

PROTEÇÃO CONTRA CHOQUE ELÉTRICO

SECCIONAMENTO
AUTOMÁTICO DA
ALIMENTAÇÃO

O CHOQUE ELÉTRICO

OCORRE POR

Contato direto



É o contato acidental, seja por falha de isolamento, por ruptura ou remoção indevida de partes isolantes; ou, então, por atitude imprudente de uma pessoa com uma parte elétrica normalmente energizada (parte viva).



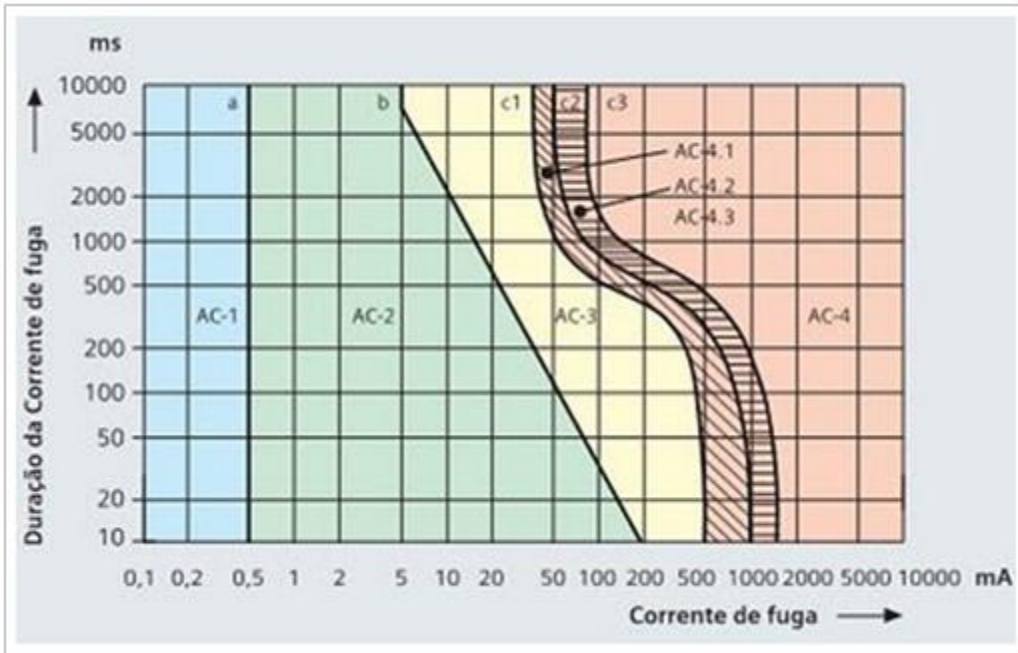
Contato indireto

É o contato entre uma pessoa e uma parte metálica de uma instalação ou componente, normalmente sem tensão, mas que pode ficar energizada por falha de isolamento ou por uma falha interna.



Efeitos do Choque Elétrico

GRÁFICO COM ZONA TEMPO X CORRENTE



Fonte: SIEMENS

EFEITOS SOBRE AS PESSOAS -IEC 60479-1

Zonas	Efeitos Fisiológicos
AC-1	Percepção possível, mas geralmente não causa reação.
AC-2	Provável percepção e contrações musculares involuntárias, porém sem causar efeitos fisiológicos.
AC-3	Fortes contrações musculares involuntárias, dificuldade respiratória e disfunções cardíacas reversíveis. Podem ocorrer imobilizações e os efeitos aumentam com o crescimento da corrente elétrica, normalmente os efeitos prejudiciais podem ser revertidos.
AC-4	Efeitos patológicos graves podem ocorrer inclusive paradas cardíacas, paradas respiratórias e queimaduras ou outros danos nas células. A probabilidade de fibrilação ventricular aumenta com a intensidade da corrente e do tempo.
	AC-4.1 Probabilidade de fibrilação ventricular aumentada até aproximadamente 5%
	AC-4.2 Probabilidade de fibrilação ventricular de aproximadamente 50%
	AC-4.3 Probabilidade de fibrilação ventricular acima de 50%

- Tensão de Contato Limite (U_L)

Corrente Elétrica	Situação 1	Situação 2	Situação 3
Alternada (15 a 1kHz)	50V	25V	12V
Contínua *	120V	60V	30V

* COM ONDULAÇÃO $\leq 10\%$, EM VALOR EFICAZ

Exemplos:

- Situação 1: áreas internas secas em uso normal (quarto/sala);
- Situação 2: áreas externas (jardins), canteiros de obras, áreas de acampamentos, estabelecimentos agropecuários, dependências internas molhadas em uso normal (cozinha, área de serviço), compartimentos condutivos (subestações, caldeiras), volume 1 de banheira/piscina;
- Situação 3: corpo imerso em volume zero de piscina/banheira.

DEFINIÇÕES BÁSICAS

- Proteção Básica: Meio destinado a impedir contato com partes vivas perigosas em condições normais; EX.: BARREIRA/OBSTÁCULO/ISOLAÇÃO BÁSICA (PVC)
- Proteção Supletiva: Meio destinado a suprir proteção contra choques elétricos quando massas ou partes condutivas acessíveis tornam-se acidentalmente vivas; EX.: SECCIONAMENTO AUTOMÁTICO (DISJUNTOR/DR)
- Proteção Adicional: Meio destinado a garantir a proteção contra choque em situações de maior risco de perda ou anulação das medidas normalmente aplicáveis, de dificuldade no atendimento pleno das condições de segurança associadas a determinada medida de proteção e/ou, ainda, em situações ou locais em que os perigos do choque são particularmente graves; EX.: EQUIPOTENCIAL. SUPLEMENTAR
- Isolação Básica: Isolação aplicada às partes vivas, destinada a assegurar proteção básica contra choques; EX.: CABO ISOLADO (PVC)
- Isolação Suplementar: Isolação independente e adicional à isolação básica, destinada a assegurar proteção contra choques em caso de falha da isolação básica (assegura proteção supletiva); EX.: CABO ISOLADO DENTRO DE ELETRODUTO PVC
- Dupla Isolação: Isolação compreendendo, ao mesmo tempo, uma isolação básica e uma isolação suplementar;
- Isolação Reforçada: Isolação única, aplicada as partes vivas que assegura um grau de proteção equivalente ao da dupla isolação. EX.: AUMENTO DA ESPESSURA PVC EM UM CABO

PROTEÇÃO DE EQUIPAMENTOS CONTRA O CHOQUE ELÉTRICO

- ◆ *classe 0*: equipamento ou aparelho no qual a proteção contra choques elétricos é assegurada exclusivamente pela isolamento básica, não sendo previstos meios para ligar as partes metálicas acessíveis, se existentes, ao condutor de proteção da instalação. Em caso de falha da isolamento básica, a proteção dependerá apenas do meio ambiente. Por exemplo, aparelhos eletrodomésticos portáteis, como liquidificadores e batedeiras;
- ◆ *classe 0I*: equipamento ou aparelho que tem pelo menos isolamento básica em todas as suas partes vivas e possui terminal para aterramento das partes metálicas acessíveis não destinadas a conduzir corrente (massas) e que podem ficar sob tensão em caso de falha de isolamento. Entretanto, o cabo de alimentação não possui condutor de proteção e o plugue não possui o pino terra. É o caso, por exemplo, de algumas geladeiras e lavadoras de uso caseiro. Nesses equipamentos, o condutor de proteção (PE) do circuito elétrico deve ser conectado à massa (carcaça) metálica do aparelho.




O Inmetro através da Portaria n. 10 de 2010, estabeleceu o fim da fabricação e comercialização de aparelhos com classe de isolamento elétrica 0 e 0I.

A partir de 1º de janeiro de 2014, não serão mais admitidas a fabricação e a importação, para o mercado nacional

A partir de 1º de julho de 2015, não será mais admitida a comercialização dos aparelhos de classes de isolamento 0 e 0I

- ◆ *classe I*: equipamento no qual a proteção contra choques elétricos não é assegurada apenas pela isolamento, mas inclui uma precaução de segurança adicional, onde o cabo de alimentação contém um condutor de proteção (PE) conectado diretamente às massas internas dos aparelhos. É o caso dos aparelhos eletrodomésticos de maior porte ou potência (lava-louças, ar-condicionado, forno de microondas, entre outros) e da maioria dos aparelhos eletroprofissionais (como máquina de xerox e equipamento odontológico);

- ◆ *classe II*: equipamento que tem isolação dupla ou reforçada em todas as suas partes vivas, sem previsão para aterramento ou outras precauções que dependam das condições da instalação. Podem ser de três tipos:
- ◆ *classe III*: equipamento no qual a proteção contra choques elétricos é assegurada pela alimentação em extrabaixa tensão, pois, durante seu funcionamento, não podem ser induzidas tensões mais elevadas. É o caso, por exemplo, de equipamentos para uso subaquático como iluminação de piscinas, hidromassagem etc...

I	
II	
III	

Proteção para Garantir Segurança

- Princípios

- Partes vivas não devem ser acessíveis em uma instalação; e
- Massas ou partes condutivas não devem oferecer perigo, seja em condições normais, seja quando da ocorrência de alguma falha.

-Tipos de proteção:

- Básica: visando a proteção contra contatos diretos.

Exemplo: isolamento básica ou separação básica; uso de barreira ou invólucros, ou limitação da tensão.

- Supletiva: visando a proteção contra contatos indiretos.

Exemplo: Equipotencialização e seccionamento automático da alimentação; ou, separação elétrica; ou, isolamento suplementar

- Regra Geral: Provimento conjunto da proteção básica e supletiva, através de meios independentes ou de medida única capaz de prover as proteções, simultaneamente. Exceções, vide itens 5.1.5 e 5.1.6 da NBR5410/2004.

- Proteção Adicional: há situações que necessitam de proteção adicional, tal como em banheiros e piscinas, ou em locais molhados em uso normal. Os detalhes serão apresentados posteriormente.

MEDIDAS DE PROTEÇÃO

- Proteção Básica → assegurada por Isolação das partes vivas e/ou uso de barreiras ou invólucros.
- Proteção Supletiva → Aplicação conjunta da equipotencialização e seccionamento automático da alimentação.
- Equipotencialização → Impedir aparecimento de tensões de contato perigosas;
 - Todas as massas devem estar ligadas a condutores de proteção;
 - Uma equipotencialização principal deve ser realizada em cada edificação, conforme 6.4.2.1, e tantas equipotencializações suplementares quanto forem necessárias;
 - À equipotencialização principal da edificação devem estar vinculadas todas as massas, sendo assim, ligadas a um mesmo e único eletrodo de aterramento. Isto não deve afetar equipotencializações adicionais realizadas por questões de compatibilidade eletromagnética ou proteção contra choque elétrico.

- Massas simultaneamente acessíveis devem estar ligadas a um mesmo eletrodo de aterramento;
- Massas protegidas por um mesmo dispositivo de seccionamento automático contra choque elétricos, devem estar vinculadas a um mesmo eletrodo de aterramento;
- Todo circuito deve dispor do condutor de proteção, na totalidade de sua extensão;

Como exceção, os seguintes elementos podem ser excluídos de equipotencialização:

- suportes metálicos de isoladores de linhas aéreas fixados à edificação que estiverem fora do alcance normal ($d > 2,5\text{m}$);
- Postes de concreto armado em que a armadura não seja acessível;
- Massas que pelas dimensões reduzidas (até $50\text{mm} \times 50\text{mm}$) ou por sua disposição, não permitam estabelecer contato efetivo (ser agarrada) com parte do corpo humano, sendo difícil ou pouco confiável a ligação de um condutor de proteção (parafusos, pinos, placas de identificação e grampos de fixação de condutores).

- Seccionamento automático → Um dispositivo promove o desligamento automático do circuito em que se manifesta a tensão de contato perigosa.

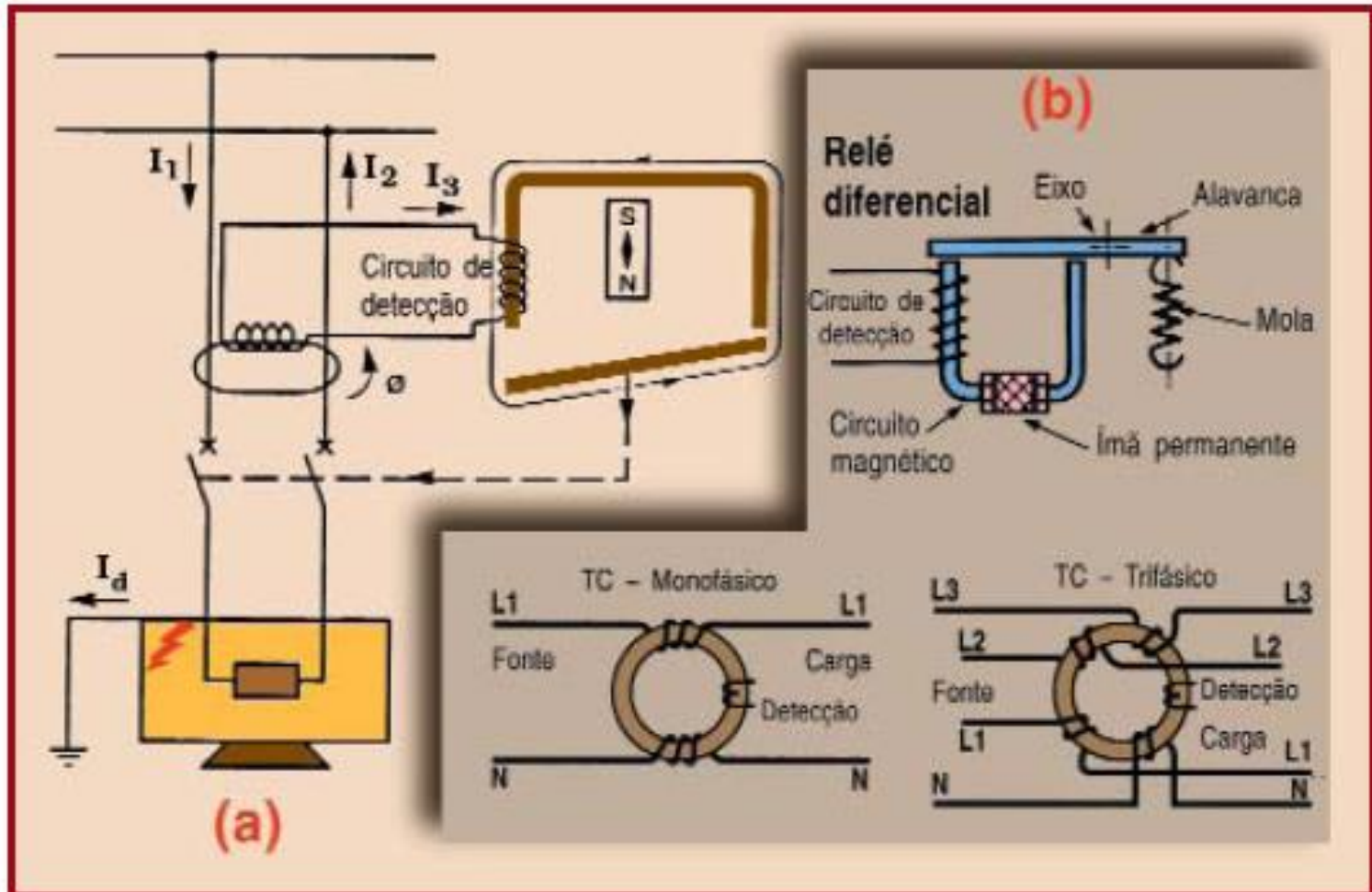
A Tabela abaixo apresenta a indicação, segundo a NBR5410/04, do tipo de dispositivo a ser empregado em função do esquema de aterramento da instalação.

ESQUEMA DE ATERRAMENTO	SECCIONAMENTO AUTOMÁTICO
TN*	-SOBRECORRENTE, OU - CORRENTE DIFERENCIAL RESIDUAL
TT	- CORRENTE DIFERENCIAL RESIDUAL
IT	-SOBRECORRENTE, OU - CORRENTE DIFERENCIAL RESIDUAL

* Na variante TN-C não se admite a aplicação de dispositivo à corrente diferencial-residual

DISPOSITIVO DIFERENCIAL REDISUAL (DR)

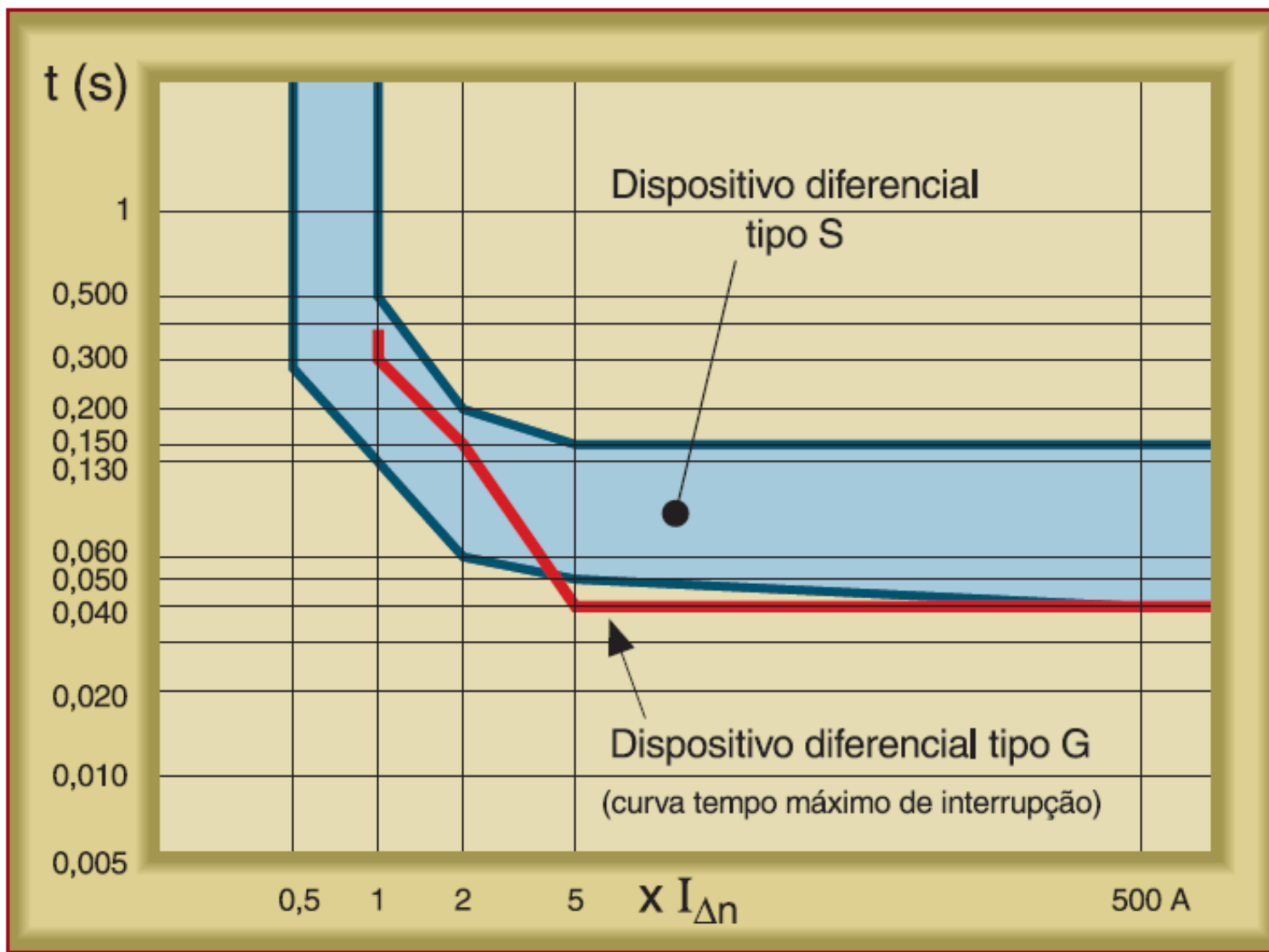
- PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO







Vista em corte de um interruptor diferencial tetrapolar



- Curvas de Atuação dos DR's (Normalizadas)








TIPOS E CARACTERÍSTICAS



Tipo AC  Detecta correntes residuais alternadas e são normalmente utilizados em instalações elétricas residenciais, comerciais e prediais, como também em instalações elétricas industriais de características similares.



Tipo A  Detecta correntes residuais alternadas e contínuas pulsantes; este tipo de dispositivo é aplicável em circuitos que contenham recursos eletrônicos que alterem a forma de onda senoidal.

Tipo B   Detecta correntes residuais alternadas, contínuas pulsantes e contínuas puras. Este tipo de dispositivo é aplicável em circuitos de corrente alternada com frequências de 50/60 Hz, normalmente trifásicos que possuam em sua forma de onda partes senoidais, meia-onda, ou ainda formas de ondas de corrente contínua, geradas por cargas como: equipamentos eletromédicos, entre outros. Seus valores de disparo são definidos em até 2 kHz.

Tipo B+    Assim como o Tipo B, os dispositivos Tipo B+ são adequados para o uso em circuitos de corrente alternada com frequência de 50/60 Hz. Entretanto as condições de disparo para esse dispositivo permanece abaixo de 420 mA (limiar de fibrilação cardíaca) a até uma frequência de 20 kHz, oferecendo um alto nível de prevenção contra incêndios.

Tipo F   Dispositivos Tipo F foram desenvolvidos especialmente para oferecer proteção contra choque elétrico quando se usa cargas elétricas com conversores de frequência em redes monofásicas AC. Ao contrário da corrente residual DC, esse equipamento elétrico gera corrente residual com frequências mistas. Sua característica de disparo fica entre o Tipo A e o Tipo B, o qual garante cobertura confiável no caso de uma falta de corrente. Ainda, eles são caracterizados por atuar com um curto tempo de retardo por isso são menos propensos a disparar em caso de fugas de corrente de curta duração.

Característica  A fim de evitar disparos indesejáveis quando uma corrente de fuga temporária ocorrer, é recomendado o uso do Dispositivo DR Tipo  (super resistente). Ele atua com um tempo de retardo de aproximadamente 10 ms, ou seja, correntes de fuga de curta duração e altas corrente de surto (8/20 us) são ignoradas por esse período de tempo. Esse dispositivo também garante proteção contra choques elétricos e são instalados a jusante do Dispositivo DR principal.

Característica  Para projetos típicos com circuitos de entrada e de distribuição, podem ser utilizados os Dispositivos DR que atuem de forma seletiva, o que permite que seja desligada somente a parte de instalação que apresenta falha. Os Dispositivos DR de característica  são adequados para aplicação a montante, pois atuam com um retardo de disparo conforme prescrito pela norma NBR NM 61008 e possuem também alta capacidade de aguentar surtos de 5 kA (8/20 us).

Característica SIGRES Os Dispositivos DR Tipo SIGRES são adequados para ambientes rigorosos onde existam grandes taxas de emissão de gases corrosivos (agricultura, indústria química, canteiro de obras). Por estarem sujeitos a uma carga significativamente mais elevada o SIGRES é próprio para esse tipo de situação, pois possui um recurso de proteção de condensação ativa, fazendo com que o dispositivo tenha maior tempo de vida de serviço.

VERSÕES DE PRODUTO

Dispositivo DR ou Interruptor DR

Dispositivo de seccionamento mecânico destinado a provocar a abertura dos próprios contatos quando ocorrer uma corrente de fuga à terra. O circuito protegido por este dispositivo necessita ainda de uma proteção contra sobrecarga e curto-circuito que pode ser realizada por disjuntor ou fusível, devidamente coordenado com o Dispositivo DR



Módulo DR

Dispositivo destinado a ser associado a um disjuntor termomagnético adicionando a este a proteção diferencial residual, ou seja, esta associação permite a atuação do disjuntor quando ocorrer uma sobrecarga, curto-circuito ou corrente de fuga à terra. Recomendado para instalações onde a corrente de curto-circuito for elevada.

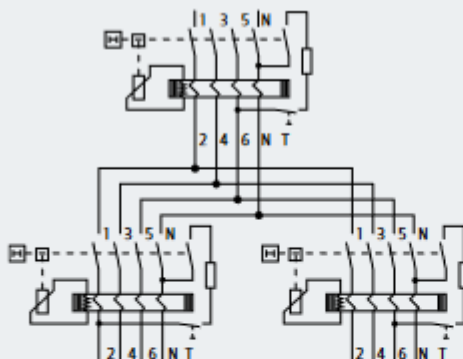


Disjuntor DR

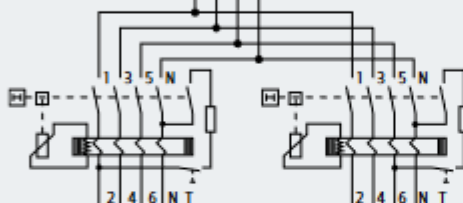
Dispositivo de seccionamento mecânico destinado a provocar a abertura dos próprios contatos quando ocorrer uma sobrecarga, curto-circuito ou corrente de fuga à terra. Recomendado nos casos onde existe a limitação de espaço.



Circuito de entrada
Dispositivo DR
característica **S**



Circuitos de saída
Dispositivo DR
Instantâneo ou
característica **K**



A montante		A jusante		
Dispositivo DR Característica S		Dispositivo DR	Instantâneo	Característica K
Corrente nominal residual $I_{\Delta n}$	Tempo de interrupção (até $5 \times I_{\Delta n}$)	Corrente nominal residual $I_{\Delta n}$	Tempo de interrupção (até $5 \times I_{\Delta n}$)	Tempo de interrupção (até $5 \times I_{\Delta n}$)
100 mA	50 a 150 ms	10 ou 30 mA	≤ 40 ms	20 ... 40 ms
300 mA	50 a 150 ms	10, 30 ou 100 mA	≤ 40 ms	20 ... 40 ms
500 mA	50 a 150 ms	10, 30, 100 mA	≤ 40 ms	20 ... 40 ms
1000 mA	50 a 150 ms	300 mA	≤ 40 ms	20 ... 40 ms

Dados técnicos básicos

Norma para dispositivos DR ou interruptor DR: ABNT NBR NM 61008

Temperatura ambiente: - 25 até + 45°C

Durabilidade mecânica / elétrica: >10.000 manobras

Grau de proteção: IP 20 (toque accidental)

Montagem: qualquer posição

Fixação (rápida por engate): em trilho 35 x 7,5 mm

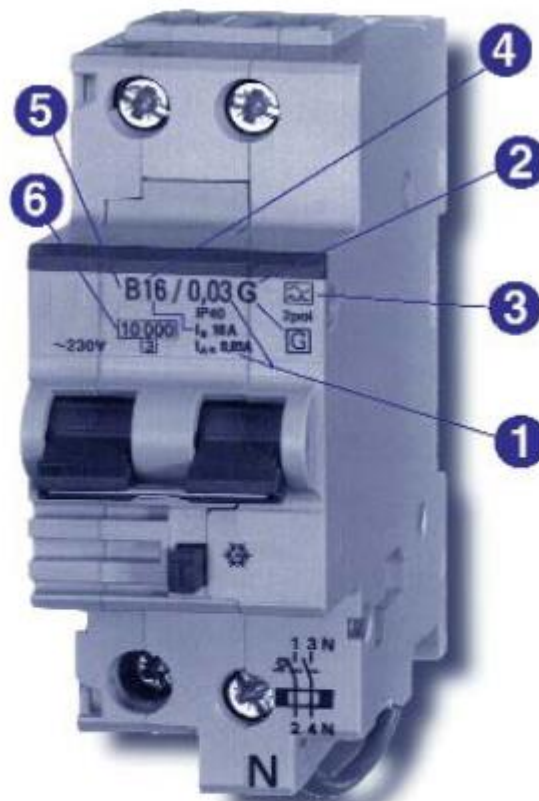
Alimentação: superior ou inferior, desde que respeitada sempre a mesma ordem.

DISPOSITIVO

- IDR → 10 A, 13 A, 16 A, 20 A, 25 A, 40 A, 63 A, 80 A, 100 A e 125 A (NBR NM 61008/05)

- DDR → 6 A, 10 A, 13 A, 16 A, 20 A, 25 A, 32 A e 40 A (IEC61009/12)

- Módulo DR → 6 a 63 A




As marcações revelam virtualmente tudo sobre o produto: 1) a sensibilidade é de 30 mA; 2) o dispositivo é do tipo G (instantâneo); 3) é do tipo A (sensível a CA e a CC pulsante); 4) a corrente nominal é de 16 A. E fica evidente, também, que se trata de um dispositivo do tipo disjuntor diferencial, com 5) curva de disparo por curto-circuito, ou disparo magnético, do tipo B (faixa de disparo entre 3 e 5 x I_N) e com 6) capacidade de interrupção de 10 kA.

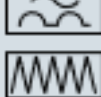
DETECÇÃO

Tipo AC 

Tipo A 

Tipo B 

Tipo B+ 

Tipo F 

Segundo o item 5.1.3.2.1.1, da NBR 5410/04, reconhece a utilização de DR com corrente diferencial-residual menor ou igual a 30mA, como medida de proteção adicional contra o choque elétrico.

- Obrigatoriedade do DR

- ✓ Circuitos que alimentam pontos de utilização situados em locais com chuveiros e banheiras;
- ✓ Circuito de tomadas localizadas em áreas externas à edificação;
- ✓ Circuitos de tomadas localizadas internamente à edificação, mas que possam a vir a alimentar equipamentos no exterior;
- ✓ Em locais de habitação, os circuitos que alimentam pontos situados em cozinha, áreas de serviço, copa-cozinhas, lavanderias, garagens, churrasqueiras e outras dependências internas molhadas em uso normal ou sujeitas a lavagem;
- ✓ Em edificações não-residenciais, os circuitos que alimentarem pontos situados em cozinha, áreas de serviço, copa-cozinhas, lavanderias, garagens, churrasqueiras e outras dependências internas molhadas em uso normal ou sujeitas a lavagem

- NOTAS:

1. Para tomadas de correntes a exigência de DR se limita a tomadas com corrente nominal de até 32 A;
2. A exigência não se aplica para sistemas IT, pois, visa garantir a continuidade do serviço, mantendo a segurança das pessoas. Ex.: Centros Cirúrgicos;
3. Para Cozinha, Copa, Lavanderia e similares, em locais de habitação, admite-se exclusão dos pontos de iluminação, desde que posicionados a uma altura igual ou superior a 2,5m;
4. Risco de desligamento de congeladores: recomendação de usar DR de alta imunidade a ruídos; que o circuito seja independente; que caso haja DR a montante, deve ser garantida a seletividade entre os dispositivos; como alternativa, a tomada do congelador pode ser protegida por separação elétrica individual, sendo recomendado um circuito individual e, caso haja DR a montante, que o mesmo seja do tipo imune a perturbações transitórias;
5. Os circuitos podem ser protegidos individualmente, por ponto de utilização ou por grupo de circuitos.

Tipos de Carregamento para veículos elétricos (4 Modos)

Carregamento Modo 1

Um carregamento é chamado **Modo 1** quando é realizado em uma tomada que não é específica para os veículos elétricos, ou seja, quando o V.E. é conectado a uma tomada doméstica, como a que utilizamos para outros eletrodomésticos.

Normalmente **esse tipo de carregamento é indicado para motos de menor potência**, bicicletas elétricas, patinetes, hoverboards, ou outro veículo elétrico similar. Contudo, esse tipo de carregamento não é indicado para carros elétricos ou motos de maior potência, uma vez que esse tipo de sistema carece de sistemas de proteção adequados ao sistema elétrico do veículo

Carregamento Modo 2: Lento

Este tipo de carregamento utiliza um sistema elétrico monofásico e é executada com uma potência inferior a 3,7kW. O veículo elétrico ou híbrido é conectado à rede elétrica por meio de “cabo de carregamento” correspondente para fornecer segurança ao carregamento. **O modo 2 consiste na instalação de uma caixa com uma tomada**, normalmente exclusiva para o carregamento do veículo elétrico,

<https://www.lugenergy.pt/tipos-de-carregamento-4modos>

Carregamento Modo 3: Semi-Rápido

Indicado para todos os tipos de viaturas elétricas, **este modo de carregamento necessita de um posto de carregamento**, denominado WALLBOX, o qual conta com diversas proteções para a segurança tanto do sistema elétrico da rede quanto do veículo.

O veículo elétrico é alimentado por uma corrente alternada (AC) através de um **WALLBOX**, sendo indicado para modelos híbridos plug-in ou 100% elétricos. Alguns V.E. permitem carregamento exclusivamente em monofásico (a um máximo de 7,4 kW), enquanto outros permitem o carregamento tanto em trifásico (a um máximo de 22 kW) quanto em monofásico

Carregamento Modo 4: Rápido

O carregamento no Modo 4 é aquela que se realiza em uma estação fora de casa e nos **permite recarregar pelo menos 80% da bateria em menos de 30 minutos**.

O modo 4 é considerado como tal **a partir de 50 kWh**. Devemos distinguir entre o modo 4 com recarga “super rápida” e o modo 4 com recarga “ultrarrápida”. Este último não é aconselhável para o carregamento diário, pois pode danificar a bateria se a usarmos regularmente.

O carregamento no modo 4 é realizado em **corrente contínua**, ao contrário dos modos anteriores, que são realizados em corrente alternada. Os pontos de carregamento que usam um carregamento do tipo 4, seja qual for o caso, não são projetados ou recomendados para garagens privadas. Isso deve-se principalmente ao alto custo do produto e da instalação.

NBR 17019/22

Instalações elétricas de baixa tensão—Requisitos para instalações em locais especiais— Alimentação de veículos elétricos

5 Proteção para garantir a segurança

A ABNT NBR 5410:2004, Seção 5, é aplicável, com as seguintes adaptações:

5.1 Proteção contra choques elétricos

5.1.1.3 Proteção adicional

Substituir o texto de 5.1.1.3 da ABNT NBR 5410, pelo seguinte:

Cada ponto de conexão em corrente alternada deve ser protegido individualmente por um dispositivo de proteção à corrente diferencial-residual, com corrente diferencial-residual nominal $I_{\Delta n}$ igual ou inferior a 30 mA. Este dispositivo DR pode estar instalado no quadro de distribuição da instalação elétrica fixa e/ou no sistema de recarga para VE (ver tipos permitidos de dispositivos DR em 6.3.3.2).

NOTA 1 Este requisito implica que este dispositivo diferencial-residual não seja utilizado para a proteção de outros pontos de conexão ou de outros equipamentos de utilização.

6.3.3.2 Dispositivo de proteção à corrente diferencial-residual (dispositivos DR)

Adicionar:

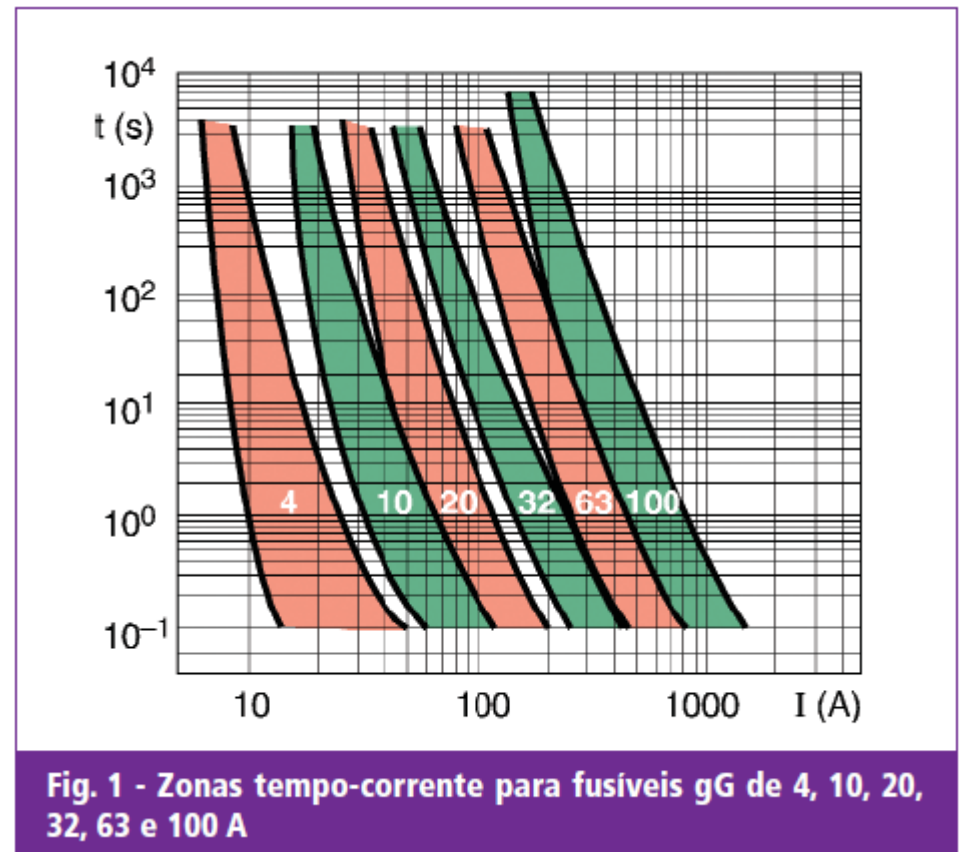
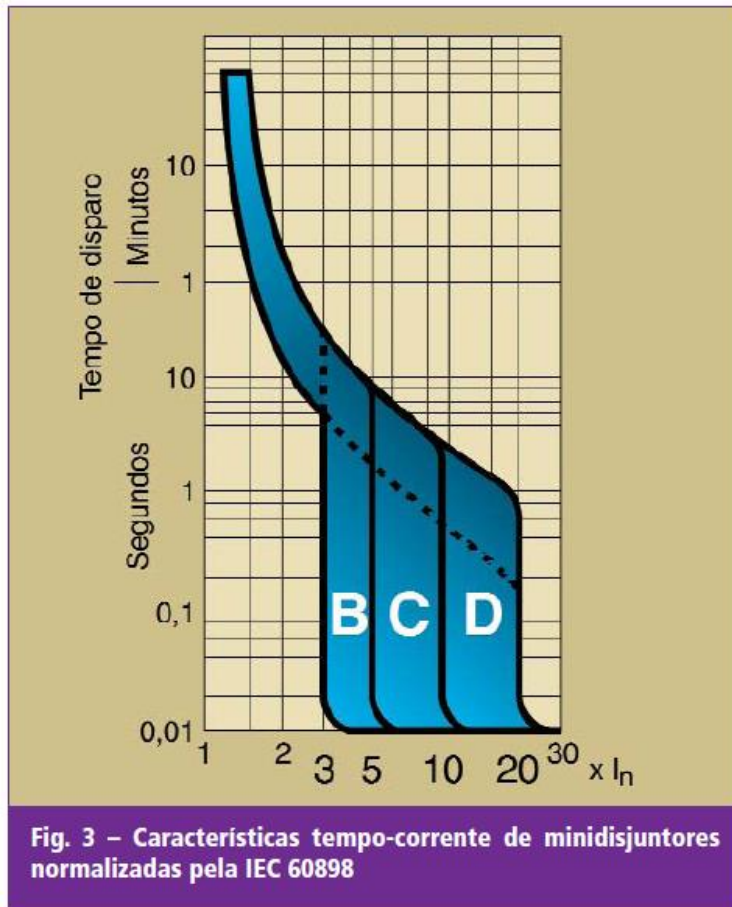
6.3.3.2.101 Os dispositivos de proteção à corrente diferencial-residual que protegem cada ponto de conexão em corrente alternada, para os modos de recarga 1 e 2, de acordo com 5.1.1.3, devem ter uma corrente diferencial-residual nominal $I_{\Delta n}$ igual ou inferior a 30 mA, e devem atender no mínimo aos requisitos dos dispositivos de proteção à corrente diferencial-residual do tipo A. Não é permitida a utilização de dispositivos de proteção à corrente diferencial-residual do tipo AC.

6.3.3.2.102 No caso em que a estação de recarga para VE, para o modo 3 de recarga, for equipada com uma tomada fixa ou tomada móvel para VE de acordo com a série ABNT NBR IEC 62196, as medidas de proteção contra a corrente de falta em corrente contínua indicadas a seguir devem ser atendidas, exceto quando forem asseguradas pela própria estação de recarga para VE:

- a) utilização de um dispositivo de proteção à corrente diferencial-residual do tipo B; ou
- b) utilização de um dispositivo de proteção à corrente diferencial-residual do tipo A em conjunto com um dispositivo de detecção de corrente diferencial-residual contínua, de acordo com a IEC 62955; ou
- c) utilização de um dispositivo de proteção à corrente diferencial-residual do tipo F em conjunto com um dispositivo de detecção de corrente diferencial-residual contínua, de acordo com a IEC 62955.

SECCIONAMENTO AUTOMÁTICO: DISPOSITIVO A SOBRECORRENTE

- Dispositivos a Sobrecorrente somente se aplica a sistemas TN ou IT
- Dispositivos a sobrecorrente funcionam segundo curva de **Tempo x Corrente**



- O princípio da aplicação de dispositivos a sobrecorrente, para proteção contra choque, baseia-se na ideia de que o dispositivo seja capaz de seccionar o circuito dentro do limite de tempo máximo estabelecido pela norma. Os tempos estão dados na Tabela abaixo:

Tensão nominal fase-terra (V)	Tempo de seccionamento (s)	
	Situação 1	Situação 2
115,120, 127	0,8	0,35
220	0,4	0,20
277	0,4	0,20
400	0,2	0,05
> 400	0,1	0,02

Portanto, o que tem que ser assegurado é que, no limite, o comprimento do circuito (impedância do cabo) permita que o disjuntor dispare dentro do tempo limite.

Então, deve haver uma metodologia para avaliar o comprometimento entre corrente do circuito, comprimento máximo e tempo limite para seccionamento.

Neste estudo, se utilizará a seguinte fórmula de avaliação:

$$L_{\max} = \frac{0,8 U_o S_{\phi}}{\rho (1 + m) I_a}$$

onde

U_o é a tensão fase–neutro, em volts;

S_{ϕ} é a seção nominal dos condutores de fase, em mm^2 ;

ρ é a resistividade do material condutor, em $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$,
à temperatura de regime;

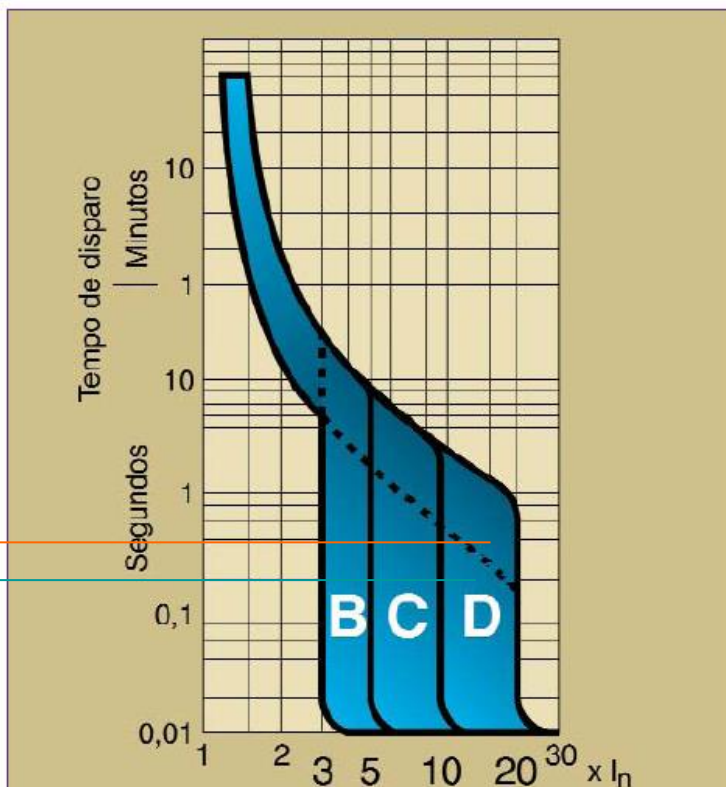
m é a relação entre as seções do condutor de fase e do condutor de proteção, isto é,

$$m = \frac{S_{\phi}}{S_{PE}}$$

I_a é a corrente, em ampères, que assegura a atuação do dispositivo de proteção (dispositivo a sobrecorrente) dentro do tempo de seccionamento máximo admissível fixado pela NBR 5410.

Para avaliar a relação entre a corrente e o tempo de disparo, vamos analisar a curva de disparo de disjuntor, em um sistema 220V, cujo tempo de disparo é:

Tensão nominal fase-terra (V)	Tempo de seccionamento (s)	
	Situação 1	Situação 2
220	0,4	0,20



Pode-se concluir que, qualquer que seja a situação, os tempos de disparo determinados pela NBR5410/04 sempre se encontram dentro da região de disparo instantâneo, ou seja, pelo disparo magnético do dispositivo, o que assegura a eficácia na proteção contra o choque elétrico.

Exemplo: calcular o comprimento limite de um circuito para garantir que a corrente de falta entre na região de disparo magnético de um disjuntor de 20A, curva C, aplicado a um circuito com cabo de 2,5mm².

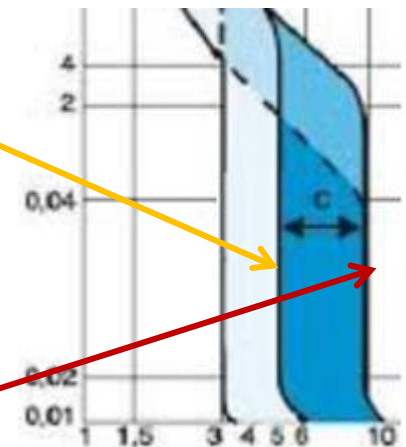
Para curva C, a corrente de disparo situasse entre 5 e 10 vezes a corrente nominal, ou seja, para disjuntor de 20A, tem-se entre 100A e 200A.

Para este exemplo, utilizaremos a relação de 5,1xI_N, como parâmetro de cálculo, para garantir que se esteja dentro do limite para curva C. Assim, I_a=102A.

$$L_{\max} = \frac{0,8 U_o S_{\phi}}{\rho (1+m) I_a} \quad L_{\max} = \frac{0,8 \times 220 \times 2,5}{0,01786 \times 2 \times 102} = 120m$$

Se pode calcular para o outro extremo do intervalo da curva C, ou seja, quando a corrente for 10,1 vezes a nominal, neste caso, 202A.

$$L_{\max} = \frac{0,8 \times 220 \times 2,5}{0,01786 \times 2 \times 202} = 61m$$



Em termos de segurança, a utilização do extremo superior do intervalo de disparo magnético é o mais recomendado, posto que, entre 5 e 10 vezes a nominal, o disjuntor entra na região de disparo. Portanto, se fazendo uma fração maior (10,1) que o limite superior (10), na teoria, se garantiria o efetivo desarme do disjuntor, pois já se estaria numa região onde o fabricante tem que garantir a abertura do dispositivo.

Desta forma, se assumirmos o limite prudencial de 61m para um circuito com cabo 2,5mm² e disjuntor de 20A/curva C, se pode verificar que, se for projetado um circuito com comprimento de 75m, então, para o disjuntor de 20A funcionar com segurança, não se deveria utilizar o cabo de 2,5mm². Assim, há que se alterar a bitola da fiação, ou seja, buscar utilizar um cabo de 4mm². Para o qual, se deve calcular o comprimento máximo, conforme segue:

$$L_{max} = \frac{0,8 \times 220 \times 4}{0,01786 \times 2 \times 20^2} = 97m$$

Portanto, observa-se que o cabo de 4mm² suporta um comprimento de 75m, projetado para o circuito em questão e, o disjuntor de 20A/curva C, atenderá ao requisito de seccionamento automático, fazendo a proteção contra choque elétrico.

Desta forma, se tem a caracterização do 5º método de dimensionamento da fiação, conforme preconiza a NBR5410/04.

Portanto, para facilitar, alguns fabricantes fornecem tabelas que relacionam a bitola do cabo, a proteção e qual o máximo comprimento do circuito, garantido proteção contra choque elétrico.

Tab. I – Comprimento máximo de circuito(*) (m)

S _φ (mm ²)	Corrente nominal do disjuntor (A)												
	6	10	13	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125
1,5	195	117	90	73	58	46	36	29	23	18	14	11	9
2,5	325	195	150	122	97	78	61	48	39	31	24	19	15
4	521	312	240	195	156	125	97	78	62	49	39	31	25
6	782	469	361	293	234	187	146	117	93	74	58	46	37
10		782	601	488	391	312	244	195	156	124	97	78	62
16			962	782	625	500	391	312	250	198	156	125	100
25					977	782	611	488	391	310	244	195	156
35						1095	855	684	547	434	342	273	219
50								977	782	620	488	391	312

(*) Circuito com condutores de cobre; disjuntores tipo B conforme NBR IEC 60898 (disparo magnético entre 3 e 5 × I_n)

Determinando a corrente **I_a** para o **cabo de 2,5mm² e disjuntor de 20A**. Como fase e terra tem a mesma bitola, então **m=1**.

$$L_{\max} = \frac{0,8 U_o S_{\phi}}{\rho (1+m) I_a}$$

$$I_a = \frac{0,8 \times 220 \times 2,5}{0,01786 \times 2 \times 97} = 127A$$

Para disjuntor 20A, curva B, a corrente de disparo instantâneo fica entre 3 e 5 vezes a nominal, ou seja, 60A e 100A. Portanto, 127A dá uma relação de 6,4 vezes. O que supera o limite superior da região de disparo, garantindo o seccionamento do circuito.

Grau de proteção dos invólucros:

IP

2

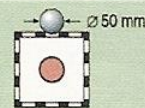
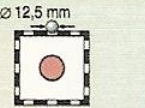
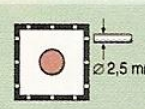
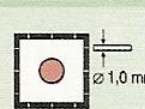
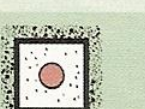

3

C

W

1º algarismo característico:

Proteção contra o ingresso de corpos sólidos estranhos e contra acesso a partes perigosas

Indicação relativa à proteção do equipamento		Indicação relativa à proteção das pessoas
0 Não protegido		Não protegido
1 Proteção contra corpos sólidos superiores a 50 mm		Proteção contra acesso com o dorso da mão
2 Proteção contra corpos sólidos superiores a 12,5 mm		Proteção contra acesso com o dedo
3 Proteção contra corpos sólidos superiores a 2,5 mm		Proteção contra acesso com ferramenta
4 Proteção contra corpos sólidos superiores a 1 mm		
5 Proteção contra poeira (admite-se ingresso limitado, sem formação de depósitos nocivos)		Proteção contra acesso com fio
6 Proteção total contra a penetração de poeira		

2º algarismo característico:

Proteção contra a penetração de líquidos

Indicação relativa à proteção do equipamento

0 Não protegido	
1 Proteção contra quedas verticais de gotas d'água	
2 Proteção contra quedas de gotas d'água até 15° da vertical	
3 Proteção contra chuva até 60° da vertical	
4 Proteção contra projeções d'água de qualquer direção	
5 Proteção contra jatos d'água (de baixa pressão) de qualquer direção	
6 Proteção contra fortes jatos d'água, assimiláveis a vagas ou ondas do mar	
7 Proteção contra os efeitos da imersão (imersão entre 15 cm e 1 m)	
8 Proteção contra os efeitos da submersão (imersão prolongada sob pressão)	

Letra adicional*

Indicação relativa à proteção das pessoas

- A Proteção contra acesso com o dorso da mão (usada em proteções tipo IP 0X)
- B Proteção contra acesso com o dedo (usada em proteções IP 0X e IP 1X)
- C Proteção contra acesso com ferramenta (usada em proteções IP 0X, IP 1X e IP 2X)
- D Proteção contra acesso com fio (usada em proteções IP 0X, IP 1X, IP 2X e IP 3X)

- * A ser utilizada quando
- a proteção efetiva contra contato com partes perigosas é superior àquela indicada pelo primeiro algarismo característico; ou quando
- apenas a proteção contra contato com partes perigosas for indicada (primeiro algarismo substituído por "X").

Letra suplementar

Informações suplementares

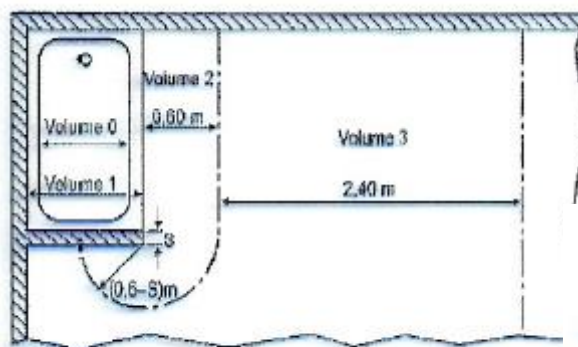
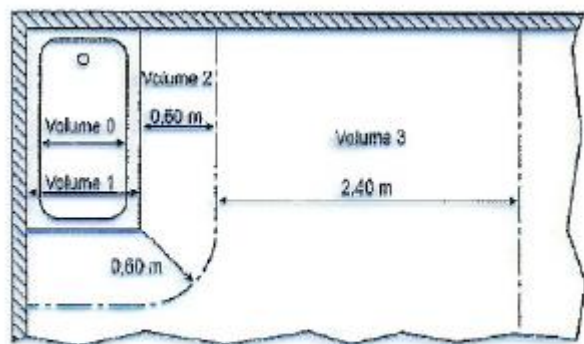
- H Equipamento de alta tensão
- M Ensaiado contra efeitos nocivos do ingresso de água com aparelhos em movimento
- S Ensaiado contra efeitos nocivos do ingresso de água em condições estacionárias
- W Indicado para uso em condições atmosféricas especificadas

Requisitos Complementares para Instalações em Locais

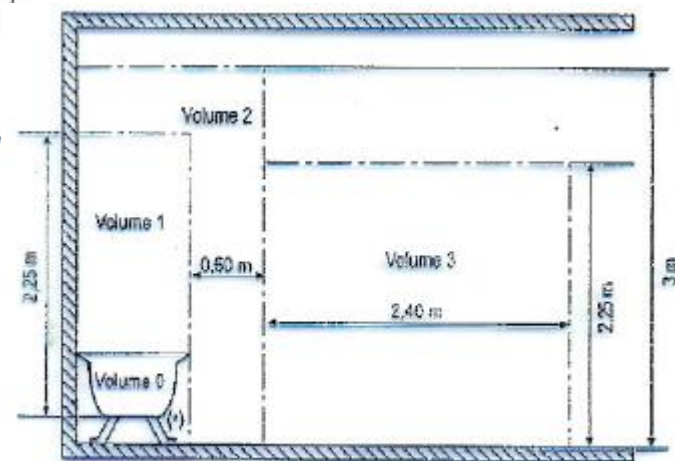
Contendo Banheira e/ou Chuveiro

A norma NBR5410/04, em seu Capítulo 9, item 9.1, apresenta os requisitos especiais visando complementar, modificar ou substituir medidas visando a segurança contra choques elétricos.

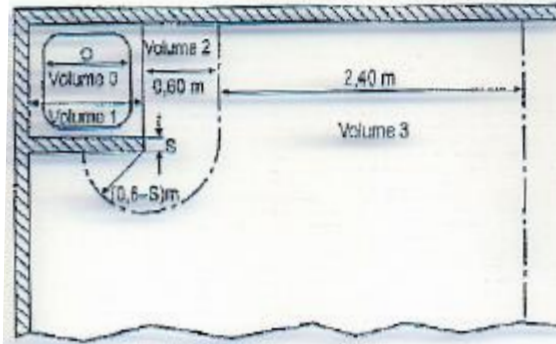
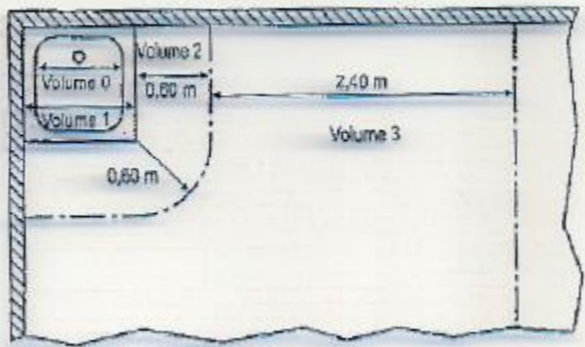
- Classificação dos Volumes → Local com banheira



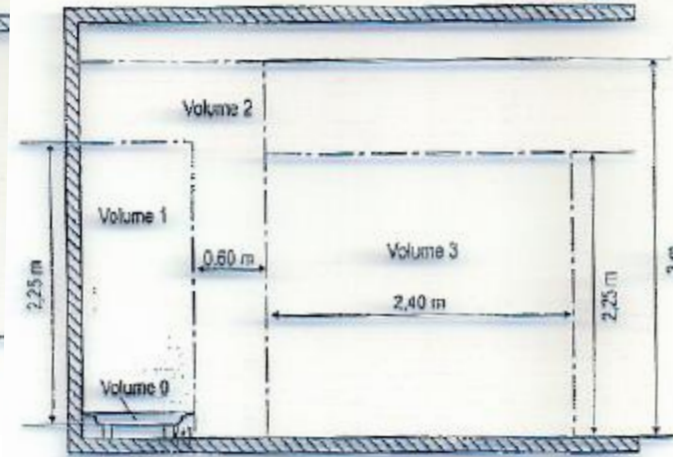
Com parede divisória fixa



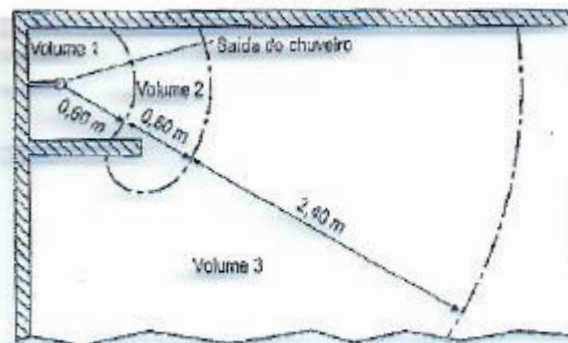
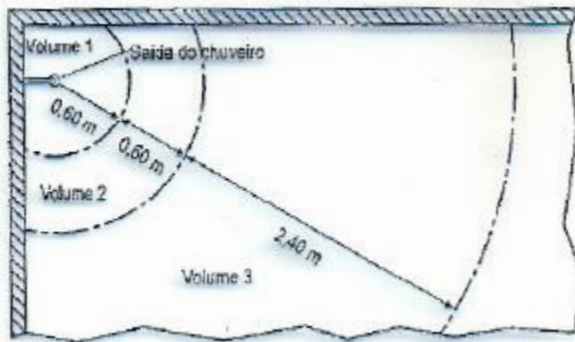
• Classificação dos Volumes → Local com Chuveiro e piso-box



Com parede divisória fixa



• Classificação dos Volumes → Local com Chuveiro e sem piso-box ou rebaixo



Com parede divisória fixa



- Proteção contra choque elétrico

- No volume 0 somente se admite utilização de SELV (Separate Extra-Low Voltage) com tensão menor ou igual a 12V;
- No sistema SELV, as partes vivas devem ser providas de isolação com ensaio para 500V durante 1min; ou, invólucros ou barreiras com IP2X ou IPXXB;
- A fonte de segurança do sistema SELV deve estar fora do volume 0;
- Todos os elementos condutivos dos volumes 0, 1, 2 e 3 e os condutores de proteção de todas as massas situadas nesses volumes, deve ser reunido em uma equipotencialização suplementar.

- Seleção e Instalação dos Componentes

❖ Os componentes da instalação devem ter os seguintes IP's:

- IPX7 → Volume 0
- IPX4 → Volume 1
- IPX3- IPX5 (banheiro público) → Volume 2
- IPX1 – IPX5 (banheiro público) → Volume 3

❖ Nos volumes 0, 1 e 2:

- As linhas devem ser limitadas às necessidades de alimentação dos equipamentos situados nesses volumes;
- As linhas aparentes ou embutidas (profundidade de até 5cm), devem ser conforme item 5.1.2.3.4 (dupla isolação ou isolação reforçada);
- As únicas caixas de derivações permitidas são para a ligação dos equipamentos existentes nesses volumes.

❖ No Volume 3:

- Linhas aparentes ou embutidas devem seguir o item 5.1.2.3.4;
- Eletroduto metálico embutido deve ser equipontencializado e os circuitos devem ser protegidos por DR (30mA).

- Proteção, seccionamento e Comando

- Nos volumes 0, 1 e 2 nenhum dispositivo de proteção, seccionamento ou comando pode ser instalado;
- Nos volumes 1 e 2 pode instalar:
 - Cordões isolantes de interruptor acionado a cordão (IEC 60669-1);
 - Comandos alimentados em SELV, ou por radiofrequência ou infravermelho;
- No volume 3 pode ser instalada tomada de corrente, desde que:
 - Alimentada individualmente por transformador de separação; ou
 - Alimentada em SELV; ou
 - Protegida por DR de 30mA.

- Outros Componentes Fixos:

- ❖ Apenas equipamentos previstos para uso em banheira podem ser instalados no volume 0;
- ❖ No volume 1 apenas podem ser instalados aquecedores elétricos de água classe I ou II;
- ❖ No volume 2 podem ser instaladas luminárias classe II e/ou aquecedores elétricos de água classe I ou II;