



**MONTEMA**  
equipamentos e sistemas



## FUSÍVEIS LIMITADORES DE CORRENTE HH

Linha IN - Guia de aplicação

## FUSÍVEIS HH

### Introdução

Os fusíveis do tipo HH da linha IN, são dispositivos extremamente eficazes na proteção de sistemas de média tensão contra curto-circuitos devido às suas excelentes características de tempo x corrente. A principal característica destes dispositivos é a sua capacidade de limitar a corrente de curto em tempos extremamente reduzidos, assim protegendo os circuitos e a instalação contra os efeitos térmicos e dinâmicos da corrente de falta. Além disso, possuem uma elevada capacidade de interrupção, com baixo fator de potência, da ordem de 0,15, o que os torna adequados para aplicações em sistemas nos quais o nível da corrente de curto-circuito é muito elevado.

### Princípio de funcionamento

A principal função dos fusíveis é exercida pelo elemento fusível propriamente dito, a quem é atribuída a função de suportar, sem excessivo aquecimento ou fusão a corrente nominal e as correntes de energização ou magnetização dos equipamentos envolvidos e de fundir-se em determinado tempo, quando a corrente superar o limite máximo de não fusão.

O intervalo de tempo necessário para chegar à fusão depende da densidade da corrente agente no fusível, das características do material que constitui o elemento fusível (resistividade, calor específico) e do material circundante. Normalmente os fusíveis HH limitadores de corrente são montados em uma base, freqüentemente dotada de um indicador de estado do fusível (sinalização de queima), e podem ser utilizados tanto em ambientes internos como externos, dependendo apenas das características de utilização dos equipamentos a eles associados.

### Características dos fusíveis HH, linha IN

São dispositivos limitadores de corrente do tipo classe Associado (Back-up), segundo a IEC 60282-1, foram projetados e construídos para atender as exigências crescentes por dispositivos de proteção contra curto-circuitos e operam de forma seletiva individualmente quando associados a equipamentos de manobra, tais como seccionadoras sob carga, interruptores, contadores e outros.

Podem ser instalados individualmente como dispositivos de proteção, assegurando a vida útil do sistema a eles conjugado. São adequados para proteção de transformadores de potência, transformadores de potencial, ramais de cabos, motores, bancos de capacitores, equipamentos de subestações de distribuição e usinas geradoras contra danos térmicos e dinâmicos oriundos de correntes elevadas de curto-circuito. Sua aplicação vai de tensões de 2,4 até 36 kV e correntes de 0,5 a 630 A, em sistemas elétricos quais exigem alto grau de qualidade, segurança e confiabilidade em sua operação.

#### Suas principais características:

- Possuem um dispositivo de sinalização denominado **striker-pin** de 30 mm de comprimento cuja finalidade é sinalizar a queima do fusível e realizar a operação de abertura do circuito do equipamento associado ao fusível elétrica ou mecanicamente, possibilitando proteger o sistema contra um desequilíbrio quando de uma falta monofásica ou bifásica;
- São fabricados exclusivamente com sistema de disparo **do tipo Pesado**, segundo a norma IEC 60282-1. Sendo o modelo ideal para o acionamento de dispositivos eletromecânicos de manobra dos equipamentos associados;
- Se aplicados corretamente, a fusão do elemento ocorre em um tempo inferior a 5 ms, dentro do primeiro quarto de ciclo de onda. Isso devido as elevadas correntes de curta duração que ocorrem no curto-circuito, da ordem de 15 vezes a corrente nominal dos fusíveis;

### Especificações e normas

#### Características elétricas e dimensionais

Todas as características elétricas como tensão nominal, corrente máxima de interrupção  $I_1$ , corrente de corte  $I_2$  e corrente mínima de interrupção  $I_3$ , são garantidas segundo as exigências das normas IEC 60282-1 e VDE 0670, parte 4.

As dimensões dos contatos, os comprimentos dos tubos e a força de disparo do pino percussor estão de acordo com a norma DIN 43685.

FUSÍVEIS HH

Imagem da estrutura do fusível HH

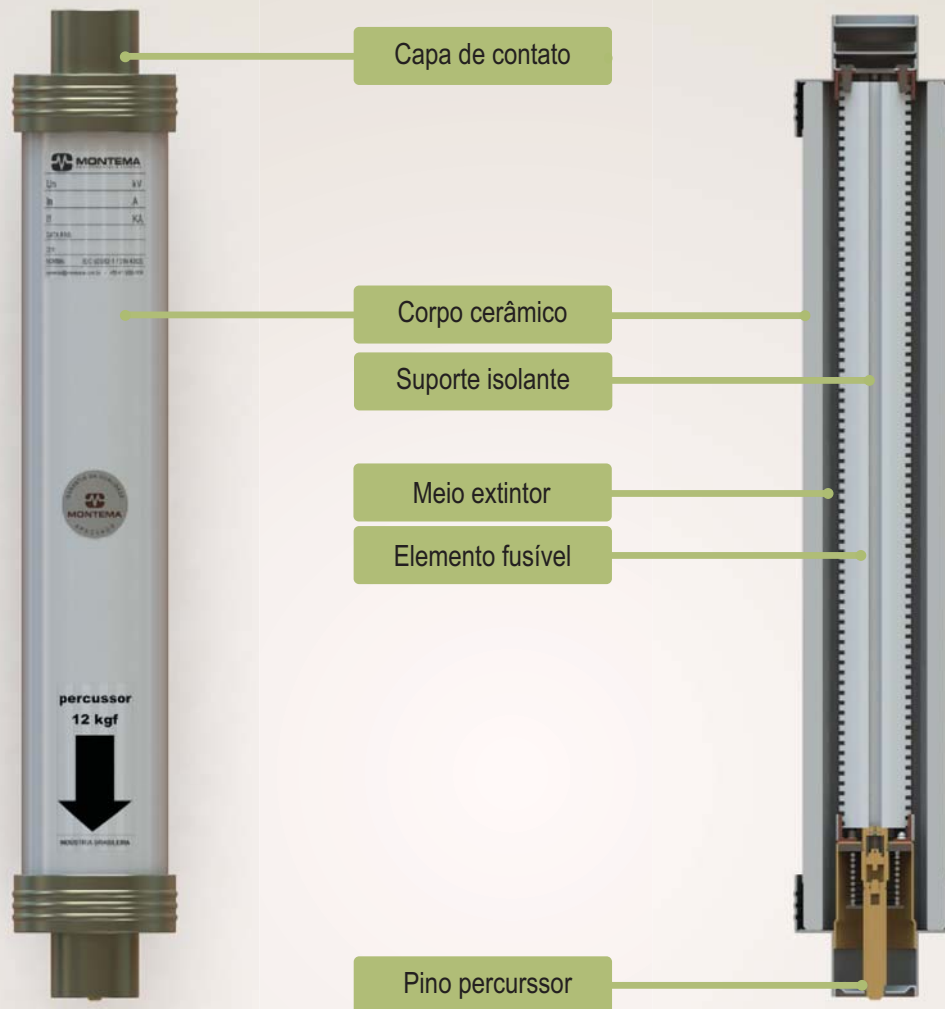
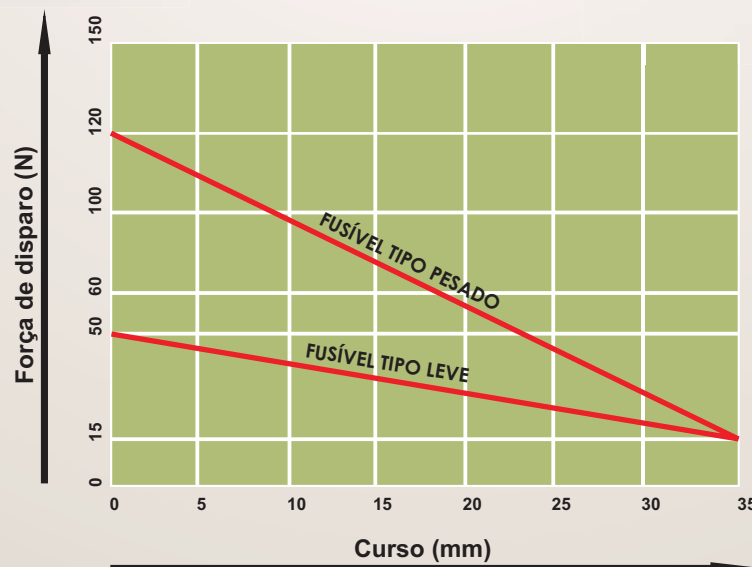


Gráfico de força do pino de disparo

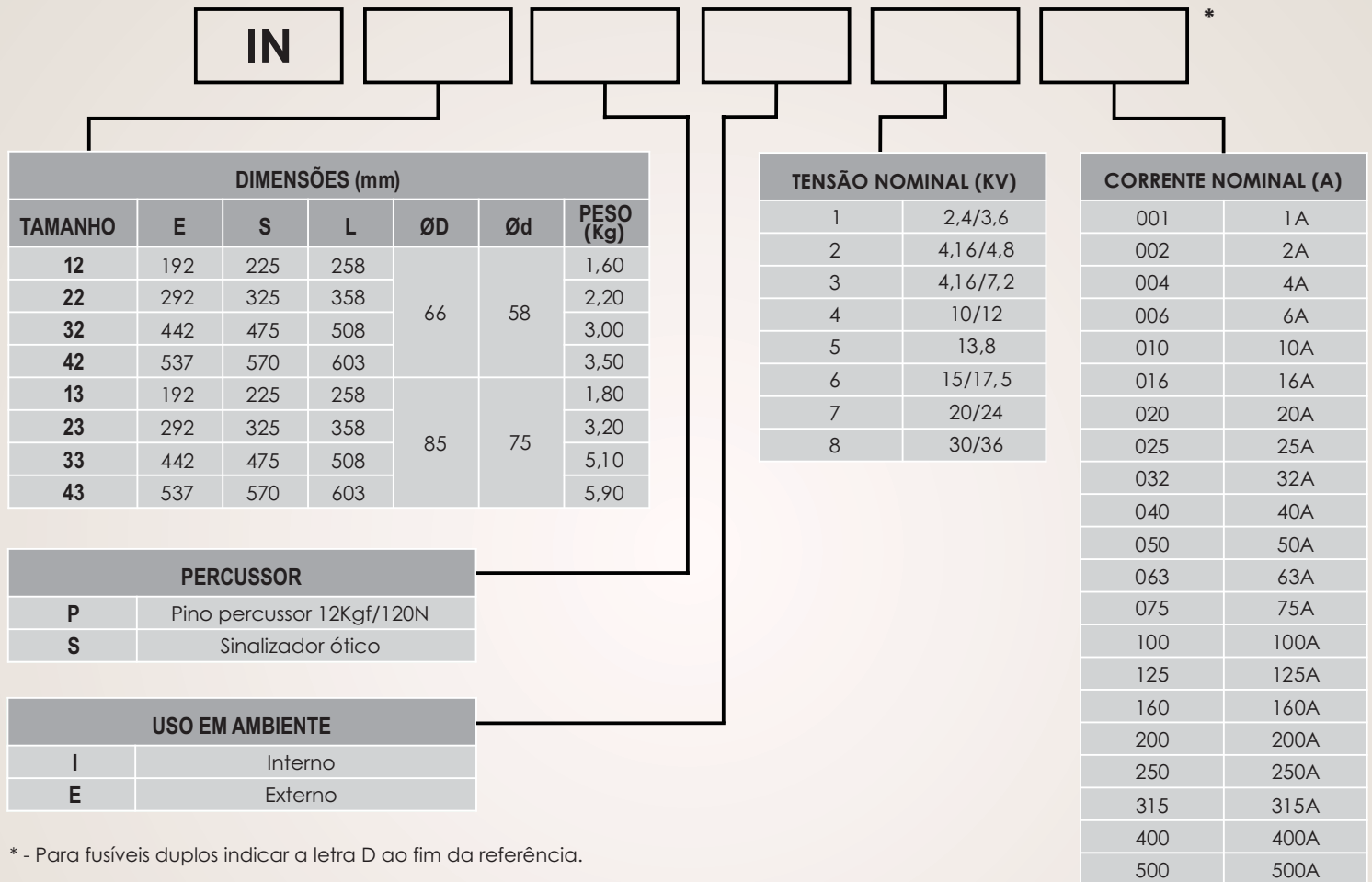


## FUSÍVEIS HH

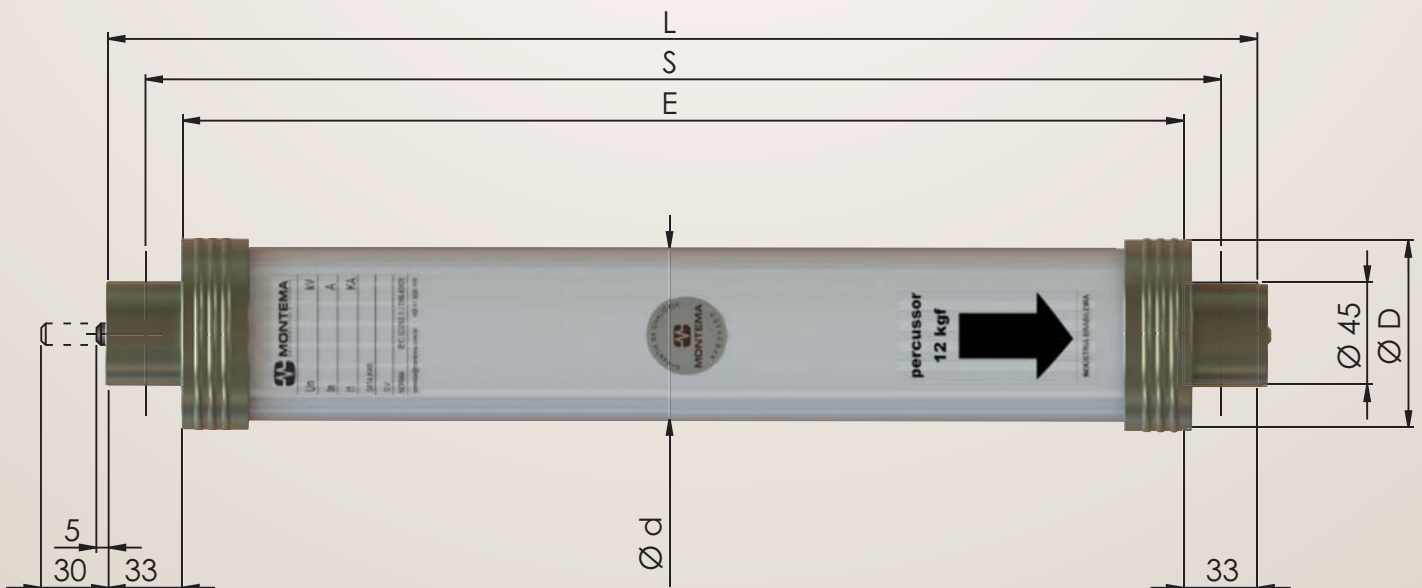
### Guia para especificação de fusíveis

Para que se possa especificar corretamente um fusível HH, da linha IN, é necessário que sejam verificados corretamente sua aplicação e dimensionamento. Levando-se em consideração as recomendações de proteção e aplicação tratadas no guia de aplicação e quando aplicável, no estudo de seletividade.

#### Composição do código do fusível:



\* - Para fusíveis duplos indicar a letra D ao fim da referência.



## FUSÍVEIS HH

**TABELA DE SELEÇÃO - 2,4 até 12 kV**
**Tamanho / capacidade de interrupção**

CORRENTE NOMINAL In - (A)	TENSÃO NOMINAL - Vn - (kV)			
	2,4 / 3,6	4,16 / 4,8	4,16 / 7,2	10/12
2	40/12, 63/22, 63/32	—	—	63/22
4	40/12, 63/22, 63/32	—	40/12, 63/22, 63/32	63/22
6	40/12, 63/22, 63/32	—	40/12, 63/22, 63/32	63/22
8	40/12, 63/22, 63/32	—	40/12, 63/22, 63/32	63/22
10	40/12, 63/22, 63/32	—	40/12, 63/22, 63/32	63/22
16	40/12, 63/22, 63/32	—	40/12, 63/22, 63/32	63/22
20	40/12, 63/22, 63/32	—	40/12, 63/22, 63/32	63/22
25	40/12, 63/22, 63/32	—	40/12, 63/22, 63/32	63/22
32	40/12, 63/22, 63/32	—	40/12, 63/22, 63/32	63/22
40	40/12, 63/22, 63/32	—	40/12, 63/22, 63/32	63/22
50	40/12, 63/22, 63/32	—	40/12, 63/22, 63/32	63/22
63	40/12, 63/22, 63/32	—	40/12, 63/22, 63/32	63/22, 63/33
75	40/12, 63/22, 63/32	—	40/12, 63/22, 63/32	63/22, 63/33
100	40/12, 63/22, 63/32	—	40/12, 63/22, 63/32	63/22, 63/33
125	40/13, 63/23, 63/33	40/13	63/23, 63/33	63/23, 40/33
160	40/13, 63/23, 63/33	—	31,5/33, 63/23, 63/33	40/33
200	40/13, 63/23, 63/33	—	63/23, 63/33	40/33
250	40/23, 40/33	40/23	40/33	20/33
315	40/23, 40/33	40/23	40/33	—
400	40/23, 40/33, 63/33	40/33	20/33	—
500	31,5/23, 40/33	31,5/33	20/33	—

**Instrução para utilização da tabela**

1. Em função do sistema/equipamento a ser protegido, determine a tensão e a corrente de serviço;
2. Enquadre a tensão de serviço em uma das oito faixas de tensão padronizadas existentes na tabela. Valores intermediários entre os limites superior e inferior de duas faixas consecutivas devem, preferencialmente, ser enquadrados na maior das duas faixas;
3. Escolha a corrente padronizada mais próxima, preferencialmente igual ou superior a corrente de serviço do sistema/equipamento;
4. Encontre o cruzamento da coluna "Tensão nominal" com a linha "Corrente nominal", onde será obtido algo da seguinte forma: N1/D1, N2/D2, **onde o numerador da cada fração corresponde a capacidade de interrupção em kA eficazes e, o denominador ao tamanho do fusível.** Note que para determinadas tensões e correntes nominais padronizadas, são possíveis diferentes capacidades de interrupção e tamanhos. A capacidade de interrupção do fusível nunca deverá ser inferior ao nível de curto-circuito do sistema/equipamento associado;
5. Nas faixas de tensão até 6,0/7,2 kV os fusíveis podem, sob consulta, ser fornecidos nos tamanhos IN32 e IN33 para todas as correntes nominais;
6. Fusíveis com características diferentes das apresentadas, somente sob consulta;

## FUSÍVEIS HH

**TABELA DE SELEÇÃO - 13,8 até 36 kV**
**Tamanho / capacidade de interrupção**

CORRENTE NOMINAL In - (A)	TENSÃO NOMINAL - VN - (kV)			
	13,8	15/17,5	20/24	30/36
2	63/22, 80/32	31,5/22, 80/32	40/32	31,5/43
4	63/22	31,5/22, 80/32	40/32	31,5/43
6	63/22	31,5/22, 80/32	40/32	31,5/43
8	63/22	31,5/22, 80/32	40/32	31,5/43
10	63/22	31,5/22, 80/32	40/32	31,5/43
16	63/22	31,5/22, 80/32	40/32	31,5/43
20	63/22	31,5/22, 80/32	40/32	31,5/43
25	63/22	31,5/22, 80/32	40/32	31,5/43
32	63/22	31,5/22, 80/32	40/32	31,5/43
40	63/22	31,5/22, 80/32	40/32	31,5/43
50	63/22	31,5/22, 80/32	25/32	31,5/43
63	63/22, 40/32	40/23, 63/33, 80/33	40/33	20/43
75	63/23, 63/33	20/23, 63/33	25/33	20/43
100	40/23, 40/33	20/23, 40/33	25/33	20/43
125	40/33	40/33	—	—
160	40/33	20/33, 40/43	—	—
200	20/33	25/43	—	—
250	20/43	—	—	—
315	—	—	—	—
400	—	—	—	—
500	—	—	—	—

**Instrução para utilização da tabela**

1. Em função do sistema/equipamento a ser protegido, determine a tensão e a corrente de serviço;
2. Enquadre a tensão de serviço em uma das oito faixas de tensão padronizadas existentes na tabela. Valores intermediários entre os limites superior e inferior de duas faixas consecutivas devem, preferencialmente, ser enquadrados na maior das duas faixas;
3. Escolha a corrente padronizada mais próxima, preferencialmente igual ou superior a corrente de serviço do sistema/equipamento;
4. Encontre o cruzamento da coluna "Tensão nominal" com a linha "Corrente nominal", onde será obtido algo da seguinte forma: N1/D1, N2/D2, **onde o numerador da cada fração corresponde a capacidade de interrupção em kA eficazes e, o denominador ao tamanho do fusível.** Note que para determinadas tensões e correntes nominais padronizadas, são possíveis diferentes capacidades de interrupção e tamanhos. A capacidade de interrupção do fusível nunca deverá ser inferior ao nível de curto-circuito do sistema/equipamento associado;
5. Nas faixas de tensão até 6,0/7,2 kV os fusíveis podem, sob consulta, ser fornecidos nos tamanhos IN32 e IN33 para todas as correntes nominais;
6. Fusíveis com características diferentes das apresentadas, somente sob consulta;

## FUSÍVEIS HH

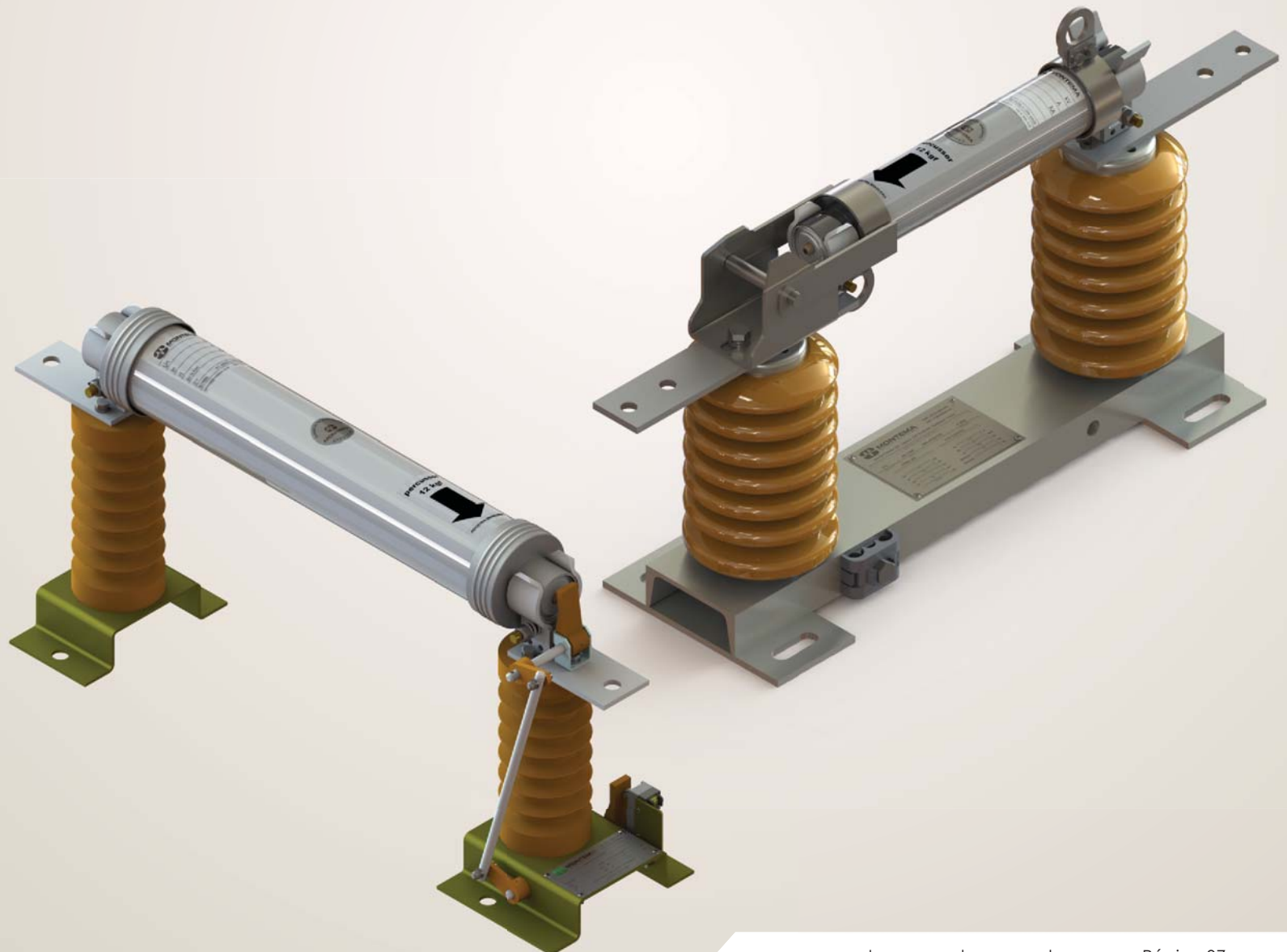
### Base para fusíveis HH, linha BFUS

As bases para fusíveis MONTEMA, linha BFUS, para uso interno são dispositivos desenvolvidos para receber fusíveis limitadores de corrente do tipo HH para serem associados como elementos de proteção aos equipamentos eletromecânicos e em outras instalações montadas em painéis e sistemas elétricos de distribuição.

#### Características construtivas

- Parte estrutural fabricada em chapa de aço, tendo como tratamento superficial zincagem eletrolítica;
- Isoladores do tipo suporte, fabricados em resina epoxi ou porcelana de alta qualidade;
- Partes condutoras fabricadas em cobre eletrolítico, tendo como tratamento superficial estanho ou prata;
- Bielas e braços de acionamento dos sistemas de sinalização fabricados em material de alta resistência mecânica e capacidade isolante;
- O acoplamento dos fusíveis é de fácil execução, sendo realizado por um simples encaixe manual junto as garras de contato;
- Em serviço normal a pressão de contato é assegurada por molas que comprimem as garras sobre os contatos dos fusíveis. Estas molas não são afetadas pela corrente elétrica, garantindo assim a sua eficiência de modo a não alterar com o tempo as suas características mecânicas;
- As bases para fusíveis MONTEMA se apresentam em execução MONO, BI e TRIPOLARES, seccionáveis ou não, com e sem sinalização por queima de fusível.

Para maiores informações, consulte nosso catálogo.



## FUSÍVEIS HH

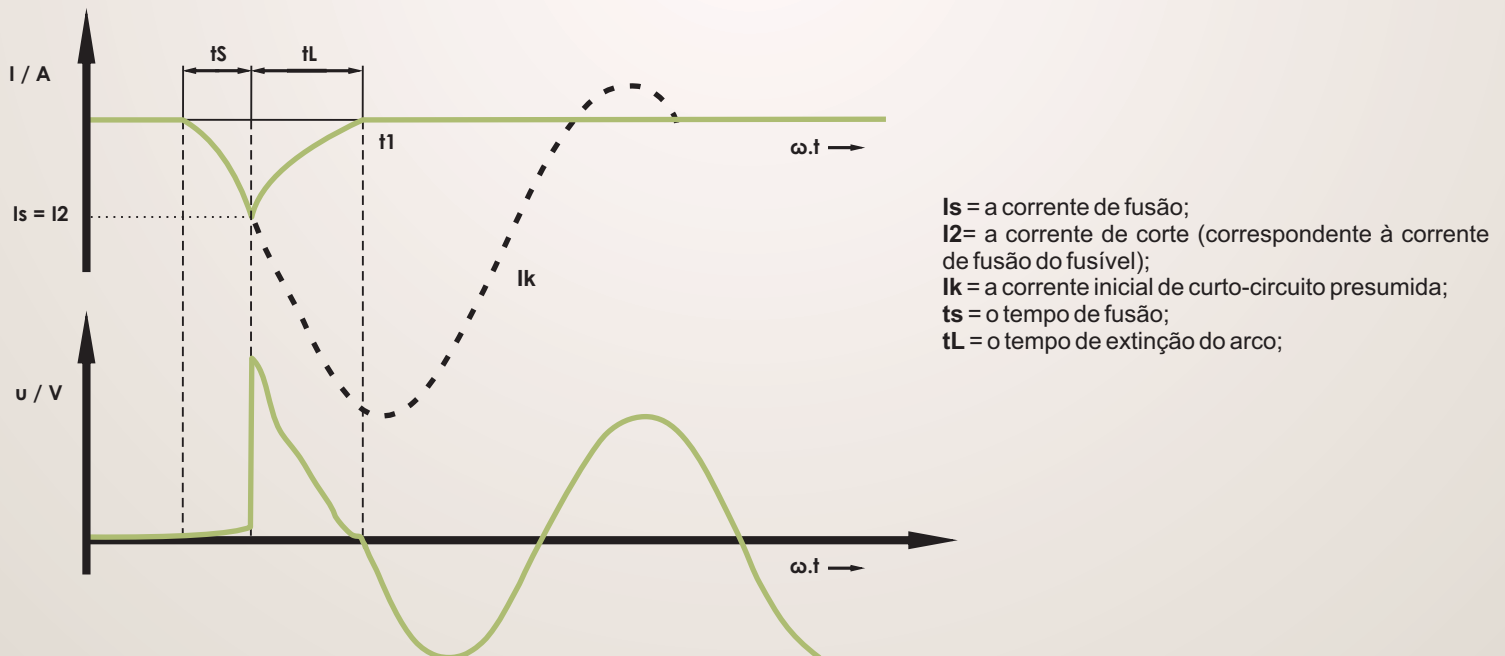
### Método de operação

Devido ao efeito corrente de curto-circuito, os principais elementos fusíveis se fundem e evaporam ainda durante a elevação da corrente. Na região dos pontos estreitos das perfurações os arcos parciais rompem ou queimam de acordo com o número de estreitamentos existentes e são resfriados pelo volume de areia extintora circundante. Aumentando o comprimento de arco e diminuindo a condutividade da seção fundente, o fusível alcança rapidamente sua tensão de interrupção. Desse modo, uma rápida diminuição na corrente é forçada a ocorrer e finalmente interrompida próximo ao ponto de tensão nula (tempo  $t_1$ ). A corrente de curto-circuito  $I_k$  é aquela que iria ocorrer sem a presença do fusível limitador no sistema. Pelo fato dos fusíveis serem do tipo limitadores de corrente ocorre que a corrente de curto-circuito  $I_k$  atingirá apenas o valor nos quais os elementos fusíveis se fundirão e a seguir decairá até a sua total extinção. Ao valor máximo que a corrente  $I_k$  atinge chamamos de corrente de corte  $I_2$ , que coincide com o ponto onde os elementos fusíveis se fundem. Para melhor visualização e interpretação do fenômeno, chamaremos o valor de corrente responsável pela fusão dos elementos de corrente de fusão  $I_s$ , ou seja,  $I_2 = I_s$ . Durante o processo de extinção a corrente cai com o aumento do comprimento do arco e diminuição da condutividade das seções fundentes sendo finalmente interrompida dentro do primeiro quarto do ciclo da corrente de curto-circuito presumida  $I_k$ .

Os fusíveis, aplicam-se quando as correntes compreendidas entre a corrente nominal e a corrente mínima de interrupção nominal, são interrompidas sempre por um outro dispositivo de proteção diretamente associado, desta forma, assegura-se que o circuito é interrompido antes que o fusível seja afetado pela passagem de uma corrente contida no intervalo acima mencionado, porém os mesmos não são adequados para proteção de sobrecarga, pois, por razões físicas, apenas podem interromper confiavelmente faltas com correntes superiores a menor corrente de interrupção também chamada de “Corrente Mínima de Interrupção”. Para correntes de sobrecarga, abaixo da menor corrente de interrupção, o fusível é muitas vezes aquecido a valores acima da sua capacidade térmica admissível, como consequência de tempos de fusão que variam desde alguns minutos até algumas horas podendo, em virtude disso, ser destruído.

Quando da queima de um ou dois fusíveis, do conjunto tripolar, há necessidade da substituição do conjunto completo. Este procedimento é enfaticamente recomendado, pois, com curtos-circuitos bi ou tripolares nem todos os três sinalizadores ou pinos percussores necessariamente atuam, mas os elementos fusíveis podem ter sido parcialmente danificados ou fundidos, nas publicações VDE 0670, parte 4 e IEC 60282-1/05 também é recomendada a substituição dos três fusíveis de um conjunto tripolar após um curto-circuito.

### Características de corrente e tensão com interrupção de curto-circuito





## FUSÍVEIS HH

### Grandezas que caracterizam os fusíveis HH

As principais grandezas que definem as características funcionais de fusíveis e das quais depende também a exatidão da operação de interrupção, são apresentadas a seguir:

#### Tensão nominal

É o valor da tensão que designa o fusível e corresponde à máxima das tensões de exercício, à qual o fusível pode funcionar regularmente. É evidente que o valor da tensão incide no comportamento do fusível visto que a ela é ligado o valor da tensão de retorno que se manifesta entre as pontas do fusível depois da fusão.

Os fusíveis do tipo limitador de corrente possuem uma faixa de utilização definida a partir de sua tensão nominal. Esta faixa corresponde a:

- Tensão máxima de utilização: igual à tensão nominal.
- Tensão mínima de utilização: aproximadamente metade da tensão nominal.

Assim, um fusível de tensão nominal 13,8 kV pode ser instalado em sistemas de tensão fase-fase entre 7,2 e 13,8 kV. Com isto, garante-se a capacidade de ruptura e mantém-se a tensão de arco dentro dos limites estabelecidos por norma.

#### Importante

a) A máxima tensão de utilização está relacionada com a capacidade de interrupção do fusível. O uso em sistema com tensão superior à tensão nominal do fusível faz com que os pontos de fusão da fita de prata não apresentem comprimentos de arco suficientemente longos para provocar sua extinção. Ou seja, a elevada tensão mantém o arco, de modo que não há a interrupção da corrente, pelo menos no tempo previsto.

b) A interrupção da corrente de curto se dá com a contraposição da tensão de arco à tensão da fonte. Ao final do processo de interrupção aparece um pico de tensão, que depende da corrente circulante e das características do fusível. Um fusível projetado para tensão elevada produz um pico de tensão elevado. Deste modo, o uso de fusível em sistemas com tensão de operação muito inferior à tensão nominal do fusível pode levar ao surgimento de picos de tensão acima do suportável pelo circuito. Além disso, uma tensão de operação proporcionalmente baixa pode não produzir uma energia de arco suficiente para a rápida fusão da areia e conseqüente resfriamento e extinção do arco. O arco, assim, permanece por um tempo maior que o previsto, podendo causar um sobreaquecimento perigoso ao fusível. Por essas razões, a tensão de operação do fusível HH não deve ser inferior a 50% de sua tensão nominal.

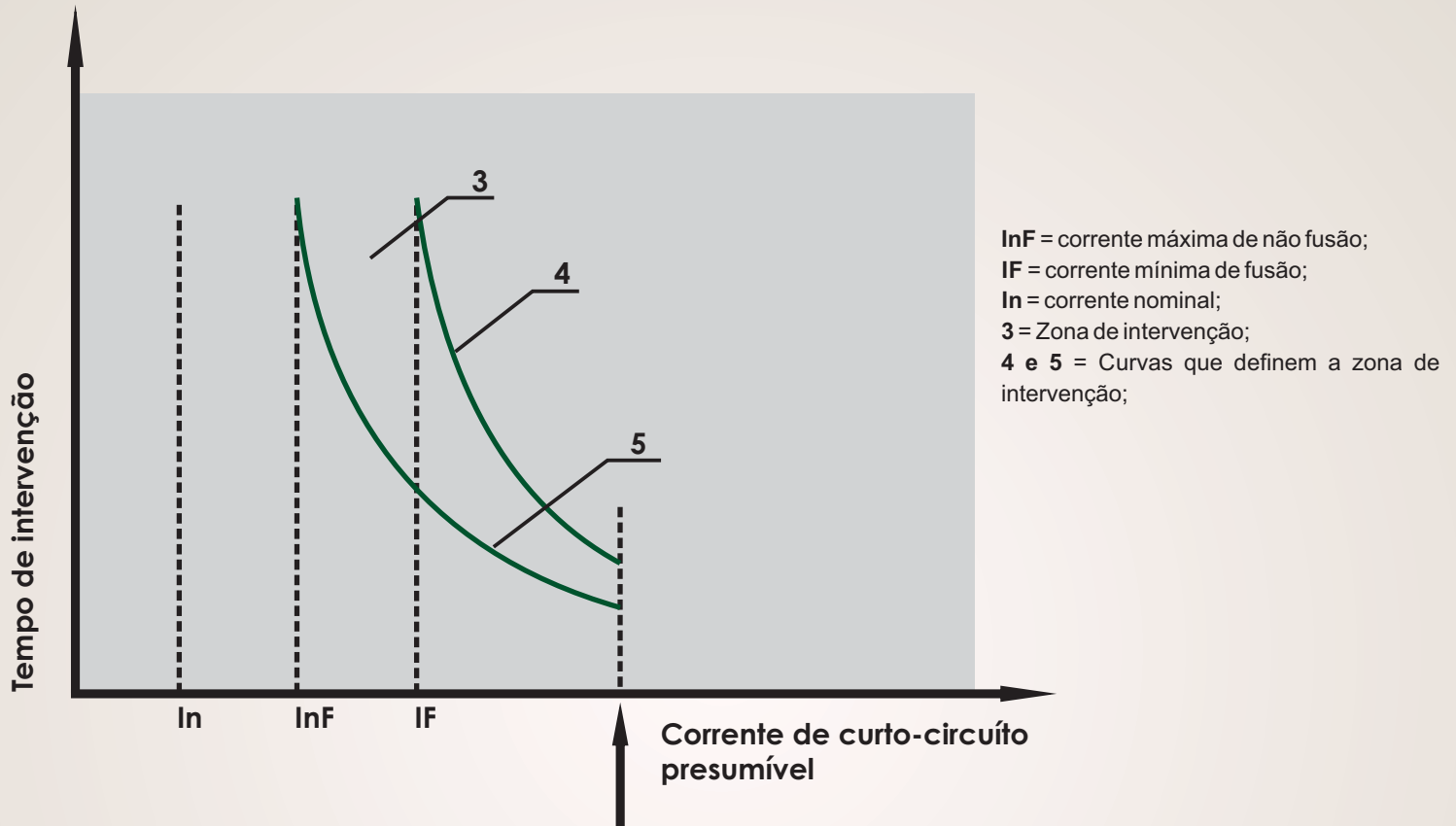
#### Tensão máxima de Interrupção – Un máx.

Tensão nominal - Un (kV)	Tensão máxima de interrupção - Un máx. (kV)	
	IEC 60282-1	Tipo HH, linha IN Montema
2,75	9	7,60
3,60	12	10
7,20	23	20
15	47	41
24	75	66
35	112	99

## FUSÍVEIS HH

### Corrente nominal

A corrente nominal ao qual o fusível não deve apresentar aquecimento excessivo. A este valor estão associados também os valores máximos de não fusão ( $1,2 I_n$ ) e o mínimo de fusão ( $1,6 I_n$ ), conforme gráfico abaixo.



### Natureza da corrente

Os fusíveis apresentam um comportamento diferente nos dois casos, e funcionam muito melhor em corrente alternada, de vez que a extinção do arco é fornecida pela passagem da corrente pelo zero da senóide. O valor da frequência determina o intervalo de tempo decorrente entre dois zeros sucessivos da senóide e este fato pode incidir notavelmente na quantidade de energia dissipada no arco e, portanto, na severidade da solitação, que aumenta com o diminuir da frequência.

### Poder da interrupção nominal

É o máximo valor da corrente prevista que o fusível está em condições de interromper, quando no circuito atue a tensão nominal e em determinadas condições de tensão de restabelecimento e de fator de potência (ou constante de tempo). É expresso pelo valor eficaz da corrente simétrica prevista, no caso de corrente alternada, e pelo valor máximo da corrente prevista, no caso de corrente contínua, o fusível deve estar em condições de interromper valores de corrente compreendidas entre o mínimo necessário para determinar a fusão e o correspondente ao poder de interrupção nominal.

## FUSÍVEIS HH

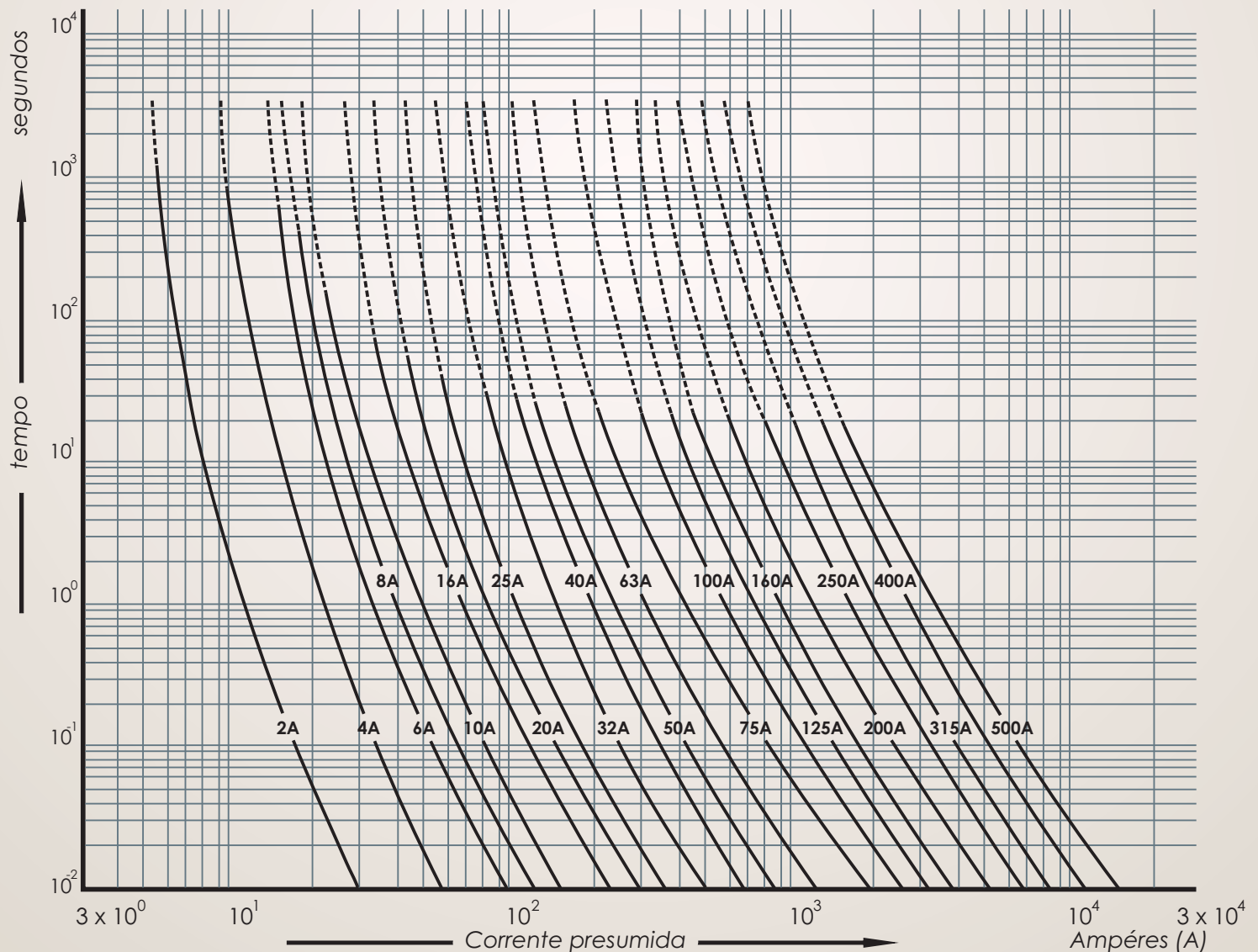
### Corrente mínima de interrupção

Os fusíveis limitadores de corrente não são adequados para proteção de sobrecarga, pois apenas podem interromper confiavelmente a menor corrente de interrupção  $I_3$ , também chamada corrente mínima de interrupção. Os valores das correntes mínimas de interrupção dependem da tensão nominal do fusível, do comprimento do tubo e do diâmetro do corpo do fusível. Estes valores ficam na faixa de 2,5 a 7 x  $I_n$ .

No caso de fusíveis operando com corrente abaixo da corrente mínima de interrupção  $I_3$  ocorrerá a fusão dos elementos fusíveis em algumas poucas perfurações. A soma das tensões de arco originadas nestes pontos de fusão será inferior à tensão mínima necessária para a interrupção total da corrente de falta. Desta forma, os fusíveis ficarão submetidos a tempos de fusão excessivamente longos e seus tubos cerâmicos poderão não suportar a energia térmica gerada, sofrendo ruptura.

Os fusíveis devem ser utilizados associados a dispositivos de proteção que detectam e interrompem as correntes situadas entre a corrente nominal do fusível e a corrente mínima de interrupção  $I_3$ .

As curvas características tempo x corrente mostram a relação entre o tempo de fusão e a corrente efetiva (corrente prospectiva) de curto-circuito considerando operação normal a frio. O fim do traço contínuo das curvas tempo x corrente indica o valor da corrente mínima de interrupção e a região de sobrecarga.



## FUSÍVEIS HH

### Corrente mínima de interrupção

As curvas de tempo x corrente dos dispositivos de proteção contra sobrecarga devem passar, portanto, abaixo dos pontos correspondentes à corrente I<sub>3</sub>, conforme tabela abaixo:

Fusível	Corrente	Tempo
6 A	16 A	750 s
10 A	24 A	120 s
16 A	35 A	60 s
25 A	60 A	35 s
32 A	85 A	30 s
40 A	110 A	25 s
50 A	130 A	23 s
63 A	170 A	22 s
75 A	220 A	20 s

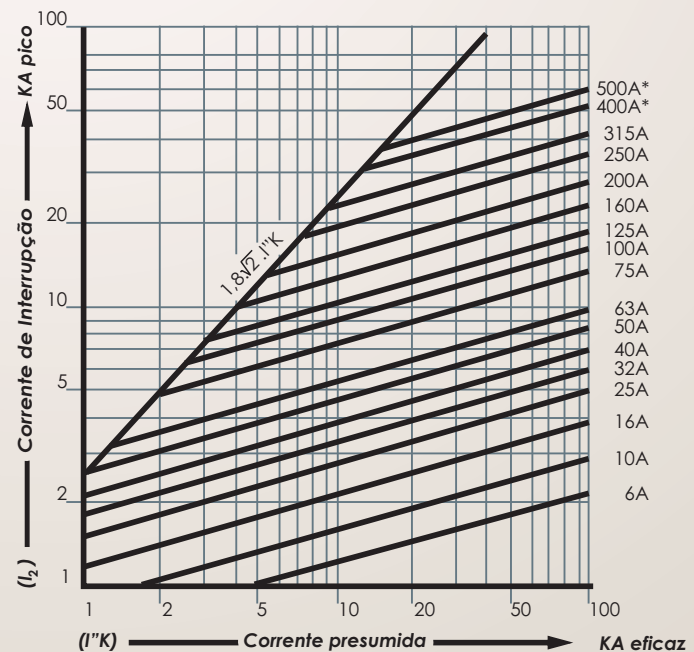
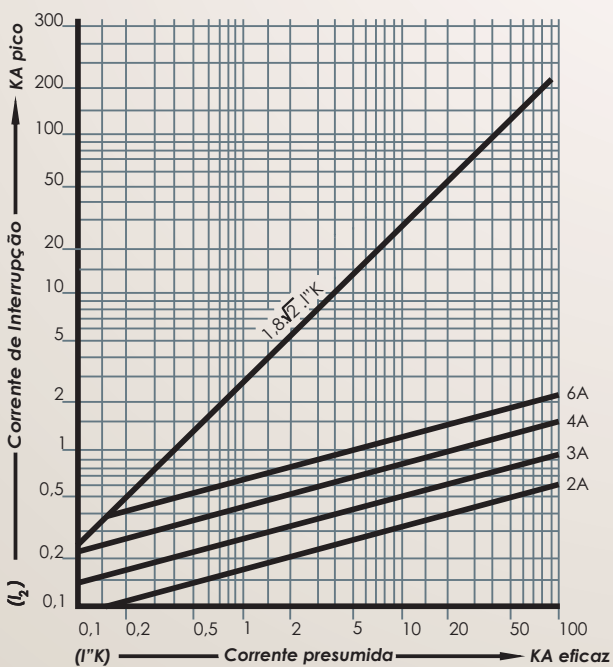
Fusível	Corrente	Tempo
100 A	310 A	20 s
125 A	400 A	20 s
160 A	480 A	20 s
200 A	630 A	20 s
250 A	820 A	20 s
315 A	1000 A	20 s
400 A	1300 A	20 s
500 A	1500 A	20 s

#### NOTAS:

1. A seletividade dos fusíveis HH, linha IN, conectados em série é obtida se uma relação média de 1:1,6;
2. A tolerância sobre cada unidade de ampére é de mais ou menos 10%;

### Corrente máxima de corte

Os diagramas abaixo mostram a corrente máxima de corte I<sup>2</sup> possível, em função da corrente nominal dos fusíveis e da corrente prevista. O valor da corrente de corte total com dois fusíveis IN conectados em paralelo (por fase) e cujas correntes nominais tenham as mesmas intensidades, é obtida da seguinte maneira: multiplicando-se por 1,6 o valor da corrente de corte de um fusível para obter-se a corrente efetiva de curto-circuito esperada.



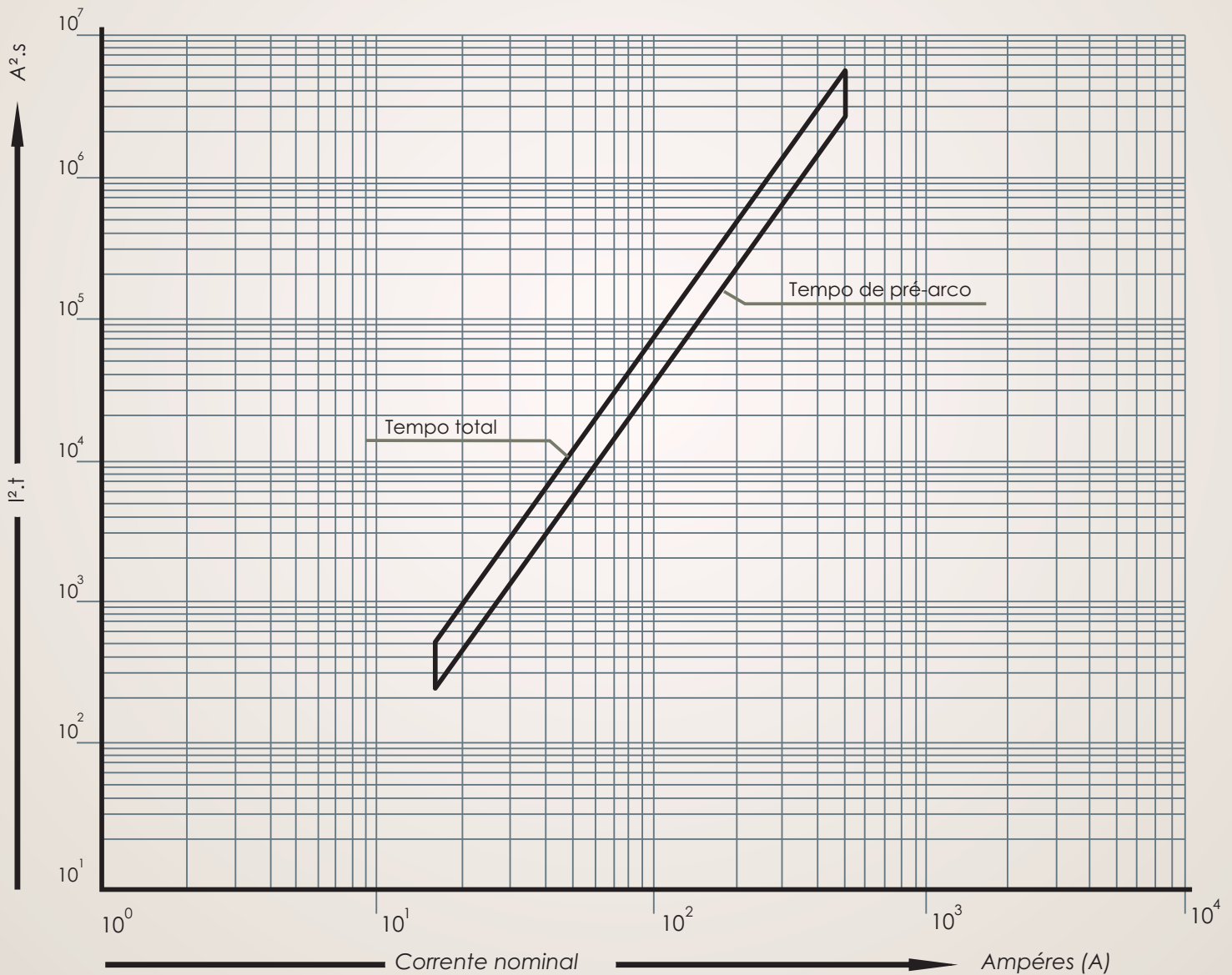
\*Apenas fusíveis de 6/7,2 KV

## FUSÍVEIS HH

### Características $I^2t$

Durante o tempo em que um fusível está atuando quando da ocorrência de um curto-circuito no sistema protegido, a energia térmica crescerá entre a parte do circuito onde se deu a falta e a fonte de alimentação. Essa energia é baseada no valor eficaz de corrente que passa pelo fusível (que pode ser determinada por oscilogramas) elevado ao quadrado e multiplicado pelo tempo de interrupção do fusível. O valor resultante, dado em  $A^2s$ , é o chamado  $I^2t$ . Se esse valor exceder o de energia térmica necessária para fundir o elemento fusível do fusível anterior (do lado da alimentação no caso de proteção de retaguarda), isto é, do  $I^2t$  de fusão desse fusível, ele também deverá atuar. O  $I^2t$  de um fusível dá uma medida muito significativa para a capacidade limitadora de corrente de um fusível e pode ser dado sob a forma de tabelas ou gráficos.

o  $I^2t$  de fusão é baseado somente nos efeitos da corrente, constante para um dado fusível e um valor dado na falta, não dependendo da tensão aplicada. o  $I^2t$  de interrupção varia com a tensão aplicada uma vez que é afetado pelo tempo de arco.



## FUSÍVEIS HH

### Temperatura de operação

A temperatura máxima de serviço para fusíveis HH de elevada corrente (maior que 200 A) é aproximadamente:

- no centro do corpo cerâmico: 160°C
- na extremidade do corpo cerâmico: 110°C
- nos terminais: 85°C

Estas temperaturas referem-se a situação em que a corrente da carga situa-se entre 75% e 100% da corrente nominal do fusível. Em situação real de uso a corrente de carga é, no máximo, a metade da corrente nominal. Nestas condições a temperatura no corpo cerâmico cai a valores abaixo de 100°C. As temperaturas na extremidade do corpo e nos terminais se reduzem de maneira menos sensível.

Teoricamente o fusível pode trabalhar com temperatura de até 220°C no seu corpo cerâmico e 105°C nos seus terminais. A alta temperatura de operação não traz problemas ao fusível, porém podem provocar no compartimento onde está instalado uma elevação da temperatura tal que pode prejudicar os demais componentes. Na prática admite-se que o fusível trabalhe com uma temperatura de até 100°C no centro do corpo cerâmico.

A temperatura varia em função da resistência ôhmica do elemento fusível, das características físico-químicas da areia utilizada como meio isolante e dissipador de calor e das características do tubo cerâmico. As condições de ventilação do local onde o fusível está instalado também influem na temperatura final.

Em função disso é normal que fusíveis de iguais valores nominais

apresentem variações de temperatura mesmo operando em situações similares.

Considerando que as grandezas físico-químicas do fusível não se alteram com o tempo, assim como a instalação permanece sempre a mesma, uma alteração sensível na sua temperatura somente deve ocorrer no caso de haver uma variação em sua resistência interna (evidentemente considerando que a corrente de carga não mude).

O elemento fusível interno é constituído por diversas fitas de prata perfuradas conectadas em paralelo. Um choque mecânico, um surto de corrente de alta intensidade e curta duração ou um choque térmico podem fazer com que uma ou mais das fitas se rompam. Neste caso, haveria um aumento da resistência ôhmica e o resultado final equivaleria a uma redução da corrente nominal do fusível. Esta situação deve ser evitada, pois provoca um aumento de temperatura e também aumenta a possibilidade de haver uma queima indevida. O tamanho do fusível deve ser o maior possível, dentro da faixa de tensão escolhida. Isto se deve à necessidade de prover ao fusível uma área adequada para dissipação do calor gerado.

Para fusíveis de iguais valores nominais (tensão, corrente, capacidade de interrupção), quanto maior o seu comprimento, maior é a potência dissipada. Porém, este aumento é proporcionalmente menor que o aumento do comprimento e, conseqüentemente, da área de dissipação. Assim, um fusível maior apresentará uma temperatura de operação menor que um fusível mais curto.

Considerando apenas o efeito térmico do fusível, para que a temperatura no centro do corpo cerâmico não ultrapasse temperaturas da ordem de 100°C devem ser respeitados os limites de corrente a seguir:

Comprimento 'e''	Corrente Nominal			
	$I_{\text{fusível}} \leq 100A$	$100A < I_{\text{fusível}} \leq 200A$	$200A < I_{\text{fusível}} \leq 400A$	$I_{\text{fusível}} = 500A$
225 mm	$I_{\text{carga}} \leq 0,80 I_{\text{fusível}}$ $I_{\text{fusível}} \geq 1,25 I_{\text{carga}}$	$I_{\text{carga}} \leq 0,70 I_{\text{fusível}}$ $I_{\text{fusível}} \geq 1,40 I_{\text{carga}}$	-	-
325 mm	$I_{\text{carga}} \leq 0,90 I_{\text{fusível}}$ $I_{\text{fusível}} \geq 1,10 I_{\text{carga}}$	$I_{\text{carga}} \leq 0,75 I_{\text{fusível}}$ $I_{\text{fusível}} \geq 1,30 I_{\text{carga}}$	$I_{\text{carga}} \leq 0,60 I_{\text{fusível}}$ $I_{\text{fusível}} \geq 1,65 I_{\text{carga}}$	-
475 mm	$I_{\text{carga}} \leq 0,90 I_{\text{fusível}}$ $I_{\text{fusível}} \geq 1,10 I_{\text{carga}}$	$I_{\text{carga}} \leq 0,75 I_{\text{fusível}}$ $I_{\text{fusível}} \geq 1,30 I_{\text{carga}}$	$I_{\text{carga}} \leq 0,60 I_{\text{fusível}}$ $I_{\text{fusível}} \geq 1,65 I_{\text{carga}}$	$I_{\text{carga}} \leq 0,55 I_{\text{fusível}}$ $I_{\text{fusível}} \geq 1,80 I_{\text{carga}}$

Notas:

1. As condições de ventilação do local de instalação dos fusíveis podem alterar os valores da tabela.

Em compartimentos completamente fechados a relação  $I_{\text{CARGA}} / I_{\text{FUSÍVEL}}$  deve ser reduzida.

2. As relações das correntes da tabela referem-se apenas ao aquecimento do fusível, não levando em conta a correta proteção da carga associada. Para a escolha do fusível a ser aplicado deve-se utilizar os critérios específicos para cada tipo de carga, além de atender as relações acima.

## FUSÍVEIS HH

### Envelhecimento

Em operação normal, com condição ambiente adequada (sem excesso de umidade, poluentes ou alta temperatura) os fusíveis HH, linha IN não apresentam degradação de suas características ao longo do tempo.

A cada sobrecarga o elemento fusível funde um pouco, levando a um envelhecimento do fusível, com redução da sua capacidade de condução permanente. Isto finalmente resulta no fato do fusível operar abaixo do seu valor nominal.

A operação contínua sob temperaturas muitas elevadas, devido às condições de instalação ou devido à sua corrente passante também leva a um envelhecimento prematuro do fusível. Ciclos térmicos muito freqüentes e pronunciados podem causar a ruptura dos elementos internos do fusível ou afetar os pontos de solda, alterando os valores nominais do fusível.

Para evitar que o fusível HH opere com temperaturas muito altas ou fique sujeito a sobrecargas, o fusível deve ser selecionado de modo a apresentar uma corrente nominal preferencialmente maior que duas vezes a corrente da carga.



## FUSÍVEIS HH

### Aplicação dos Fusíveis HH, linha IN

Além de serem utilizados como dispositivos de proteção geral de uma subestação, por exemplo, os fusíveis limitadores de corrente HH podem ser utilizados para a proteção de vários equipamentos, tais como capacitores, transformadores de força, de potencial e motores de média tensão.

### Fusíveis para proteção de Bancos de Capacitores

Bancos de capacitores geralmente apresentam uma elevada corrente de energização (corrente de inrush). Os fusíveis associados devem possuir uma curva tempo x corrente tal que não venham a romper-se durante a energização do banco.

O número de manobras realizadas, as correntes de magnetização (inrush) dos capacitores, a operação back-to-back, as sobretensões havidas durante as manobras e a presença de correntes de harmônicos são fatores que influenciam diretamente no comportamento dos fusíveis associados.

Fusíveis limitadores de corrente HH são fusíveis do tipo “de retaguarda”, ou seja, são fusíveis destinados a interromper correntes elevadas de curto-circuito. Eles não são adequados para proteção de sobrecargas, podendo vir a danificar-se caso sejam submetidos a estas correntes. Assim, um fusível limitador deve apresentar a maior corrente nominal possível que garanta a proteção do circuito contra as correntes de curto, porém sem a possibilidade de interrupção de correntes de sobrecarga.

A combinação de fusíveis com capacitores, em geral, leva à escolha de fusíveis com corrente nominal de 2,5 a 4 vezes a corrente nominal do banco. Correntes inferiores podem levar o fusível à queima pelas correntes de magnetização (inrush) ou eventuais correntes harmônicas, enquanto que correntes nominais mais elevadas não dariam uma proteção correta aos capacitores.

Para bancos individuais a corrente do fusível deve ser superior a 2,5 vezes a corrente do banco de capacitores (considerando todas as possíveis variações da capacitância e da tensão de alimentação).

Para ligação de bancos em paralelo (ligação back-to-back), ou seja, com mais de um banco ligado à mesma barra, a corrente do fusível deve situar-se próxima a 4 vezes a corrente nominal do banco, a menos que a corrente de magnetização (inrush) seja limitada a valores próximos à corrente de energização que o banco apresentaria sem a ligação back-to-back.

Para fusíveis protegendo capacitores instalados junto a motores deve-se verificar a forma de ligação (barras independentes ou barra comum). É usual haver diversos motores conectados a uma mesma barra, com funcionamento simultâneo e, portanto, dando um efeito de ligação paralela aos capacitores.

A tensão nominal do fusível deve ser pelo menos 1,5 vezes a tensão de operação do sistema em que o banco está instalado (tensão fase-fase). Em bancos com ligação back-to-back ou em sistemas nos quais forem previstos surtos de tensão de alta intensidade, deve-se utilizar fusíveis de tensão maior, da ordem de 2 vezes a tensão do sistema.



## FUSÍVEIS HH

### Fusíveis para proteção de Transformadores de Força

A proteção de transformadores por meio de fusíveis limitadores de corrente HH deve levar em conta as seguintes condições:

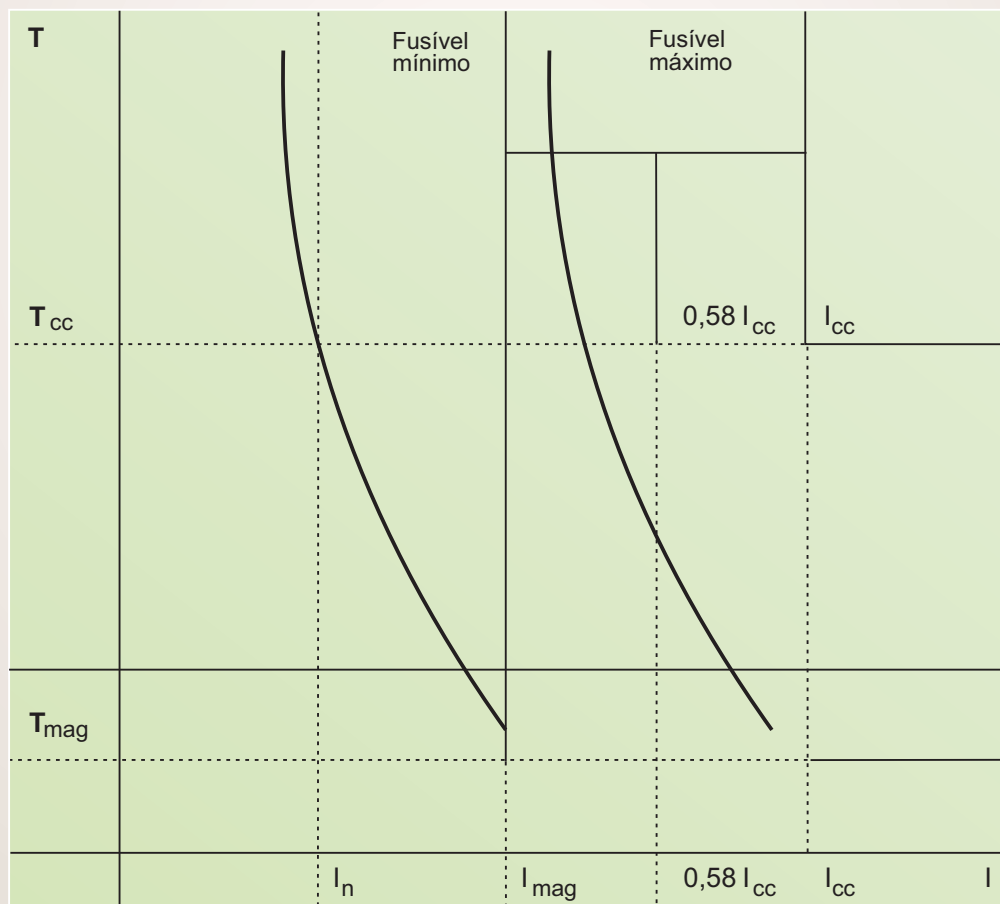
a) A corrente nominal do fusível deve ser superior à corrente nominal do transformador, incluindo as sobrecargas admissíveis. Devido ao pronunciado aquecimento do fusível é conveniente que a sua corrente nominal seja a mais alta possível. Como regra prática recomenda-se que a corrente do fusível seja pelo menos da ordem de 1,4 vezes a corrente do transformador. Este fator evita, também, que o fusível seja submetido a sobrecargas caso o transformador opere com carga acima de sua potência nominal.

A corrente do fusível não deve ser maior que 3 vezes a corrente do transformador (conforme o NEC).

$$1,4 \times I_{\text{TRANSFORMADOR}} \leq I_{\text{FUSÍVEL}} \leq 3 \times I_{\text{TRANSFORMADOR}}$$

Esta condição pode ser ligeiramente diferente para transformadores de pequena potência em função da não disponibilidade de fusíveis com correntes iguais às calculadas. Para o cálculo da corrente nominal do transformador deve-se considerar a potência máxima, com todos os estágios de refrigeração em operação.

b) Para fornecer uma proteção adequada ao transformador o fusível deve situar-se acima do ponto correspondente à corrente de magnetização (inrush) e abaixo do ponto de máxima corrente suportável de curto-circuito.



Se a corrente de magnetização não for conhecida, pode-se considerar:

$$I_{\text{mag}} = 12 \times I_n \quad T_{\text{mag}} = 0,1 \text{ seg}$$

OU:

$$I_{\text{mag}} = 20 \text{ a } 25 \times I_n \quad T_{\text{mag}} = 0,01 \text{ seg}$$

## FUSÍVEIS HH

### Fusíveis para proteção de Transformadores de Força

Conforme ANSI/IEEE Std. 242-1986 – Buff Book 5.11.5  
 Onde:  $I_n$  corresponde à corrente nominal do transformador. A máxima corrente suportável pelo transformador corresponde à corrente de curto-circuito passante pelo transformador, por um tempo de 2 segundos (conforme ABNT NBR –5356/1981, item 5.5.8.1):

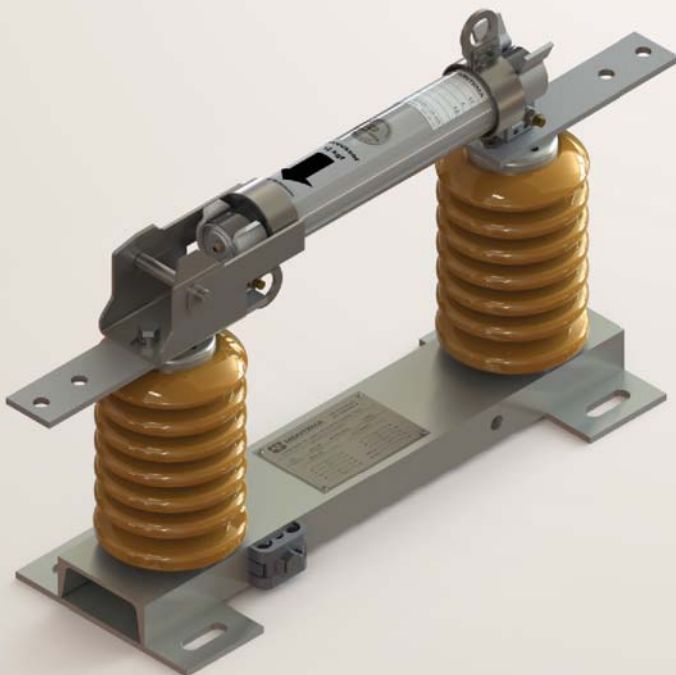
$$I_{cc} = I_n / z \quad T_{cc} = 2 \text{ seg.}$$

Onde:  $I_n$  corresponde à corrente nominal do transformador e  $z$  corresponde à sua impedância em p.u.

O ponto  $0,58 I_{cc}$  refere-se à máxima corrente suportável por transformador conexão delta-estrela aterrada, para um curto-circuito fase-terra no secundário.

Segundo a ABNT NBR-5356/1981, item 5.5.2.3, as impedâncias típicas para transformadores são:

Potencial nominal (kVA)	Impedância de curto-circuito (%)
$P \leq 630$	4
$630 < P \leq 1250$	5
$1250 < P \leq 3150$	6
$3150 < P \leq 6300$	7
$6300 < P \leq 12500$	8
$12500 < P \leq 25000$	10
$25000 < P \leq 200000$	12



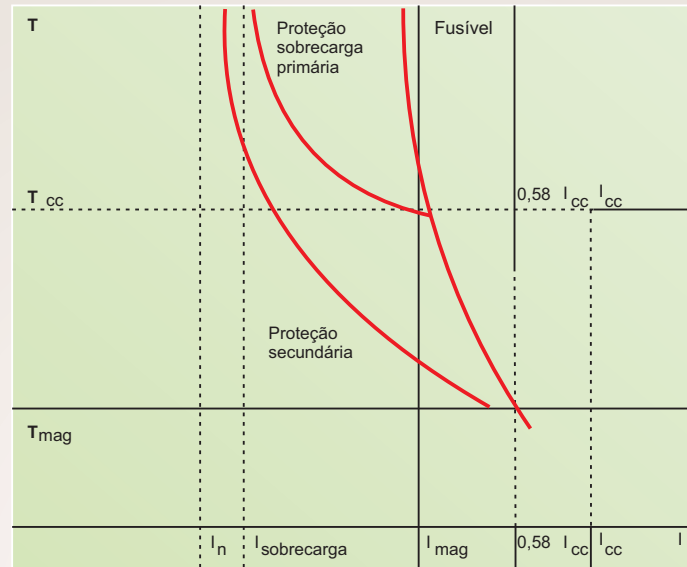
Os valores de corrente para os tempos de 2 – 0,10 e 0,01 segundos, obtidos das curvas tempo x corrente para os fusíveis HH são mostrados na tabela abaixo.

Fusível	2 seg.	0,10 seg.	0,01 seg.
2 A	10 A	17 A	30 A
4 A	19 A	32 A	55 A
6 A	29 A	52 A	95 A
8 A	35 A	65 A	120 A
10 A	42 A	85 A	150 A
16 A	58 A	115 A	230 A
20 A	72 A	150 A	290 A
25 A	90 A	185 A	365 A
32 A	127 A	260 A	490 A
40 A	170 A	360 A	680 A
50 A	200 A	440 A	890 A
63 A	260 A	590 A	1200 A
75 A	350 A	840 A	1840 A
100 A	500 A	1150 A	2500 A
125 A	620 A	1410 A	3070 A
160 A	770 A	1780 A	3760 A
200 A	1000 A	2370 A	5000 A
250 A	1370 A	3160 A	6680 A
315 A	1725 A	3980 A	8410 A
400 A	2200 A	5310 A	11200 A
500 A	2660 A	6530 A	14500 A

## FUSÍVEIS HH

### Fusíveis para proteção de Transformadores de Força

c) O fusível a ser adotado depende da seletividade com os dispositivos de proteção do primário (proteção contra sobrecarga) e do secundário.



#### d) Proteção Secundária

Segundo o IEC transformadores com tensão primária maior que 600V, dotados de fusível no lado primário, devem possuir proteção que atenda às condições:

Impedância do transformador	Máximo dispositivo de sobrecorrente			
	Primário	Secundário		
	$V_c > 600V$	$V_n > 600V$		$V_n = 600V$
	Fusível	Disjuntor	Fusível	Fusível ou disjuntor
$Z = 6\%$	300%	300%	250%	250%
$Z = 6\%$	300%	250%	250%	250%

Quando o valor de 300 % não corresponder a uma corrente nominal existente para o fusível, pode-se utilizar o fusível imediatamente superior.

#### e) Fusíveis recomendados para transformadores de distribuição ou potência

Nota: o fusível a ser adotado, dentro da faixa recomendada, deve atender à seletividade com os demais dispositivos de proteção do circuito (primário e secundário do transformador).

Considerações:

$$I_{FUSÍVEL} \geq \text{aprox. } 1,4 \times I_{\text{TRAFO}}$$

$$I_{\text{MAGNETIZAÇÃO}} = 12 \times I_{\text{TRAFO}} (0,1 \text{ s}) \text{ e } 25 \times I_{\text{TRAFO}} (0,01 \text{ s})$$

$$I_{\text{MÁXIMA}} = 0,58 \times I_{\text{TRAFO}} / Z$$

**FUSÍVEIS HH**
**Fusíveis para proteção de Transformadores de Força**

Tensão nominal		2,4kV	4,16 kV	13,8 kV	23 kV	33 kV
Potência	Impedância (Z)	Fusível mínimo e máximo				
30 kVA	4,00%	16 A – 25 A	8 A – 16 A	4 A	2 A	-
45 kVA	4,00%	20 A – 32 A	10 A – 20 A	4 A	2 A	2 A
75 kVA	4,00%	32 A – 50 A	20 A – 32 A	6 A – 10 A	4 A	4 A
112,5 kVA	4,00%	40 A – 75 A	32 A – 50 A	8 A – 16 A	6 A – 8 A	4 A – 6 A
150 kVA	4,00%	63 A – 100 A	40 A – 63 A	16 A – 25 A	6 A – 10 A	6 A – 8 A
225 kVA	4,00%	100 A – 160 A	50 A – 75 A	20 A – 32 A	10 A – 20 A	8 A – 10 A
300 kVA	4,00%	125 A – 200 A	63 A – 100 A	25 A – 40 A	16 A – 25 A	10 A – 20 A
500 kVA	4,00%	200 A – 315 A	100 A – 200 A	40 A – 63 A	25 A – 40 A	16 A – 25 A
750 kVA	5,00%	315 A	160 A – 200 A	50 A – 75 A	32 A – 50 A	25 A – 32 A
1000 kVA	5,00%	400 A – 500 A	200 A – 250 A	63 A – 75 A	40 A – 63 A	32 A – 50 A
1250 kVA	5,00%	500 A	250 A – 315 A	75 A – 125 A	50 A – 75 A	40 A – 50 A
1500 kVA	6,00%	-	315 A	100 A – 125 A	63 A – 75 A	40 A – 63 A
2000 kVA	6,00%	-	500 A	125 A – 160 A	75 A	50 A – 63 A
3000 kVA	6,00%	-	-	200 A	100 A	75 A – 100 A
4000 kVA	7,00%	-	-	250 A	-	100 A
5000 kVA	7,00%	-	-	-	-	-

**Nota:** O fusível a ser adotado, dentro da faixa recomendada, deve atender à seletividade com os demais dispositivos de proteção do circuito (primário e secundário do transformador).

Caso o transformador possa trabalhar em regime de sobrecarga, adotar fusíveis próximos ao valor máximo da tabela.

Considerações:  $I_{\text{FUSÍVEL}} \geq \text{aprox. } 1,4 \times I_{\text{TRAFO}}$

Corrente de magnetização:  $I_{\text{MAGNETIZAÇÃO}} = 12 \times I_{\text{TRAFO}} (0,1 \text{ s}) \text{ e } 25 \times I_{\text{TRAFO}} (0,01 \text{ s})$

Corrente máxima suportada pelo transformador:  $I_{\text{MÁXIMA}} = 0,58 \times I_{\text{TRAFO}} / z$

## FUSÍVEIS HH

### Fusíveis para proteção de Cabos e Linhas

Com a utilização de fusíveis para proteção de cabos e seções de linhas aéreas deve-se sempre evitar a operação dos fusíveis HH, na região de correntes de sobrecarga reduzidas, pois em caso de sobrecargas poderão ocorrer rupturas por aquecimento nos tubos ocasionando um efeito adverso na capacidade de interrupção dos fusíveis.

Em virtude disso, a corrente nominal do fusível HH, deve ser adequada à secção transversal da linha ou cabo e à sua contínua capacidade de carga, tanto quanto possível.

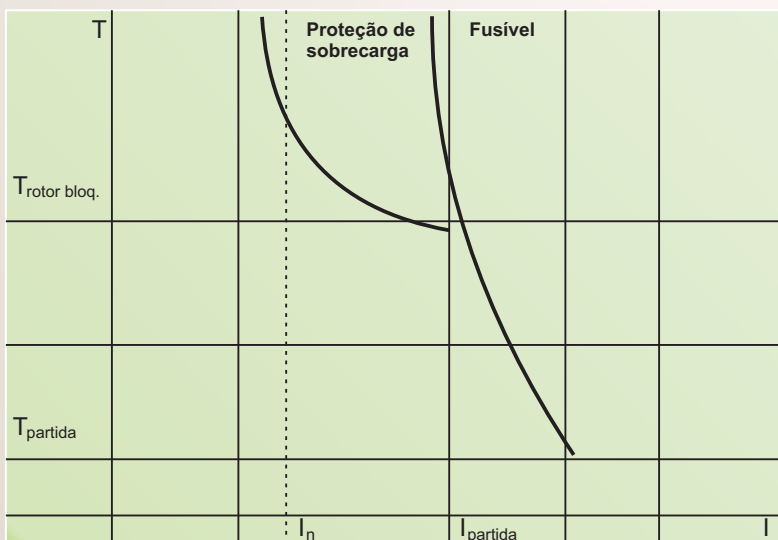
É imperativo evitar a seleção da corrente nominal do fusível de acordo com a carga máxima instantânea das linhas ou cabos. Quando ocorre uma falha, na rede de distribuição próxima, é possível que sua carga possa ser absorvida por um cabo (ou linha) ficando, desta forma, com o fusível subdimensionado, entrando assim na região inadmissível de sobrecarga, o que é perigoso.

### Fusíveis para proteção de Motores

A função de fusíveis limitadores de corrente HH, linha IN, é a de proteger o circuito contra correntes de curto-circuito. Dentro deste princípio, a corrente do fusível pode ser bastante alta em relação à corrente de carga, pois se pode dizer que qualquer corrente de curto-circuito irá provocar a queima de qualquer fusível em um tempo muito curto. A proteção do circuito, portanto, é assegurada pelo fusível independente de sua corrente nominal.

#### O dimensionamento real do fusível HH, linha MONTEMA, considera:

- a corrente do fusível deve ser baixa o suficiente para que a corrente de curto limitada seja inferior à capacidade dos componentes protegidos. Este item em geral não é crítico.
- a corrente deve ser alta o suficiente para o fusível não queimar por sobrecargas. Deve haver coordenação com o relé de proteção contra sobrecargas.
- o fusível deve ser alto o suficiente para que não queime durante a partida do motor, considerando a possibilidade de partidas sucessivas ou a curtos intervalos. Este item é o mais crítico na definição do fusível.



Para motores de construção normal, sem características especiais, em geral o fusível adequado possui corrente da ordem de 2 a 2,5 vezes a corrente nominal do motor. Para motores com baixas correntes de partida podem-se aceitar correntes de carga ligeiramente maiores que 50% da corrente do fusível. Isto, porém, somente deve ser feito em casos onde não seja possível aumentar a corrente do fusível.

#### Nota:

A operação do fusível com corrente maior que 50% de sua nominal leva a um aquecimento pronunciado do seu corpo de porcelana, o que deve ser evitado sempre que possível.

#### Curvas de aplicação para partida de motor:

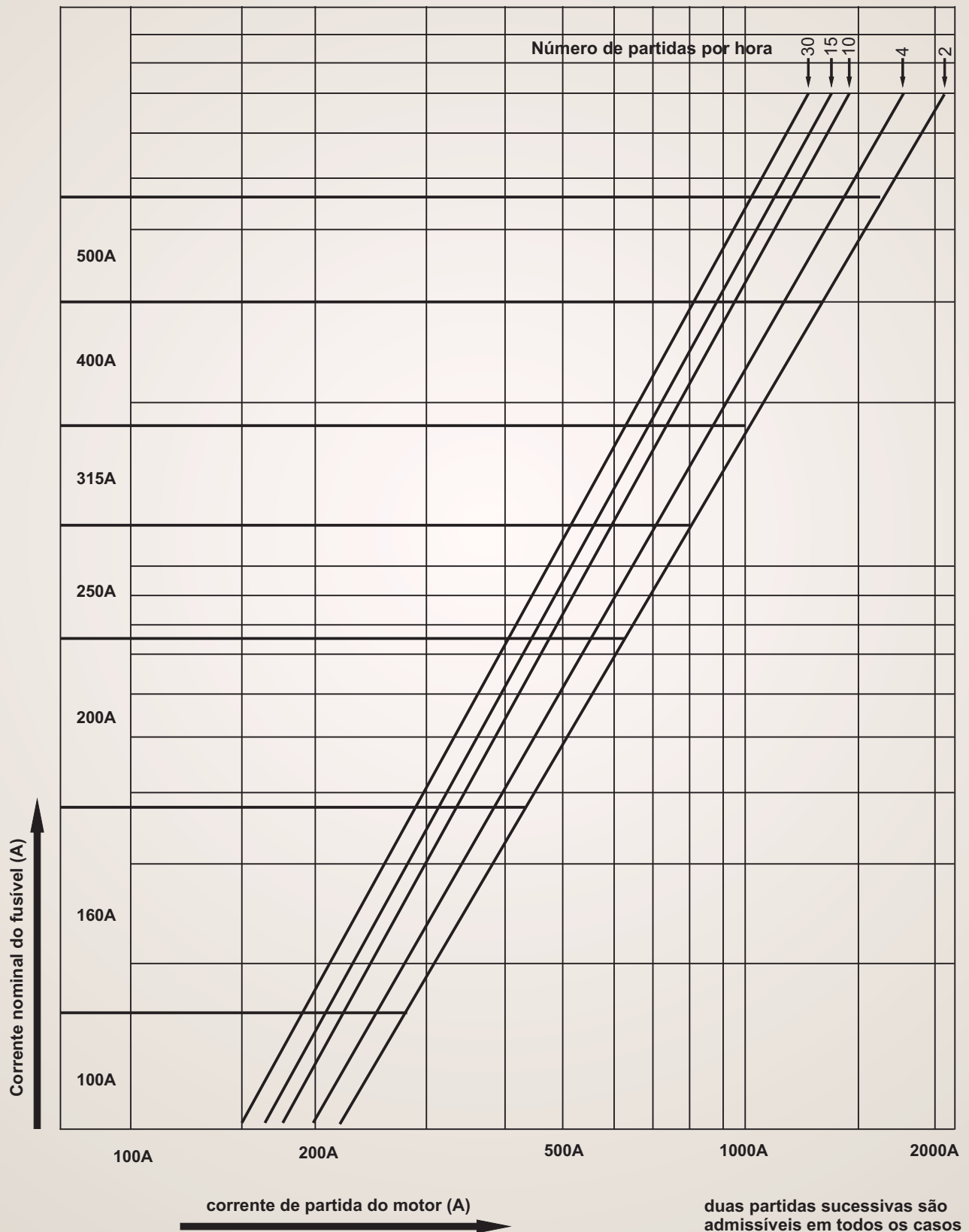
Para motores com corrente de partida da ordem de 6 vezes a corrente nominal, o fusível é obtido dos gráficos a seguir, em função do tempo de partida. Em situações limites usar sempre o fusível maior. Se a corrente de partida for menor que 6 vezes a nominal, como no caso de partida com reator ou auto-transformador, adotar fusível com corrente acima do obtido nas curvas, procurando satisfazer a seguinte condição:

$$I_{\text{FUSÍVEL}} \geq 2 \times I_{\text{NOMINALDOMOTOR}}$$

# FUSÍVEIS HH

## Fusíveis para proteção de Cabos e Linhas

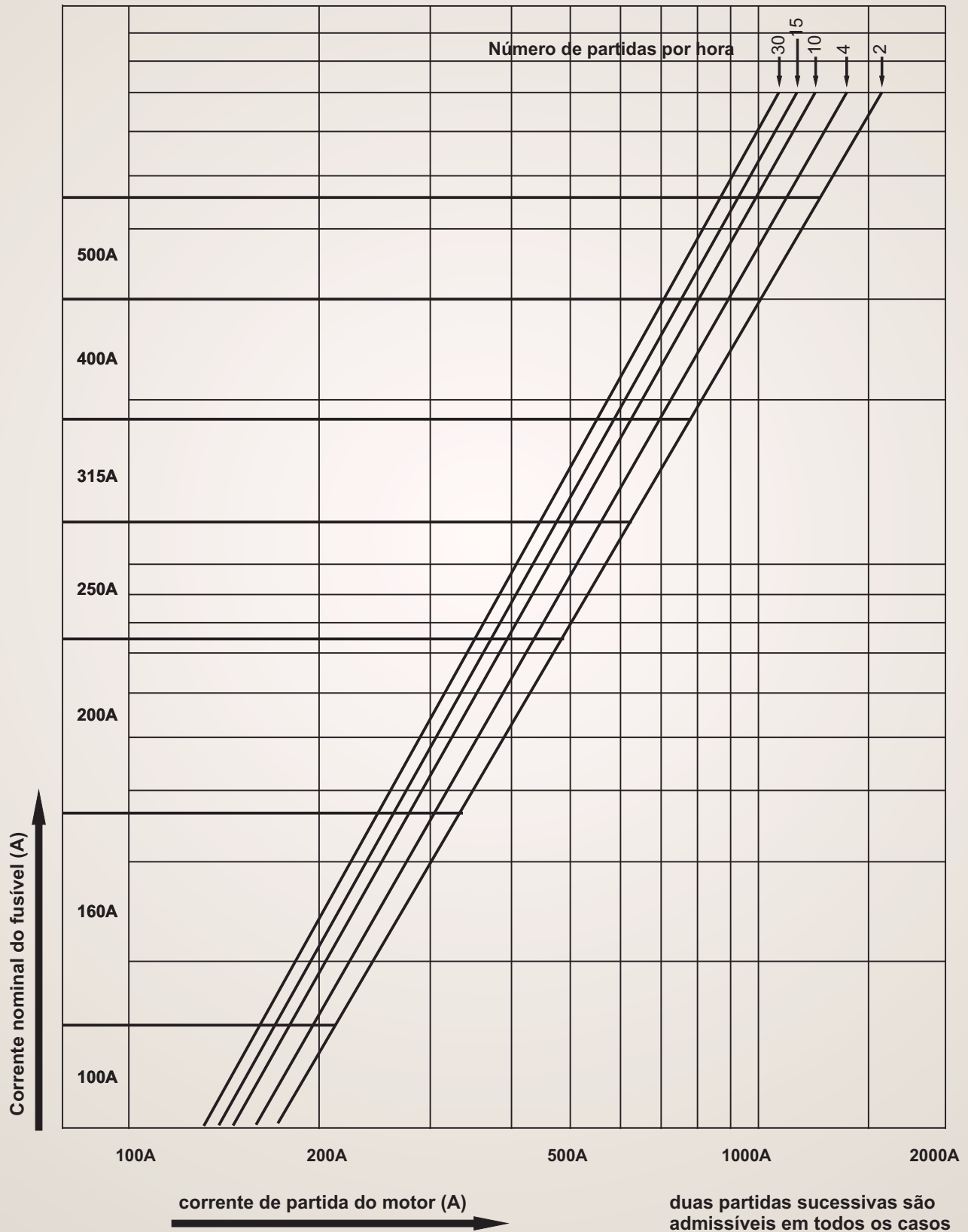
1- Curva para seleção de fusíveis com tempos de partida não excedendo a 6 segundos.



# FUSÍVEIS HH

## Fusíveis para proteção de Cabos e Linhas

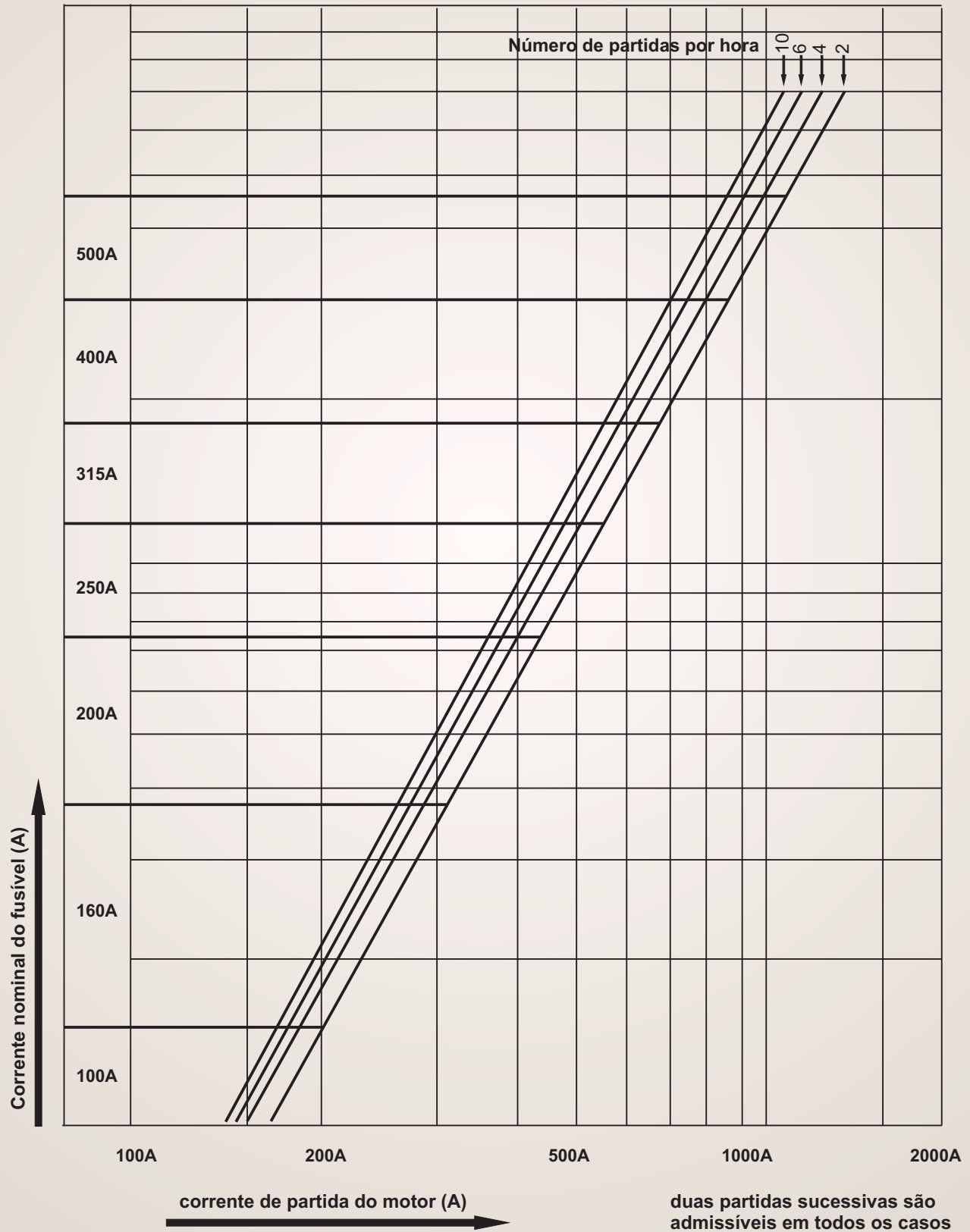
### 2- Curva para seleção de fusíveis com tempos de partida não excedendo a 15 segundos



# FUSÍVEIS HH

## Fusíveis para proteção de Cabos e Linhas

### 3- Curva para seleção de fusíveis com tempos de partida não excedendo a 60 segundos





**Características principais de operação com Contator a Vácuo**

1. Contatores são dispositivos destinados a executar um elevado número de manobras, sendo ideais para comando de motores, banco de capacitores e outras cargas que requerem um chaveamento constante. Sua principal característica, portanto, é seu alto número de operações mecânicas.

2. A segunda característica de grande importância é a sua baixa capacidade de ruptura, comparativamente a disjuntores. Sua finalidade não é a de interromper correntes de curto-circuito.

3. Em sistemas nos quais a corrente de curto-circuito ultrapassa a capacidade do contator é necessário utilizá-lo em conjunto com algum dispositivo que limite ou elimine esta corrente em um tempo inferior ao tempo de abertura do contator. Por esta razão contatores são (quase) sempre instalados em conjunto com fusíveis HH. Deste modo o contator secciona as correntes normais de carga e as eventuais sobrecargas, ficando a cargo do fusível a interrupção das correntes mais elevadas.

4. Os contatores a vácuo de média tensão, fabricado pela MONETAM, possuem corrente nominal de 400/630 A e capacidade de interrupção de 6kA. Portanto, seu uso em sistema com corrente de curto-circuito acima de 6 kA somente é possível em conjunto com fusíveis HH.

5. Os fusíveis HH, fabricados pela MONTEMA são do tipo limitador de corrente, possuindo capacidades de ruptura de até 80kA, dependendo de sua tensão, corrente nominal e dimensões.

6. Na aplicação de **contator + fusível** é necessário apenas assegurar-se que a capacidade de ruptura do fusível seja superior à corrente de curto-circuito do sistema.

**Coordenação Contator X Fusível**

O contator a vácuo de fabricação MONTEMA possui capacidade de interrupção de 6kA simétrico eficaz e uma corrente momentânea suportável de 55kA pico por 1/2 ciclo. As condições de aplicação do contator, portanto, são:

- **sem fusível:** a corrente de curto-circuito deve ser igual ou inferior a 6kA;

- **com fusível:** a corrente limitada pelo fusível deve ser no máximo 55kA pico, com duração menor ou igual a meio ciclo;

**Os maiores fusíveis de fabricação Montema, utilizáveis com contator apresentam as seguintes características:**

- Fusível 4, 16/4, 8 kV, 400 A, 40 kA: este fusível limita a corrente de curto presumida de 40 kArms em aproximadamente 40 kA pico, com uma duração da ordem de 1/4 de ciclo;

- Fusível 4, 16/4, 8kV, 500A, 31, 5kA: este fusível limita a corrente de curto presumida de 31,5 kArms em aproximadamente 45kA pico, com uma duração também da ordem de 1/4 de ciclo.

Assim, observa-se que os fusíveis de maiores correntes e, conseqüentemente de menor limitação, levam a correntes passantes menores que a capacidade do contator, sendo, portanto, adequados ao uso com o contator.

Outro ponto que deve ser atendido para haver a correta coordenação é que o fusível deve iniciar a interrupção de correntes maiores que 6kA em um tempo inferior ao de abertura do contator, para evitar que possa haver uma operação simultânea e o contator tenda a abrir com corrente maior que sua capacidade de ruptura.

Uma corrente de 6kA corresponde a 12 vezes a corrente do maior fusível disponível (500A). Nesta situação o fusível iniciará sua fusão em um tempo próximo a 80ms (com extinção total em 150ms). Como o contator inicia sua abertura com 100 ms, o tempo acima é satisfatório. Correntes de curto-circuito maiores levam a uma interrupção pelo fusível em tempos muito inferiores a 1 ciclo, assegurando a manutenção do contator em seu estado fechado.

Esta verificação deve ser feita em sistemas nos quais a tensão de comando é obtida da mesma barra que alimenta a carga e que, portanto, sofre uma grande queda durante a ocorrência de um curto-circuito.

Esta é uma situação muito particular, visto que é difícil que haja motores de grande porte em sistemas de corrente de curto-circuito muito baixas (combinação fusível de alta corrente + corrente de curto baixa), somado ao fato de que a tensão de comando do contator venha do mesmo sistema através de transformador de comando.

Quando isto ocorre recomendamos que seja usado fusível de menor calibre possível ou que a tensão de comando seja de outra fonte, preferencialmente corrente contínua.



Rua São Francisco, 200 – Lagoinha  
CEP - 83800-000 - Mandirituba (PR)  
+55 (41) 3626-1614 - Fax (41) 3626-1209  
[comercial@montema.com.br](mailto:comercial@montema.com.br)  
Skype:comercial.montema