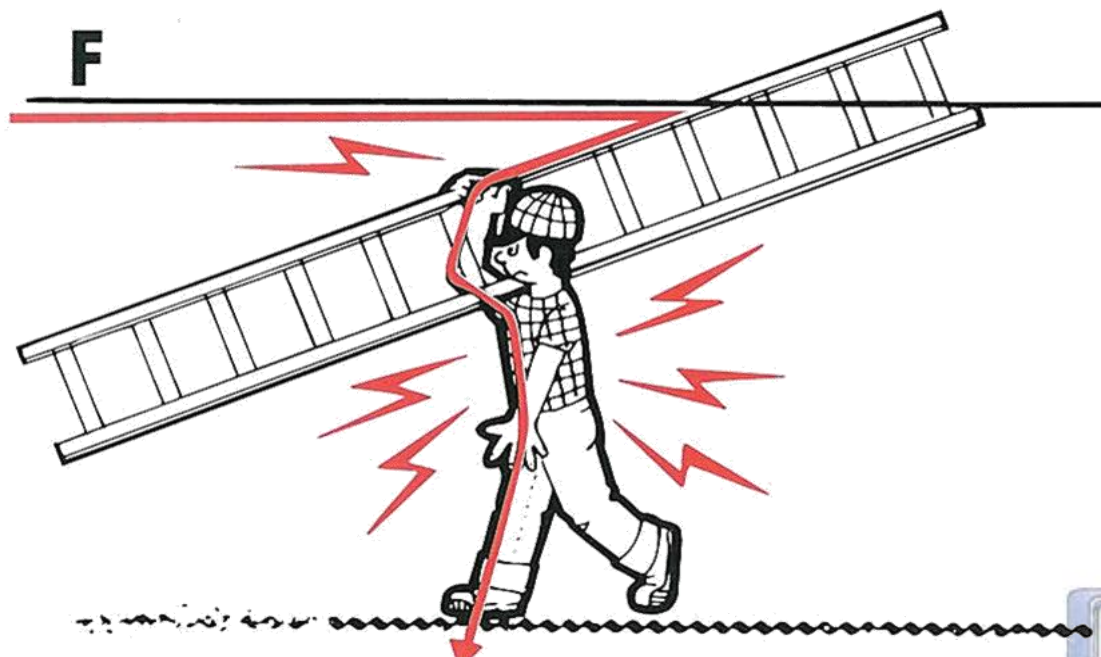
Nestes casos, a protecção é feita utilizando dispositivos diferenciais, que desligam automaticamente a fonte ao primeiro ou ao segundo defeito verificado.





Contacto directo

Se uma pessoa entra em contacto com uma parte activa de um elemento sob tensão, por negligência ou desrespeito das instruções de segurança diz-se que ficou submetida a um **contacto directo**.





Aparelhagem eléctrica

Choque eléctrico

Protecção das Pessoas e das Instalações Eléctricas utilizando diferenciais

- Contactos Directos

- Estamos na presença de um contacto directo, quando um indivíduo, por qualquer razão, toca numa parte activa de um circuito que esteja sob tensão, isto é, toca num elemento condutor de um circuito.
- Esta situação ocorre quando, por exemplo: uma pessoa trabalha num circuito e este é colocado sob tensão; uma criança introduz um objecto metálico numa tomada de corrente; ou um indivíduo ao abrir um furo numa parede com um berbequim eléctrico atinge a canalização eléctrica.
- Para garantir a protecção de pessoas ou animais
 - Por isolamento das partes activas;
 - Por meio de barreiras ou obstáculos;
 - Por colocação fora do alcance;
 - Por protecção complementar com dispositivos diferenciais..



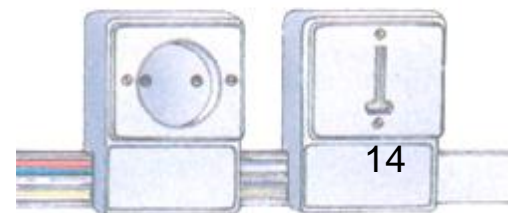
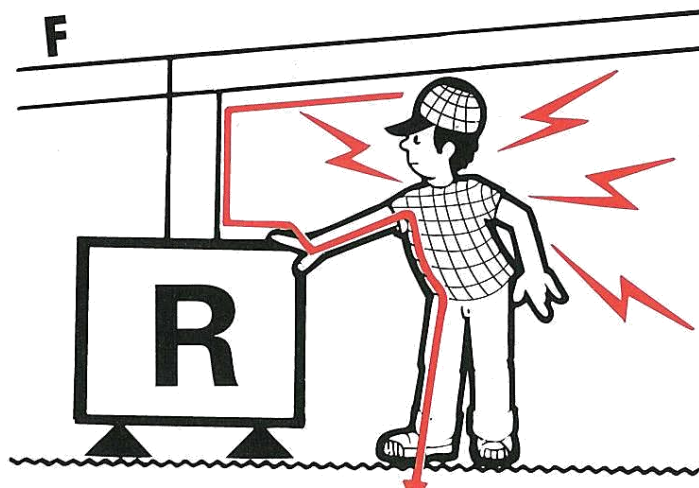
José Saraiva





Contacto indirecto

Se uma pessoa entra em contacto com um elemento que está acidentalmente sob tensão devido, por exemplo a um defeito de isolamento, a electrocussão é consequência de um defeito imprevisível e não da negligência da pessoa. Esse contacto designa-se por **contacto indirecto**.



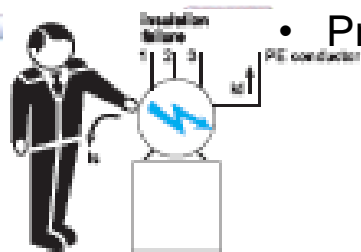


Aparelhagem eléctrica

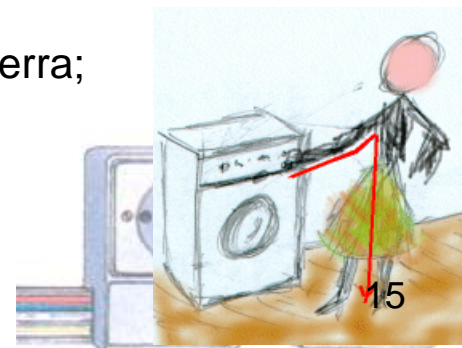
Choque eléctrico

- **Contactos indirectos**

- Um contacto indirecto é fruto de defeitos de isolamento que, por vezes, aparecem nos aparelhos e equipamentos eléctricos, devido ao uso e envelhecimento.
- Dá-se quando uma pessoa toca um invólucro metálico de uma máquina eléctrica que acidentalmente fique sob tensão por anomalia do isolamento.
- A protecção contra contactos indirectos pode ser assegurada por as protecções seguintes:
 - **Protecção por corte automático de alimentação;**
 - **Protecção por ligação equipotencial suplementar;**
 - **Protecção por recurso a equipamentos da classe II;**
 - Protecção por recurso a locais não condutores;
 - Protecção por ligação equipotencial local não ligado à terra;
 - Protecção por separação eléctrica



José Saraiva





MEDIDAS DE PROTECÇÃO CONTRA OS CONTACTOS DIRECTOS

Por Isolamento
(Aplicáveis a todas as condições de influências externas)

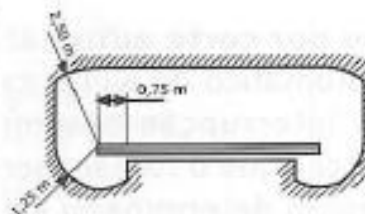
1) Todas as partes activas devem ser completamente isoladas, por isolamento que apenas se possa retirar por destruição;
2) Os isolamentos de equipamentos montados em fábrica devem satisfazer às regras aplicáveis a esses equipamentos;
3) Os equipamentos não montados em fábrica devem ser dotados de protecção que suporte, de forma durável, as solicitações a que possam vir a ser submetidas.

Por barreiras ou obstáculos
(Aplicáveis apenas em locais acessíveis a pessoas qualificadas ou Instruídas **)

1) As partes activas devem ser colocadas dentro de invólucros ou por trás de barreiras com $IP \geq IP2X$ (aberturas de dimensão inferior a 12,5 mm);
2) Se não for possível cumprir o preceituado em 1) deve:
a) tomar-se precauções para impedir que as pessoas e os animais toquem acidentalmente nas partes activas; e
b) garantir que as pessoas estejam conscientes de que as partes que fiquem acessíveis pela abertura são partes activas.
3) Pisos e passadeiras colocados por cima de partes activas devem ter um $IP \geq IP4X$;
4) As barreiras e os invólucros devem ser fixados de forma segura e terem robustez e durabilidade para manterem o grau de protecção exigido;
5) Os obstáculos devem impedir:
a) A aproximação física, não intencional, às partes activas;
b) Os contactos não intencionais com as partes activas durante a exploração.

Por colocação fora alcance (Aplicáveis apenas em locais acessíveis a pessoas Qualificadas ou Instruídas **)

1) As partes activas não se devem situar no volume de acessibilidade;



2) O volume de acessibilidade pode ser condicionado por obstáculo, na horizontal, mantendo-se na vertical o afastamento de 2,5 m.

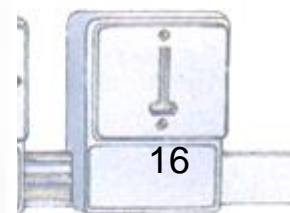
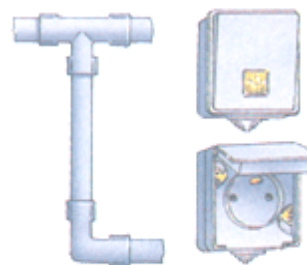
Por protecção complementar com dispositivo diferencial

A protecção complementar por dispositivo diferencial de alta sensibilidade $I_{\Delta n} = 30 \text{ mA}$, deve ser usada como efectivo complemento de qualquer uma das outras medidas, não podendo ser considerada por si só uma medida suficiente.

De referir que esta medida não evita acidentes em que o contacto é bipolar (entre fases e entre fase e neutro), pelo que se torna importante a aplicação correcta das outras medidas referenciadas.

** E desde que:

- 1) - $U \leq$ Limite superior do Domínio II das tensões;
- 2) - Nas passagens para manutenção se cumpram as distâncias que se mostram nas figuras seguintes;
- 3) - Os locais sejam assinalados por meio de sinalização adequada, de forma visível, tenham as portas de entrada que permitam uma saída fácil para o exterior.





MEDIDAS DE PROTECÇÃO SIMULTÂNEA CONTRA OS CONTACTOS DIRECTOS E INDIRECTOS

TRS - Tensão reduzida de segurança
ou
TRP - Tensão reduzida de protecção

TRF - Tensão reduzida funcional

1) Tensões $U \leq 50 \text{ V c.a.}$ ou $U \leq 120 \text{ V c.c.}$

2) Fonte de alimentação:

- a) Transformador de segurança - Norma EN 61558 ou transformador equivalente;
- b) Pilhas ou acumuladores;
- c) Dispositivos electrónicos.

2) Fonte de alimentação

- a) Transformador de tensão reduzida;
- b) Pilhas ou acumuladores;
- c) Dispositivos electrónicos.

3) Condições de instalação dos circuitos:

- a) As partes activas de tensão reduzida devem ser electricamente separadas de outros circuitos, por isolamento equivalente ao que existe entre o primário e o secundário do transformador;
- b) Os condutores de todos os circuitos de tensão reduzida devem ser fisicamente separados dos condutores de todos os outros circuitos.

3) Fichas e tomadas devem satisfazer as condições seguintes:

- a) As fichas não devem poder entrar em tomadas de outras tensões;
- b) As tomadas devem impedir a introdução de fichas de outras tensões;
- c) As tomadas alimentadas por TRS não devem possuir contacto de terra.

3) Fichas e tomadas devem satisfazer as condições seguintes:

- a) As fichas não devem poder entrar em tomadas de outras tensões;
- b) As tomadas devem impedir a introdução de fichas de outras tensões.

4) As massas dos equipamentos alimentados a TRS não podem ser ligadas à terra, nem a condutores de protecção ou massas ou elementos condutores de outras instalações.

4) As massas dos equipamentos alimentados a TRF devem ser ligadas:

- a) ao condutor de protecção do circuito primário, se neste for usada uma das medidas de protecção por corte automático; ou
- b) ao condutor de equipotencialidade do circuito primário, não ligado à terra, se no primário for usado o método de protecção por separação eléctrica.

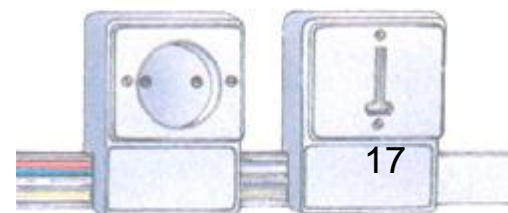
5) Protecção contra contactos directos

Para tensões compreendidas nos limites $25 < U \leq 50 \text{ V}$ a protecção contra contactos directos deve ser garantida por:

- a) barreiras ou invólucros com IPXXB (Protecção contra a penetração de dedos); ou
- b) isolamento que suporte 500 Volt durante 1 minuto.

5) Protecção contra contactos directos
A protecção contra contactos directos deve ser garantida por:

- a) barreiras ou invólucros com IPXXB (Protecção contra a penetração de dedos); ou
- b) por isolamento correspondente à tensão mínima exigida para o primário.



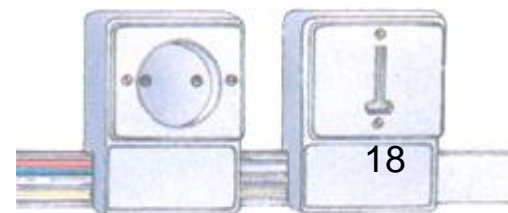
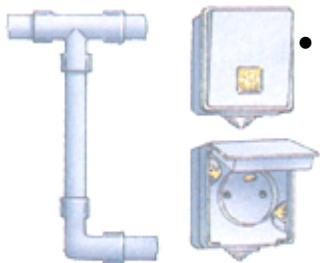


Aparelhagem eléctrica

Choque eléctrico

- **Protecção por corte automático da alimentação**

- O corte automático de alimentação, é um meio de protecção que se baseia na interrupção automática de um dispositivo que possui características que o tornam sensível às correntes de defeito.
- Este modo de protecção contra os contactos inditectos deve ser, utilizado quando, em caso de defeito, e em consequência da duração da tensão de contacto U_c , existir risco de se produzirem efeitos fisiopatológicos perigosos para as pessoas.
- Para esta protecção poder ser utilizada de forma eficaz deve haver coordenação entre as seguintes condições:
 - Os esquemas de ligação à terra;
 - As características dos condutores de protecção;
 - E os dispositivos de protecção;

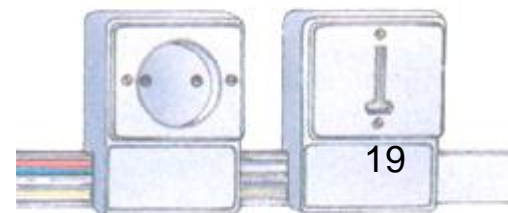
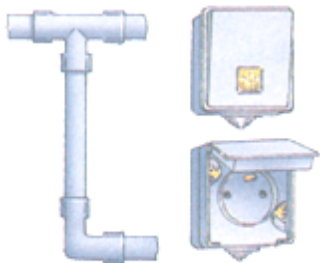




Aparelhagem eléctrica

Choque eléctrico

- Nesta medida de protecção importa garantir que:
 - As tensões de contacto não ultrapassam as tensões limite convencionais $U_c \leq U_l$ ($U_l = 50 \text{ V ac}$ ou $U_l = 120 \text{ V dc}$), e;
 - O tempo de permanência da tensão de contacto seja $t \leq 5 \text{ s}$;
 - Para haver esta garantia o dispositivo de corte automático deve possuir características adequadas e as massas dos equipamentos devem estar equipotencializadas à terra através de condutores de protecção, sendo as características do equipamento dependentes do sistema de ligação à terra da instalação (TN, TT ou IT);
 - Em alguns locais especiais o valor da tensão limite convencional (U_l) pode baixar para os 25 Volt ou mesmo para os 12 Volt, face à elevada perigosidade dos locais;





Aparelhagem eléctrica

Diferencial

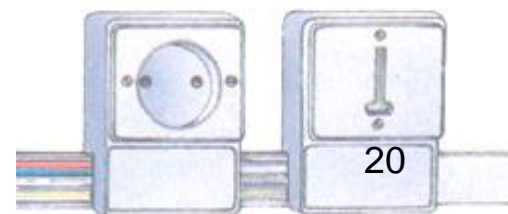
Função dos dispositivos diferenciais

- Os dispositivos diferenciais permitem a protecção das pessoas relativamente aos contactos directos e indirectos. Detectam as correntes de defeito à terra que eventualmente possam surgir nalgum ponto da instalação eléctrica, assegurando a abertura do circuito.
- Actua quando a diferença entre dois ou mais valores da mesma grandeza ultrapassa um valor preestabelecido.
- São geralmente utilizados na protecção de pessoas e bens contra as correntes de fuga nos circuitos e ainda contra curto-circuitos;
- Nos dispositivos diferenciais distinguem-se dois tipos:

– **Interruptor diferencial ID**

– **Disjuntor diferencial DDR**

José Saraiva



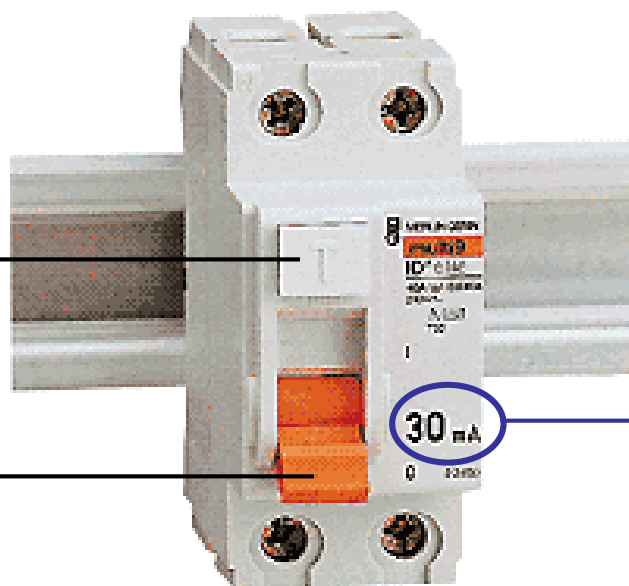


Protecção contra contactos directos

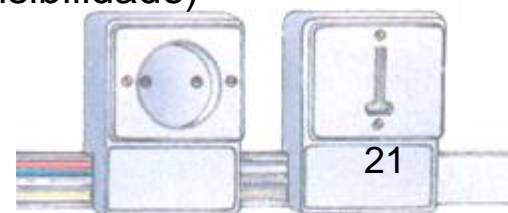
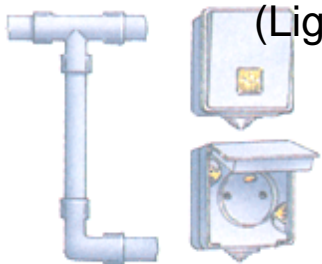
Para protecção das pessoas contra os **contactos directos** as R.T.I.E.B.T (Secção 412) preconizam essencialmente medidas preventivas que, em alguns casos podem ser complementadas pela instalação de **dispositivos diferenciais de alta sensibilidade** (de 6, 12 ou 30 mA).

Botão de teste
para o ensaio
periódico do
diferencial.

Alavanca de
comando de duas
posições
(Ligado/Desligado).



Sensibilidade
do diferencial:
30mA (alta
sensibilidade)



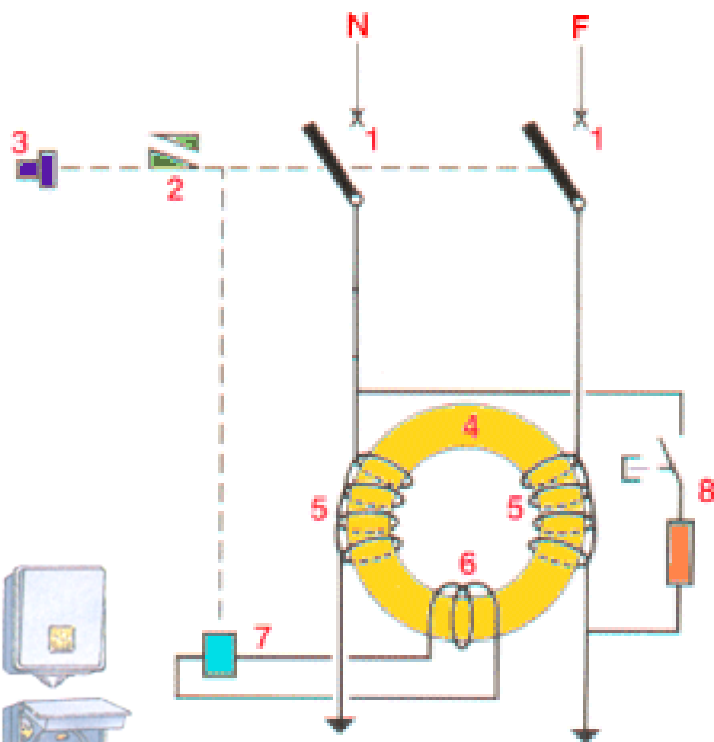


Aparelhagem eléctrica

Diferencial

Princípio da protecção diferencial

- Um dispositivo diferencial é composto por um transformador toroidal, composto por dois enrolamentos de potência iguais (se for monofásico), por onde circulam as correntes da fase e do neutro, respectivamente, e um enrolamento secundário para alimentação de um relé.



1. Contactos de potência;
2. Encravamento mecânico;
3. Botão de rearme;
4. Toroide magnético;
5. Bobinas (enrolamento) de potência;
6. Bobina de detecção;
7. Relé de detecção;
8. Botão e resistência de teste

José Saraiva

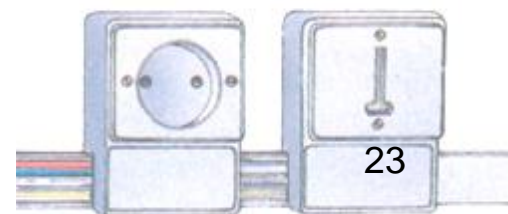
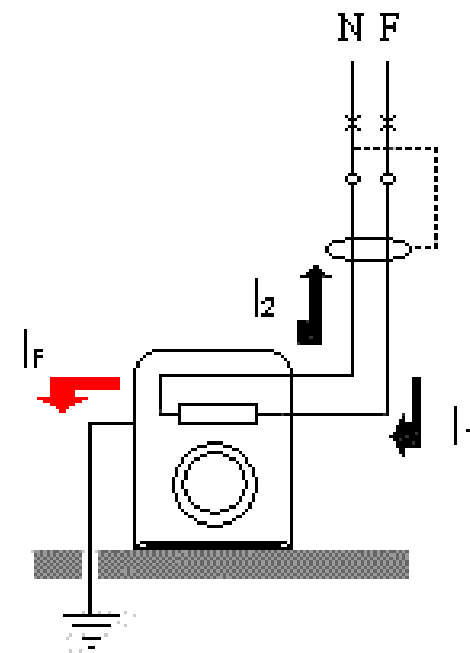




Aparelhagem eléctrica

Diferencial

- Enquanto as correntes da fase e do neutro forem iguais, os campos magnéticos por elas criado também é igual, mas de sentido contrário, anulando-se, não induzindo qualquer corrente no enrolamento secundário.
- Se houver um defeito I_F , as correntes da fase e do neutro têm valores diferentes, dando origem a um campo magnético não nulo, que induz uma corrente no enrolamento secundário.
- Provocando o accionamento do relé de detecção e, conseqüentemente, a abertura o circuito.



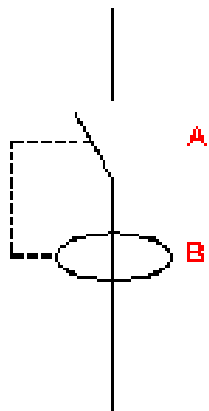


Aparelhagem eléctrica

Diferencial

- Tipos de dispositivos com protecção diferencial

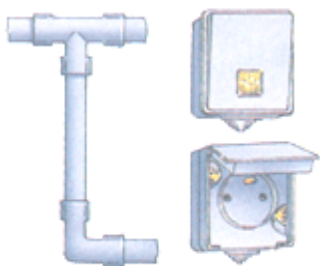
- **Interruptor diferencial** assegura exclusivamente a protecção contra correntes de defeito.



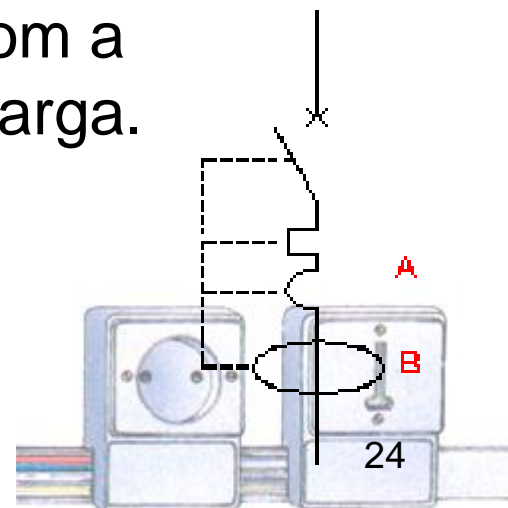
- A - Função interruptor;
- B - Função diferencial;

- **Disjuntor diferencial** assegura cumulativamente a protecção contra correntes de defeito com a protecção contra curto-circuito e sobrecarga.

- A - Função disjuntor térmico e magnético
- B - Função diferencial



José Saraiva





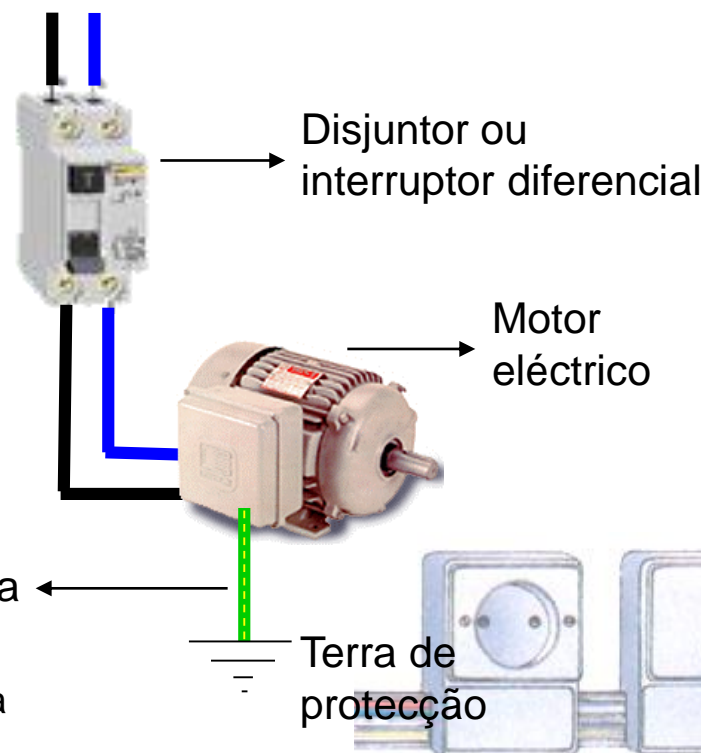
Aparelhagem eléctrica

Diferencial

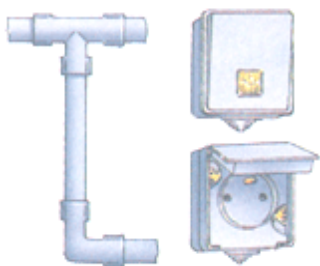
Protecção contra contactos indirectos

- Para a protecção das pessoas contra os contactos indirectos, no regime de neutro TT, instala-se no início do circuito um disjuntor ou interruptor diferencial e ligam-se as massas metálicas dos equipamentos a um condutor de terra que será ligado a um eléctrodo de terra.

A **diferença fundamental entre o disjuntor diferencial e o interruptor diferencial** reside no facto de o disjuntor, além de ter protecção diferencial (contra as correntes de fuga), tal como o interruptor diferencial, tem também protecção magnetotérmica, isto é, contra sobrecargas e curto-circuitos. Portanto o disjuntor é mais completo, sendo o interruptor utilizado quando as outras protecções (contra sobrecargas e curto-circuitos) já estão asseguradas por outros órgãos de protecção.



José Saraiva

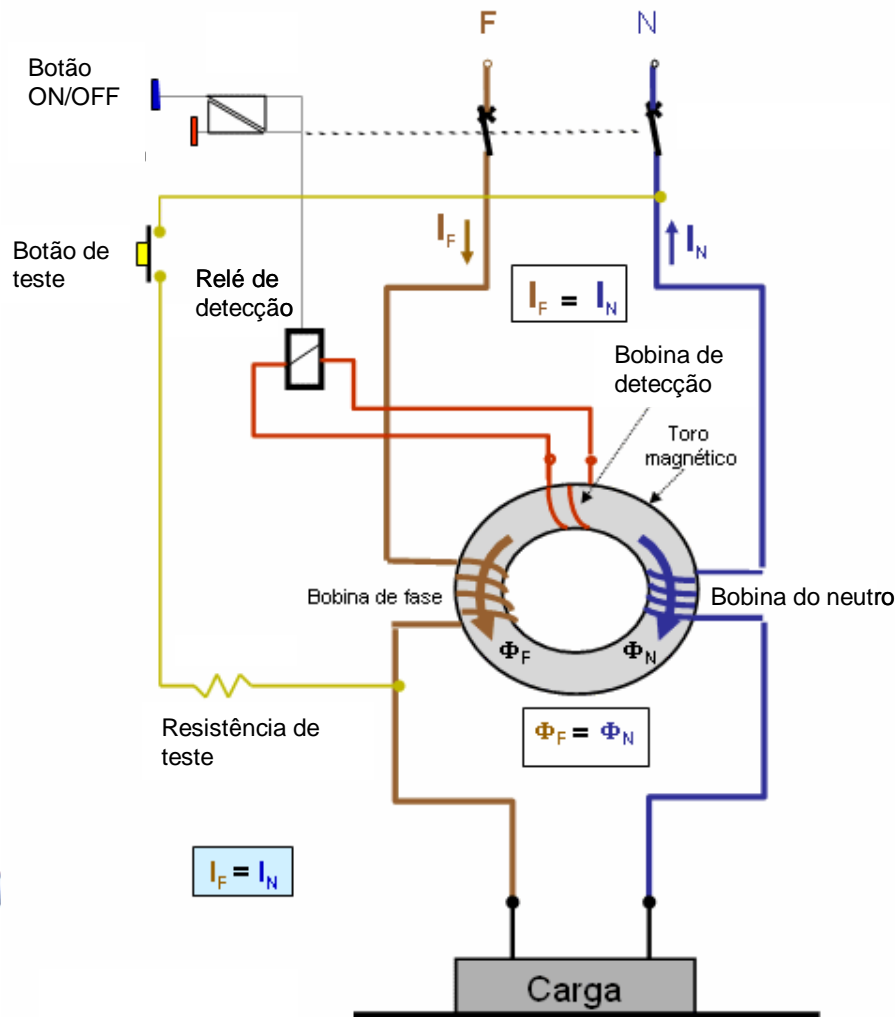




Aparelhagem eléctrica

Diferencial

Como funciona um diferencial



NA AUSENCIA DE DEFEITO:

$I_F = I_N$ (já que não há corrente de fuga para a terra).

$$\Phi_F = \Phi_N$$

$$\Phi_F - \Phi_N = 0$$

logo não há corrente induzida na bobina de detecção que acciona o relé. Os contactos continuam fechados. A instalação funciona normalmente.

NA PRESENÇA DE UM DEFEITO DE ISOLAMENTO:

$I_F > I_N$ (já que há corrente de fuga para a terra).

$$\Phi_F > \Phi_N$$

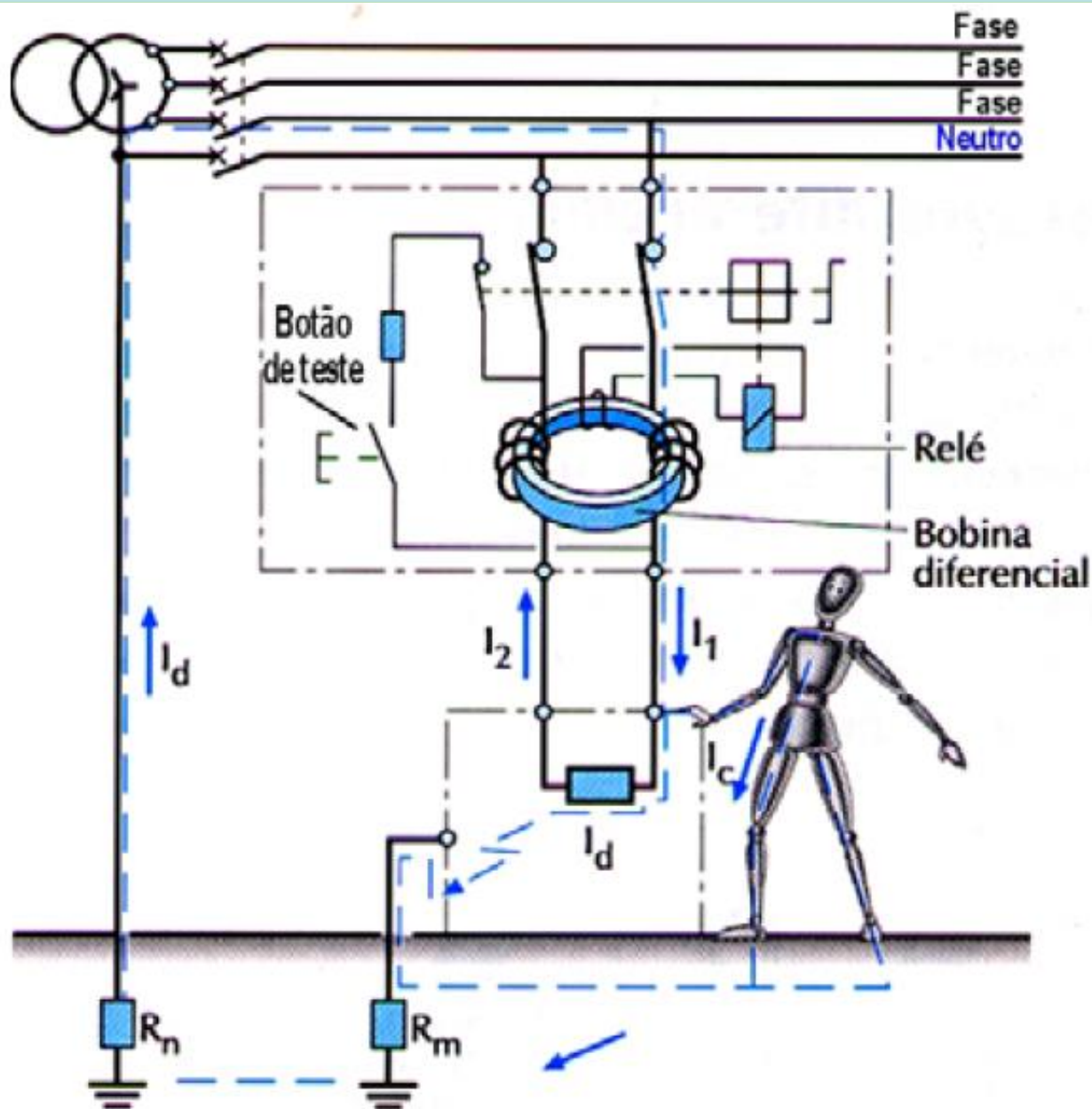
$$\Phi_F - \Phi_N \neq 0$$

logo há corrente induzida na bobina de detecção que acciona o relé. Os contactos abrem. A instalação é desligada.



Aparelhagem eléctrica

Diferencial



I_1 – corrente à entrada do receptor

I_2 – corrente à saída do receptor

I_c – corrente corporal por existir contacto com a massa em defeito

I_d – corrente de defeito

R_n – resistência à terra do neutro

R_m – resistência à terra das massas





Aparelhagem eléctrica

Diferencial

- A sensibilidade de um aparelho diferencial é o valor da intensidade resultante de um defeito – **intensidade de corrente diferencial - residual $I_{\Delta n}$** – que faz abrir obrigatoriamente o circuito defeituoso.
- Existem aparelhos diferenciais de alta, média e baixa sensibilidade.

Sensibilidade	Alta (mA)	Média (mA)	Baixa (A)
$I_{\Delta n}$	6 – 12 – 30	100 – 300 – 500	1 – 3 – 5 – 10 – 20

- O sistema deve garantir que a tensão de contacto seja inferior a 50V (massas não empunháveis) ou 25 V (massas empunháveis), ou seja, que o aparelho de protecção corte o circuito quando a tensão de contacto atingir os valores indicados.
- O produto da resistência de terra de protecção pela intensidade de corrente que faz funcionar o diferencial terá de ser inferior à tensão limite convencional definida (25V ou 50V).

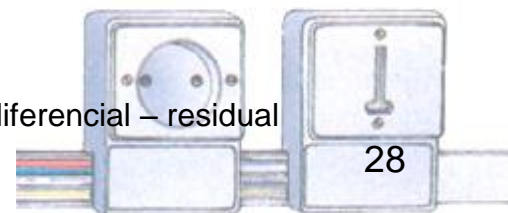
$R \times I_{\Delta n} \leq 25V$ Se houver massas empunháveis

$R \times I_{\Delta n} \leq 50V$ Se não houver massas empunháveis

R – Resistência de terra de protecção em Ω .

$I_{\Delta n}$ – Intensidade de funcionamento do aparelho de protecção ou seja a intensidade diferencial – residual nominal do aparelho diferencial.

José Saraiva





Aparelhagem eléctrica

Diferencial

Relação sensibilidade/resistência de terra

Valores máximos da resistência de terra em função da sensibilidade do aparelho de protecção diferencial, por exemplo, se for de 500mA:

Se houver massas empunháveis $R \times I_{\Delta n} \leq 25V \rightarrow R \leq 25 : 0,5 \rightarrow R \leq 50 \Omega$

Se não houver massas empunháveis $R \times I_{\Delta n} \leq 50V \rightarrow R \leq 50 : 0,5 \rightarrow R \leq 100 \Omega$

Seleção de aparelhos diferenciais conforme os valores máximos da resistência de terra.

Sensibilidade	Corrente residual diferencial estipulada ($I_{\Delta n}$)	Valor máximo de resistência de terra das massas (Ohm) $U_L = 50 V$ Corrente alternada	Valor máximo de resistência de terra das massas (Ohm) $U_L = 25 V$ Corrente alternada
Baixa sensibilidade	20 A	2,5	1,25
	10 A	5	2,5
	5 A	10	5
	3 A	17	8,3
	1 A	50	25
Média sensibilidade	500 mA	100	50
	300 mA	167	83,3
	100 mA	500	250
Alta sensibilidade	30 mA	1 670	833
	12 mA	4 170	2083
	6 mA	8 330	4167



Aparelhagem eléctrica

Diferencial

O que significam as marcações



Interruptor Diferencial

Corrente
diferencial
30mA (alta
sensibilidade)

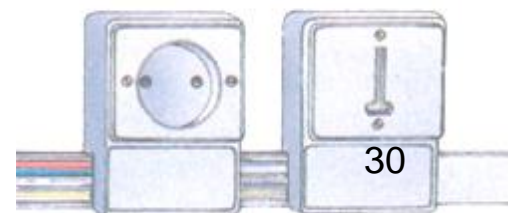
Tensão Nominal

Intensidade
Nominal

Medida do
Diferencial

José Saraiva

Botão de
teste





Aparelhagem eléctrica

Diferencial

Sensibilidade e classe

- Os dispositivos diferenciais residuais são caracterizados pela corrente diferencial nominal $I_{\Delta n}$, e pela sua classe que define o tempo de corte total segundo a curva de segurança e em função do valor da corrente diferencial.
- Por construção, o nível de funcionamento $I_{\Delta f}$ de um dispositivo diferencial residual (DR) situa-se entre 50% e 100% de $I_{\Delta n}$.

Diferenciais do tipo GERAL

Sensibilidade à componente alternada tipo AC:

- Os aparelhos asseguram um bom funcionamento com correntes diferenciais residuais alternadas e sinusoidais.

Diferenciais do tipo Selectivo

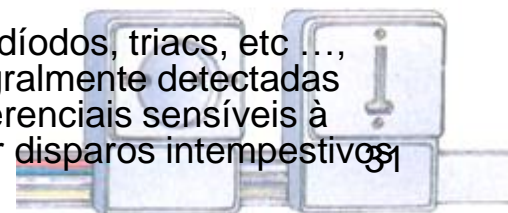
Dispositivo anti-transitório

- As correntes de fuga transitórias embora não sendo perigosas para o utilizador, provocam o disparo dos dispositivos diferenciais.
 - As perturbações poderão ter origem em:
 - descargas atmosféricas;
 - capacidades de fuga em cabos;
 - filtros anti-parasitas de micro-computadores, etc ...
- Os dispositivos anti-transitórios, permitem limitar os riscos de disparos intempestivos.

Sensibilidade para a componente contínua (HI,F,B):



- Os equipamentos eléctricos equipados com semi-condutores, tais como: díodos, triacs, etc ..., produzem em caso de defeito de isolamento, correntes que não são integralmente detectadas pelos dispositivos diferenciais clássicos (tipo AC). Só os interruptores diferenciais sensíveis à componente contínua (tipo A), permitem detectar estas correntes, e evitar disparos intempestivos, como os que acontecem com os aparelhos do tipo AC.





Aparelhagem eléctrica

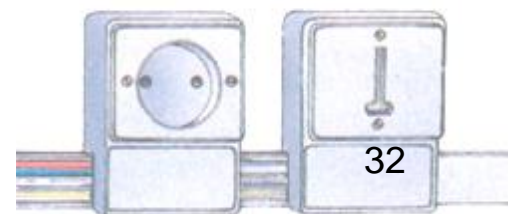
Diferencial



Geral

Selectivo

José S. Silva





Aparelhagem eléctrica

Diferencial

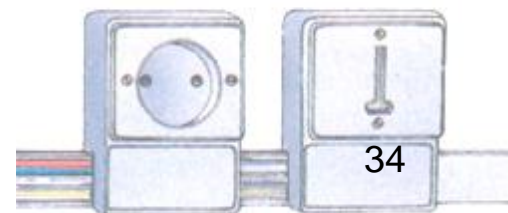
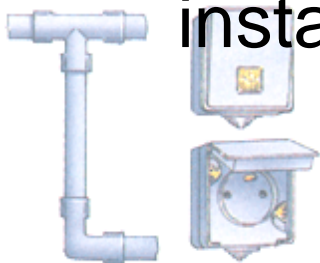
- Valores normalizados dos tempos de funcionamento máximos e dos tempos de não funcionamento (s):**

características dos dispositivos diferenciais			valores normalizados dos tempos de funcionamento e de não funcionamento para uma corrente diferencial $I_{\Delta n}$ igual a:				
tipo	I_n A	$I_{\Delta n}$ A	$I_{\Delta n}$	$2 I_{\Delta n}$	$5 I_{\Delta n}$	500	
geral	para qualquer valor		0,3	0,15	0,04	0,04	tempo de funcionamento máximo
S	$\geq 0,25$	$> 0,030$	0,5	0,2	0,15	0,15	tempo de funcionamento máximo
			0,13	0,06	0,05	0,04	tempo de não funcionamento máximo



Selectividade nos dispositivos diferenciais

- Esta técnica permite a prevenção contra a falta de tensão, na sequência de um defeito de isolamento, na totalidade da instalação equipada com um dispositivo diferencial de entrada para assegurar a continuidade do serviço.
- A selectividade permite cortar só a parte da instalação que está em defeito.

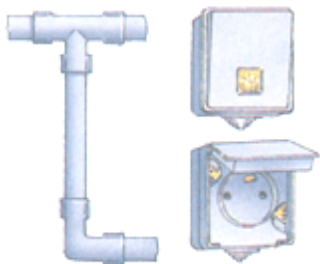




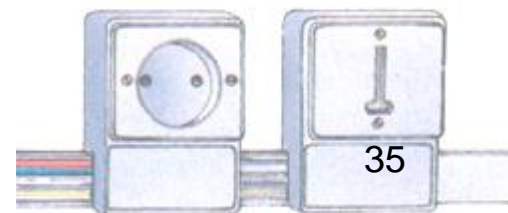
Aparelhagem eléctrica

Diferencial

- **539.3 — Selectividade entre dispositivos diferenciais.**
- Quando uma instalação tiver dispositivos diferenciais colocados em série, pode ser necessário, por motivos de exploração e de segurança, garantir selectividade entre esses dispositivos, por forma a manter a alimentação às partes da instalação não afectadas pelo eventual defeito.
- Esta selectividade pode ser obtida por selecção e por instalação dos dispositivos diferenciais, os quais, garantindo a protecção requerida às diferentes partes da instalação, desligam, apenas, a alimentação das partes da instalação a jusante do dispositivo colocado a montante do defeito e nas suas imediações.
- Para que seja garantida a selectividade entre dois dispositivos diferenciais colocados em série, devem ser satisfeitas, simultaneamente, as condições seguintes:
 - a) A característica de não funcionamento tempo/corrente do dispositivo colocado a montante deve situar-se acima da característica de funcionamento tempo/corrente do dispositivo colocado a jusante;
 - b) A corrente diferencial-residual de funcionamento estipulada do dispositivo colocado a montante deve ser superior à do dispositivo colocado a jusante.
- Para os dispositivos diferenciais que satisfaçam às regras indicadas nas Normas EN 61008 e EN 61009, a corrente diferencial-residual de funcionamento estipulada do dispositivo colocado a montante não deve ser inferior a três vezes a do dispositivo colocado a jusante.



José Saraiva




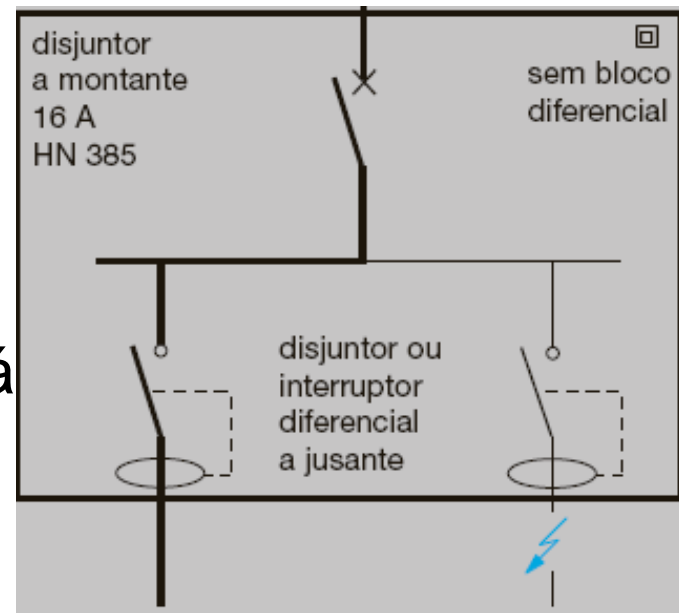


Aparelhagem eléctrica

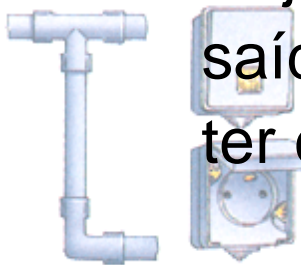
Diferencial

1 - A selectividade horizontal

- Para assegurar a selectividade horizontal de uma instalação, devem-se aplicar três princípios:
 - Supressão da função diferencial do aparelho de entrada;
 - Cada saída é protegida por um dispositivo DR de sensibilidade adaptada ao risco considerado;
 - A parte da instalação entre o disjuntor de entrada e os bornes de saída do aparelho diferencial deverá ter classe de isolamento II 



José Saraiva





Aparelhagem eléctrica

Diferencial

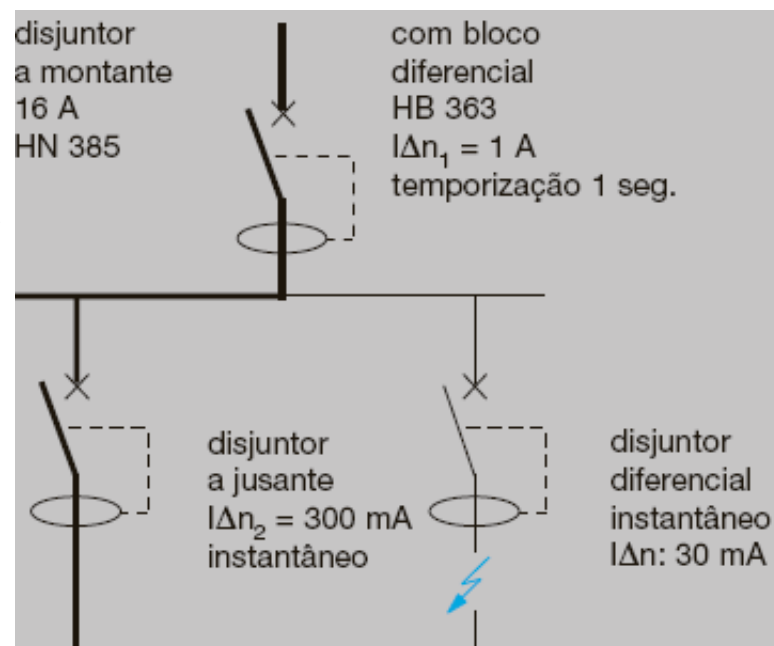
2 - A selectividade vertical

- Para assegurar a selectividade vertical entre dois dispositivos diferenciais, são necessárias duas condições:
 - a relação das correntes diferenciais nominais de funcionamento:
 - o tempo de corte dos dispositivos DR:

$$\frac{I\Delta n \text{ (montante)}}{I\Delta n \text{ (jusante)}} \geq 2$$

- o dispositivos diferencial a montante deverá ser temporizado com um tempo de não disparo superior ao tempo total de funcionamento dos dispositivos a jusante.
- O dispositivo DR a montante é do tipo selectivo ou temporizado respeitando as condições acima referidas.

José Saraiva

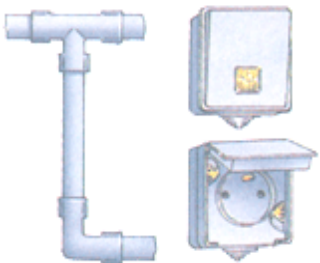




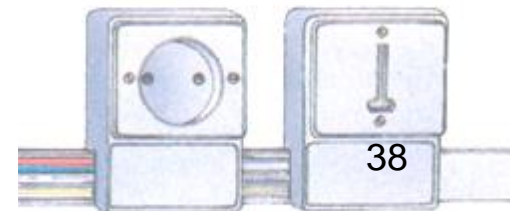
Aparelhagem eléctrica

Diferencial

- Na GE industrial podem ser vistos alguns tipos de disjuntores diferenciais.
- <http://www.geindustrial.com.br/produtos/protecao/>
- [Catálogo](#)



José Saraiva





Aparelhagem eléctrica e Descargas atmosféricas

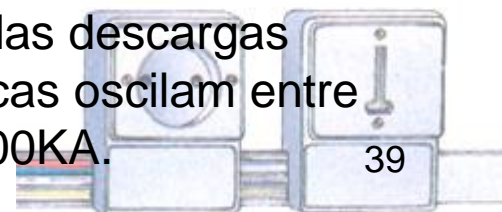
- Durante as tempestades observa-se uma queda da temperatura e o aumento da humidade relativa do ar, o que diminui as suas capacidades dieléctricas.
- Associado a esse facto ainda existe o movimento das nuvens o que vai aumentar a diferença de potencial entre elas e a terra.
- A descarga atmosférica pode produzir-se entre uma nuvem e a terra, entre nuvens ou dentro da própria nuvem, quando uma destas nuvens, ou parte dela, está carregada mais ou menos negativamente em relação à outra.
- O raio ou descarga atmosférica é acompanhada de fenómenos sonoros (trovão) e luminosos (relâmpago).



Saraiva

Estima-se que:

- A tensão eléctrica do raio pode atingir valores da ordem dos 300 000 KV.
- As Intensidades de corrente das descargas atmosféricas oscilam entre 10KA e 200KA.





Aparelhagem eléctrica e Descargas atmosféricas

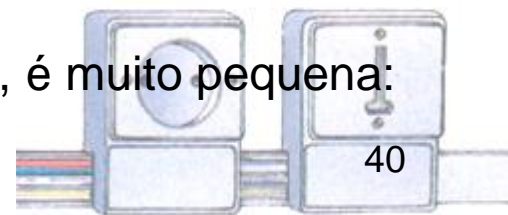
- As nuvens que mais frequentemente dão margem a raios são os "nimbos" e os "cúmulos", que na Europa estão entre os 300 e os 1000 m de altura sobre o nível do solo. Em geral, estas nuvens têm base plana de 3 a 15 Km, que se apresenta carregada negativamente, enquanto que o cume da nuvem assume carga positiva.
- As tensões postas em jogo nas descargas atmosféricas são enormes e podem ser avaliadas, aproximadamente entre 5 e 10 KV por centímetro de distancia entre nuvens ou entre a nuvem e a terra. Os valores inferiores correspondem a descarga entre nuvens que é sempre menos intensa.
- Assim, se a distância entre nuvem e terra for de 300 metros, e adoptarmos os maiores valores (10 KV por cm) a tensão do raio será:
 - $10 \times 300 \times 100 = 300.000 \text{ KV}$.
- As intensidades de corrente das descargas atmosféricas são também bastante elevadas e oscilam entre 10 kA e 200 kA, embora este último valor se possa considerar excepcional. Podem considerar-se como valores normais de 10 kA a 50 kA.
- O tempo da descarga é muito pequeno e compreendido, consoante os casos, entre 20 e 200 milionésimos de segundo.
- Por todas estas razões pode deduzir-se que a potência do raio é grande, uma vez que é dada pela expressão.

- $P = UI$

- enquanto que a energia total da descarga, em comparação, é muito pequena:

- $E = UIt$

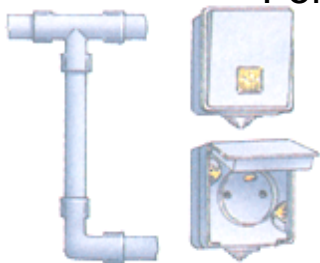
José Saraiva



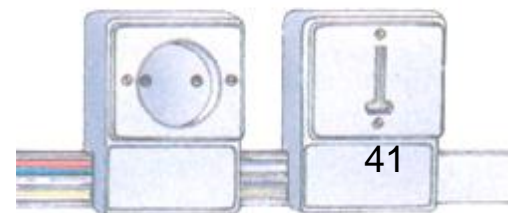


Aparelhagem eléctrica e Descargas atmosféricas

- ELEMENTOS DE VALORIZAÇÃO DAS GRANDEZAS RELACIONADAS COM O RAIO:
 - Intensidades de corrente de 100.000 a 200.000;
 - A Diferença de potencial de 500 a 1.000 kV;
 - Duração de 70 a 200 micro-segundos;
 - Carga eléctrica da nuvem de 20 a 50 coulombs;
 - Potência libertada de 1 a 8 mil milhões de kW;
 - Energia de 4 a 10 kWh
 - Forma da descarga impulso unidirecional fortemente amortizado (ramificações)

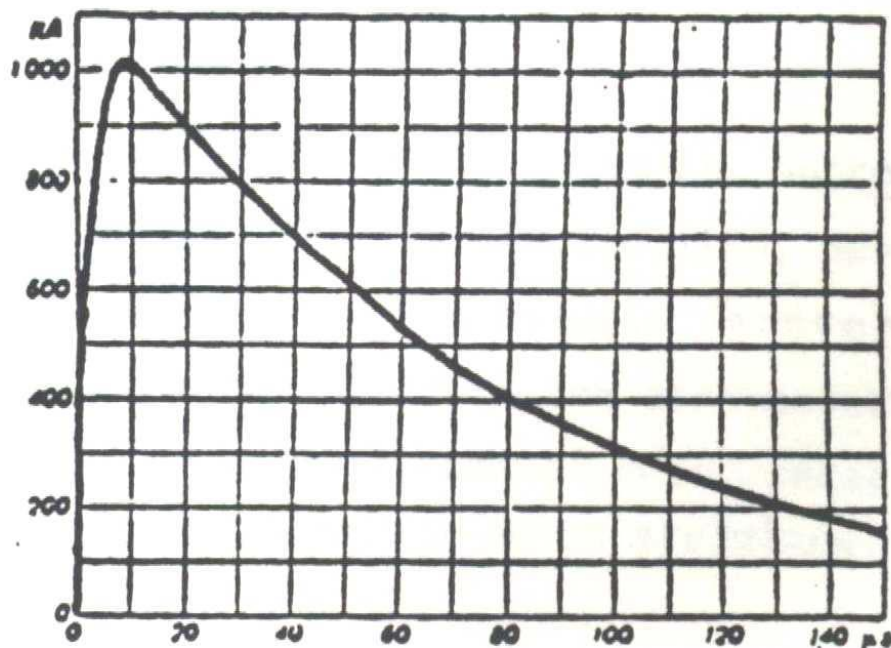


José Saraiva





Aparelhagem eléctrica e Descargas atmosféricas



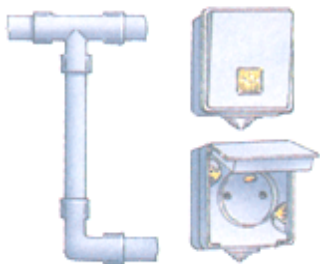
- Para esta descarga atmosférica obtém-se um valor de ponta, corrente de valor máximo, de 100 kA aos 8 micro-segundos aproximadamente, decrescendo em seguida a intensidade de corrente até ficar reduzida a 500 kA aos 65 micro-segundos.

- A extensão dos danos produzidos depende da condutividade eléctrica dos corpos que recebem a descarga. No caso de corpos condutores os danos são mínimos e quase sempre limitados aos pontos de entrada e saída da descarga;

- No caso dos corpos serem maus condutores (árvores, edifícios, etc.) os estragos são sempre grandes, seguidos muitas vezes de incêndios que aumentam ainda mais os prejuízos e perigos.

- Quando se trata de pessoas, na quase totalidade dos casos o efeito da descarga é a morte instantânea, já que a comoção sofrida pelo organismo é enorme e muito violenta, produzindo-se queimaduras totais ou parciais.

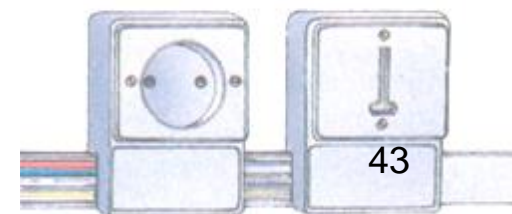
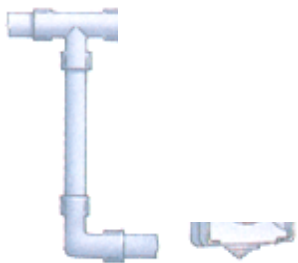
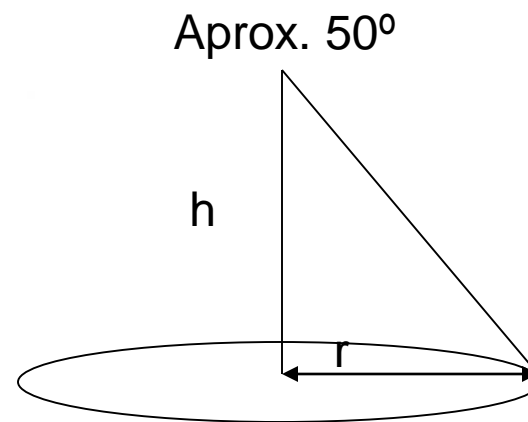
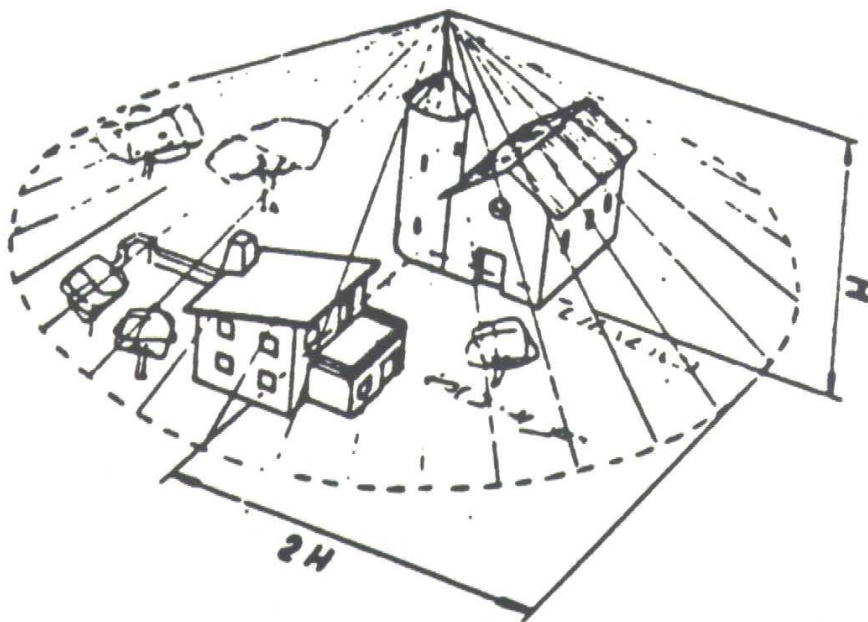
José





Aparelhagem eléctrica e Descargas atmosféricas

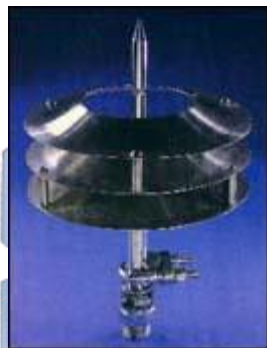
- Um pára-raios instalado e ligado á terra, protege uma zona incluída num cone de protecção, cujo vértice está na ponta do pára-raios e que tem por base um círculo de raio aproximadamente igual ao dobro da altura do pára-raios.





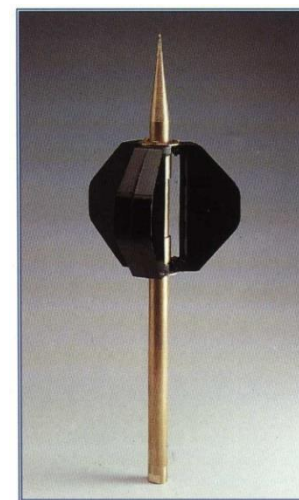
Aparelhagem eléctrica e Descargas atmosféricas

- Em ambientes com constante circulação de pessoas e em que os bens a proteger são de valor elevado, são usados normalmente para-raios para efectuar a descarga da energia até à terra.
- Os dispositivos utilizados para a protecção dos edifícios contra as descargas atmosféricas denominam-se pára-raios.
- Os pára-raios não são mais do que um elemento metálico instalado no topo da instalação a proteger (captor) electricamente ligado à terra através de um condutor eléctrico (condutor de descida).
- Os captosres mais usados são:
 - Captor tipo Franklin;
 - Captor Radioactivo;
 - Captor Electronico;
 - Gaiola ou malha de Faraday.

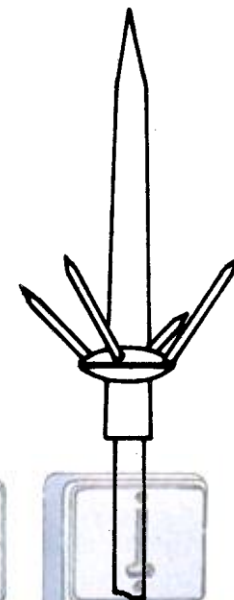


•Captor tipo Radioactivo

José Saraiva



•Captor tipo Franklin





Aparelhagem eléctrica e Descargas atmosféricas

- O captor radioactivo, muito utilizado há algum tempo atrás, hoje está a ser retirado do mercado e proibido.
- Testes efectuados com este tipo de captor indicaram que seu raio de actuação não é maior que o do captor Franklin.
- Ou seja, a maioria das instalações que utiliza o captor radioactivo com um grande raio de acção, na verdade está quase que totalmente desprotegida, pois estão errados os dados fornecidos pelos fabricantes.
- Além disto há o problema do material radioactivo utilizado em sua fabricação, que tem durabilidade muito maior do que o restante dos materiais empregados no captor, e mesmo do que a estrutura que supostamente protege. O indicado é substituir este tipo de captor por um sistema mais eficiente e menos perigoso.
- O captor Franklin protege um cone formado a partir de sua ponta, com um ângulo que varia conforme sua altura em relação à terra. Este ângulo varia de 50 a 25 graus, porém estruturas com mais de 20 metros de altura, necessitam de protecção lateral, pois o captor não é capaz de proteger as descargas atmosféricas laterais (inclinadas).
- Captadores em forma de malha (gaiolas de faraday) são os mais eficientes, pois formam uma malha de condutores em torno de toda a edificação, protegendo quase que totalmente seu interior. Desta forma o campo magnético no interior é nulo, não havendo a indução de tensões que poderiam afectar os utilizadores e equipamentos.

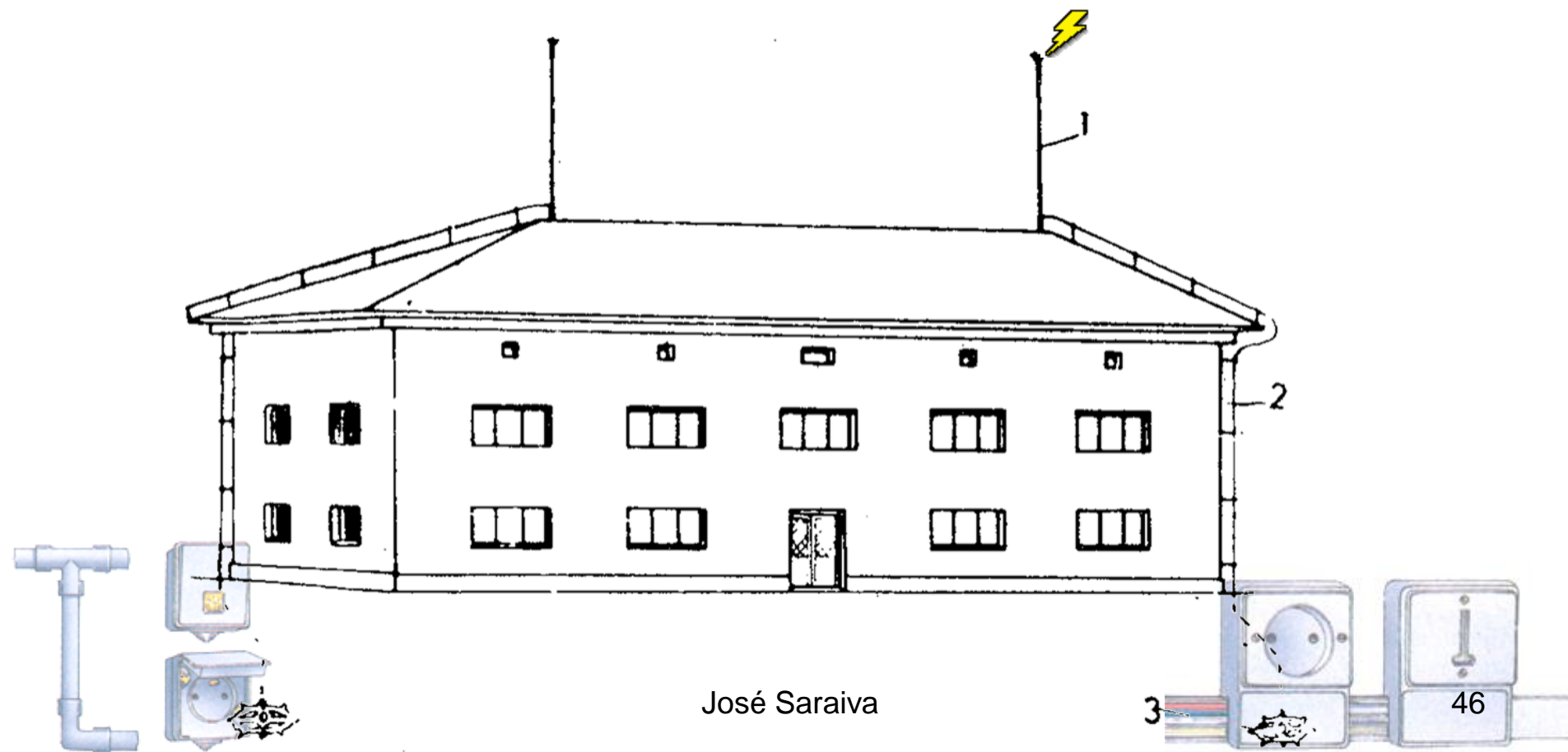
José Saraiva





Aparelhagem eléctrica e Descargas atmosféricas

- Uma instalação de pára-raios consta dos órgãos de captação da descarga, denominados pontas, lanças ou pára-raios propriamente ditos(1), dos condutores ou ligações entre os órgãos de captação e a terra (2) e das tomadas de terra ou locais de dissipação da descarga (3).





Aparelhagem eléctrica e Descargas atmosféricas

DISPOSITIVO DE CAPTURA (captor)

- O PARA-RAIOS deve ser instalado no ponto mais alto do edifício ou estrutura a proteger (por exemplo numa Chaminé...), deverá ser escolhido em função do raio de protecção e ser fixo com um sistema de protecção apropriado.
- O condutor de baixada será fixo ao pára-raios através de uma braçadeira fornecida com o mesmo.

