

# Aula 11 – Disjuntores Termomagnéticos

## Desvendando os Guardiões da Eletricidade: Disjuntores Termomagnéticos

Você já parou para pensar na complexidade e nos perigos ocultos de uma instalação elétrica? Por trás da aparente simplicidade de ligar um interruptor ou conectar um aparelho, existe uma rede intrincada de fios e componentes projetados para garantir não apenas o funcionamento, mas, acima de tudo, a segurança. No dia a dia, estamos acostumados a ver a eletricidade como algo que simplesmente "funciona", mas o que acontece quando algo dá errado? Uma sobrecarga, um curto-circuito, e de repente, a segurança de pessoas e bens está em risco.

É nesse cenário que entra um dos componentes mais cruciais e, muitas vezes, subestimados de qualquer projeto elétrico: o disjuntor termomagnético. Ele é o verdadeiro guardião silencioso da sua instalação, um dispositivo inteligente que age como um sentinela vigilante, pronto para interromper o fluxo de energia no menor sinal de perigo. Compreender seu funcionamento, suas variações e como dimensioná-lo corretamente não é apenas uma questão técnica, é uma habilidade fundamental para qualquer profissional que lida com eletricidade, seja na concepção de projetos ou na manutenção.

Nesta aula, vamos mergulhar fundo no universo dos disjuntores termomagnéticos. Nosso objetivo é que, ao final, você não apenas entenda o "como", mas o "porquê" por trás de cada escolha e cálculo. Você será capaz de identificar os princípios de funcionamento que tornam esses dispositivos tão eficazes, diferenciar as curvas de disparo e suas aplicações específicas, e, o mais importante, aplicar os critérios para a seleção e o dimensionamento corretos, garantindo instalações seguras e eficientes, em conformidade com as mais recentes normas técnicas, como a ABNT NBR 5410. Prepare-se para desmistificar um dos pilares da segurança elétrica e elevar seu conhecimento a um novo patamar.

# A Essência da Proteção: Por Que Precisamos de Disjuntores?

Imagine sua casa ou um prédio comercial como um corpo humano, e a instalação elétrica como seu sistema circulatório. Os fios são as veias e artérias, e a corrente elétrica é o sangue que leva vida e energia para todos os órgãos – seus eletrodomésticos, lâmpadas, máquinas. Agora, pense no que acontece quando há um problema nesse sistema: uma artéria entupida (sobrecarga) ou um sangramento grave (curto-circuito). O corpo entra em colapso. Da mesma forma, uma instalação elétrica desprotegida pode sofrer danos irreversíveis, causar incêndios ou, pior, colocar vidas em risco.

## Fusíveis Tradicionais

Primeira linha de defesa histórica

- Funcionam como "elo fraco" intencional
- Rompem quando corrente excede limite
- Precisam ser substituídos após uso

## Disjuntores Modernos

Evolução vital da proteção elétrica


- Detectam as mesmas falhas dos fusíveis
- Podem ser rearmados manualmente
- Maior praticidade e custo-benefício

Historicamente, os fusíveis eram a primeira linha de defesa. Eles funcionavam como um "elo fraco" intencional: quando a corrente excedia um limite, o fusível se rompia, interrompendo o circuito. Era eficaz, mas tinha um inconveniente: uma vez rompido, precisava ser substituído. Pense nisso como um pneu furado que você precisa trocar a cada vez. No mundo moderno, onde a eletricidade é onipresente e a conveniência é chave, precisávamos de algo mais prático e rearmável.

É aqui que o disjuntor termomagnético se destaca como uma evolução vital. Ele não apenas detecta as mesmas falhas que um fusível, mas, após a interrupção, pode ser rearmado manualmente, como um interruptor, uma vez que a causa da falha tenha sido corrigida. Ele é o "médico de emergência" que diagnostica o problema e, após o tratamento, permite que o sistema volte a funcionar, sem a necessidade de substituição de peças. Essa capacidade de rearmar é um diferencial enorme em termos de praticidade e custo-benefício, tornando-o a escolha padrão para a proteção de instalações elétricas em todo o mundo, conforme preconizado pela ABNT NBR 5410.

# Desvendando o Coração do Disjuntor: Proteção Térmica

Você já se perguntou como um disjuntor "sente" que há algo errado com a corrente elétrica? A magia começa com dois princípios físicos fundamentais: o calor e o magnetismo. Vamos iniciar nossa jornada compreendendo a proteção térmica, que é a primeira camada de defesa contra um dos problemas mais comuns em instalações elétricas: a sobrecarga.

 **Analogia Prática:** Imagine que você está tentando passar muita água por uma mangueira fina. A pressão aumenta, a mangueira pode estourar. Na eletricidade, quando uma corrente excessiva flui por um condutor, ela gera calor perigoso.



## Detecção do Aquecimento

Corrente excessiva gera calor por efeito Joule nos condutores



## Curvatura da Lâmina

Um metal se expande mais que o outro, curvando a lâmina



## Lâmina Bimetálica

Dois metais diferentes com expansão térmica distinta soldados juntos



## Desarme do Disjuntor

Curvatura aciona mecanismo que interrompe o circuito

Quando a corrente elétrica excede o valor nominal do disjuntor por um tempo prolongado (caracterizando uma sobrecarga), essa lâmina bimetálica começa a aquecer. Como um dos metais se expande mais rapidamente que o outro, a lâmina se curva. Essa curvatura é projetada para, em um determinado ponto, acionar um mecanismo que desarma o disjuntor, interrompendo o fluxo de corrente e protegendo o circuito.

Pense nisso como um termômetro de forno que, ao atingir uma temperatura perigosa, automaticamente desliga o forno para evitar que a comida queime ou o aparelho superaqueça. É uma proteção **lenta, mas eficaz**, ideal para situações onde a corrente excede o limite por um período, como quando muitos aparelhos são ligados em uma única tomada.

# A Velocidade da Luz: Proteção Magnética

Se a proteção térmica é o "guarda de trânsito" que monitora o fluxo contínuo e lento de veículos (corrente), a proteção magnética é o "policia de choque" que age instantaneamente diante de uma emergência explosiva. Enquanto a sobrecarga é um problema de corrente excessiva por tempo prolongado, o curto-circuito é um evento catastrófico de corrente extremamente alta e quase instantânea.

## O Perigo do Curto-Circuito

Imagine dois fios desencapados se tocando, ou um prego perfurando um cabo dentro da parede. A resistência do circuito cai drasticamente, e a corrente elétrica dispara para valores milhares de vezes maiores que o normal em frações de segundo.

- Calor intenso que vaporiza condutores
- Explosões e arcos elétricos
- Incêndios imediatos
- Proteção térmica seria muito lenta

# 1000x

### Aumento da Corrente

Em curto-circuito vs normal

# <1ms

### Tempo de Reação

Proteção magnética



### Bobina Magnética

Fio enrolado em núcleo metálico dentro do disjuntor

19

### Campo Magnético

Corrente gera campo magnético proporcional à intensidade



### Atração Magnética

Campo forte atrai "martelo" magnético instantaneamente



### Desarme Instantâneo

Martelo aciona mecanismo de desarme em milissegundos

É aí que entra a bobina magnética do disjuntor. Dentro do dispositivo, há uma bobina de fio enrolada em torno de um núcleo metálico. Quando uma corrente elétrica passa por essa bobina, ela gera um campo magnético. Em condições normais, esse campo é fraco. No entanto, durante um curto-circuito, a corrente aumenta exponencialmente em milissegundos, criando um campo magnético extremamente poderoso.

Esse campo magnético é tão forte que ele atrai rapidamente uma pequena peça metálica (o "martelo" magnético) que, por sua vez, aciona o mecanismo de desarme do disjuntor de forma quase instantânea. Pense em um ímã superpotente que, ao detectar uma grande massa metálica (a corrente de curto), puxa um gatilho para desativar o sistema. Essa ação ultrarrápida é crucial para minimizar os danos causados por curtos-circuitos e garantir a segurança da instalação e das pessoas, um requisito fundamental da NR-10.

# A Dupla Imbatível: O Disjuntor Termomagnético em Ação

Agora que entendemos as duas faces da proteção – a térmica e a magnética – podemos apreciar a genialidade do disjuntor termomagnético. Ele não é apenas um ou outro; ele é a combinação perfeita de ambos, atuando em conjunto para oferecer uma defesa completa contra os principais problemas que podem afetar uma instalação elétrica.



## Guarda Especialista

### Proteção Térmica

Monitora fluxo constante e identifica sobrecargas prolongadas



## Agente de Elite

### Proteção Magnética

Intervém instantaneamente em ataques súbitos e violentos

A beleza do disjuntor termomagnético reside na sua capacidade de responder de forma diferente a cada tipo de falha. Para sobrecargas, ele oferece uma resposta temporizada, permitindo que pequenas variações de corrente (como a partida de um motor) não causem um desarme desnecessário, mas garantindo que um excesso prolongado seja interrompido antes que cause danos por superaquecimento. Para curtos-circuitos, sua resposta é praticamente instantânea, cortando a energia antes que a corrente atinja níveis perigosos que poderiam derreter fios ou provocar explosões.

Característica	Proteção Térmica (Sobrecarga)	Proteção Magnética (Curto-Circuito)	Exemplo Prático
Princípio	Efeito Joule (aquecimento)	Campo magnético gerado pela corrente	Física aplicada
Atuação	Lenta e temporizada	Instantânea	Velocidade de resposta
Problema	Corrente excessiva por tempo	Corrente muito alta e súbita	Tipo de falha
Componente	Lâmina bimetálica	Bobina e núcleo metálico	Mecanismo físico
Exemplo	Muitos aparelhos ligados na mesma tomada	Fio desencapado tocando outro fio	Situação real

Essa coordenação entre as duas proteções é representada graficamente pelas chamadas "curvas de disparo", que veremos em detalhes nas próximas seções. Essas curvas mostram o tempo que o disjuntor leva para desarmar em função da corrente que o atravessa. Para correntes ligeiramente acima do nominal, o tempo é maior (ação térmica). Para correntes muito elevadas (curto-circuito), o tempo é quase zero (ação magnética). É essa versatilidade que faz do disjuntor termomagnético o coração da segurança em qualquer projeto elétrico moderno, desde uma simples residência até complexas instalações industriais, sempre em conformidade com as diretrizes da ABNT NBR 5410.

# Por Que Nem Todo Disjuntor É Igual?

## Introdução às Curvas de Disparo

Você já deve ter notado que, ao comprar um disjuntor, além da corrente nominal (por exemplo, 20A), existe uma letra: B, C ou D. À primeira vista, pode parecer um detalhe técnico insignificante, mas essa letra é, na verdade, a chave para entender o comportamento do disjuntor diante de diferentes tipos de cargas elétricas. Ignorar essa característica é como tentar usar um martelo para apertar um parafuso: a ferramenta errada para a tarefa, com resultados potencialmente desastrosos.



### O Goleiro Nervoso

Disjuntor muito sensível pode tentar defender todos os "chutes", até mesmo os que não são ameaça real, causando interrupções desnecessárias



### O Goleiro Relaxado

Disjuntor pouco sensível pode deixar passar um "chute" perigoso, não oferecendo proteção adequada



### O Goleiro Ideal

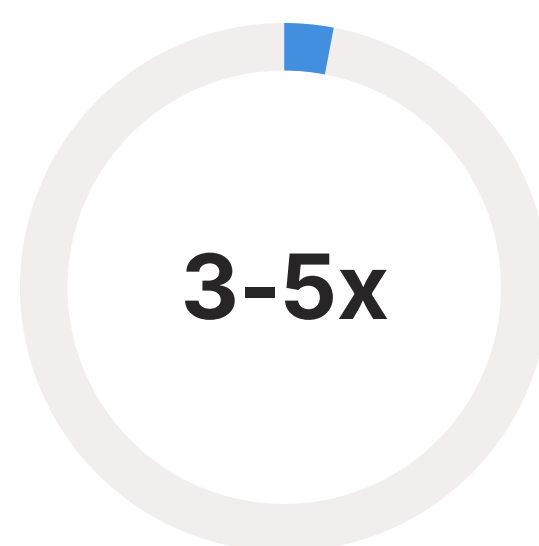
Disjuntor com curva adequada oferece proteção precisa sem disparos indevidos

Pense em um disjuntor como um goleiro em um jogo de futebol. Ele precisa defender o gol (proteger a instalação) de diferentes tipos de chutes (correntes de falha). Alguns chutes são lentos e rasteiros (sobrecargas), outros são chutes fortes e rápidos (curtos-circuitos). Mas, além disso, existem os "chutes de partida" – aquelas correntes elevadas que ocorrem por um breve momento quando um motor liga, por exemplo.

As curvas de disparo (B, C e D) definem exatamente essa "sensibilidade" do disjuntor à corrente de curto-circuito. Elas determinam a faixa de corrente em que a proteção magnética (instantânea) irá atuar. Cada tipo de carga elétrica – lâmpadas, motores, computadores – tem um comportamento diferente no momento da partida ou em caso de falha.

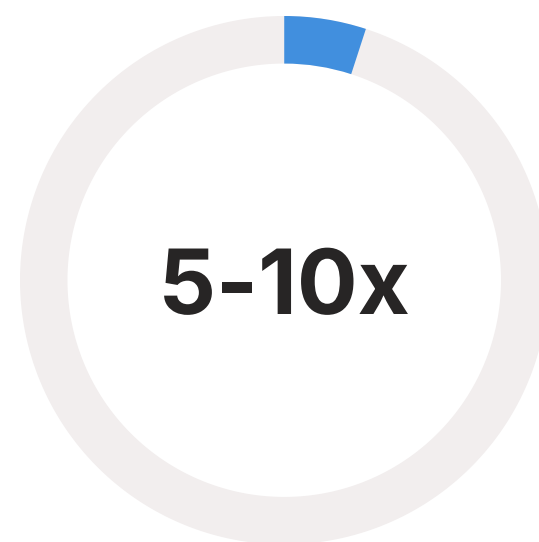
Escolher a curva errada pode resultar em:

- **Disparos indesejados** (disjuntor desarma sem motivo)
- **Proteção insuficiente** (instalação vulnerável)



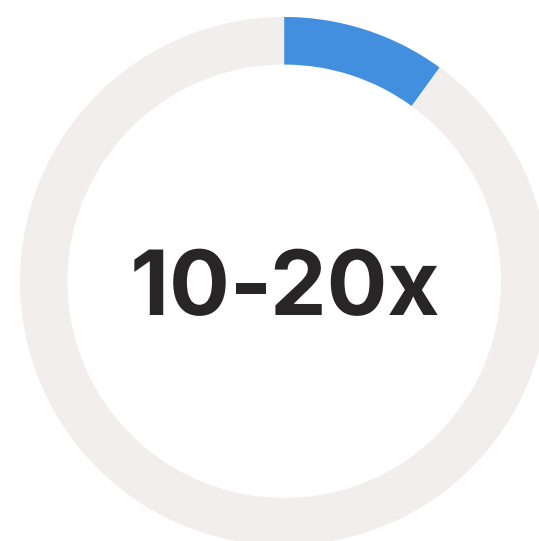
#### Curva B

Mais sensível



#### Curva C

Equilibrada



#### Curva D

Menos sensível

É por isso que a ABNT NBR 5410 dedica atenção especial à correta seleção desses dispositivos, garantindo que a proteção seja eficaz e a operação, contínua.

# Curva B: O Guardião Sensível

Imagine que você está protegendo um circuito onde as cargas são predominantemente resistivas, ou seja, elas não geram grandes picos de corrente no momento em que são ligadas. Pense em lâmpadas incandescentes, aquecedores elétricos, chuveiros, fornos elétricos ou resistências em geral. Nesses casos, a corrente de partida é muito próxima da corrente de regime, e qualquer pico, mesmo que pequeno, pode indicar um problema real.



## Características da Curva B

### Mais sensível das três curvas

- Proteção magnética: 3 a 5 vezes  $I_n$
- Desarme ágil em curtos-circuitos
- Ideal para cargas resistivas



## Aplicações Típicas

### Cargas sem picos de partida

- Lâmpadas incandescentes e LED
- Aquecedores elétricos
- Chuveiros elétricos
- Fornos e resistências

**Exemplo Prático:** Um circuito de iluminação residencial com potência total de 1000W em 127V. Corrente de projeto:  $I_p = 1000W \div 127V \approx 7,87A$ . Um disjuntor Curva B de 10A seria adequado, pois as lâmpadas não geram picos significativos ao ligar.

Para esses cenários, a **Curva B** é a escolha ideal. Ela é a mais sensível das três curvas de disparo, o que significa que sua proteção magnética (aquela que atua instantaneamente em caso de curto-circuito) é acionada com correntes relativamente baixas, entre 3 e 5 vezes a corrente nominal do disjuntor. Se a corrente de curto-circuito atingir rapidamente essa faixa, o disjuntor Curva B desarmará de forma ágil, protegendo os equipamentos e a fiação.

01

## Carga Liga

Corrente próxima ao valor nominal, sem picos



## Detecção Sensível

Curva B detecta entre 3-5x  $I_n$

02

## Curto-Circuito

Corrente dispara rapidamente



## Proteção Eficaz

Desarme rápido evita danos

Por exemplo, em um circuito de iluminação residencial, onde as lâmpadas (mesmo as de LED) não geram picos de corrente significativos ao ligar, um disjuntor Curva B de 10A seria adequado. Se, por algum motivo, ocorrer um curto-circuito nesse circuito, a corrente dispararia rapidamente. Como a Curva B é sensível, ela desarmaria prontamente, evitando danos maiores. Usar uma curva menos sensível aqui poderia atrasar o desarme, permitindo que a corrente de curto-circuito cause mais estrago antes da interrupção. A precisão da Curva B garante que a instalação seja protegida de forma eficaz sem disparos desnecessários em cargas que não possuem picos de partida elevados.

# Curva C: O Equilíbrio para a Maioria

Se a Curva B é o especialista em cargas puramente resistivas, a **Curva C** é o verdadeiro "coringa" das instalações elétricas. Ela representa um equilíbrio entre sensibilidade e robustez, sendo a escolha mais comum para a grande maioria das aplicações residenciais, comerciais e até mesmo em algumas industriais. Isso ocorre porque muitas cargas que usamos diariamente, embora não sejam puramente resistivas, também não geram picos de corrente de partida extremamente altos.

## Por Que a Curva C é Tão Versátil?

Pense em tomadas de uso geral, onde você pode conectar desde um carregador de celular até um aspirador de pó. Ou em pequenos motores elétricos, como os de geladeiras, máquinas de lavar ou ventiladores.

- Pequeno pico de corrente inicial (inrush current)
- Não tão elevado para desarmar Curva B
- Proteção magnética: **5 a 10 vezes In**



### Tomadas Gerais

Carregadores, computadores, eletrodomésticos diversos



### Pequenos Motores

Geladeiras, máquinas de lavar, ventiladores

### Menos Sensível que B

Permite picos de partida normais de equipamentos como motores de geladeira sem desarme desnecessário

### Mais Sensível que D

Se um curto-circuito real ocorrer, desarma com velocidade necessária para proteger o circuito

**Exemplo Prático:** Um disjuntor Curva C de 20A para um circuito de tomadas de uso geral é uma escolha comum e segura. Ele protegerá contra curtos-circuitos e sobrecargas, mas não desarmará cada vez que você ligar um eletrodoméstico com pequeno pico de partida.

A proteção magnética de um disjuntor Curva C atua em uma faixa de corrente entre 5 e 10 vezes a corrente nominal do disjuntor. Isso significa que ele é um pouco menos sensível que a Curva B, permitindo que aqueles picos de partida normais de equipamentos como motores de geladeira passem sem causar um desarme. No entanto, se um curto-circuito real ocorrer, a corrente rapidamente excederá essa faixa, e o disjuntor Curva C desarmará com a velocidade necessária para proteger o circuito.

Sua versatilidade o torna o padrão em muitos projetos, conforme as diretrizes da NBR 5410. É a escolha equilibrada que oferece proteção eficaz sem comprometer a operação normal dos equipamentos mais comuns em nossas instalações.

# Curva D: A Força para Grandes Partidas

Agora, imagine um cenário onde as cargas elétricas são verdadeiros "gigantes" em termos de corrente de partida. Estamos falando de motores elétricos de grande porte, transformadores, máquinas de solda, ou sistemas de iluminação com lâmpadas de descarga (como as antigas fluorescentes ou de vapor de sódio/mercúrio), que podem gerar picos de corrente iniciais extremamente elevados, muitas vezes 10, 15 ou até 20 vezes a corrente nominal de operação.

## 10-20x

### Picos de Partida

Veze a corrente nominal em grandes motores

## 50CV

### Motor Industrial

Exemplo de aplicação típica

## 7x

### Corrente de Partida

Motor de 50CV vs corrente nominal

Se usássemos um disjuntor Curva B ou C para proteger esses equipamentos, ele desarmaria constantemente no momento da partida, tornando a operação inviável.



### Grandes Motores

#### Motores de alta potência

- Motores industriais acima de 10 CV
- Compressores de ar
- Bombas centrífugas
- Ventiladores industriais



### Equipamentos Especiais

#### Cargas com alta inrush

- Transformadores de potência
- Máquinas de solda
- Lâmpadas de descarga
- Fornos industriais

Para esses casos robustos, a **Curva D** é a solução. Ela é a menos sensível das três curvas de disparo, projetada especificamente para permitir que grandes correntes de partida passem sem causar um desarme indesejado. A proteção magnética de um disjuntor Curva D atua em uma faixa de corrente entre **10 e 20 vezes a corrente nominal** do disjuntor.



### Partida do Motor

Corrente até 20x nominal por alguns segundos

### Curva D Permite

"Ignora" picos breves e legítimos

### Curto Real

Corrente muito superior a 20x nominal

### Proteção Ativa

Desarme instantâneo em falhas reais

Por exemplo, em uma indústria, um motor de 50 CV pode ter uma corrente de partida que chega a 7 vezes sua corrente nominal. Um disjuntor Curva C poderia desarmar. Um disjuntor Curva D, por sua vez, permitiria essa partida sem interrupção, mas ainda assim protegeria o circuito contra um curto-circuito real, que geraria uma corrente muito superior a 20 vezes a nominal.

A escolha da Curva D é crucial para garantir a **continuidade operacional** em ambientes industriais, onde a interrupção desnecessária de máquinas pode gerar grandes perdas de produção. É a curva para quem precisa de robustez e tolerância a picos de corrente legítimos, sempre alinhada com as necessidades de segurança e operação da NR-10 e NBR 5410.