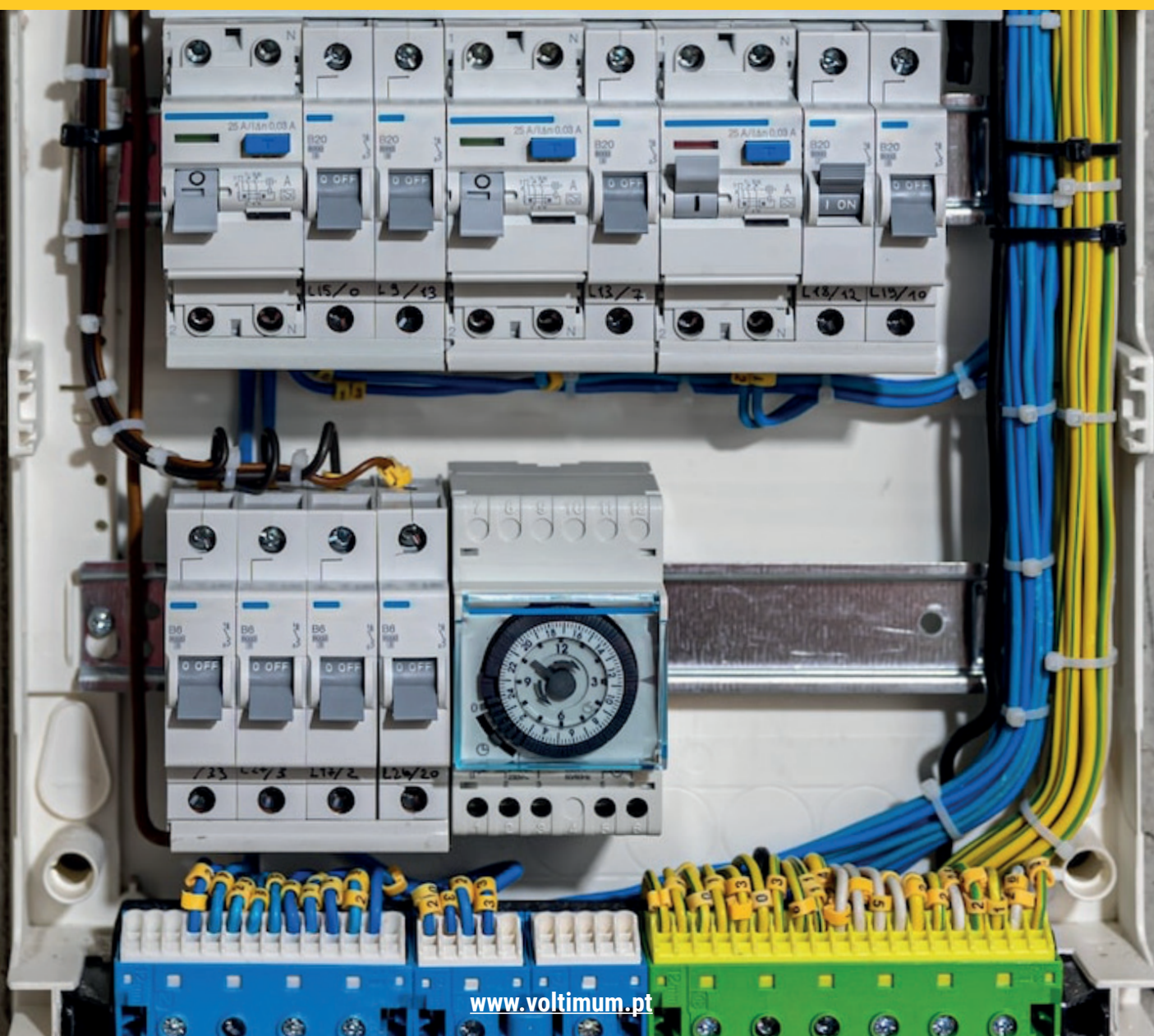


voltimum

Proteção de instalações elétricas

Filipe Pereira



A proteção de instalações elétricas é um conjunto de medidas e dispositivos projetados para garantir a segurança e a confiabilidade de um sistema elétrico. O seu principal objetivo é evitar falhas, minimizar riscos e proteger equipamentos, pessoas e propriedades contra danos causados por curtos-circuitos, sobrecargas, falhas de isolamento e outros eventos mais adversos.

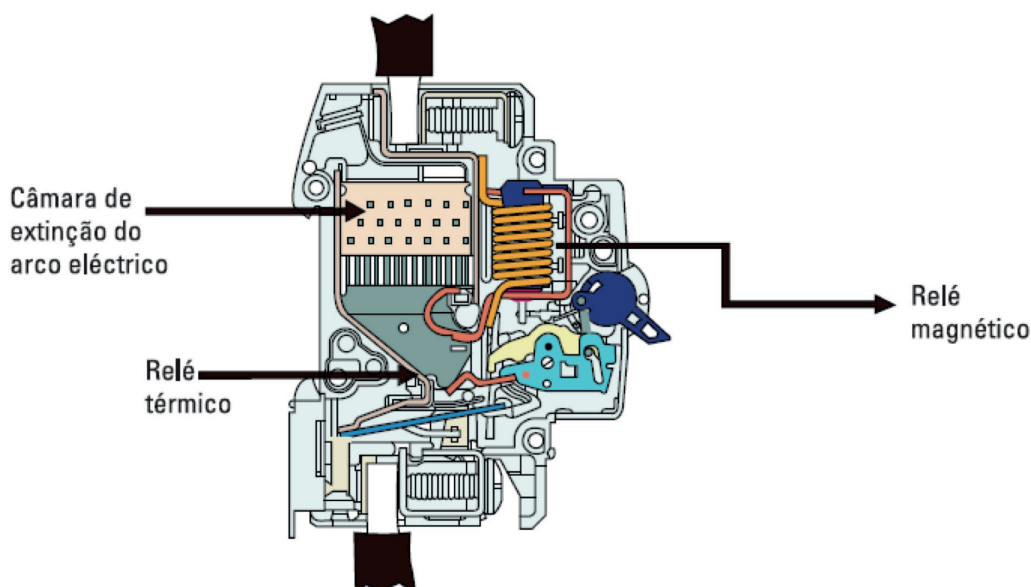
Existem várias formas de proteção de instalações elétricas, contra os seguintes defeitos:

1. Dispositivos de proteção contra *sobreintensidades*: estes dispositivos, como disjuntores magnetotérmicos ou fusíveis, são responsáveis por detetar e interromper correntes elétricas anormais que excedam os limites de operação seguros de um sistema. Eles desativam a energia elétrica para evitar danos causados pelo sobreaquecimento dos cabos, equipamentos e outros componentes elétricos.

Se a corrente elétrica de serviço (I_B) ultrapassar o valor máximo (I_z) permitido nos condutores estamos perante uma sobreintensidade ($I_B > I_z$).

Um disjuntor é um dispositivo de proteção utilizado em sistemas elétricos para interromper a corrente elétrica em caso de sobrecargas ou curtos-circuitos. É um componente fundamental para garantir a segurança das instalações elétricas e prevenir danos aos equipamentos e riscos de incêndio.

A sua constituição é apresentada na seguinte figura:



Fonte: Hager

CARACTERÍSTICAS DOS DISJUNTORES

Fonte: Artigo Voltimum - Disjuntores e interruptores de Baixa Tensão – Eng.º Manuel Bolotinha

As características dos disjuntores BT são:

- Tensão estipulada³
 - Corrente alternada: 60; 120; 240/120; 220; 230; 240; 380/220; 400/230; 415/240; 380; 400; 415; 440 V.
 - Corrente contínua: 12; 24; 48; 60; 120; 240; 250 V.

- Corrente estipulada (I_n) – de 2 A a 6300 A, dependendo do modelo.
- Poder de corte estipulado – até 150 kA, dependendo do modelo e da corrente estipulada.
- Corrente convencional de funcionamento (I_f) – corrente mínima que provoca a atuação do disjuntor.
- Corrente convencional de não funcionamento (I_{nf}) – valor da corrente que o disjuntor é capaz de conduzir sem atuação, durante um tempo definido (designado por tempo convencional), expresso como um múltiplo de I_n (exemplo: $I_{nf} = 1,25 \times I_n$).

Nota: [3] Valor estipulado (para equipamentos): Valor de uma grandeza fixado, em regra, pelo fabricante para um dado funcionamento especificado de um componente, de um dispositivo ou de um equipamento; este valor corresponde ao anteriormente designado por “valor nominal”, designação que atualmente é apenas utilizada para redes.

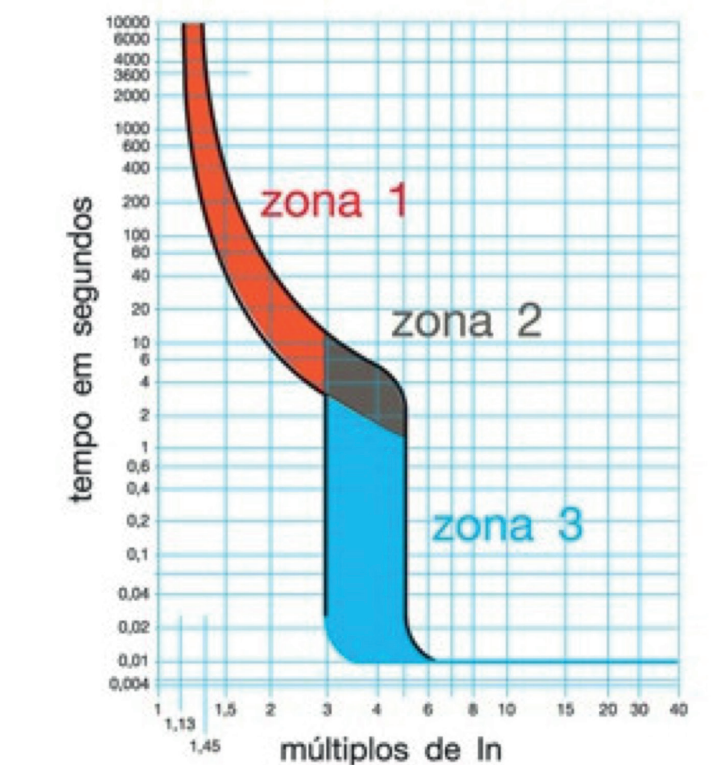
EXEMPLO

fonte: Apontamentos de Instalações Elétricas de Lucínio Preza de Araújo

Calibre (I_n)	Corrente convencional de não funcionamento (I_{nf})	Corrente convencional de funcionamento (I_f)	Poder de corte (P_{dc})
16 A	18 A ($1,13 \times I_n$)	23 A ($1,45 \times I_n$)	6 KA

Para uma corrente estipulada do disjuntor ≤ 63 A o tempo convencional é de 1 hora, para uma corrente estipulada > 63 A o tempo convencional é de 2 horas.

CURVA CARACTERÍSTICA DO DISJUNTOR



Fonte: <https://www.linkedin.com/pulse/curva-dos-disjuntores-principais-caracter%C3%ADsticas-%C3%AAnio-takafashi/?originalSubdomain=pt>

CURVA DO TIPO B

No disjuntor de curva B, a corrente instantânea suportada será de 3 a 5 vezes a corrente nominal, logo, se tivermos um disjuntor de 10A, ele irá suportar uma corrente instantânea de máxima de 50A. Este disjuntor é utilizado em proteções de cargas resistivas.

CURVA DO TIPO C

No disjuntor de curva C, a corrente instantânea suportada será de 5 a 10 vezes a corrente nominal da carga, logo, se tivermos um disjuntor de 10A ele irá suportar uma corrente instantânea máxima de 100A.

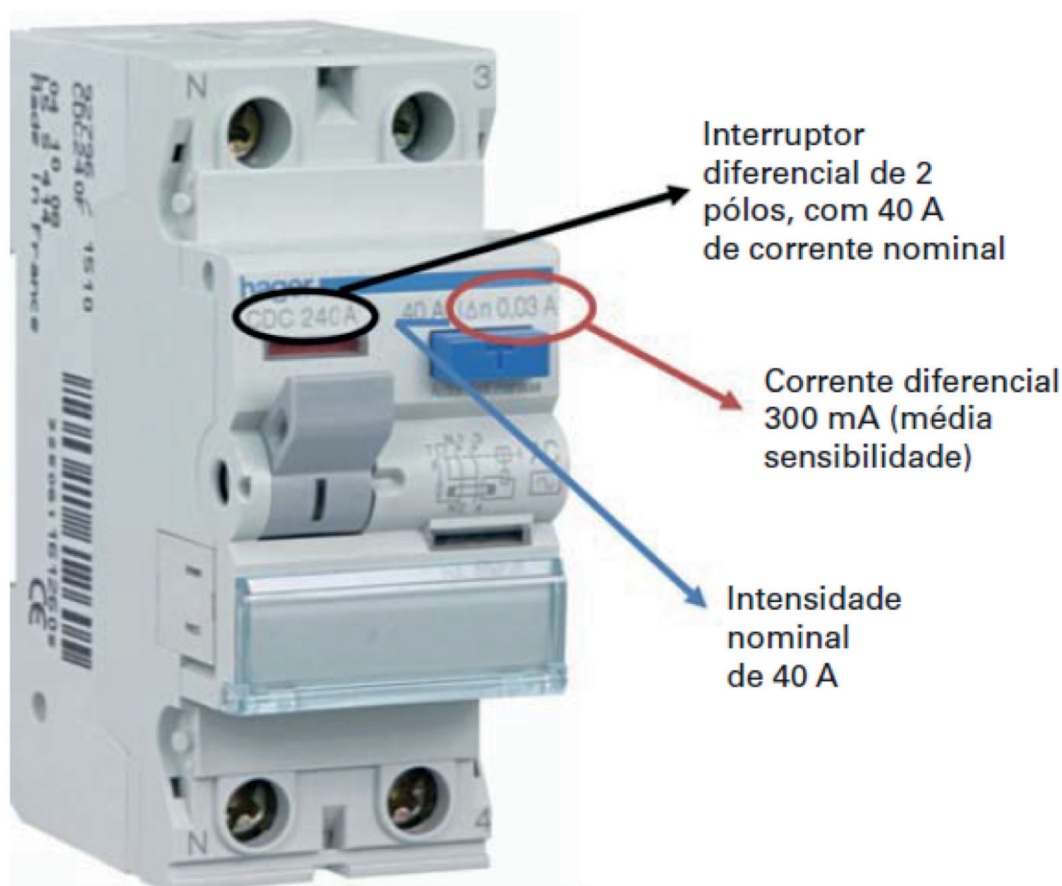
Estes disjuntores serão utilizados em proteção de cargas indutivas que exijam correntes de arranque “médias”. É o caso de motores, compressores, ar condicionado, motor de bombas e cargas indutivas similares.

CURVA DO TIPO D

No disjuntor de curva D, a corrente instantânea suportada será de 10 a 20 vezes a corrente nominal, logo, se tivermos um disjuntor de 10A ele irá suportar uma corrente instantânea de no máximo 200A de corrente instantânea.

Estes disjuntores são utilizados na proteção de grandes cargas indutivas como motores de grande potência, transformadores de grande envergadura, motores síncronos e máquinas de soldadura.

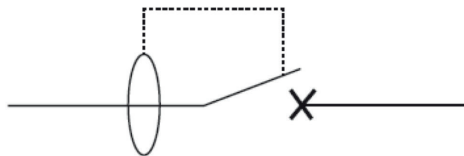
LEITURA DA INFORMAÇÃO TÉCNICA NO DIFERENCIAL - APARELHO DE CORTE DIFERENCIAL



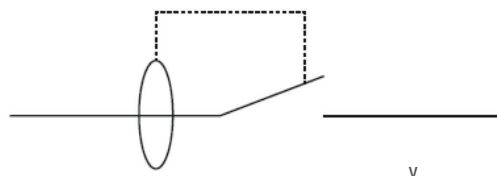
Fonte: Hager

SIMBOLOGIA

Disjuntor diferencial



Interruptor diferencial



FUSÍVEIS

Fonte: Apontamentos de Instalações Elétricas de Lucínio Preza de Araújo

Um fusível é constituído por um fio ou lâmina condutora, dentro de um invólucro.

O fio ou lâmina condutora (prata, cobre, chumbo...) é calibrado de forma a poder suportar sem fundir, a intensidade para a qual está calibrado.

Se a intensidade ultrapassar esse valor, este deve fundir (interrompendo o circuito). Essa interrupção será tanto mais rápida quanto maior for o valor da intensidade da corrente presente no circuito.

Fusível de vidro OK



Fusível de vidro NOT OK



TIPOS DE FUSÍVEIS



Fusível diazed



Fusível NH



Fusível de vidro



Fusível cartucho



Fusível cartucho do tipo faca

CARACTERÍSTICAS DOS FUSÍVEIS

Fonte: Apontamentos de Instalações Elétricas de Lucínio Preza de Araújo

- **Corrente estipulada** (I_n) é a intensidade de corrente que o fusível pode suportar permanentemente sem se fundir.
- **Correntes estipuladas:** 2 – 4 – 6 – 8 – 10 – 12 – 16 – 20 – 25 – 32 – 40 – 50 – 63 – 80 – 100 – 125 – 160 – 200 – 250 – 315 – 400 – 500 – 630 – 800 – 1000A
- **Corrente convencional de não funcionamento** (I_{nf}) valor da corrente para o qual o fusível não deve funcionar durante o tempo convencional.
- **Corrente convencional de funcionamento** (I_2) valor da corrente para o qual o fusível deve funcionar antes de terminar o tempo convencional
- **Poder de corte** (P_{dc}) é a máxima intensidade de corrente que o fusível é capaz de interromper, sem destruição do invólucro externo do elemento fusível.
- **Tensão nominal** (U_n) é a tensão que serve de base ao dimensionamento do fusível, do isolamento elétrico.

CARACTERÍSTICAS DOS FUSÍVEIS gG		
Corrente estipulada (I_n)	Corrente convencional de não funcionamento (I_{nf})	Corrente convencional de funcionamento (I_2)
Até 4 A	$1,5 \times I_n$	$2,1 \times I_n$
$4 \text{ A} < I_n \leq 16 \text{ A}$	$1,5 \times I_n$	$1,9 \times I_n$
$I_n > 16 \text{ A}$	$1,25 \times I_n$	$1,6 \times I_n$

Fonte: Apontamentos de Instalações Elétricas de Lucínio Preza de Araújo

CARACTERÍSTICAS CONVENCIONAIS DE FUNCIONAMENTO DOS FUSÍVEIS gG	
Corrente estipulada do Fusível (I_n)	Tempo convencional (t)
Até 63 A	1 h
$63 \text{ A} < I_n \leq 160 \text{ A}$	2 h
$160 \text{ A} < I_n \leq 400 \text{ A}$	3 h
$I_n > 400 \text{ A}$	4 h

Fonte: Apontamentos de Instalações Elétricas de Lucínio Preza de Araújo

NOMENCLATURA DOS FUSÍVEIS

A nomenclatura dos fusíveis é composta por duas letras, sendo a primeira minúscula e a segunda maiúscula, que se referem à forma de atuação do fusível e ao que ele respetivamente protege.

	Letras	Características
1ª letra	a	É um fusível limitador de corrente, atuando em casos de curto-circuito.
	g	É um fusível limitador de corrente, atuando em casos de curto-circuito e sobrecarga.
2ª letra	G	Usado na proteção de linhas, de uso geral.
	M	Usado na proteção de circuito de motores elétricos.
	L	Usado na proteção de linhas.
	Tr	Usado na proteção de transformadores.
	R	Usado na proteção de semicondutores, ultrarrápidos.
	S	Usado na proteção de semicondutores e linha.

CARACTERÍSTICAS DOS FUSÍVEIS

O uso adequado de cada fusível dependerá exclusivamente do objetivo da instalação elétrica. Podemos observar algumas das características de cada um na tabela abaixo indicada.

Características	Rolha	Cartucho virola	Cartucho faca	NH	Diazed
Corrente nominal (A)	3 a 30	0,5 a 125	2 a 2000	6 a 1250	2 a 100
Corrente de rutura (depende do tamanho)	-	20 a 80 kA	50 a 300 kA	100/140	Ordem dos 100 kA
Categoria	gG	gG	gG	gL/gG	gL/gG
Utilização	Instalações elétricas industriais e residenciais	Instalações elétricas industriais	Instalações elétricas industriais	Instalações elétricas industriais	Instalações elétricas industriais e residenciais
Material do filamento	Liga chumbo-estanho	Liga chumbo-estanho ou cobre	Chumbo ou cobre	Cobre	Cobre
Ação	Rápida	Rápida	Retardada ou ultrarrápida	Retardada, rápida e ultrarrápida	Retardada, rápida e ultrarrápida

2. Proteção diferencial: Os dispositivos de proteção diferencial, como os interruptores diferenciais (DRIs), monitorizam a diferença entre as correntes de entrada e saída de um sistema elétrico. Se houver uma diferença significativa, indica a presença de uma fuga de corrente, que pode ser causada por um choque elétrico ou falha de isolamento. Nesses casos, o dispositivo de proteção diferencial desliga o circuito imediatamente.

SELETIVIDADE DOS APARELHOS DE PROTEÇÃO

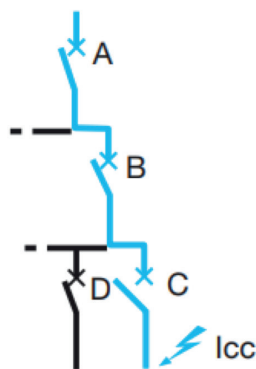
Fonte: Hager

A Seletividade entre proteções, é hoje em dia, utilizada de uma forma regular. Esta técnica tem como função principal, assegurar a máxima continuidade de serviço nas instalações.

A Seletividade tem como objetivo garantir o funcionamento da proteção imediatamente a montante do defeito gerado num circuito da instalação, sem existir uma perturbação nos outros circuitos a montante.

SELETIVIDADE NULA

A Seletividade é nula quando os dispositivos de proteção a montante e a jusante atuam em simultâneo na presença de um defeito. Neste caso as curvas de disparo sobrepõem-se.

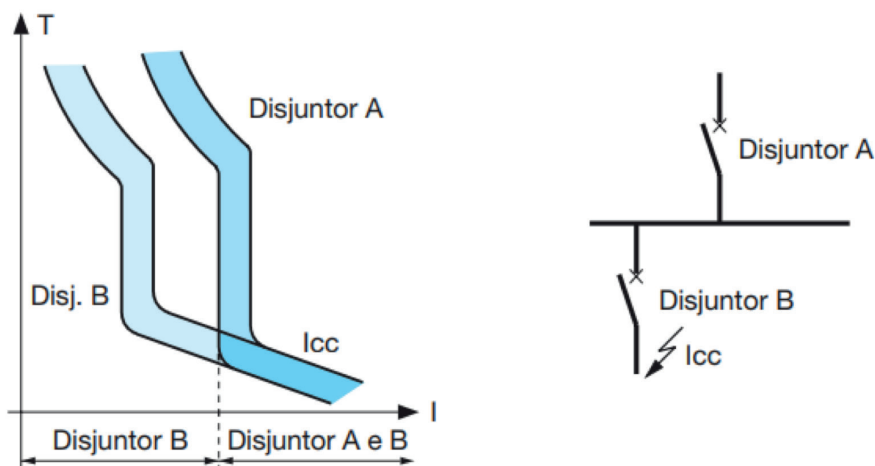


Fonte: Hager

SELETIVIDADE PARCIAL

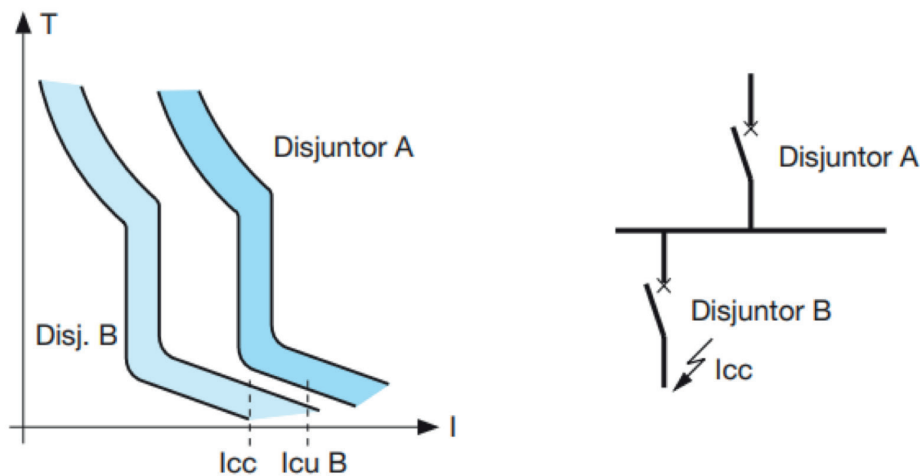
A Seletividade ocorre quando o dispositivo a jusante atua apenas para um determinado valor da intensidade

de curto-circuito. Para valores mais elevados os dois disjuntores podem atuar em simultâneo. O valor limite de seletividade é o da regulação mínima do relé magnético do aparelho situado a montante.



SELETIVIDADE TOTAL

A Seletividade é considerada total apenas quando é atuado o disjuntor a jusante, para qualquer valor de curto-circuito.



Fonte: Hager

SELETIVIDADE DIFERENCIAL TOTAL OU PARCIAL

Fonte: Hager

• Seletividade Diferencial Total

Quando existem vários dispositivos de proteção diferencial que protegem a mesma instalação é necessário garantir Seletividade. Esta pode ser efetuada seguindo estes métodos:

- a) Nos produtos que estão instalados à cabeça de cada circuito da instalação, a proteção diferencial no interruptor geral pode ser eliminada, desta forma podemos conseguir uma Seletividade horizontal.
- b) Os aparelhos devem ser instalados em cascata. Neste caso devemos garantir a Seletividade entre os aparelhos instalados “em série”.

Para ter Seletividade neste último caso, tem que garantir que apenas atua a proteção da saída do quadro elétrico afetada por uma avaria, logo o corte na alimentação tem que ser efetuado o mais próximo desse defeito. Para isso as seguintes condições têm que ser cumpridas:

- 1) As características de não funcionamento tempo/corrente do dispositivo instalado a montante devem ser superiores à característica de funcionamento tempo/corrente do dispositivo instalado a jusante.
- 2) Segundo as normas (IEC 61009 e 60947-2), um diferencial deve atuar para fugas superiores à $I\Delta n$ e não atuar para fugas inferiores a $I\Delta n / 2$.

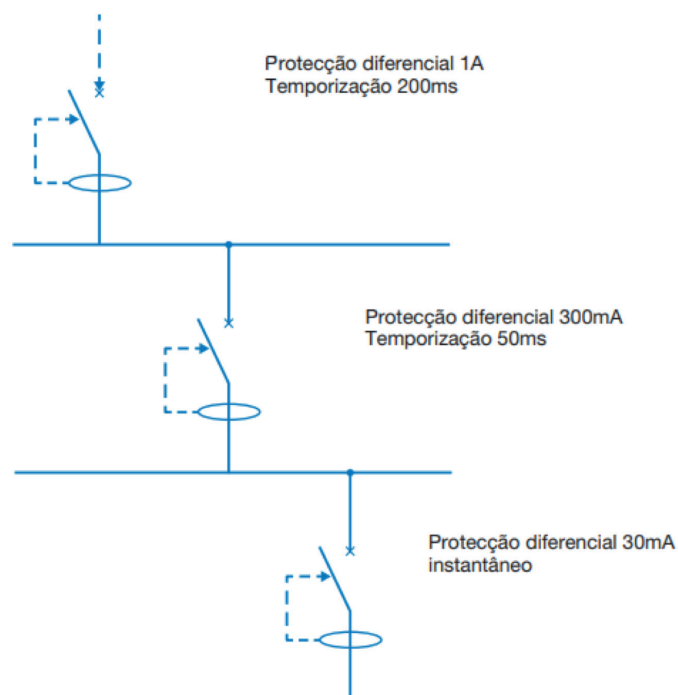
Portanto, a sensibilidade nominal da proteção diferencial a montante deve ser no mínimo 2 vezes superior à da proteção a jusante:

$$I\Delta n (\text{disp A}) > I\Delta n (\text{disp B}) \times 2$$

- 3) Deverá ser considerada também, uma temporização superior no dispositivo a montante. Este deverá ser temporizado ou do tipo seletivo.

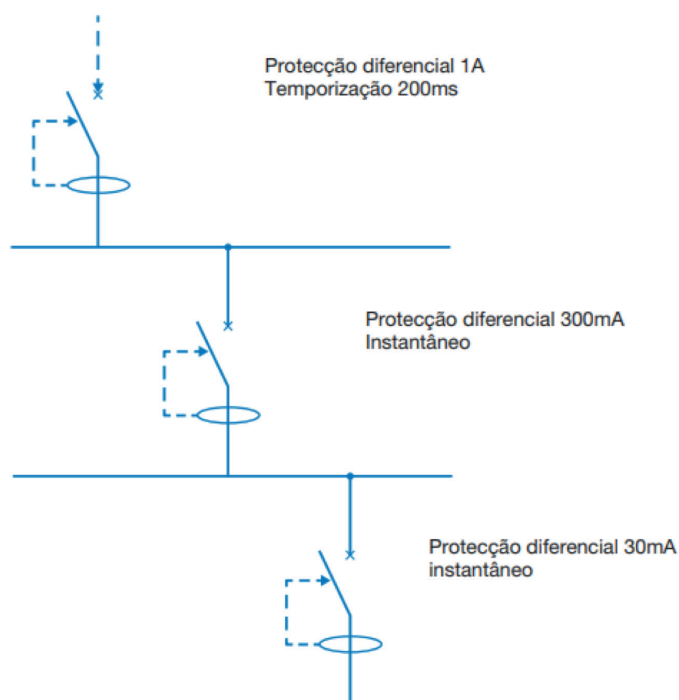
EXEMPLO

Selectividade diferencial total



Estabelecendo uma temporização de 50ms na segunda proteção, obtêm-se uma Seletividade total. Assim garante-se que em caso de defeito diferencial no final do circuito, apenas o terceiro nível irá disparar.

Selectividade diferencial parcial



Neste caso a seletividade é parcial. Num defeito não se consegue garantir que a proteção de 30mA atue antes da proteção de 300mA.

3. Dispositivos de proteção contra surtos ou picos de tensão: Os surtos de tensão podem ser causados por descargas atmosféricas, manobras de rede, falhas de equipamentos, entre outros. Esses surtos podem danificar os equipamentos sensíveis conectados ao sistema elétrico. Os dispositivos de proteção contra surtos, como varístores e supressores de surto, são instalados para desviar esses surtos de tensão para a terra, protegendo assim os equipamentos.

SOBRETENSÃO

As sobretensões (aumento da tensão) podem ter origem externa (descarga atmosférica) ou de origem interna (falsas manobras, deficiências de isolamento com linhas de tensão mais elevada). Um sistema de terra adequado é essencial para a proteção das instalações elétricas. Ele fornece um caminho seguro para a dissipação de correntes de falta, evitando riscos de choque elétrico. Além disso, o aterramento adequado ajuda a evitar danos causados por surtos de tensão. Os descarregadores de sobretensão são essenciais nas proteções contra as descargas atmosféricas.

DESCARREGADOR DE SOBRETENSÃO

Fonte: Hager

Os limitadores de sobretensão protegem os equipamentos elétricos e eletrônicos contra as sobretensões transitórias, não só as de origem atmosférica, mas também as resultantes da comutação de transformadores, de motores, ou de variações bruscas de carga.

OS TRÊS TIPOS DE DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO CONTRA SOBRETENSÕES

DST DO TIPO 1

Recomendado para edifícios industriais e comerciais protegidos por um para-raios ou alimentados por uma linha aérea e são caracterizados por uma onda de corrente de 10/350 μ s.

Instalação: instalados no quadro de entrada a proteção é efetuada quando as correntes de descargas atmosféricas são dirigidas para o condutor de ligação equipotencial do sistema, ou através da terra. Instalado em edifícios com alimentação por linhas aéreas e/ou para-raios.

DST DO TIPO 2

Sistema de proteção para todas as instalações elétricas de baixa tensão e caracterizado por uma onda de corrente de 8/20 μ s.

Instalação: instalados em quadros de distribuição elétricos, estes dispositivos protegem o equipamento interrompendo a propagação de sobretensões nos sistemas, protegendo as cargas. Como segunda linha de proteção após os limitadores do tipo 1, estes dispositivos limitam as sobretensões de descargas atmosféricas remotas ou sobretensões de comutação. Devem ser instalados a montante de sistemas sensíveis e relevantes para a segurança que possam ser danificados pelas sobretensões de comutação.

DST DO TIPO 3

Com uma baixa capacidade de descarga, os DST de tipo 3 são recomendados e instalados como suplemento aos DST de tipo 2 nas áreas de cargas sensíveis, caracterizados por uma combinação de ondas de tensão (1,2/50 μ s) e ondas de corrente (8/20 μ s).

Instalação: instalados perto do dispositivo protegido, normalmente na alimentação dos circuitos finais ou nas tomadas. Os limitadores são formas especiais de DST, combinando as funções de proteção contra as descargas atmosféricas e sobretensões para DST de tipo 1, 2 e 3 num único dispositivo. Implementam facilmente requisitos normativos para proteção contra sobretensões.

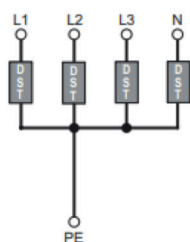
COMO LIGAR PROTEÇÃO DE EDIFÍCIOS E EQUIPAMENTOS

Os dispositivos de proteção contra sobretensões fazem parte da ligação equipotencial de uma estrutura física. Em caso de sobretensão, estes ligam os condutores ativos nas instalações elétricas à terra. Dependendo do sistema de ligação à terra do sistema, podem ser utilizados diferentes DST. Estes dispositivos são combinados em vários esquemas de ligação (EL) para estabelecer esta ligação. Na diretiva de instalação para proteção contra sobretensões, IEC 60364-5-53, são especificados os seguintes tipos.

01

Esquema de ligação EL1

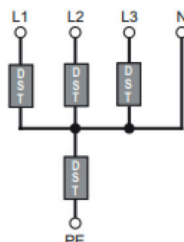
Uma combinação de DST com um modo de protecção entre cada condutor activo (condutor exterior e condutor neutro, se presente) e condutor PE. Este esquema de ligação é frequentemente designado como um circuito $x+0$, em que x representa o número de condutores activos.



02

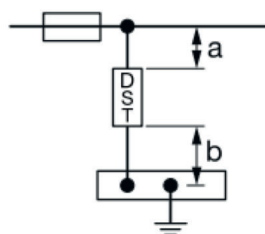
Esquema de ligação EL2

Uma combinação de DST com um modo de protecção entre cada condutor exterior e condutor neutro, e um modo de protecção entre o condutor neutro e o condutor PE. Este esquema de ligação é frequentemente designado como um circuito $x+1$, em que x representa o número de condutores activos.



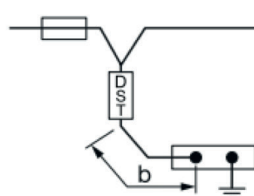
03

Ligação em paralelo



04

Ligação em série

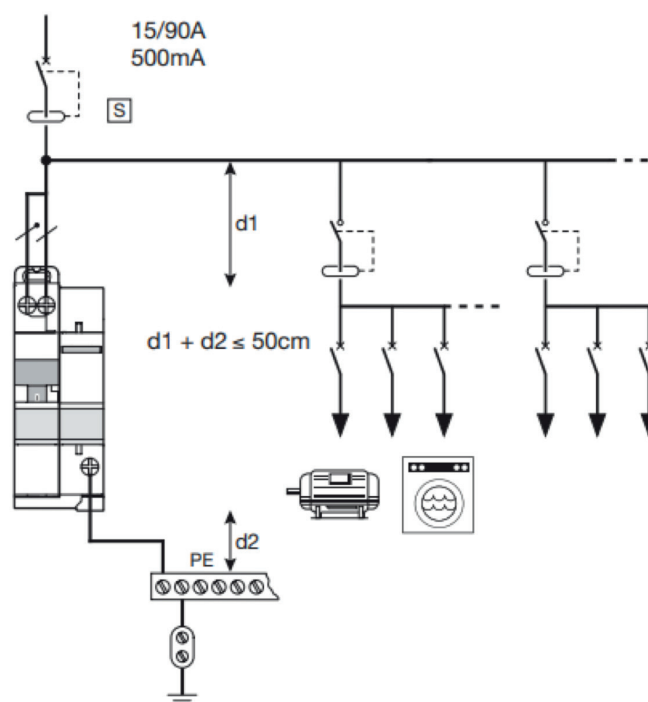


Sistema de terra onde o DST será instalado	ESQUEMA DE LIGAÇÃO	
	EL1	EL2
Sistema TN	✓	✓
Sistema TT	Apenas a jusante de um dispositivo accionado por corrente residual	✓
Sistema IT com condutor de neutro	✓	✓
Sistema IT sem condutor de neutro	✓	Não aplicável

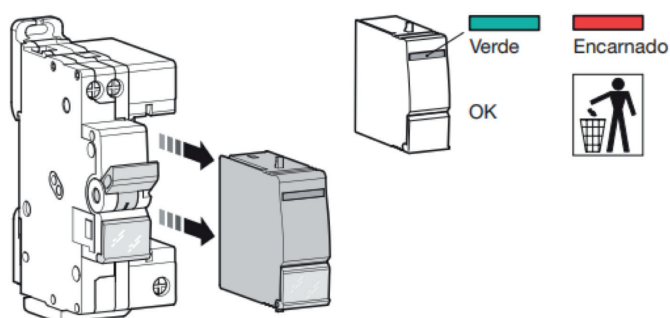
EXEMPLO DE ESQUEMAS COM DST'S

Fonte: Hager

Limitador de sobretensão auto-protégido -
Esquema de princípio de instalação



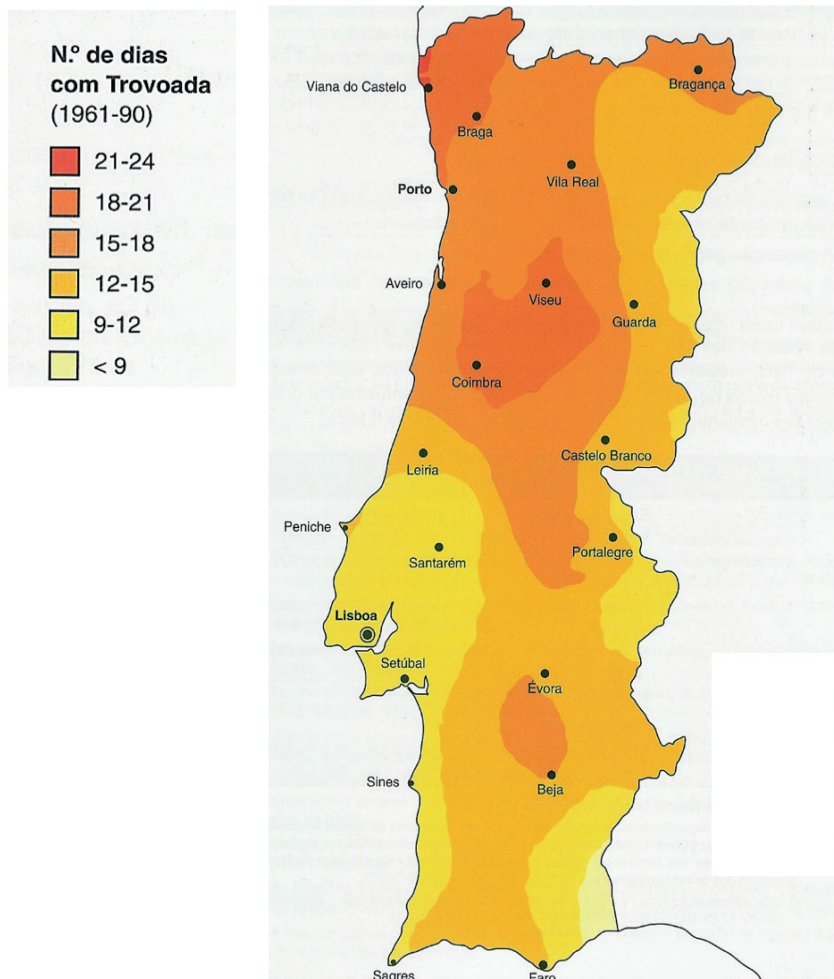
Limitador de sobretensão auto-protégido extraível. É composto por uma base com proteção contra curto-circuitos e um cartucho extraível com indicação do fim de vida.



NÍVEIS CERÁUNICOS EM PORTUGAL

Fonte: Lucínio Preza de Araújo

Nível ceráunico indica o número de dias por ano em que se ouvem trovoadas e esta traduz a probabilidade de ocorrência de descargas atmosféricas.



SUBTENSÃO

A proteção contra a falta ou um nível baixo de tensão deverá ser aplicada quando existam nas empresas equipamentos que possam sofrer avarias ou que o seu funcionamento seja colocado em causa. Os equipamentos que contenham muita eletrónica serão os mais prejudicados.

A subtensão pode ocorrer devido a várias razões, como problemas na rede de distribuição elétrica, queda de carga excessiva, falha de transformadores, mau funcionamento de equipamentos de regulação de tensão, interrupções de energia ou conexões soltas.

Os efeitos da subtensão dependem da duração e da magnitude da redução de tensão. Em casos de subtensão leve e temporária, pode não haver impacto significativo nos dispositivos elétricos. No entanto, em casos de subtensão prolongada ou severa, podem ocorrer problemas, tais como:

- Mau funcionamento de equipamentos: Dispositivos elétricos sensíveis, como computadores, servidores, sistemas de controlo industrial e equipamentos eletrónicos, podem apresentar mau funcionamento ou desligar completamente quando operam em tensões abaixo das especificações.

- **Redução de desempenho:** Motores elétricos podem operar de forma inadequada e ter uma redução no desempenho, o que pode resultar em menor eficiência, aumento do consumo de energia e falhas prematuras.
- **Danos aos equipamentos:** A subtensão prolongada pode causar danos em equipamentos elétricos, especialmente se houver flutuações frequentes na tensão. Isso pode levar a falhas nos componentes internos, superaquecimento e até mesmo queimar os dispositivos.
- **Perda de produtividade:** Em ambientes industriais, a subtensão pode levar à interrupção da produção e perda de produtividade, resultando em custos adicionais e atrasos.

Para evitar problemas decorrentes da subtensão, é recomendado o uso de dispositivos de proteção, como reguladores de tensão, estabilizadores ou sistemas de alimentação ininterrupta (UPS), que podem fornecer energia estável e proteger os equipamentos contra flutuações de tensão. Em casos de subtensão persistente ou generalizada, é importante entrar em contato com a concessionária de energia elétrica para solucionar o problema na rede de distribuição.

CONCLUSÕES

Esses são apenas alguns exemplos de medidas e dispositivos utilizados na proteção de instalações elétricas. A aplicação adequada de técnicas de proteção elétrica é fundamental para garantir a segurança, evitar danos e manter a confiabilidade dos sistemas elétricos. É importante contar com profissionais qualificados e seguir as normas e regulamentações específicas de cada país para garantir uma proteção eficiente.

Fontes:

RTIEBT

Apontamentos de Instalações Elétricas de Lucínio Preza de Araújo

Catálogos técnicos Hager

Apontamentos de Disjuntores de Manuel Bolotinha

Tratamento gráfico e pedagógico: Filipe Alexandre de Sousa Pereira

voltimum

www.voltimum.pt