

guia de design

# VLT® AutomationDrive FC 360

90–315 kW, gabinetes tamanho J8–J9



**VLT®**  
AutomationDrive





# Conteúdo

## 1 Introdução

1.1 Recursos Adicionais	11
1.2 Versão do documento	11
1.3 Aprovações e certificações	11
1.3.1 Marcação CE	11
1.3.2 Diretiva de baixa tensão	11
1.3.3 Diretiva EMC	11

## 2 Segurança

2.1 Símbolos de Segurança	13
2.2 Pessoal qualificado	13
2.3 Precauções de segurança	14

## 3 Visão geral do produto e recursos

3.1 Valores nominais da potência, pesos e dimensões	16
3.2 Recursos operacionais automatizados	16
3.2.1 Introdução	16
3.2.2 Proteção contra curto-circuito	16
3.2.3 Proteção contra sobretensão	17
3.2.4 Detecção de Fase Ausente de Motor	17
3.2.5 Detecção de desbalanceamento da tensão de alimentação	17
3.2.6 Chaveamento na saída	18
3.2.7 Proteção de sobrecarga	18
3.2.8 Locked Rotor Protection (Proteção de Rotor Síncrono Bloqueado)	18
3.2.9 Derating automático	19
3.2.10 Otimização automática de energia	19
3.2.11 Modulação automática da frequência de chaveamento	19
3.2.12 Derating automático para frequência de chaveamento alta	19
3.2.13 Desempenho de flutuação da potência	19
3.2.14 Amortecimento de ressonância	20
3.2.15 Ventiladores controlados por temperatura	20
3.2.16 Conformidade com a EMC	20
3.2.17 Isolação galvânica dos terminais de controle	20
3.3 Recursos de aplicação personalizada	20

3.3.1	Introdução	20
3.3.2	Adaptação automática do motor	20
3.3.3	Controlador de Processo do PID	20
3.3.4	Proteção térmica do motor	21
3.3.5	Queda da rede elétrica	22
3.3.6	Nova partida automática	22
3.3.7	Torque total em velocidade reduzida	22
3.3.8	Bypass de frequência	22
3.3.9	Pré-aquecimento do motor	23
3.3.10	Setups programáveis	23
3.3.11	Smart Logic Control (SLC)	23
3.4	Frenagem Dinâmica	24
3.5	Resfriamento do canal traseiro	25
3.5.1	Visão Geral	25
3.5.2	Fluxo de ar para gabinetes J8 e J9	25
<b>4</b>	<b>Visão geral de opcionais e acessórios</b>	
4.1	Dispositivos de fieldbus	26
4.1.1	Visão Geral	26
4.1.2	VLT® PROFIBUS DP-V1 MCA 101	26
4.1.3	VLT® PROFINET MCA 120	26
4.2	Extensões funcionais	26
4.2.1	Visão Geral	26
4.2.2	VLT® Encoder Input MCB 102	26
4.2.3	VLT® Resolver Option MCB 103	26
4.2.4	VLT® 24 V DC Supply MCB 107	27
4.2.5	VLT® Sensor Input Option MCB 114	27
<b>5</b>	<b>Especificações</b>	
5.1	Dados elétricos	28
5.2	Alimentação de Rede Elétrica (L1, L2, L3)	29
5.3	Saída do Motor (U, V, W)	30
5.4	Características do Torque	30
5.5	Condições ambientais	30
5.6	Comprimentos de cabo e seções transversais	31
5.7	Entradas Digitais	31

5.8 Entradas Analógicas	32
5.9 Entradas de Pulso	33
5.10 Saídas digitais	33
5.11 Saídas Analógicas	33
5.12 Saídas do relé	34
5.13 Cartão de Controle, Comunicação Serial RS485	35
5.14 Cartão de controle, Saída 24 V CC	35
5.15 Cartão de controle, saída +10 V CC	35
5.16 Características de Controle	35
5.17 Desempenho do Cartão de Controle	35
5.18 Dimensões externas e do terminal	36
5.18.1 Dimensões externas do J8	36
5.18.2 Dimensões dos terminais do J8	39
5.18.3 Dimensões externas do J9	41
5.18.4 Dimensões dos terminais do J9	44
<b>6 Considerações da instalação mecânica</b>	
6.1 Armazenagem	46
6.2 Içamento da unidade	46
6.3 Ambiente operacional	47
6.3.1 Visão geral do ambiente operacional	47
6.3.2 Gases	47
6.3.3 Poeira	47
6.4 Configurações de montagem	47
6.5 Resfriamento	48
6.6 Derating	49
6.6.1 Visão geral do derating	49
6.6.2 Derating para operação de baixa velocidade	49
6.6.3 Derating para altitude	50
6.6.4 Derating para a temperatura ambiente e frequência de chaveamento	50
<b>7 Considerações de instalação elétrica</b>	
7.1 Instruções de segurança	51
7.2 Diagrama de ligação	52
7.3 Conexões de energia	52

7.4 Terminais e fiação de controle	54
7.4.1 Aterramento correto dos cabos de controle	54
7.4.2 Roteamento do cabo de controle	56
7.4.3 Terminais de controle	57
7.5 Fusíveis e disjuntores	59
7.6 Motor	60
7.6.1 Rotação do motor	60
7.6.2 Proteção térmica do motor	61
7.6.3 Conexão de Motores em Paralelo	61
7.6.4 Isolamento do Motor	62
7.6.5 Correntes de mancal do motor	63
7.7 Dispositivos de corrente residual RCD) e monitor de resistência de isolamento (IRM)	63
7.8 Corrente de fuga	63
7.9 Rede Elétrica IT	66
7.10 Eficiência	66
7.11 Ruído acústico	67
7.12 Condições dU/dt	68
7.13 Compatibilidade eletromagnética (EMC)	69
7.13.1 Visão Geral	69
7.13.2 Resultados de teste de EMC	70
7.13.3 Requisitos de emissão	71
7.13.4 Requisitos de imunidade	71
7.13.5 Compatibilidade de EMC	73
7.13.6 Instalação compatível com EMC	74
7.14 Harmônicas	76
7.14.1 Visão geral das harmônicas	76
7.14.2 Análise de harmônicas	76
7.14.3 Efeito das harmônicas em um sistema de distribuição de energia	77
7.14.4 Normas IEC para harmônicas	78
7.14.5 Conformidade de harmônicas	79
<b>8 Princípios básicos de operação de um conversor</b>	
8.1 Introdução	80
8.2 Descrição da operação	80
8.3 Controles do conversor	80

8.3.1	Visão geral dos controles do conversor	80
8.3.2	Tratamento das referências	81
8.3.2.1	Referências local e remota	81
8.3.2.2	Limites de referência	83
8.3.2.3	Graduação das referências predefinidas e das referências de barramento	84
8.3.2.4	Escalonamento de referência de pulso e analógica e feedback	84
8.3.2.5	Banda morta em torno de zero	85
8.3.3	Estruturas de controle	88
8.3.3.1	Princípio de controle	88
8.3.3.2	Modos de controle	88
8.3.4	Processamento de controle	89
8.3.4.1	Estrutura de controle em VVC+	89
8.3.4.2	Estrutura de controle no Fluxo Sensorless	90
8.3.4.3	Estrutura de controle em fluxo com feedback de motor	91

## 9 Instalação e setup do RS485

9.1	Introdução	92
9.1.1	Visão Geral	92
9.1.2	Conexão de rede	93
9.1.3	Setup de hardware	93
9.1.4	Programação dos parâmetros da comunicação do Modbus	93
9.1.5	Precauções com EMC	94
9.2	Protocolo Danfoss FC	94
9.2.1	Visão Geral	94
9.2.2	FC com Modbus RTU	95
9.3	Configuração de rede do Protocolo Danfoss FC	95
9.4	Estrutura do enquadramento de mensagem do protocolo Danfoss FC	95
9.4.1	Conteúdo de um caractere (byte)	95
9.4.2	Estrutura do telegrama	96
9.4.3	Comprimento do telegrama (LGE)	96
9.4.4	Endereço do conversor (ADR)	96
9.4.5	Byte de controle dos dados (BCC)	96
9.4.6	O Campo de dados	96
9.4.7	O Campo PKE	97
9.4.8	Número do parâmetro (PNU)	100
9.4.9	Índice (IND)	100

9.4.10	Valor do Parâmetro (PWE)	100
9.4.11	Tipos de Dados Suportados pelo Conversor	100
9.4.12	Conversão	101
9.4.13	Palavras do processo (PCD)	101
9.5	Exemplos	101
9.5.1	Gravação de um valor de parâmetro	101
9.5.2	Leitura de um valor de parâmetro	102
9.6	Modbus RTU	103
9.6.1	Pré-requisitos de conhecimento	103
9.6.2	Visão Geral	103
9.6.3	Conversor com Modbus RTU	103
9.7	Configuração da rede Modbus RTU	104
9.8	Estrutura do Enquadramento de Mensagem do Modbus RTU	104
9.8.1	Introdução	104
9.8.2	Estrutura do telegrama do Modbus RTU	105
9.8.3	Campo de início/parada	105
9.8.4	Campo de endereço	105
9.8.5	Campo de função	106
9.8.6	Campo de dados	106
9.8.7	Campo de verificação CRC	106
9.8.8	Endereçamento do registrador da bobina	106
9.8.9	Como controlar o Conversor	109
9.8.10	Códigos de Função Suportados pelo Modbus RTU	109
9.8.11	Códigos de exceção do Modbus	110
9.9	Como acessar os parâmetros	111
9.9.1	Tratamento de parâmetros	111
9.9.2	Armazenagem de dados	111
9.9.3	IND (Índice)	111
9.9.4	Blocos de texto	112
9.9.5	Fator de conversão	112
9.9.6	Valores de parâmetros	112
9.10	Exemplos	112
9.10.1	Visão geral dos exemplos	112
9.10.2	Ler o status da bobina (01 hex)	112
9.10.3	Forçar/gravar bobina única (05 hex)	113
9.10.4	Forçar/gravar múltiplas bobinas (0F hex)	114

9.10.5	Ler registradores de retenção (03 hex)	115
9.10.6	Registrador único predefinido (06 hex)	116
9.10.7	Vários registros predefinidos (10 hex)	117
9.11	Perfil de Controle do FC da Danfoss	118
9.11.1	Palavra de controle de acordo com o perfil do FC (8-10 Protocolo = Perfil do FC)	118
9.11.2	Status word de acordo com o perfil do FC (STW)	121
9.11.3	Valor de referência da velocidade do barramento	124

## 10 Exemplos de aplicações

10.1	Introdução	125
10.2	AMA	125
10.3	Velocidade	126
10.4	Partida/Parada	128
10.5	Reset do Alarme Externo	129
10.6	Termistor do motor	129
10.7	Conexão do encoder	130
10.8	Sentido do encoder	131
10.9	Sistema de conversor de malha fechada	132

## 11 Como comprar um conversor

11.1	Configurador do conversor	133
11.2	Pedido do gabinete VLT® AutomationDrive FC 360 tamanhos J8–J9	133
11.3	Pedidos de acessórios e peças de reposição	134
11.4	Compra de filtros e resistores de freio	134

## 12 Apêndice

12.1	Abreviações e símbolos	136
12.2	Definições	139
12.2.1	Conversor de frequência	139
12.2.2	Entrada	139
12.2.3	Motor	139
12.2.4	Referências	141
12.2.5	Diversos	142
12.3	Convenções	144



# 1 Introdução

## 1.1 Recursos Adicionais

Outros recursos estão disponíveis para entender as funções e programações avançadas do conversor.

- O guia de operação fornece informações detalhadas para a instalação e inicialização do conversor.
- O guia de programação fornece maiores detalhes sobre como trabalhar com parâmetros e muitos exemplos de aplicação.
- Instruções para operação com equipamento opcional.

Publicações e manuais complementares estão disponíveis no site da Danfoss [www.danfoss.com](http://www.danfoss.com).

## 1.2 Versão do documento

O guia é revisado e atualizado regularmente. Todas as sugestões de melhoria são bem-vindas.

O idioma original deste manual é o inglês.

Tabela 1: Versão do documento

Edição	Observações
AJ435824192086, versão 0101	Primeira edição.

## 1.3 Aprovações e certificações

### 1.3.1 Marcação CE

A marcação CE (Conformité Européenne) indica que o fabricante do produto está em conformidade com todas as diretivas da UE aplicáveis.

As diretivas da UE aplicáveis à concepção e fabricação de conversores são:

- A diretiva de baixa tensão
- A diretiva EMC
- A diretiva de maquinaria (para unidades com função de segurança integrada).

A marcação CE é destinada a eliminar as barreiras técnicas ao livre comércio entre os estados da CE e da EFTA dentro da ECU. A marcação CE não regula a qualidade do produto. Não se pode deduzir especificações técnicas da marcação CE.

### 1.3.2 Diretiva de baixa tensão

Os conversores são classificados como componentes eletrônicos e devem ter a certificação CE em conformidade com a diretiva de baixa tensão. A diretiva é aplicável a todos os equipamentos elétricos nas faixas de tensão de 50–1000 V CA e 75–1500 V CC.

A diretiva determina que o projeto do equipamento deve garantir a segurança e a saúde das pessoas e dos animais, e a preservação do material, garantindo a instalação, a manutenção e o uso adequados do equipamento. A certificação CE Danfoss está em conformidade com a diretiva de baixa tensão, e a Danfoss fornece uma declaração de conformidade mediante solicitação.

### 1.3.3 Diretiva EMC

Compatibilidade eletromagnética (EMC) significa que a interferência eletromagnética entre peças do equipamento não prejudica seu desempenho. O requisito de proteção básica da diretiva EMC 2014/30/EU determina que dispositivos que geram interferência eletromagnética (EMI) ou cuja operação possa ser afetada pela EMI devem ser projetados para limitar a geração de interferência eletromagnética, e devem ter um grau adequado de imunidade à EMI quando instalado, mantido e usado adequadamente.

Um conversor pode ser usado como dispositivo independente ou como parte de uma instalação mais complexa. Os dispositivos em qualquer um desses casos devem ter a marcação CE. Os sistemas não precisam ter a marcação CE, mas precisam cumprir os requisitos básicos de proteção da diretiva EMC.

## 2 Segurança

### 2.1 Símbolos de Segurança

Os símbolos a seguir são usados na documentação da Danfoss.

 <b>PERIGO</b>
Indica uma situação perigosa que, se não for prevenida, resultará em morte ou ferimentos graves.
 <b>AVISO</b>
Indica uma situação perigosa que, se não for prevenida, poderá resultar em morte ou ferimentos graves.
 <b>CUIDADO</b>
Indica uma situação perigosa que, se não for prevenida, poderá resultar em ferimentos leves ou moderados.
<b>AVISO</b>
Indica informações consideradas importantes, mas não relacionadas a riscos (por exemplo, mensagens relacionadas a danos materiais).

O guia também inclui símbolos de advertência ISO relacionados a superfícies quentes e risco de queimaduras, alta tensão e choque elétrico, e referências às instruções.

	Símbolo de advertência ISO para superfícies quentes e risco de queimaduras
	Símbolo de advertência ISO para alta tensão e choque elétrico
	Símbolo de ação ISO para referências às instruções

### 2.2 Pessoal qualificado

Para uma operação segura e sem problemas do drive, são necessários transporte, armazenagem, instalação, operação e manutenção corretos e confiáveis. Somente pessoal qualificado tem permissão para instalar e operar este equipamento.

Pessoal qualificado é definido como pessoal treinado, autorizado a instalar, comissionar e manter o equipamento, os sistemas e circuitos em conformidade com as leis e normas pertinentes. Além disso, o pessoal qualificado deve estar familiarizado com as instruções e medidas de segurança descritas neste manual.

## 2.3 Precauções de segurança

### AVISO



#### ALTA TENSÃO

Os conversores contêm alta tensão quando conectados à rede elétrica CA de entrada, alimentação CC, Load Sharing ou motores permanentes. Não utilizar pessoal qualificado na instalação, inicialização ou manutenção do conversor pode resultar em morte ou ferimentos graves.

- Somente pessoal qualificado deve instalar, inicializar e manter o conversor.
- Antes de realizar qualquer serviço de manutenção ou reparo, use um dispositivo de medição de tensão adequado para se certificar de que não há tensão residual no conversor.

### AVISO



#### PARTIDA ACIDENTAL

Quando o conversor de frequência estiver conectado à rede elétrica CA, alimentação CC ou load sharing, o motor pode dar partida a qualquer momento. Partida acidental durante a programação, serviço ou serviço de manutenção pode resultar em morte, ferimentos graves ou danos à propriedade. Dê partida no motor usando interruptor externo, comando de fieldbus, sinal de referência de entrada do painel de controle local (LCP), via operação remota usando o software MCT 10 ou após uma condição de falha resolvida.

- Desconecte o conversor da rede elétrica.
- Pressione [Off/Reset] no LCP, antes de programar parâmetros.
- Garanta que o conversor esteja totalmente conectado e montado quando conectado à rede elétrica CA, à alimentação CC ou ao Load Sharing.

### AVISO



#### TEMPO DE DESCARGA (20 MINUTOS)

O conversor contém capacitores no barramento CC, que podem permanecer carregados até mesmo quando o conversor não estiver ligado. Pode haver alta tensão presente mesmo quando as luzes indicadoras LED de advertência estiverem apagadas.

Não aguardar 20 minutos após a energia ter sido removida antes de prestar serviço de manutenção pode resultar em morte ou ferimentos graves.

- Pare o motor.
- Desconecte a rede elétrica CA e fontes de alimentação do barramento CC remoto, incluindo baterias de backup, UPS e conexões do barramento CC com outros conversores.
- Desconecte ou trave o motor PM.
- Aguarde os capacitores se descarregarem por completo. O tempo de espera mínimo é de 20 minutos.
- Antes de realizar qualquer serviço de manutenção, use um dispositivo de medição de tensão apropriado para ter certeza de que os capacitores estejam completamente descarregados.

**AVISO****PERIGO DE CHOQUE ELÉTRICO - RISCO DE CORRENTE DE FUGA >3,5 MA**

As correntes de fuga excedem 3,5 mA. A falha em conectar o drive corretamente ao ponto de aterramento de proteção (PE) pode resultar em morte ou lesões graves.

- Garanta o condutor de aterramento de proteção reforçado de acordo com a IEC 60364-5-54 cl. 543.7 ou de acordo com as normas de segurança locais para equipamento de corrente de toque elevada. O ponto de aterramento de proteção reforçado do conversor pode ser feito com:
  - um condutor de PE com seção transversal de pelo menos 10 mm<sup>2</sup> (8 AWG) Cu ou 16 mm<sup>2</sup> (6 AWG) Al.
  - um condutor de PE adicional com a mesma seção transversal do condutor de PE original, conforme especificado pela IEC 60364-5-54, com uma seção transversal mínima de 2,5 mm<sup>2</sup> (14 AWG) (com proteção mecânica) ou 4 mm<sup>2</sup> (12 AWG) (sem proteção mecânica).
  - um condutor de PE completamente fechado em um invólucro ou protegido de outra forma em todo o seu comprimento contra danos mecânicos.
  - um condutor de PE parte de um cabo de energia multicondutor com uma seção transversal mínima do condutor de PE de 2,5 mm<sup>2</sup> (14 AWG) (permanentemente conectado ou plugável por um conector industrial. O cabo de energia multicondutor deve ser instalado com um alívio de tensão adequado).
- NOTA: Na IEC/EN 60364-5-54 cl. 543.7 e em algumas normas de aplicação (por exemplo, IEC/EN 60204-1), o limite para exigir um condutor de aterramento de proteção reforçado é uma corrente de fuga de 10 mA.

**AVISO****EQUIPAMENTO PERIGOSO**

O contato com eixos rotativos e equipamento elétrico pode resultar em morte ou ferimentos graves.

- Assegure que somente pessoal qualificado e treinado realize a instalação, partida inicial e manutenção.
- Assegure que os serviços elétricos sejam executados em conformidade com os regulamentos elétricos locais e nacionais.
- Siga os procedimentos deste guia.

**CUIDADO****RISCO DE FALHA INTERNA**

Uma falha interna no conversor pode resultar em lesões graves quando o conversor não estiver fechado corretamente.

- Certifique-se de que todas as tampas de segurança estejam no lugar e firmemente fixadas antes de ligar a energia.

**AVISO****ALTITUDES ELEVADAS**

- Para instalação em altitudes acima de 2.000 m (6.562 pés), entre em contato com a DANFOSS com relação à PELV.

## 3 Visão geral do produto e recursos

### 3.1 Valores nominais da potência, pesos e dimensões

Para obter os tamanhos de gabinete e os valores nominais da potência dos conversores, consulte a tabela a seguir. Para obter mais dimensões, consulte o capítulo *Dimensões externas e do terminal*.

Tabela 2: Valores nominais da potência, pesos e dimensões, tamanhos de gabinete J8–J9, 380–480 V

Tamanho do gabinete		J8	J9
IP		20	20
NEMA		Chassi	Chassi
Dimensões de transporte [mm (pol)]	Altura	587 (23)	587 (23)
	Largura	997 (39)	1170 (46)
	Profundidade	460 (18)	535 (21)
Dimensões do conversor [mm (pol)]	Altura	909 (36)	1122 (44)
	Largura	250 (10)	350 (14)
	Profundidade	375 (15)	375 (15)
Peso máximo [kg (lb)]		98 (216)	164 (362)

### 3.2 Recursos operacionais automatizados

#### 3.2.1 Introdução

Os recursos operacionais automatizados estão ativos quando o conversor está em funcionamento. A maioria deles não exige programação ou configuração. O conversor possui uma gama de funções de proteção integradas para se proteger e para proteger o motor quando ele está em funcionamento.

Para obter detalhes de qualquer configuração necessária, em um determinado parâmetro do motor, consulte o guia de programação.

#### 3.2.2 Proteção contra curto-circuito

##### Motor (entre fases)

O conversor está protegido contra curtos-circuitos no lado do motor por medição de corrente em cada uma das 3 fases do motor. Um curto-circuito entre 2 fases de saída causa uma sobrecorrente no inversor. O inversor é desligado quando a corrente de curto-circuito ultrapassa o valor permitido (*Alarme 16, Bloqueio por Desarme*).

##### Lado da rede elétrica

Um conversor que funciona corretamente limita a corrente que pode ser consumida proveniente da alimentação. Ainda assim, recomenda-se o uso de fusíveis e/ou disjuntores no lado da alimentação como proteção se houver quebra de componente dentro do conversor (1ª falha).

#### AVISO

Para garantir o cumprimento da norma IEC 60364 para CE, é obrigatório o uso de fusíveis e/ou disjuntores.

### 3.2.3 Proteção contra sobretensão

#### Sobretensão gerada pelo motor

A tensão no barramento CC aumenta quando o motor funciona como um gerador. Isso ocorre nos seguintes casos:

- A carga gira o motor a uma frequência de saída constante do conversor; ou seja, a carga gera energia.
- Durante a desaceleração, se o momento de inércia for alto, a fricção é baixa, e o tempo de desaceleração é muito curto para que a energia seja dissipada como perda em todo o sistema de acionamento.
- Configuração incorreta de compensação de escorregamento aumenta a tensão do barramento CC.
- Força Contra Eletro Motriz da operação do motor PM. Se houver parada por inércia a uma velocidade acima da velocidade nominal, a Força Contra Eletro Motriz do motor PM pode potencialmente exceder a tolerância de tensão máxima do drive e causar danos. Para ajudar a evitar isso, o valor do **parâmetro 4-19 Frequência Máxima de Saída** é automaticamente limitado com base em um cálculo interno baseado nos valores do **parâmetro 1-40 Força Contra Eletromotriz a 1000 RPM**, do **parâmetro 1-25 Velocidade Nominal do Motor** e do **parâmetro 1-39 Polos do Motor**.
- A sobretensão pode ser manipulada usando uma função de frenagem (**parâmetro 2-10 Função de Frenagem**) e/ou usando controle de sobretensão (**parâmetro 2-17 Controle de Sobretensão**).

#### Funções de frenagem

O freio CA é uma alternativa para melhorar a frenagem sem usar um resistor de frenagem. Esta função controla um excesso de magnetização do motor quando ele age como um gerador. Aumentar as perdas elétricas no motor permite que a função OVC aumente o torque de frenagem, sem exceder o limite de sobretensão.

#### AVISO

O freio CA não é tão eficaz quanto a frenagem dinâmica com um resistor.

#### Controle de sobretensão (OVC)

Ao estender automaticamente o tempo de desaceleração, o OVC reduz o risco de desarme do conversor devido à sobretensão no barramento CC.

#### AVISO

Não ative o OVC em aplicações de içamento.

#### Falha de Aterramento

O conversor fornece proteção contra falha de aterramento de baixa impedância e proteção contra falha de aterramento de alta impedância, graças à configuração do transdutor de corrente nas fases de saída. Dependendo de se o **parâmetro 0-06 Tipo de Grade** do LCP está programado para Grade de TI ou não, diferentes algoritmos de proteção são executados.

A falha de aterramento é detectada durante o estágio de inicialização e o estágio de partida. Após receber os sinais de proteção, o conversor é parado por inércia.

### 3.2.4 Detecção de Fase Ausente de Motor

A função fase ausente de motor (**parâmetro 4-58 Função Fase do Motor Ausente**) está ativada por padrão para evitar danos no motor se uma fase do motor estiver ausente. A configuração padrão é 1.000 ms, mas pode ser ajustada para uma detecção mais rápida.

### 3.2.5 Detecção de desbalanceamento da tensão de alimentação

Operação sob um desbalanceamento severo da tensão de alimentação reduz a vida útil do motor e do conversor. Se o motor for operado continuamente próximo à carga nominal, as condições serão consideradas graves. A configuração padrão desarma o conversor se houver um desbalanceamento da tensão de alimentação.

Uma opção de desarme rápido/advertência está disponível utilizando os parâmetros do LCP (*parâmetro 14-17 Fast Mains Phase Loss Level (Nível de Perda de Fase Rápida da Rede Elétrica)* e *parâmetro 14-18 Fast Mains Phase Loss Min Power (Potência Mínima de Perda de Fase Rápida da Rede Elétrica)* quando for esperada uma resposta rápida ao desbalanceamento de rede elétrica.

### 3.2.6 Chaveamento na saída

É permitido adicionar um interruptor à saída entre o motor e o conversor; no entanto, podem aparecer mensagens de falha.

### 3.2.7 Proteção de sobrecarga

#### Limite de potência

Uma função de limite de potência limita a potência distribuída para o motor (limite de potência do modo motor). Além disso, a função de limite de potência pode limitar a potência geradora alimentada de volta para a alimentação de rede elétrica (AFE) ou alimentada para um resistor de frenagem (limite de potência do modo gerador). A função de limite de potência é projetada para controle de malha aberta/controle de malha fechada do fluxo e pode ser usada para todos os tipos de motor com núcleo de controle de fluxo (ASMPM).

#### Limite de torque

O recurso de limite de torque protege o motor contra sobrecarga, independente da velocidade. O limite de torque é controlado no *parâmetro 4-16 Limite de Torque do Modo Motor* e no *parâmetro 4-17 Limite de Torque do Modo Gerador*. O tempo antes dos desarmes de advertência de limite de torque é controlado no *parâmetro 14-25 Atraso do desarme no limite de torque*.

#### Limite de Corrente

O limite de corrente é controlado no *parâmetro 4-18 Limite de corrente* e o tempo antes do desarme do drive é controlado no *parâmetro 14-24 Atraso do desarme no limite de corrente*.

#### Limite de velocidade

- Limite de velocidade mínima: o *parâmetro 4-12 Lim. Inferior da Veloc. do Motor* [Hz] limita a faixa mínima de velocidade operacional do conversor.
- Limite de velocidade máxima: o *parâmetro 4-19 Frequência Máx. de Saída* limita a velocidade máxima de saída que o conversor pode fornecer.

#### Relé térmico eletrônico (ETR)

ETR é um recurso eletrônico que simula um relé bimetálico com base em medições internas. A característica é mostrada na ilustração em [3.3.4 Proteção térmica do motor](#).

#### Sobretensão

O inversor se desliga para proteger os transistores e os capacitores de barramento CC quando um determinado nível de tensão embutido no código for atingido.

#### Superaquecimento

O conversor possui sensores de temperatura integrados e reage imediatamente aos valores críticos por meio de limites embutidos no código.

### 3.2.8 Locked Rotor Protection (Proteção de Rotor Síncrono Bloqueado)

Pode haver situações em que o rotor é bloqueado devido ao excesso de carga ou outros fatores. O rotor bloqueado não pode produzir resfriamento suficiente que, por sua vez, pode superaquecer o enrolamento do motor. O conversor é capaz de detectar a situação de rotor bloqueado com controle de fluxo/PM VVC+ (*parâmetro 30-22 Proteção de Rotor Bloqueado*).

### 3.2.9 Derating automático

O conversor verifica constantemente os seguintes níveis críticos:

- Alta temperatura no cartão de controle ou no dissipador de calor.
- Alta carga do motor.
- Alta tensão do barramento CC.
- Baixa velocidade do motor.

Como resposta a um nível crítico, o conversor ajusta a frequência de chaveamento. Para altas temperaturas internas e baixa velocidade do motor, o conversor pode também forçar o padrão PWM para SFAVM.

#### AVISO

O derating automático é diferente quando o **parâmetro 14-55 Filtro de Saída** está programado para **[1] Filtro de onda senoidal**.

### 3.2.10 Otimização automática de energia

A otimização automática de energia (AEO) direciona o conversor para monitorar continuamente a carga no motor e ajustar a tensão de saída para maximizar a eficiência. Com carga leve, a tensão é reduzida e a corrente do motor é minimizada. O motor se beneficia de:

- Maior eficiência.
- Aquecimento reduzido.
- Operação mais silenciosa.

Não é necessário selecionar uma curva V/Hz porque o conversor ajusta automaticamente a tensão do motor.

### 3.2.11 Modulação automática da frequência de chaveamento

O conversor gera pulsos elétricos curtos para formar um padrão de onda CA. A frequência de chaveamento é a taxa com que esses pulsos ocorrem. Uma frequência de chaveamento baixa (taxa de pulsos lenta) resulta em um ruído audível no motor, tornando preferível uma frequência de chaveamento mais alta. No entanto, uma frequência de chaveamento alta gera calor no conversor, o que pode limitar a quantidade de corrente disponível para o motor.

A modulação automática da frequência de chaveamento regula essas condições automaticamente para fornecer a frequência de chaveamento mais alta sem superaquecer o conversor. Ao fornecer uma alta frequência de chaveamento regulada, silencia o ruído de operação do motor a velocidades baixas quando o controle de ruído audível é crítico e produz potência de saída total para o motor quando necessário.

### 3.2.12 Derating automático para frequência de chaveamento alta

A faixa de frequência depende da potência e da tensão nominal. Uma frequência de chaveamento excedendo uma faixa máxima permitida gera aumento de calor no conversor e exige que a corrente de saída seja reduzida.

Um recurso automático do conversor é o controle de frequência de chaveamento dependente da carga. Este recurso permite que o motor se beneficie de uma frequência de chaveamento mais alta que a carga permitir.

### 3.2.13 Desempenho de flutuação da potência

O conversor resiste a flutuações da rede elétrica como:

- Transientes.
- Quedas momentâneas.
- Quedas de tensão curtas.
- Surtos.

O conversor compensa automaticamente as tensões de entrada  $\pm 10\%$  da nominal para fornecer torque e tensão nominal do motor total. Com a nova partida automática selecionada, o conversor é automaticamente ligado após um desarme de tensão. Com o flying start, o conversor sincroniza a rotação do motor antes da partida.

### 3.2.14 Amortecimento de ressonância

O amortecimento da ressonância elimina o ruído de ressonância do motor de alta frequência. Está disponível o amortecimento de frequência selecionado manualmente ou automaticamente.

### 3.2.15 Ventiladores controlados por temperatura

Sensores no conversor regulam a operação dos ventiladores de resfriamento internos. Geralmente, os ventiladores de resfriamento não funcionam ao operar com carga baixa, ou quando em sleep mode ou standby. Esses sensores reduzem o ruído, aumentam a eficiência e prolongam a vida operacional do ventilador.

### 3.2.16 Conformidade com a EMC

A interferência eletromagnética (EMI) e a interferência de radiofrequência (RFI) são distúrbios que podem afetar um circuito elétrico devido à indução ou à radiação eletromagnética de uma fonte externa. O conversor foi projetado para estar em conformidade com a norma de produto EMC para conversores IEC/EN 61800-3. Os cabos de motor precisam ser blindados e terminados de maneira adequada para estarem em conformidade com os níveis de emissão em EN 61800-3. Para obter mais informações sobre o desempenho de EMC, consulte o capítulo *Resultados de Teste de EMC*.

### 3.2.17 Isolação galvânica dos terminais de controle

Todos os terminais de controle e terminais de relé de saída são isolados galvanicamente da energia da rede elétrica, o que protege completamente o circuito do controlador da corrente de entrada. Os terminais do relé de saída requerem seu próprio aterramento. Esse isolamento atende aos requisitos de proteção rígidos de tensão extra baixa (PELV) de isolamento.

Os componentes que formam a isolação galvânica são:

- Alimentação, incluindo isolação de sinal.
- Drive do gate para os IGBTs, transformadores de disparo e acopladores ópticos.
- Os transdutores de efeito Hall da corrente de saída.

## 3.3 Recursos de aplicação personalizada

### 3.3.1 Introdução

Funções de aplicação personalizadas são os recursos mais comuns programados no drive para desempenho melhorado do sistema. Elas exigem o mínimo de programação ou setup. Consulte o guia de programação para obter instruções sobre a ativação dessas funções.

### 3.3.2 Adaptação automática do motor

Adaptação Automática do Motor (AMA) é um procedimento de teste automatizado usado para medir as características elétricas do motor. A AMA oferece um modelo eletrônico preciso do motor, permitindo que o conversor calcule o desempenho e a eficiência ideais. Realizar o procedimento AMA também maximiza o recurso de otimização automática da energia do conversor. A AMA é realizada sem o motor girar e sem desacoplar a carga do motor.

### 3.3.3 Controlador de Processo do PID

O controlador (PID) integrado proporcional, integral e derivativo elimina a necessidade dos dispositivos de controle auxiliar. O controlador PID mantém um controle constante dos sistemas de malha fechada que regulam pressão, fluxo, temperatura, ou outros requisitos do sistema que devem ser mantidos.

### 3.3.4 Proteção térmica do motor

Para proteger a aplicação contra danos graves, o conversor oferece vários recursos dedicados.

#### Limite de torque

O limite de torque protege o motor contra sobrecarga independentemente da velocidade. O limite de torque é controlado no **parâmetro 4-16 Limite de Torque do Modo Motor** e no **parâmetro 4-17 Limite de Torque do Modo Gerador**. O **parâmetro 14-25 Atraso do Desarme no Limite de Torque** controla o tempo antes dos desarmes de advertência de limite de torque.

#### Limite de corrente

O **parâmetro 4-18 Limite de Corrente** controla o limite de corrente e o **parâmetro 14-24 Atraso do Desarme no Limite de Corrente** controla o tempo antes que a advertência do limite de corrente desarme.

#### Limite de velocidade mínima

O **parâmetro 4-12 Lim. Inferior da Veloc. do Motor [Hz]** define a velocidade de saída mínima que o conversor pode fornecer.

#### Limite de velocidade máxima

O **parâmetro 4-14 Lim. Superior da Veloc. do Motor [Hz]** ou o **parâmetro 4-19 Frequência Máx. de Saída** define a velocidade máxima de saída que o conversor pode fornecer.

#### ETR (relé térmico eletrônico)

A função ETR do conversor mede a corrente real, a velocidade e o tempo para calcular a temperatura do motor. A função também protege o motor contra superaquecimento (advertência ou desarme). Uma entrada de termistor externo também está disponível. ETR é um recurso eletrônico que simula um relé bimetálico com base em medições internas. A característica é mostrada na [Figura 1](#).

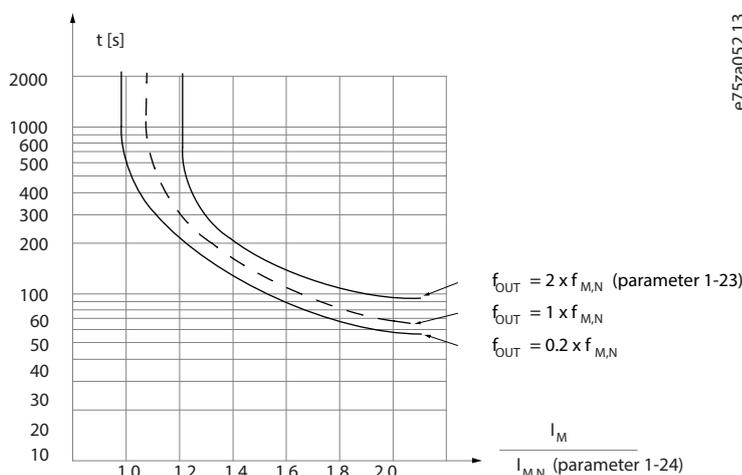


Figura 1: ETR

O eixo X mostra a relação entre  $I_{\text{motor}}$  e  $I_{\text{nominal}}$  do motor. O eixo Y mostra o tempo em segundos antes de o ETR desativar e desarmar o conversor. As curvas mostram a velocidade nominal característica ao dobro da velocidade nominal e a 0,2 x a velocidade nominal.

A uma velocidade mais baixa, o ETR desativa com menos calor devido ao menor resfriamento do motor. Desse modo, o motor é protegido contra superaquecimento, mesmo em velocidades baixas. O recurso do ETR calcula a temperatura do motor baseado na corrente e velocidade reais. A temperatura calculada fica visível como um parâmetro de leitura em **parâmetro 16-18 Motor térmico**.

A função ETR do motor é baseada na função de relé térmico NEMA Classe 10.

**AVISO**

O conversor contém uma função de software ETR, o que significa que o conversor não tem informações sobre o que acontece com o motor em diferentes temperaturas ambiente e/ou o que acontece a 1.000 m acima do nível do mar. A função de software ETR não pode substituir totalmente um relé do termistor, porque o relé do termistor inclui um sensor PTC montado no motor, que está controlando o relé. No entanto, a função de software ETR é flexível e leva em consideração diferentes parâmetros para obter os resultados necessários. Além da função de software ETR, o conversor possui outros recursos de proteção, por exemplo, limite de corrente e térmico do inversor. Em muitas situações, esses recursos protegem o conversor e o motor contra sobrecargas.

### 3.3.5 Queda da rede elétrica

Durante uma queda da rede elétrica, o drive continua funcionando até que a tensão do barramento CC caia abaixo do nível mínimo de parada. O nível mínimo de parada é geralmente 15% abaixo da tensão de alimentação nominal mais baixa. A tensão da rede elétrica antes da queda e a carga do motor determinam quanto tempo o drive levará para fazer uma parada por inércia.

O conversor pode ser configurado (*parâmetro 14-10 Falh red elétr.*) em tipos diferentes de comportamento durante a queda da rede elétrica:

- Bloqueio por desarme quando o barramento CC estiver esgotado.
- Parada por inércia com flying start sempre que houver retorno da rede elétrica (*parâmetro 1-73 Flying Start*).
- Backup cinético.
- Desaceleração controlada.

#### Flying start

Essa seleção possibilita a captura do motor que está girando livremente devido a uma queda da rede elétrica.

#### Backup cinético

Essa seleção assegura que o conversor funcione enquanto houver energia no sistema. Para quedas da rede elétrica curtas, a operação é restaurada depois do retorno da rede elétrica, sem parar a aplicação ou perder o controle em nenhum momento. Diversas variantes de backup cinético podem ser selecionadas.

Configure o comportamento do drive na queda da rede elétrica no *parâmetro 14-10 Falh red elétr* e no *parâmetro 1-73 Flying Start*.

### 3.3.6 Nova partida automática

O drive pode ser programado para reiniciar o motor automaticamente após um desarme de pouca gravidade, como flutuação ou perda de energia momentânea. Esse recurso elimina a necessidade de reset manual e melhora a operação automatizada de sistemas controlados remotamente. O número de tentativas de novas partidas e a duração entre as tentativas pode ser limitada.

### 3.3.7 Torque total em velocidade reduzida

O drive segue uma curva V/Hz variável para fornecer torque total do motor mesmo em velocidades reduzidas. O torque de saída total pode coincidir com a velocidade operacional máxima projetada do motor. Este drive difere dos conversores de torque variável e dos conversores de torque constante. Drives de torque variável fornecem torque do motor reduzido em baixa velocidade. Drives de torque constante fornecem excesso de tensão, calor e ruído do motor a menos que a velocidade total.

### 3.3.8 Bypass de frequência

Em algumas aplicações, o sistema pode ter velocidades operacionais que criam uma ressonância mecânica. Essa ressonância mecânica pode gerar ruído excessivo e possivelmente danificar os componentes mecânicos do sistema. O conversor tem 4 larguras de banda de frequência de bypass programáveis. As larguras de banda permitem ao motor superar velocidades que induzem ressonância do sistema.

### 3.3.9 Pré-aquecimento do motor

Para pré-aquecer um motor em um ambiente frio ou úmido, uma pequena quantidade de corrente contínua pode fluir continuamente no motor para protegê-lo de condensação e para partidas a frio. Essa função pode eliminar a necessidade de um aquecedor elétrico.

### 3.3.10 Setups programáveis

O conversor tem dois setups que podem ser programados de forma independente. Usando setup múltiplo, é possível alternar entre funções programadas de forma independente ativadas por entradas digitais ou comando serial. Setups independentes são usados, por exemplo, para alterar referências ou para operação dia/ noite ou verão/inverno ou para controlar diversos motores. O LCP mostra a configuração ativa. Os dados de setup podem ser copiados de um conversor para outro por download das informações do LCP removível.

### 3.3.11 Smart Logic Control (SLC)

Smart Logic Control (SLC) é uma sequência de ações definidas pelo usuário (consulte **parâmetro 13-52 Ação do Controlador SL** [x]) executada pelo SLC quando o evento associado definido pelo usuário (consulte **parâmetro 13-51 Evento do Controlador do SL** [x]) é avaliado como verdadeiro pelo SLC.

A condição para um evento pode ser um status em particular ou que a saída de uma regra lógica ou um comparador operante se torne TRUE (Verdadeiro). Essa condição leva a uma ação associada conforme mostrado na seguinte ilustração.

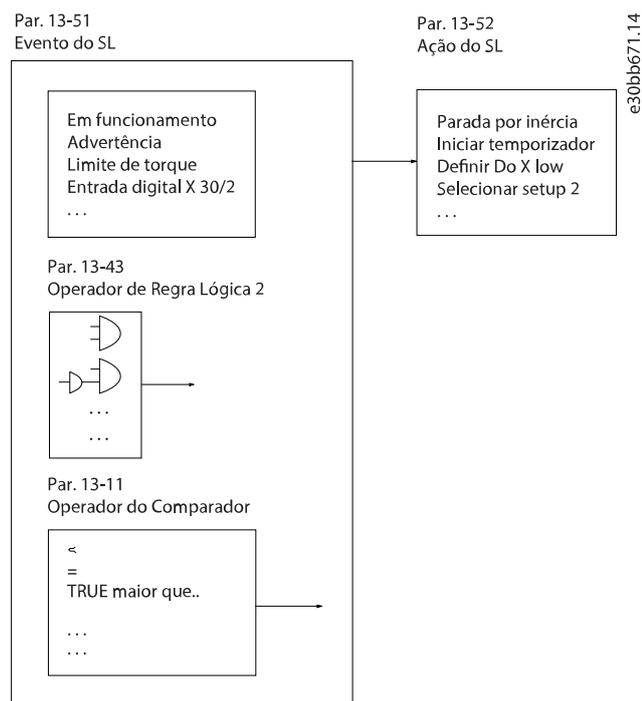


Figura 2: Evento e ação do SLC

Os eventos e as ações são numerados e vinculados em pares (estados), o que significa que quando o evento [0] é cumprido (atinge o valor TRUE), a ação [0] é executada. Após a primeira ação ser executada, as condições do próximo evento são avaliadas. Se esse evento for avaliado como verdadeiro, a ação correspondente será executada. Somente 1 evento é avaliado por vez. Se um evento for avaliado como falso, nada acontece no SLC durante o intervalo de varredura atual e nenhum outro evento é avaliado. Quando o SLC é iniciado, ele apenas avalia o evento [0] durante cada intervalo de varredura. Somente quando o evento [0] é avaliado como verdadeiro, o SLC executa a ação [0] e começa a avaliar o próximo evento. É possível programar de 1 a 20 eventos e ações. Quando o último evento/ação foi executado, a sequência recomeça a partir do evento [0]/ação [0]. A ilustração a seguir mostra um exemplo com quatro eventos/ações:

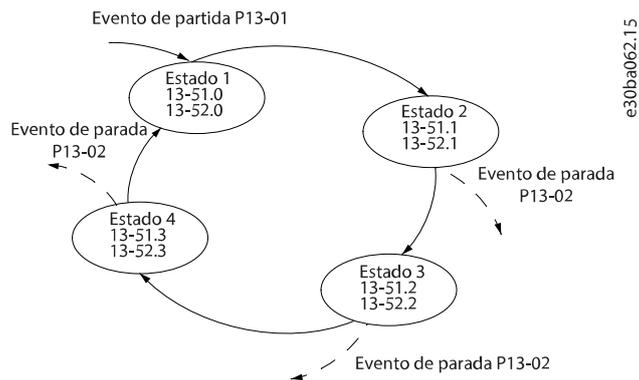


Figura 3: Ordem de execução quando 4 eventos/ações são programados

### Comparadores

Os comparadores são usados para comparar variáveis contínuas (frequência de saída, corrente de saída, entrada analógica e assim por diante) para valores fixos predefinidos.

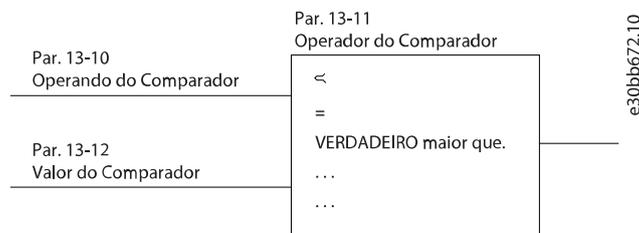


Figura 4: Comparadores

### Regras lógicas

Combine até 3 entradas booleanas (entradas TRUE/FALSE (Verdadeiro/Falso)) de temporizadores, comparadores, entradas digitais, bits de status e eventos usando os operadores lógicos AND, OR e NOT (E, OU e NÃO).

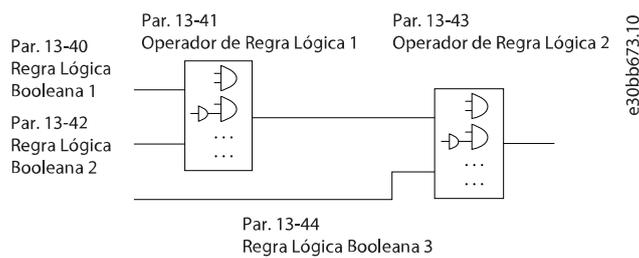


Figura 5: Regras lógicas

## 3.4 Frenagem Dinâmica

A frenagem dinâmica retarda o motor usando um dos seguintes métodos:

- Freio CA**  
 A energia de frenagem é distribuída no motor alterando as condições de perda no motor (*parâmetro 2-10 Função de frenagem = [2]*). A função Freio CA não pode ser usada em aplicações com ciclos de alta frequência, pois essa situação supera o motor.
- Freio CC**  
 Uma corrente CC sobremodulada adicionada à corrente CA funciona como um freio de corrente parasita (*parâmetro 2-02 Tempo de Frenagem CC ≠ 0 s*).

## 3.5 Resfriamento do canal traseiro

### 3.5.1 Visão Geral

Um duto único do canal traseiro passa ar de refrigeração pelo dissipador de calor com passagem de ar mínima pela área de eletrônicos. Há uma vedação IP54/Tipo 12 entre o duto de resfriamento do canal traseiro e a área de eletrônicos do conversor. Este resfriamento do canal traseiro permite que 90% das perdas de calor sejam eliminadas diretamente para fora do gabinete. Este design melhora a confiabilidade e prolonga a vida útil dos componentes ao reduzir drasticamente as temperaturas interiores e a contaminação dos componentes eletrônicos. Kits de resfriamento do canal traseiro diferentes estão disponíveis para redirecionar o fluxo de ar com base em necessidades individuais.

### 3.5.2 Fluxo de ar para gabinetes J8 e J9

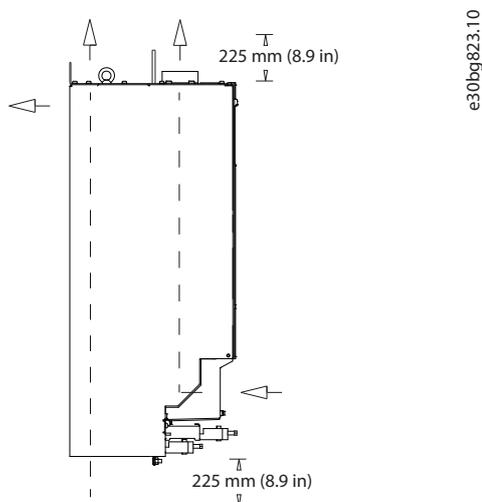


Figura 6: Configuração de fluxo de ar padrão para gabinetes J8 e J9

## 4 Visão geral de opcionais e acessórios

### 4.1 Dispositivos de fieldbus

#### 4.1.1 Visão Geral

Este capítulo descreve os dispositivos de fieldbus que estão disponíveis com o conversor. Utilizar um dispositivo de fieldbus reduz o custo do sistema, entrega uma comunicação mais rápida e eficiente e fornece uma interface do usuário mais fácil.

#### 4.1.2 VLT® PROFIBUS DP-V1 MCA 101

O VLT® PROFIBUS DP-V1 MCA 101 fornece:

- Compatibilidade ampla, alto nível de disponibilidade, suporte para todos os principais fornecedores de PLC e compatibilidade com versões futuras.
- Comunicação rápida e eficiente, instalação transparente, diagnóstico avançado e parametrização e autoconfiguração de dados de processo através de um arquivo GSD
- Parametrização acíclica usando o PROFIBUS DP-V1, PROFIdrive ou as máquinas de estado de perfil do Danfoss FC.

#### 4.1.3 VLT® PROFINET MCA 120

O VLT® PROFINET MCA 120 combina o maior desempenho com o mais alto grau de abertura. O opcional é projetado de modo que muitos dos recursos do VLT® PROFIBUS MCA 101 possam ser reutilizados, minimizando o esforço do usuário para migrar o PROFINET e garantir o investimento em um programa PLC

- Os mesmos tipos de PPO, como o VLT® PROFIBUS DP-V1 MCA 101, para migração fácil para o PROFINET.
- Servidor web integrado para diagnóstico remoto e leitura de parâmetros básicos do conversor.
- Suporta MRP.
- Implementação de acordo com a conformidade classe B.

### 4.2 Extensões funcionais

#### 4.2.1 Visão Geral

Este capítulo descreve os opcionais de extensão funcional que estão disponíveis com o conversor.

#### 4.2.2 VLT® Encoder Input MCB 102

O opcional VLT® Encoder Input MCB 102 oferece a possibilidade de conectar vários tipos de encoders absolutos e incrementais. O encoder conectado pode ser usado para controle da velocidade de malha fechada.

#### 4.2.3 VLT® Resolver Option MCB 103

O opcional VLT® Resolver Option MCB 103 permite a conexão de um resolver para fornecer o feedback de velocidade do motor.

- Tensão primária: 2–8  $V_{rms}$ .
- Frequência primária: 2,0–15 kHz.
- Corrente máxima primária: 50 mA rms.
- Tensão de entrada secundária: 4  $V_{rms}$ .
- Conexão carregada por mola.

#### 4.2.4 VLT® 24 V DC Supply MCB 107

O VLT® 24 V DC Supply MCB 107 conecta uma alimentação CC externa para manter o compartimento de controle e qualquer opcional instalado ligados durante faltas de energia. O VLT® 24 V DC Supply MCB 107 também permite a operação completa do LCP (incluindo a programação do parâmetro) e todos os opcionais instalados sem conexão à rede elétrica.

- Faixa de tensão de entrada: 24 V CC +/-15% (máximo 37 V durante 10 s)
- Corrente de entrada máxima: 2,2 A
- Comprimento máximo do cabo: 75 m (246 pés)
- Carga capacitiva de entrada: < 10 uF
- Atraso na energização: < 0,6 s

#### 4.2.5 VLT® Sensor Input Option MCB 114

O VLT® Sensor Input Option MCB 114 protege o motor contra aquecimento excessivo, monitorando a temperatura dos rolamentos e enrolamentos do motor.

- 3 entradas de sensor de detecção automática para sensores PT100/PT1000 de 2 ou 3 fios.

## 5 Especificações

### 5.1 Dados elétricos

Tabela 3: Dados elétricos para sobrecarga normal, alimentação de rede elétrica 3x380-480 V CA

Conversor	Q110	Q132	Q160	Q200	Q250	Q315
Tamanho do gabinete	J8	J8	J8	J9	J9	J9
<b>Sobrecarga normal = 110% da corrente durante 60 s</b>						
Potência no eixo típica a 400 V [kW]	110	132	160	200	250	315
Potência no eixo típica a 460 V [hp]	150	200	250	300	350	450
<b>Corrente de saída (trifásica)</b>						
Contínua (a 400 V) [A]	212	260	315	395	480	588
Intermitente (sobrecarga de 60 s) (a 400 V) [A]	233	286	347	435	528	647
Contínua (em 460 V) [A]	190	240	302	361	443	535
Intermitente (sobrecarga de 60 s) (a 460 V) [A]	209	264	332	397	487	589
Contínua kVA (a 400 V) [kVA]	147	180	218	274	333	407
Contínua kVA (a 460 V) [kVA]	151	191	241	288	353	426
<b>Corrente de entrada máxima</b>						
Contínua (a 400 V) [A]	204	251	304	381	463	567
Contínua (em 460 V) [A]	183	231	291	348	427	516
<b>Número e tamanho máximos dos cabos por fase</b>						
Rede elétrica e motor [mm <sup>2</sup> (AWG)]	2x95 (2x3/0)			2x185 (2x350 mcm)		
Corrente máxima dos fusíveis da rede elétrica externos [A]	315	350	400	550	630	800
Perda de potência estimada em 400 V [W]	2559	2954	3770	4116	5137	6674
Perda de potência estimada em 460 V [W]	2261	2724	3628	3569	4566	5714
Eficiência [%]	98					
Frequência de saída [Hz]	0-590					
Desarme por superaquecimento do dissipador de calor [°C (°F)]	110 (230)					
Desarme de superaquecimento do cartão de controle [°C (°F)]	75 (167)			80 (176)		

Tabela 4: Dados elétricos para sobrecarga alta, alimentação de rede elétrica 3x380-480 V CA

Conversor	H90K	H110	H132	H160	H200	H250
Tamanho do gabinete	J8	J8	J8	J9	J9	J9
<b>Sobrecarga alta = 150% da corrente durante 60 s</b>						
Potência no eixo típica a 400 V [kW]	90	110	132	160	200	250
Potência no eixo típica a 460 V [hp]	125	150	200	250	300	350
<b>Corrente de saída (trifásica)</b>						
Contínua (a 400 V) [A]	177	212	260	315	395	480
Intermitente (sobrecarga de 60 s) (a 400 V) [A]	266	318	390	473	593	720
Contínua (em 460 V) [A]	160	190	240	302	361	443
Intermitente (sobrecarga de 60 s) (a 460 V) [A]	240	285	360	453	542	665
Contínua kVA (a 400 V) [kVA]	123	147	180	218	274	333
Contínua kVA (a 460 V) [kVA]	127	151	191	241	288	353
<b>Corrente de entrada máxima</b>						
Contínua (a 400 V) [A]	171	204	251	304	381	463
Contínua (em 460 V) [A]	154	183	231	291	348	427
<b>Número e tamanho máximos dos cabos por fase</b>						
Rede elétrica e motor [mm <sup>2</sup> (AWG)]	2x95 (2x3/0)			2x185 (2x350 mcm)		
Corrente máxima dos fusíveis da rede elétrica externos [A]	315	350	400	550	630	800
Perda de potência estimada em 400 V [W]	2031	2289	2923	3093	4039	5004
Perda de potência estimada em 460 V [W]	1828	2051	2089	2872	3575	4458
Eficiência [%]	98					
Frequência de saída [Hz]	0–590					
Desarme por superaquecimento do dissipador de calor [°C (°F)]	110 (230)					
Desarme de superaquecimento do cartão de controle [°C (°F)]	75 (167)			80 (176)		

## 5.2 Alimentação de Rede Elétrica (L1, L2, L3)

Tensão de alimentação	380–480 V ±10%
Frequência de alimentação	50/60 Hz ±5%
Desbalanceamento máximo temporário entre as fases da rede elétrica	3,0% da tensão de alimentação nominal

Fator de potência real ( $\lambda$ )	$\geq 0,9$ nominal com carga nominal
Fator de potência de deslocamento ( $\cos \Phi$ ) perto da unidade	$> 0,98$
Chaveamento na alimentação de entrada L1, L2, L3 (energizações)	1 tempo/2 minuto máximo
Ambiente de acordo com a EN60664-1	Categoria de sobretensão III/ grau de poluição 2

1) Cálculos baseados na IEC61800-3.

Tensão de rede baixa/queda da tensão de rede:

Durante a tensão de rede baixa ou a queda da rede elétrica, o conversor continua até que a tensão do barramento CC caia abaixo do nível mínimo de parada, o que corresponde tipicamente a 15% abaixo da tensão de alimentação nominal mais baixa do conversor. Não se pode esperar que a energização e o torque integral na tensão de rede sejam menores que 10% abaixo da tensão de alimentação nominal mais baixa do conversor.

O conversor é adequado para uso em um circuito capaz de fornecer características nominais da corrente de curto-circuito (SCCR) de até 100 kA a 480/600 V.

### 5.3 Saída do Motor (U, V, W)

Tensão de saída	0–100% da tensão de alimentação
Frequência de saída em modo U/f (para motor AM)	0–500 Hz
Frequência de saída em modo VVC+ (para motor AM)	0–200 Hz
Frequência de saída em modo VVC+ (para motor PM)	0–400 Hz
Chaveamento na saída	Ilimitado
Tempos de rampa	0,01–3600 s

### 5.4 Características do Torque

Torque de partida (torque constante)	Máximo 150% durante 60 s <sup>(1)(2)</sup>
Torque de sobrecarga (torque constante)	Máximo 150% durante 60 s <sup>(1)(2)</sup>

1) Porcentagem em relação ao torque nominal do conversor.

2) Uma vez a cada 10 minutos.

### 5.5 Condições ambientais

Gabinete tamanho J8/J9	IP20/Chassi
Teste de vibração (padrão/reforçado)	0,7 g
Umidade relativa	5%–95% (IEC 721-3-3; Classe 3K3 (não condensante) durante a operação)
Teste H <sub>2</sub> S de ambiente agressivo (IEC 60068-2-43)	Classe Kd
Gases agressivos (IEC 60721-3-3)	Classe 3C3
Método de teste de acordo com IEC 60068-2-43	H <sub>2</sub> S (10 dias)

Temperatura ambiente (no modo de chaveamento SFAVM)	
- com derating	Máximo 55 °C (131 °F) <sup>(1)</sup>
- com potência de saída total de motores EFF2 típicos (até 90% da corrente de saída)	Máximo 50 °C (122 °F) <sup>(1)</sup>
- a corrente de saída FC contínua total	Máximo 45 °C (113 °F) <sup>(1)</sup>
Temperatura ambiente mínima, durante operação plena	-15 °C (5 °F)
Temperatura ambiente mínima em desempenho reduzido	-20 °C (-4 °F)
Temperatura durante a armazenagem/transporte	-25 a +65/70 °C (13 a 149/158 °F)
Altitude máxima acima do nível do mar, sem derating	1.000 m (3.281 pés)
Altitude máxima acima do nível do mar, sem derating	3.000 m (9.842 pés)
Normas de EMC	EN 61800-3
Classe de eficiência energética <sup>(2)</sup>	IE2

1) Para obter mais informações sobre derating, consulte o capítulo Derating.

2) Determinada de acordo com EN 50598-2 em:

- .. Carga nominal.
- .. 90% frequência nominal.
- .. Configuração de fábrica da frequência de chaveamento.
- .. Configuração de fábrica do padrão de chaveamento.

## 5.6 Comprimentos de cabo e seções transversais

Comprimento de cabo de motor máximo, blindado	150 m (492 pés)
Comprimento de cabo de motor máximo, não blindado	300 m (984 pés)
Seção transversal máxima para motor e rede elétrica	Consulte o capítulo Dados elétricos
Seção transversal máxima para terminais de controle, fio rígido	1,5 mm <sup>2</sup> /16 AWG (2x0,75 mm <sup>2</sup> )
Seção transversal máxima para terminais de controle, cabo flexível	1 mm <sup>2</sup> /18 AWG
Seção transversal máxima para terminais de controle, cabo com núcleo embutido	0,5 mm <sup>2</sup> /20 AWG
Seção transversal máxima para terminais de controle	0,25 mm <sup>2</sup> /23 AWG

## 5.7 Entradas Digitais

Entradas digitais programáveis	7
Número do terminal	18, 19, 27, 29, 31, 32, 33 <sup>(1)</sup>
Lógica	PNP ou NPN
Nível de tensão	0–24 V CC
Nível de tensão, lógica 0 PNP	< 5 VCC
Nível de tensão, lógica 1 PNP	> 10 VCC

Nível de tensão, lógica 0 NPN	> 19 VCC
Nível de tensão, lógica 1 NPN	< 14 VCC
Tensão máxima na entrada	28 V CC
Faixa de frequência de pulso	4 Hz-32 kHz
Largura de pulso mínima (ciclo útil)	4,5 ms
Resistência de entrada, Ri	Aproximadamente 4 kΩ

1) Os terminais 27 e 29 também podem ser programados como saídas.

Todas as entradas digitais são isoladas galvanicamente da tensão de alimentação (PELV) e de outros terminais de alta tensão.

## 5.8 Entradas Analógicas

Número de entradas analógicas	2
Número do terminal	53, 54
Modos	Tensão ou corrente
Seleção do modo	Software
Nível de tensão	0–10 V
Resistência de entrada, Ri	Aproximadamente 10 kΩ
Tensão máxima	-15 a +20 V
Nível de corrente	0/4 a 20 mA (escalonável)
Resistência de entrada, Ri	Aproximadamente 200 Ω
Corrente máxima	30 mA
Resolução das entradas analógicas	11 bit
Precisão das entradas analógicas	Erro máx. 0,5% do fundo de escala
Largura de banda	100 Hz

As entradas analógicas são isoladas galvanicamente da tensão de alimentação (PELV) e de outros terminais de alta tensão.

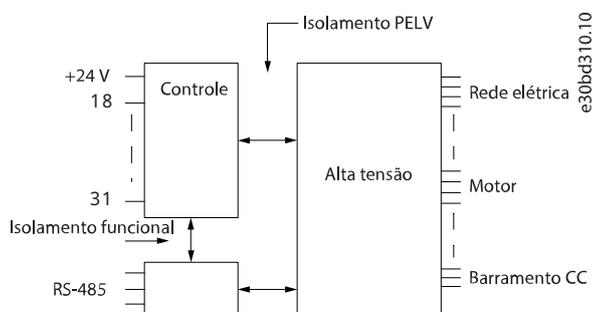


Figura 7: Entradas Analógicas

## AVISO

## ALTITUDES ELEVADAS

- Para instalação em altitudes acima de 2.000 m (6.562 pés), entre em contato com a DANFOSS com relação à PELV.

## 5.9 Entradas de Pulso

Entradas de pulso programáveis	2
Número do terminal do pulso	29, 33
Frequência máxima nos terminais 29 e 33 (acionado por push-pull)	32 kHz
Frequência máxima nos terminais 29 e 33 (coletor aberto)	5 kHz
Frequência mínima nos terminais 29, 33	4 Hz
Nível de tensão	Consulte a seção sobre entrada digital
Tensão máxima na entrada	28 V CC
Resistência de entrada, Ri	Aproximadamente 4 kΩ
Precisão da entrada de pulso	Erro máximo: 0,1% do fundo de escala

## 5.10 Saídas digitais

Saídas digitais/de pulso programáveis	2
Número do terminal	27, 29
Nível de tensão nas saídas de frequência/digitais	0–24 V
Corrente de saída máxima (dissipador ou fonte)	40 mA
Carga máxima nas saídas de frequência	1 kΩ
Carga capacitiva máxima nas saídas de frequência	10 nF
Frequência de saída mínima nas saídas de frequência	4 Hz
Frequência de saída máxima nas saídas de frequência	32 kHz
Precisão das saídas de frequência	Erro máximo: 0,1% do fundo de escala
Resolução das saídas de frequência	10 bits

1) Os terminais 27 e 29 também podem ser programados como entradas.

A saída digital está isolada galvanicamente da tensão de alimentação (PELV) e de outros terminais de alta tensão.

## 5.11 Saídas Analógicas

Número de saídas analógicas programáveis	2
Número do terminal	45, 42
Faixa de corrente nas saídas analógicas	0/4–20 mA

Carga máxima do resistor em relação ao comum nas saídas analógicas	500 Ω
Precisão nas saídas analógicas	Erro máximo: 0,8% do fundo de escala
Resolução nas saídas analógicas	10 bits

A saída analógica está isolada galvanicamente da tensão de alimentação (PELV) e de outros terminais de alta tensão.

## 5.12 Saídas do relé

Saídas do relé programáveis	2
Seção transversal máxima para terminais de relé	2,5 mm <sup>2</sup> (12 AWG)
Seção transversal mínima para terminais de relé	0,2 mm <sup>2</sup> (30 AWG)
Comprimento do fio desencapado	8 mm (0,3 pol.)
<b>Relé 01 número do terminal</b>	1–3 (freio ativado), 1–2 (freio desativado)
Carga do terminal máxima (AC-1) <sup>(1)</sup> em 1–2 (NA) (Carga resistiva) <sup>(2)</sup>	400 V CA, 2 A
Carga máxima do terminal (CA-15) <sup>(1)</sup> em 1–2 (NA) (Carga indutiva a cosφ 0,4)	240 V CA, 0,2 A
Carga máxima do terminal (CC-1) <sup>(1)</sup> em 1–2 (NA) (Carga resistiva)	80 V CC, 2 A
Carga máxima do terminal (CC-13) <sup>(1)</sup> em 1–2 (NA) (Carga indutiva)	24 V CC, 0,1 A
Carga máxima do terminal (CA-1) <sup>(1)</sup> em 1–3 (NF) (Carga resistiva)	240 V CA, 2 A
Carga máxima do terminal (CA-15) <sup>(1)</sup> em 1–3 (NF) (Carga indutiva a cosφ 0,4)	240 V CA, 0,2 A
Carga máxima do terminal (CC-1) <sup>(1)</sup> em 1–3 (NF) (Carga resistiva)	50 V CC, 2 A
Carga máxima do terminal (CC-13) <sup>(1)</sup> em 1–3 (NF) (Carga indutiva)	24 V CC, 0,1 A
Carga mínima do terminal em 1–3 (NF), 1–2 (NA)	24 V CC 10 mA, 24 V CA 2 mA
Ambiente de acordo com a EN 60664-1	Categoria de sobretensão III/ grau de poluição 2
<b>Relé 02 número do terminal</b>	4–6 (freio ativado), 4–5 (freio desativado)
Carga máxima do terminal (CA-1) <sup>(1)</sup> em 4–5 (NA) (Carga resistiva) <sup>(2)</sup>	400 V CA, 2 A
Carga máxima do terminal (CA-15) <sup>(1)</sup> em 4–5 (NA) (Carga indutiva a cosφ 0,4)	240 V CA, 0,2 A
Carga máxima do terminal (CC-1) <sup>(1)</sup> em 4–5 (NA) (Carga resistiva)	80 V CC, 2 A
Carga máxima do terminal (CC-13) <sup>(1)</sup> em 4–5 (NA) (Carga indutiva)	24 V CC, 0,1 A
Carga máxima do terminal (CA-1) <sup>(1)</sup> em 4–6 (NF) (Carga resistiva)	240 V CA, 2 A
Carga máxima do terminal (CA-15) <sup>(1)</sup> em 4–6 (NF) (Carga indutiva a cosφ 0,4)	240 V CA, 0,2 A
Carga máxima do terminal (CC-1) <sup>(1)</sup> em 4–6 (NF) (Carga resistiva)	50 V CC, 2 A
Carga máxima do terminal (CC-13) <sup>(1)</sup> em 4–6 (NF) (Carga indutiva)	24 V CC, 0,1 A

Carga mínima do terminal em 4-6 (NF), 4-5 (NA)	24 V CC 10 mA, 24 V CA 2 mA
Ambiente de acordo com a EN 60664-1	Categoria de sobretensão III/ grau de poluição 2

1) IEC 60947 partes 4 e 5.

2) Categoria de sobretensão II.

Os contatos do relé são isolados galvanicamente do resto do circuito, por isolamento reforçado (PELV).

### 5.13 Cartão de Controle, Comunicação Serial RS485

Número do terminal	68 (P, TX+, RX+), 69 (N, TX-, RX-)
Número do terminal 61	Ponto comum dos terminais 68 e 69

O circuito de comunicação serial RS485 é isolado galvanicamente da tensão de alimentação (PELV).

### 5.14 Cartão de controle, Saída 24 V CC

Número do terminal	12
Carga máxima	100 mA

A fonte de alimentação de 24 V CC está isolada galvanicamente da tensão de alimentação (PELV), mas está no mesmo potencial das entradas e saídas digital e analógica.

### 5.15 Cartão de controle, saída +10 V CC

Número do terminal	50
Tensão de saída	10,5 V $\pm$ 0,5 V
Carga máxima	15 mA

A alimentação de 10 V CC está isolada galvanicamente da tensão de alimentação (PELV) e de outros terminais de alta tensão.

### 5.16 Características de Controle

Resolução de frequência de saída em 0–500 Hz	$\pm$ 0,003 Hz
Tempo de resposta do sistema (terminais 18, 19, 27, 29, 32 e 33)	$\leq$ 2 ms
Faixa de controle da velocidade (malha aberta)	1:100 da velocidade síncrona
Precisão da velocidade (malha aberta)	$\pm$ 0,5% da velocidade nominal
Precisão da velocidade (malha fechada)	$\pm$ 0,1% da velocidade nominal

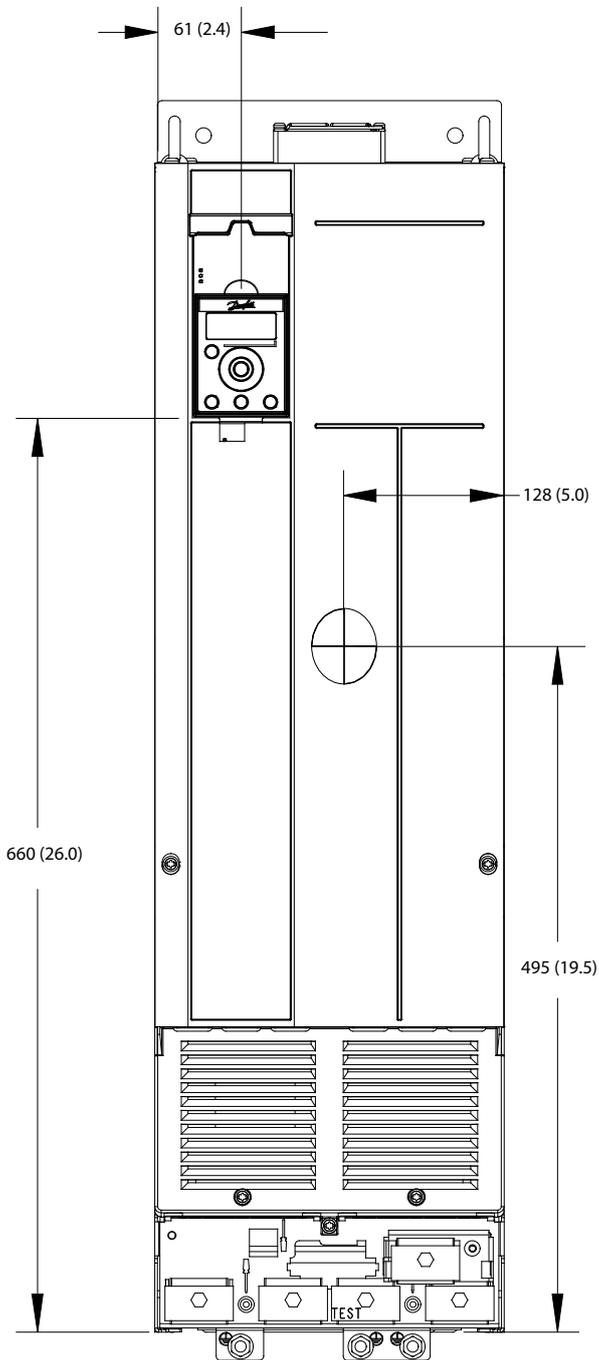
Todas as características de controle são baseadas em um motor assíncrono de 4 polos.

### 5.17 Desempenho do Cartão de Controle

Intervalo de varredura	1 ms
------------------------	------

## 5.18 Dimensões externas e do terminal

### 5.18.1 Dimensões externas do J8



e30bv156.10

Figura 8: Vista frontal do J8

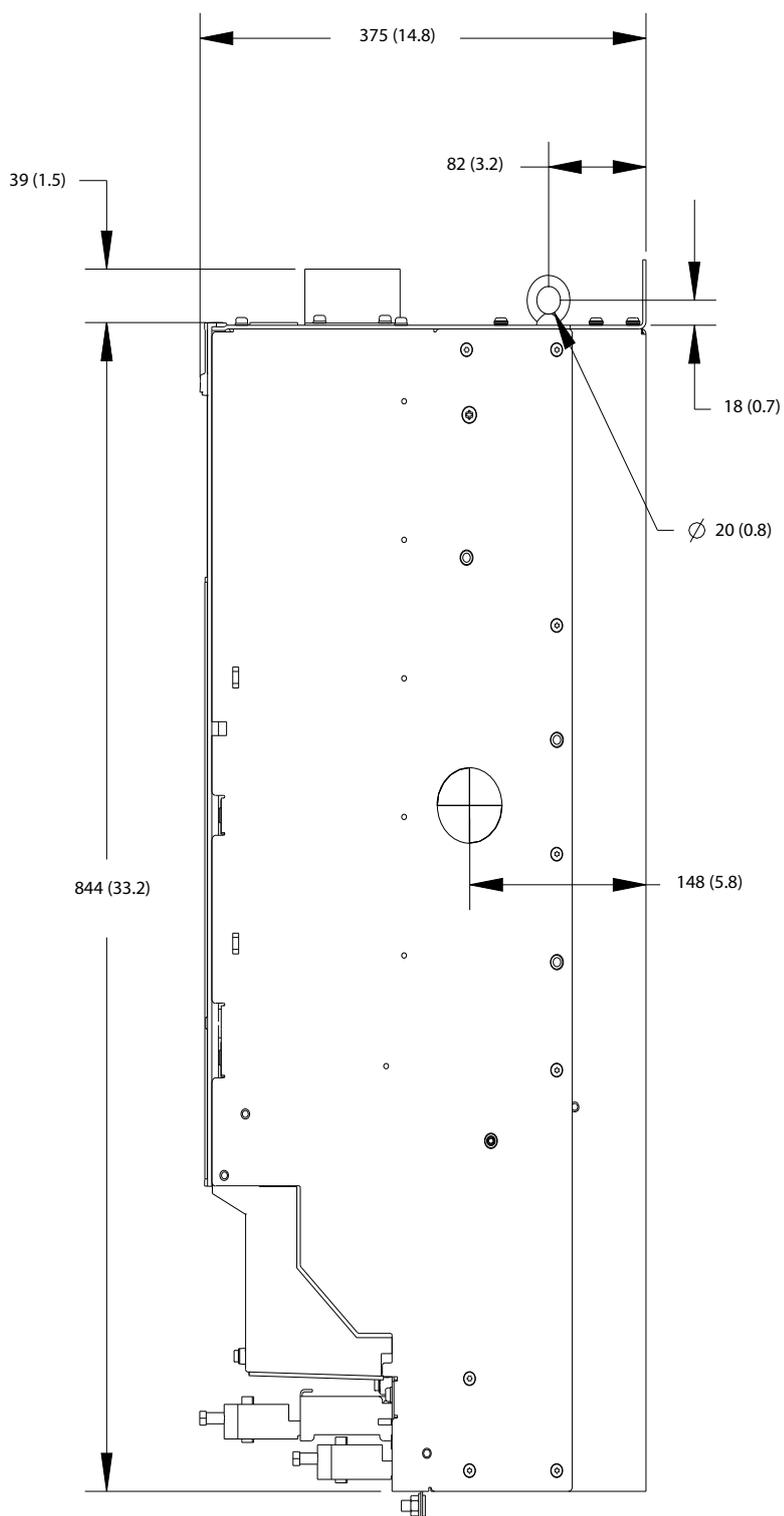


Figura 9: Vista lateral do J8

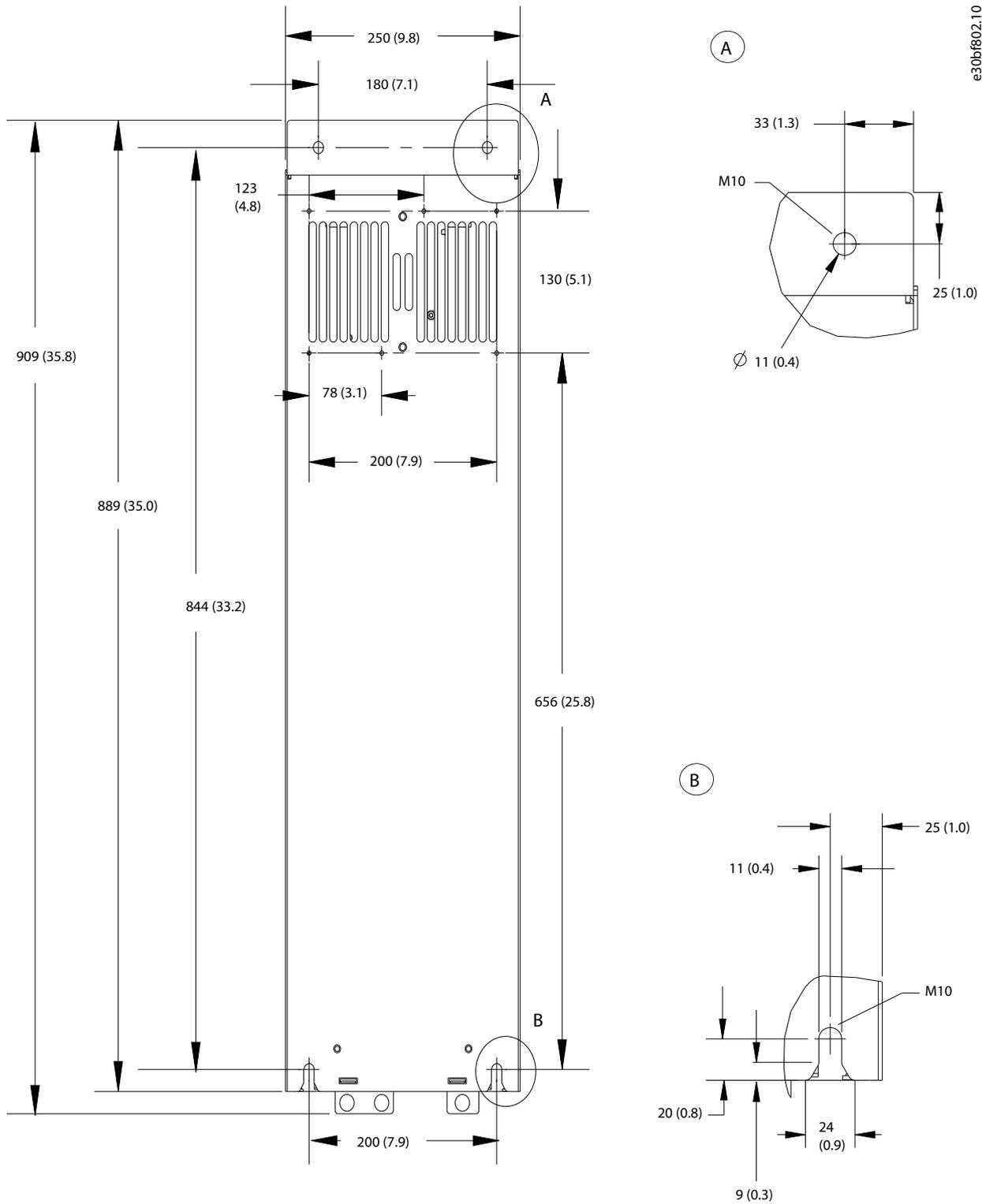
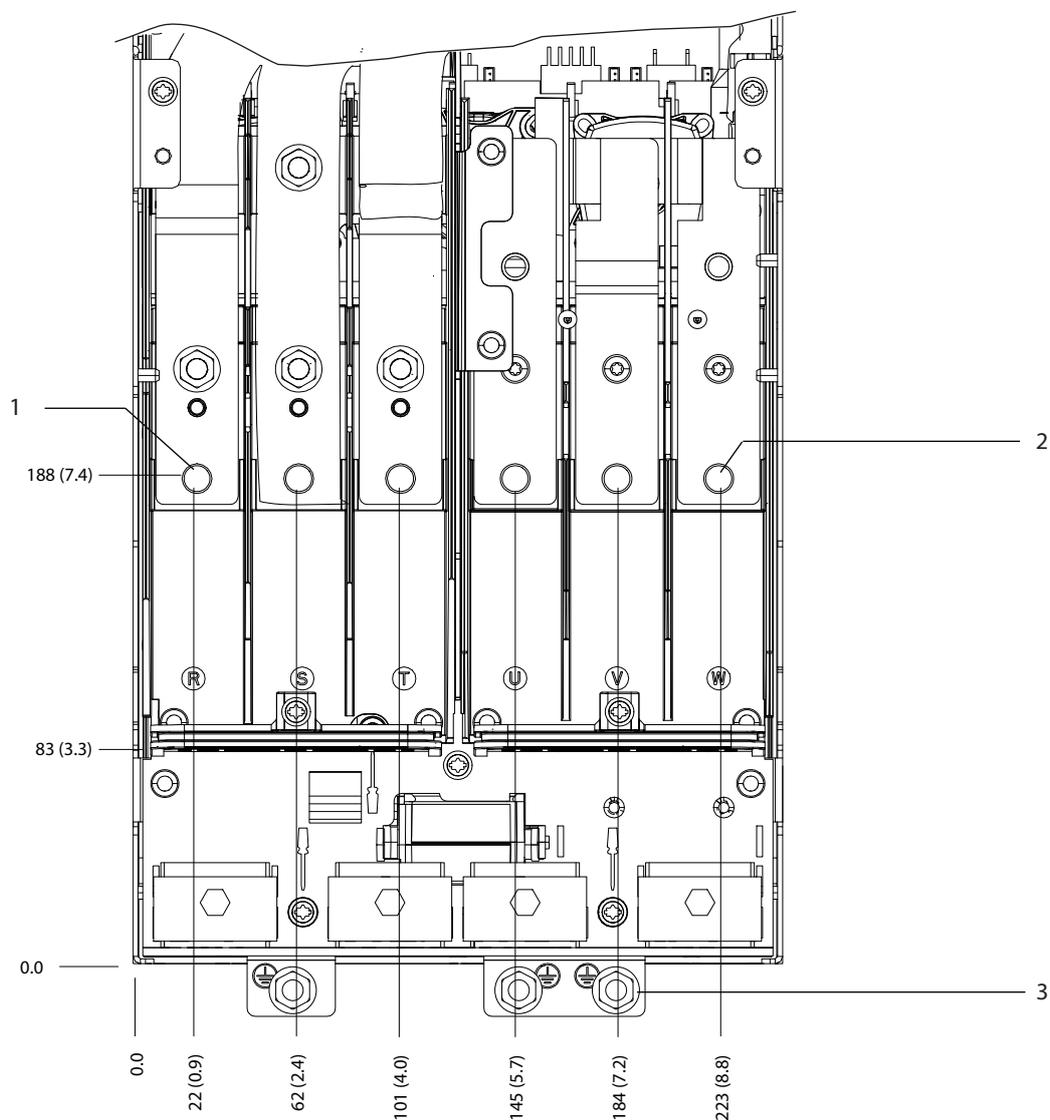


Figura 10: Vista traseira do J8

5.18.2 Dimensões dos terminais do J8



e30bg615:10

Figura 11: Dimensões dos terminais do J8 (vista frontal)

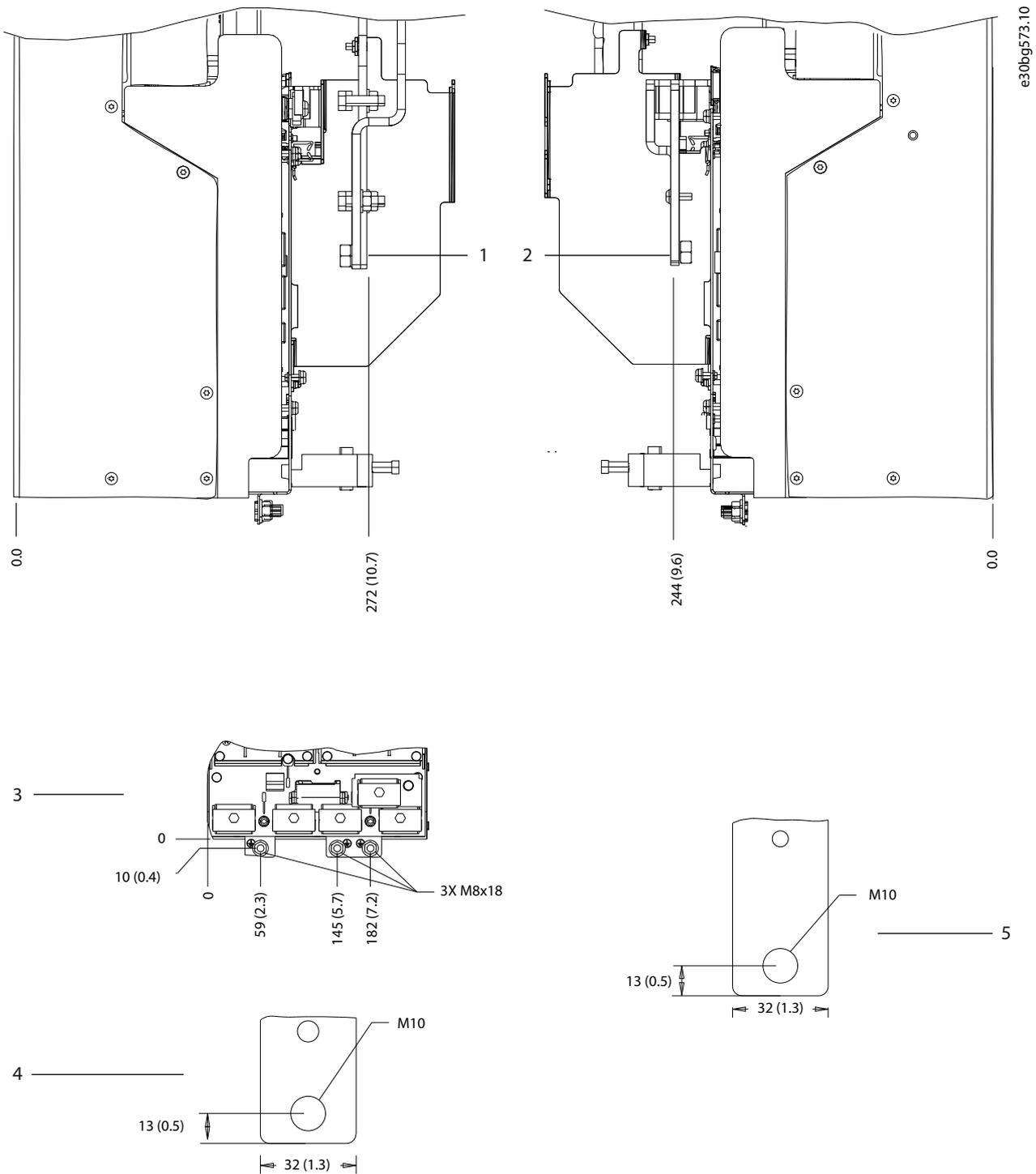
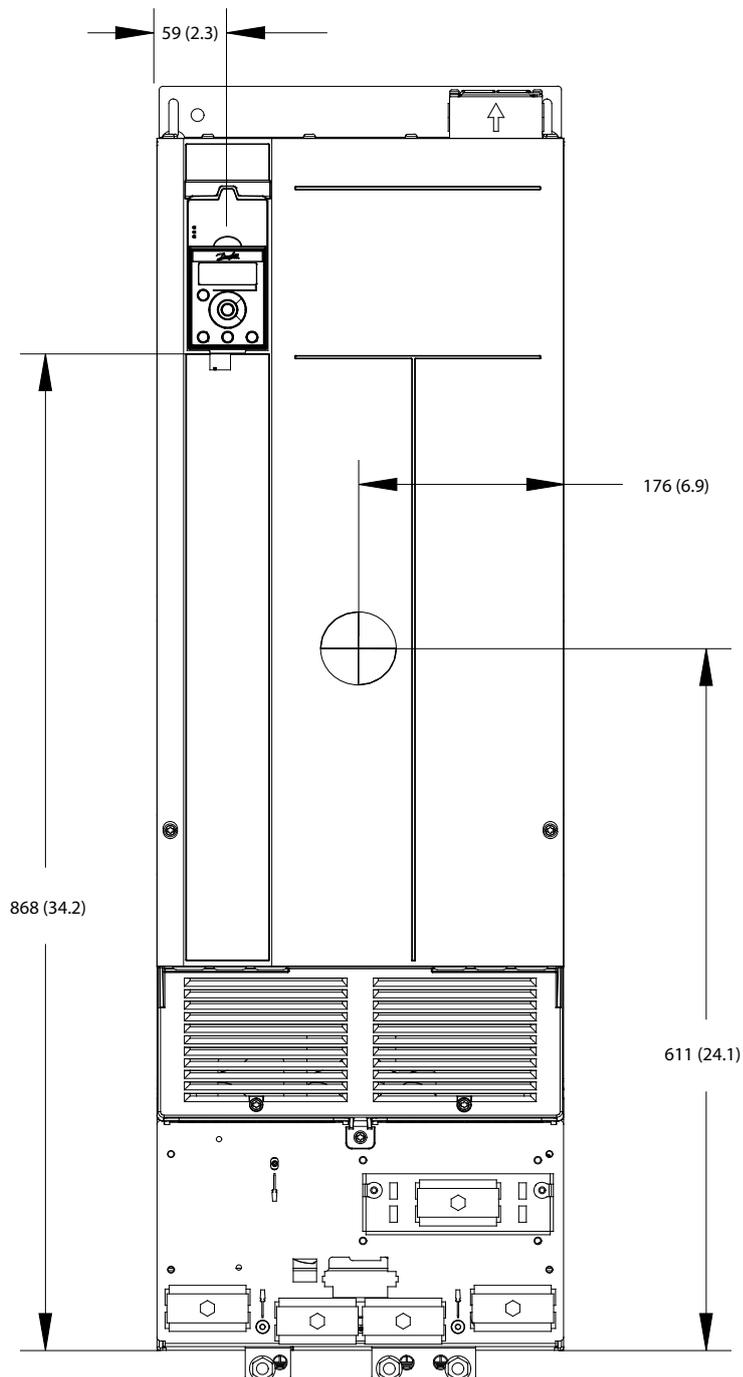


Figura 12: Dimensões dos terminais do J8 (vistas laterais)

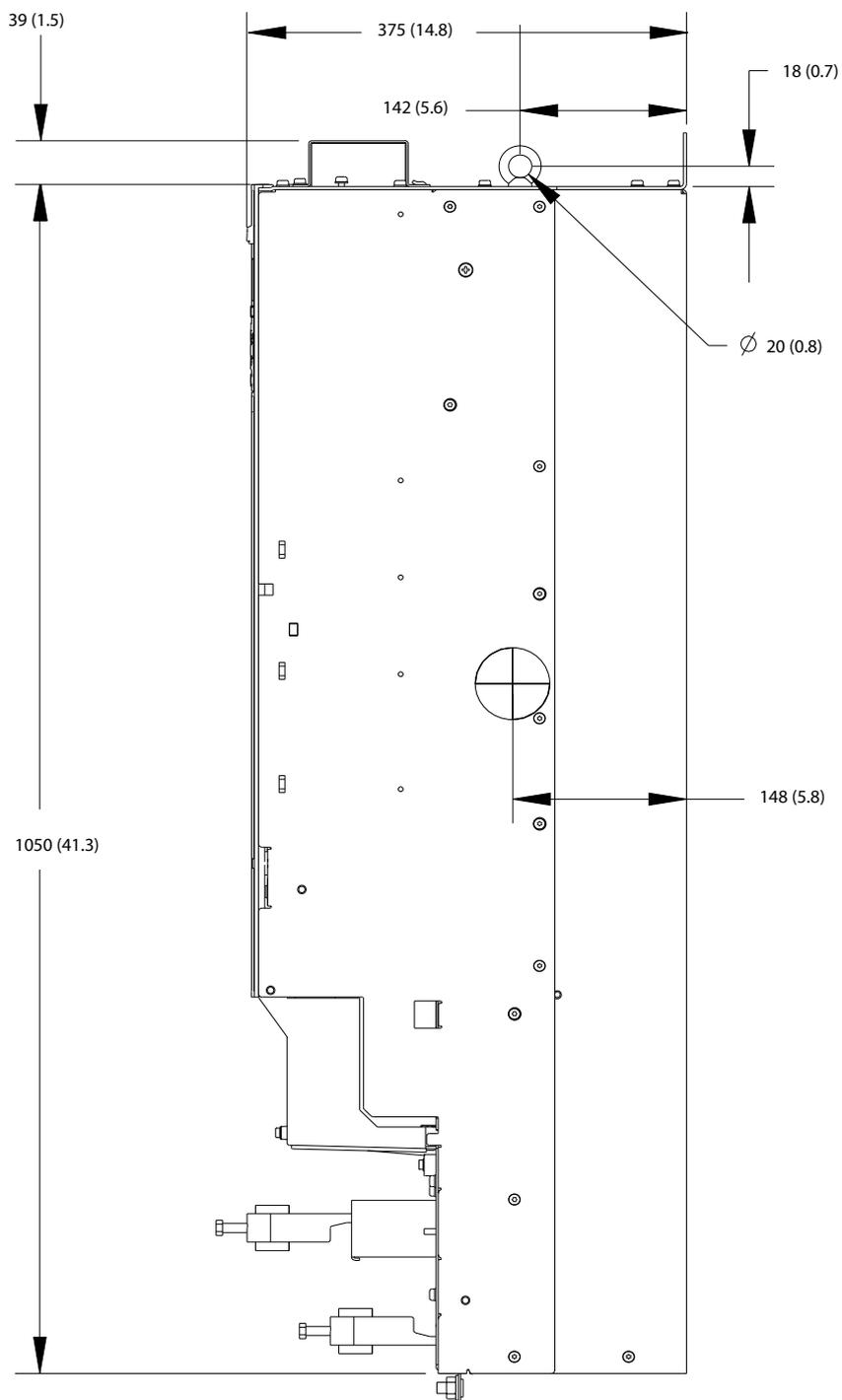
1	Terminais de rede elétrica	2	Terminais do motor
3	Terminais do ponto de aterramento	4	Terminais de rede elétrica
5	Terminais do motor		

### 5.18.3 Dimensões externas do J9



e30bv157.10

Figura 13: Vista frontal do J9



e30bf803.10

Figura 14: Vista lateral do J9

e30bf804.10

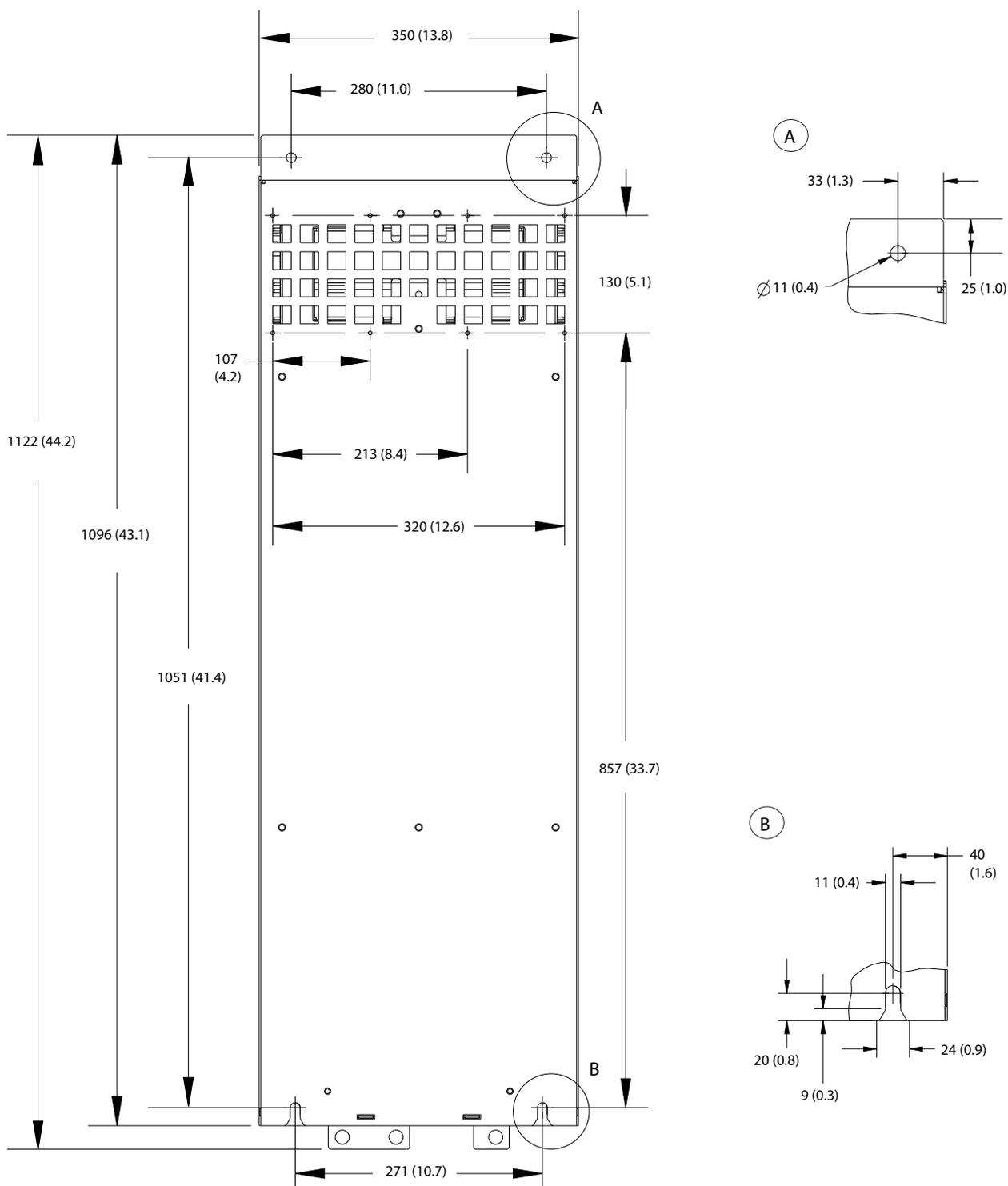
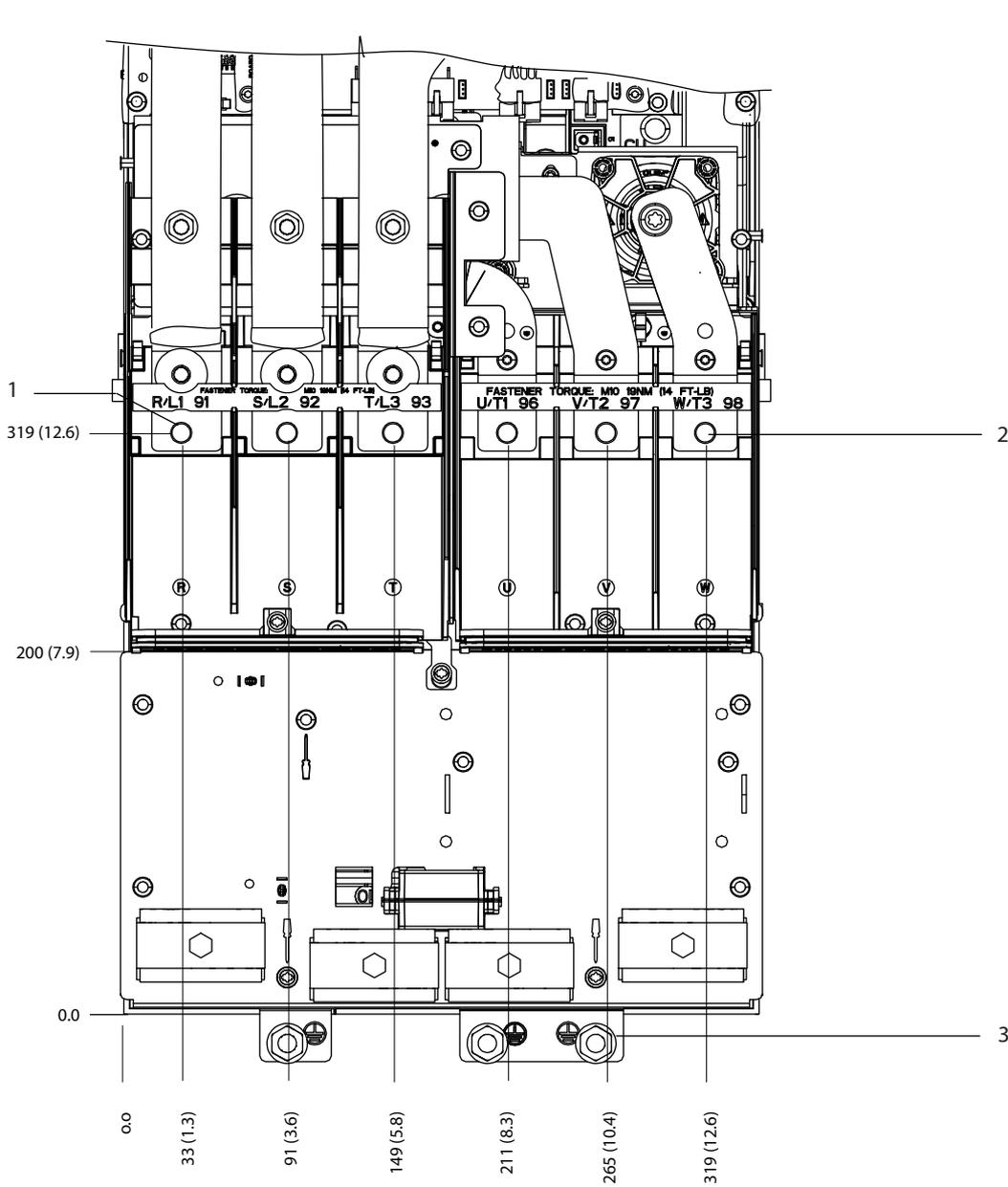


Figura 15: Vista traseira do J9

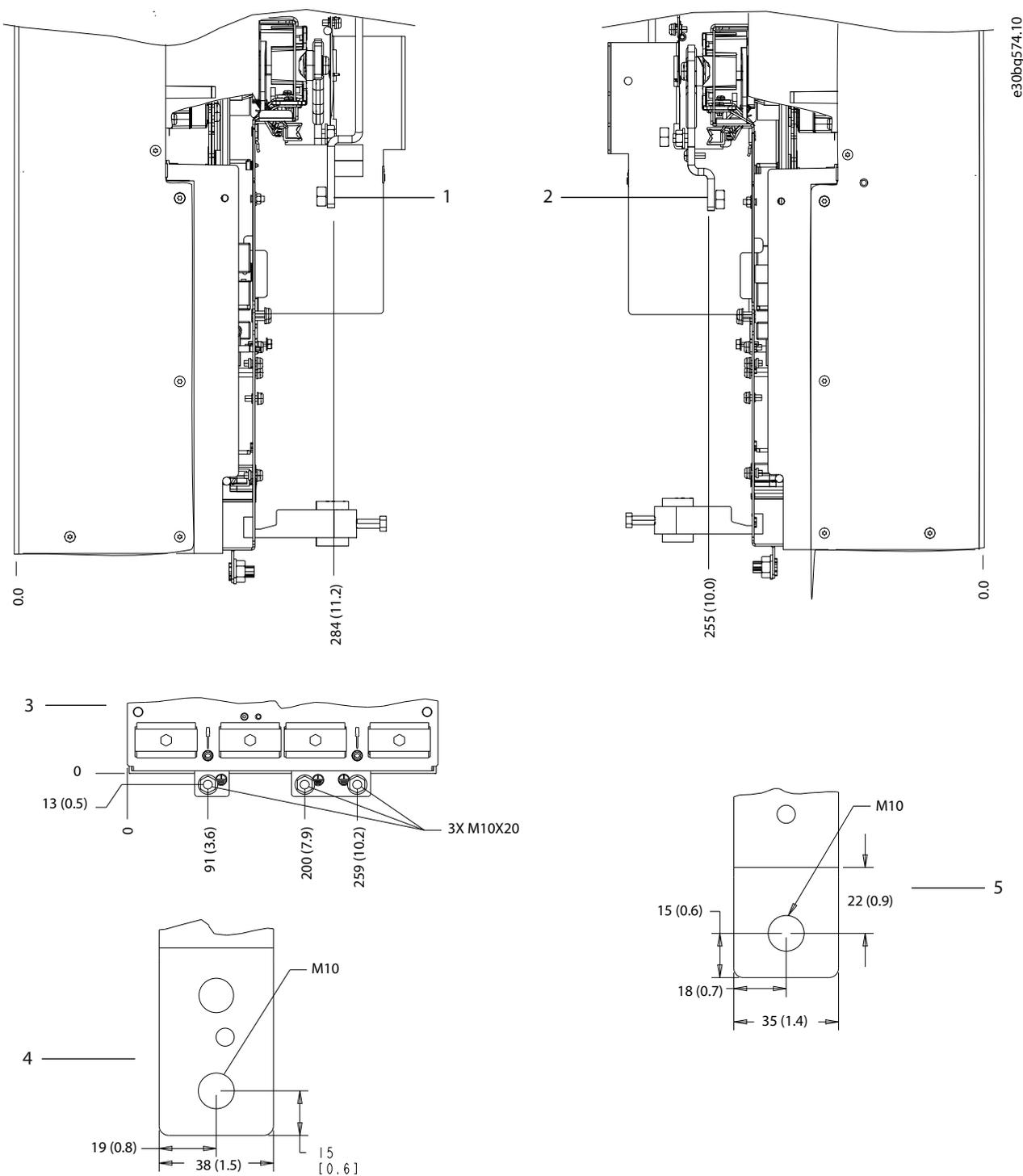
5.18.4 Dimensões dos terminais do J9



e30bg616.10

Figura 16: Dimensões dos terminais do J9 (vista frontal)

1	Terminais de rede elétrica	2	Terminais do motor
3	Terminais do ponto de aterramento		



e30bg574.10

Figura 17: Dimensões dos terminais do J9 (vistas laterais)

1	Terminais de rede elétrica	2	Terminais do motor
3	Terminais do ponto de aterramento	4	Terminais de rede elétrica
5	Terminais do motor		

## 6 Considerações da instalação mecânica

### 6.1 Armazenagem

Armazene o conversor em local seco. Mantenha o equipamento selado em sua embalagem até a instalação. Consulte o *capítulo Condições ambientais* para a temperatura ambiente recomendada.

A formação periódica (carregamento do capacitor) não é necessária durante a armazenagem, a menos que a armazenagem exceda 12 meses.

### 6.2 Içamento da unidade

Sempre levante o conversor usando os olhais de içamento dedicados. Para evitar a dobra dos olhais de içamento, use uma barra.

**AVISO**

#### RISCO FERIMENTOS OU MORTE

Siga as normas de segurança locais para o içamento de objetos pesados. O não cumprimento das recomendações e normas de segurança locais pode resultar em morte ou ferimentos graves.

- Certifique-se de que o equipamento de içamento esteja em condições de trabalho adequadas.
- Consulte o capítulo *Visão geral do produto e recursos* para saber o peso dos diferentes tamanhos de gabinete.
- Diâmetro máximo da barra: 20 mm (0,8 pol.).
- O ângulo da parte superior do conversor até o cabo de içamento: 60° ou maior.

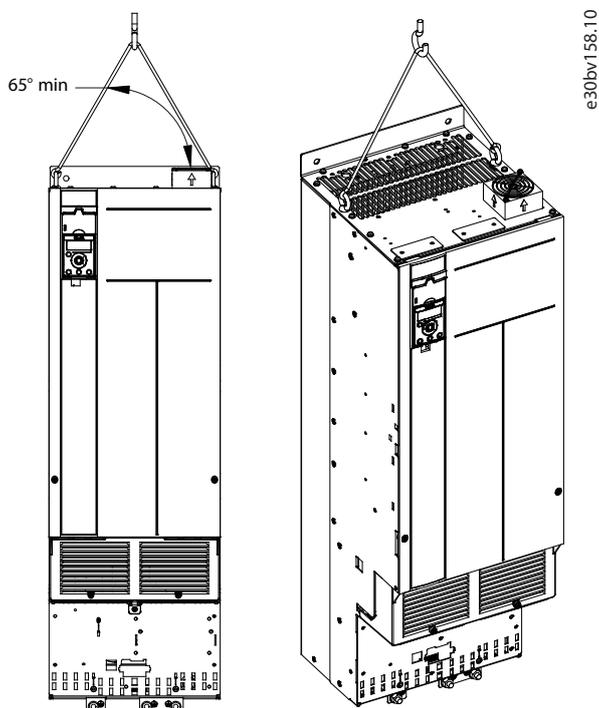


Figura 18: Método de içamento recomendado

## 6.3 Ambiente operacional

### 6.3.1 Visão geral do ambiente operacional

Em ambientes com partículas, gases corrosivos ou líquidos em suspensão no ar, garanta que as características nominais de IP/tipo do equipamento são compatíveis com a instalação ambiente. Para obter as especificações relativas às condições do ambiente, consulte o capítulo *Condições do ambiente*.

#### AVISO

##### CONDENSAÇÃO

A umidade pode condensar nos componentes eletrônicos e causar curtos-circuitos. Evite a instalação em áreas sujeitas a geadas. Instale um aquecedor de ambiente opcional quando o drive estiver mais frio que o ar ambiente. Operar no modo de espera reduz o risco de condensação, desde que a dissipação de energia mantenha o circuito livre de umidade.

#### AVISO

##### CONDIÇÕES AMBIENTES EXTREMAS

Temperaturas quentes ou frias comprometem o desempenho e a longevidade da unidade.

- Não opere em ambientes onde a temperatura ambiente exceda 55 °C (131 °F).
- O drive pode operar em temperaturas abaixo de -10 °C (14 °F). Entretanto, a operação adequada na carga nominal é garantida apenas a 0 °C (32 °F) ou superior.
- Se a temperatura exceder os limites de temperatura ambiente, será necessário condicionamento de ar adicional do painel elétrico ou do local de instalação.

### 6.3.2 Gases

Gases agressivos, como sulfeto de hidrogênio, cloro ou amônia, podem danificar os componentes elétricos e mecânicos. A unidade usa placas de circuito com revestimento isolante para reduzir os efeitos de gases agressivos. Para especificações e classificações da classe de revestimento conforme, consulte o capítulo *Condições ambientais*.

### 6.3.3 Poeira

Ao instalar o conversor em ambientes empoeirados, preste atenção ao seguinte:

#### Manutenção periódica

Quando há acúmulo de poeira em componentes eletrônicos, ela atua como uma camada isolante. Esta camada reduz a capacidade de resfriamento dos componentes, o que os deixa mais quentes. O ambiente mais quente diminui a vida útil dos componentes eletrônicos. Mantenha o dissipador de calor e os ventiladores sem acúmulo de poeira.

#### Ventiladores de resfriamento

Ventiladores fornecem fluxo de ar para resfriar o conversor. Quando os ventiladores estão expostos a ambientes empoeirados, a poeira pode danificar os rolamentos do ventilador e causar falhas prematuras no ventilador. Além disso, a poeira pode se acumular nas pás do ventilador, causando um desequilíbrio que impede os ventiladores de resfriar adequadamente a unidade.

## 6.4 Configurações de montagem

A tabela a seguir lista as configurações de montagem disponíveis para cada tamanho de gabinete do conversor.

#### AVISO

Montagem inadequada pode resultar em superaquecimento e desempenho reduzido.

Tabela 5: Configurações de montagem

Tamanho do gabinete	Montagem em parede/painel elétrico	Montagem em pedestal (independente)
J8	X <sup>(1)</sup>	–
J9	X <sup>(1)</sup>	–

1) A montagem em parede é possível, mas a Danfoss recomenda que o conversor seja montado em painel dentro de um gabinete devido às suas características nominais de proteção.

Considerações da montagem:

- Posicione a unidade o mais próximo possível do motor. Consulte o capítulo *Comprimentos de cabo e seções transversais* para obter o comprimento máximo do cabo de motor.
- Garanta a estabilidade da unidade, montando-a em uma superfície sólida.
- Garanta que a força da posição de montagem suporta o peso da unidade.
- Garanta que há espaço suficiente em volta da unidade para o resfriamento adequado. Consulte o capítulo *Resfriamento do canal traseiro*.
- Garanta acesso suficiente para abrir a porta.
- Garanta a entrada de cabo pela parte inferior.

## 6.5 Resfriamento

- Garanta que há folga acima e abaixo para o resfriamento de ar. Requisito da folga: 225 mm (9 pol).
- Forneça um fluxo de ar suficiente. Consulte a tabela abaixo.
- Considere derating para temperaturas começando entre 45 °C (113 °F) e 50 °C (122 °F) e elevação de 1000 m (3300 pés) acima do nível do mar. Consulte o capítulo *Derating* para obter informações detalhadas sobre derating.

O conversor utiliza um conceito de resfriamento do canal traseiro que remove o ar de arrefecimento do dissipador de calor. O ar de arrefecimento do dissipador de calor carrega aproximadamente 90% do calor do canal traseiro do conversor. Redirecione o ar do canal traseiro do painel ou do ambiente usando:

- **Resfriamento do duto**  
Os kits de resfriamento do canal traseiro estão disponíveis para direcionar o ar de arrefecimento do dissipador de calor para fora do painel quando os conversores IP20/Chassi estão instalados em gabinetes Rittal. O uso desses kits reduz o calor no painel, e ventiladores de porta menores podem ser especificados.
- **Resfriamento da parede traseira**  
A instalação de tampas superiores e da base na unidade permite que o ar de resfriamento do canal traseiro seja ventilado para fora da sala.

Prenda o fluxo de ar necessário sobre o dissipador de calor.

Tabela 6: Taxas de fluxo de ar para J8–J9

Tamanho do gabinete	Ventilador de porta/de topo [m <sup>3</sup> /h (pcm)]	Ventilador do dissipador de calor [m <sup>3</sup> /h (pcm)]
J8	102 (60)	420 (250)
J9	204 (120)	840 (500)

## 6.6 Derating

### 6.6.1 Visão geral do derating

Derating é um método usado para reduzir a corrente de saída como objetivo de evitar o desarme do conversor quando altas temperaturas são atingidas no interior do gabinete. Se determinadas condições de operação extremas forem esperadas, um conversor de potência mais alta pode ser selecionado para eliminar a necessidade de derating. Isto é chamado de derating manual. Caso contrário, o conversor irá reduzir automaticamente a corrente de saída para eliminar o calor excessivo gerado em condições extremas.

#### Derating manual

Quando estiverem presentes as seguintes condições, a Danfoss recomenda selecionar um conversor 1 tamanho de potência maior (por exemplo, H132 em vez de H110):

- Baixa velocidade - operação contínua em baixa rpm em aplicações de torque constante.
- Baixa pressão do ar – operação em altitudes acima de 1.000 m (3.281 pés).
- Temperatura ambiente alta.
- Alta frequência de chaveamento.
- Cabos de motor longos.
- Cabos com seção transversal grande.

#### Derating automático

Se as seguintes condições operacionais forem encontradas, o conversor muda automaticamente a frequência de chaveamento ou o padrão de chaveamento (PWM para SFAVM) para reduzir o calor excessivo no interior do gabinete:

- Alta temperatura no cartão de controle ou no dissipador de calor.
- Alta carga do motor ou baixa velocidade do motor.

### 6.6.2 Derating para operação de baixa velocidade

Quando um motor está conectado a um conversor, é necessário verificar se o resfriamento do motor está adequado. O nível de resfriamento necessário depende do seguinte:

- Carga no motor.
- Velocidade operacional
- Duração do tempo de operação.

#### Aplicações de torque constante

Um problema pode ocorrer em baixos valores de rpm em aplicações de torque constante. Em uma aplicação de torque constante, um motor pode superaquecer em baixas velocidades porque o ventilador no interior do motor proporciona menos resfriamento de ar.

Se o motor permanecer em funcionamento contínuo em um valor de rpm inferior a metade do valor nominal, o motor deve receber resfriamento de ar adicional. Se não for possível fornecer um resfriamento de ar adicional, um motor projetado para aplicações de torque constante/rpm baixo pode ser usado.

#### Aplicações de torque variável (quadrático)

Não é necessário obter um resfriamento ou um derating adicional do motor em aplicações de torque variável, onde o torque é proporcional ao quadrado da velocidade, e a potência é proporcional ao cubo da velocidade. Bombas centrífugas e ventiladores são aplicações comuns de torque variável.

### 6.6.3 Derating para altitude

A capacidade de resfriamento de ar diminui nas pressões de ar mais baixas. Não é necessário derating a menos de 1.000 m (3.281 pés). Acima de 1.000 m (3.281 pés), a temperatura ambiente ( $T_{AMB}$ ) ou a corrente de saída máxima ( $I_{MAX}$ ) deve ser reduzida. Consulte a [Figura 19](#) que mostra que a 41,7 °C (107 °F), 100% da corrente de saída nominal está disponível. A 45 °C (113 °F) ( $T_{AMB, MAX-3K}$ ), 91% da corrente de saída nominal está disponível.

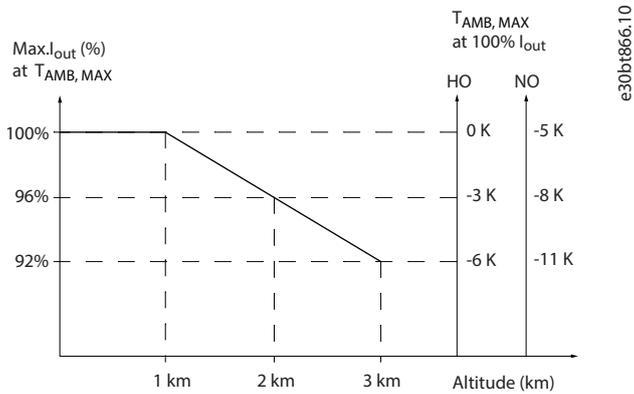


Figura 19: Derating da corrente de saída baseada na altitude a  $T_{AMB, MAX}$

### 6.6.4 Derating para a temperatura ambiente e frequência de chaveamento

#### AVISO

#### DERATING DE FÁBRICA

Os conversores Danfoss já possuem derate para a temperatura operacional (55 °C (131 °F)  $T_{AMB, MAX}$  e 50 °C (122 °F)  $T_{AMB, AVG}$ ).

Use os gráficos na tabela a seguir para determinar se a corrente de saída deve sofrer o derate com base na frequência de chaveamento e na temperatura ambiente. Ao consultar os gráficos,  $I_{out}$  indica a porcentagem da corrente de saída nominal e  $f_{sw}$  indica a frequência de chaveamento.

Tabela 7: Tabelas de derating para conversores com valores nominais de 380–480 V

Tamanho do gabinete	Padrão de chaveamento	Sobrecarga alta HO, 150%	Sobrecarga normal NO, 110%
J8-J9	60 AVM		
	SFAVM		

## 7 Considerações de instalação elétrica

### 7.1 Instruções de segurança

Consulte o *capítulo Segurança* para obter instruções gerais de segurança.

#### AVISO

##### TENSÃO INDUZIDA

A tensão induzida dos cabos de motor de saída de diferentes conversores que correm juntos pode carregar os capacitores do equipamento mesmo com o equipamento desligado e bloqueado. Se os cabos de motor de saída não forem estendidos separadamente ou não forem utilizados cabos blindados, o resultado poderá ser morte ou lesões graves.

- Passe os cabos de motor de saída separadamente ou use cabos blindados.
- Bloqueie simultaneamente todos os conversores.

#### AVISO

##### PERIGO DE CHOQUE

O conversor pode gerar uma corrente CC no condutor de aterramento e, conseqüentemente, resultar em morte ou ferimentos graves. A falha em seguir as recomendações significa que o RCD pode não fornecer a proteção pretendida.

- Quando um dispositivo de proteção operado por corrente residual (RCD) for usado para proteção contra choque elétrico, somente um RCD do Tipo B é permitido no lado da alimentação.

### Proteção de sobrecorrente

- Equipamentos de proteção adicional, como proteção contra curto-circuito ou proteção térmica do motor, são necessários entre o conversor e o motor para aplicações com vários motores.
- O uso de fusíveis de entrada é necessário para fornecer proteção contra curto-circuito e sobrecorrente. Se os fusíveis não forem fornecidos de fábrica, devem ser fornecidos pelo instalador. Consulte as características nominais máximas dos fusíveis no *capítulo Fusíveis e disjuntores*.

### Tipos e características nominais dos fios

- Toda a fiação deverá estar em conformidade com as regulamentações locais e nacionais com relação à seção transversal e aos requisitos de temperatura ambiente.
- Recomendação de fio de conexão de energia: Fio de cobre com classificação mínima de 75 °C (167 °F).

Consulte o *capítulo Comprimentos de cabo e seções transversais* para obter os tamanhos e tipos de fios recomendados.

#### CUIDADO

##### DANOS À PROPRIEDADE

A proteção contra sobrecarga do motor não está incluída na configuração padrão. Para adicionar esta função, programe o **parâmetro 1-90 Proteção Térmica do Motor** para *[Desarme do ETR]* ou *[Advertência do ETR]*. Para o mercado norte-americano, a função ETR fornece uma proteção de sobrecarga do motor classe 20 em conformidade com a NEC. Não programar o **parâmetro 1-90 Proteção Térmica do Motor** para *[Desarme do ETR]* ou *[Advertência do ETR]* indica que a proteção de sobrecarga do motor não é fornecida e, se o motor superaquecer, podem ocorrer danos à propriedade.

## 7.2 Diagrama de ligação

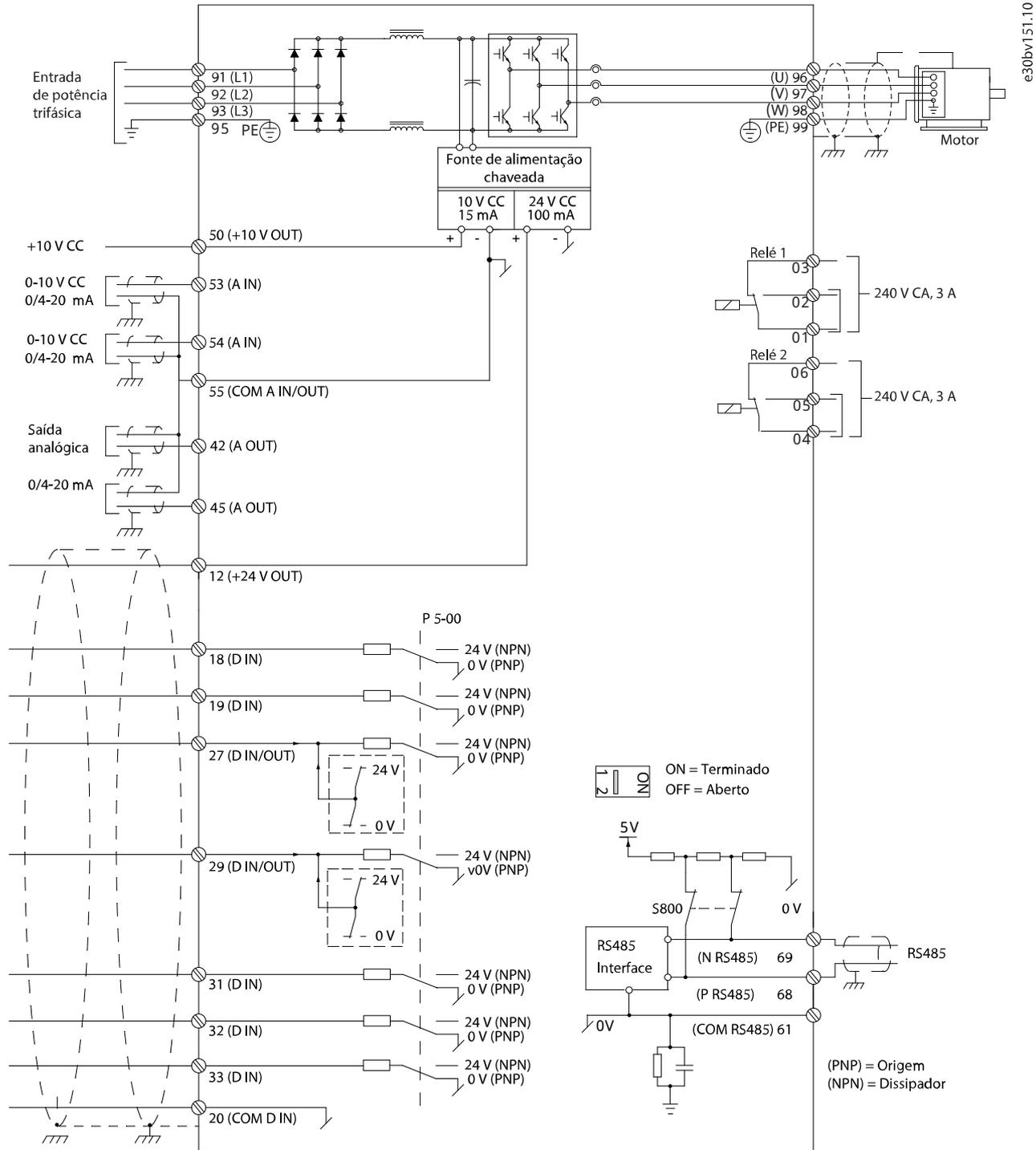


Figura 20: Diagrama de ligação

## 7.3 Conexões de energia

**AVISO**

Todo cabeamento deve estar sempre em conformidade com as normas nacionais e locais, sobre seções transversais do cabo e temperatura ambiente. As aplicações não UL podem usar condutores de cobre a 75 °C (167 °F) e 90 °C (194 °F).

As conexões dos cabos de energia estão localizadas conforme mostrado na ilustração a seguir. Consulte o capítulo *Especificações* para saber o dimensionamento correto da seção transversal e do comprimento do cabo de motor.

Para a proteção do conversor, use os fusíveis recomendados a menos que a unidade possua fusíveis integrados. Os fusíveis recomendados estão listados no [7.5 Fusíveis e disjuntores](#). Certifique-se de que os fusíveis estejam corretos e em conformidade com as normas locais.

A conexão de rede elétrica está instalada no interruptor da rede elétrica, se inclusa.

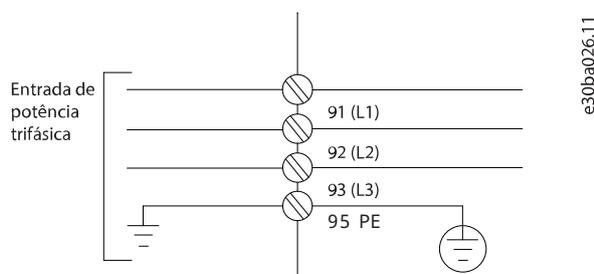


Figura 21: Conexões do cabo de energia

#### AVISO

O cabo de motor deve ser blindado/reforçado. Se um cabo não blindado/não reforçado for usado, alguns requisitos de EMC não serão cumpridos. Use um cabo de motor blindado/reforçado para estar em conformidade com as especificações de emissão EMC. Para obter mais informações, consulte o capítulo *Instalação compatível com EMC*.

### Blindagem de cabos

Evite a instalação com extremidades de blindagem torcidas (rabichos). Eles tornam inútil o efeito de blindagem em frequências mais altas. Se for necessário romper a blindagem para instalar um isolador ou contator do motor, continue a blindagem na impedância de HF mais baixa possível.

Conecte a blindagem do cabo de motor à placa de desacoplamento do conversor e ao compartimento metálico do motor.

Faça as conexões da blindagem com a maior área de superfície possível (braçadeira de cabo) usando os dispositivos de instalação dentro do conversor.

### Comprimento do cabo e seção transversal

O drive foi testado para EMC com um determinado comprimento de cabo. Mantenha o cabo de motor o mais curto possível, a fim de reduzir o nível de ruído e correntes de fuga.

### Frequência de chaveamento

Quando os conversores são usados em conjunto com filtros de onda senoidal para reduzir o ruído acústico de um motor, a frequência de chaveamento deve ser ajustada de acordo com as instruções em *parâmetro 14-01 Frequência de chaveamento*.

Tabela 8: Conexão do cabo de motor

Terminal	96	97	98	99	Descrição
	U	V	L	PE <sup>(1)</sup>	Tensão do motor 0–100% da tensão de rede. 3 fios fora do motor.
	U1	V1	W1	PE <sup>(1)</sup>	Conectados em delta.
	W2	U2	V2	PE <sup>(1)</sup>	6 fios saindo do motor.
	U1	V1	W1	PE <sup>(1)</sup>	U2, V2 e W2 conectados em estrela. U2, V2 e W2 a serem interconectados separadamente.

1) Conexão do terra protegida.

### AVISO

Em motores sem isolamento de fase, papel ou outro reforço de isolamento adequado para operação com alimentação de tensão, utilize um filtro de onda senoidal na saída do conversor.

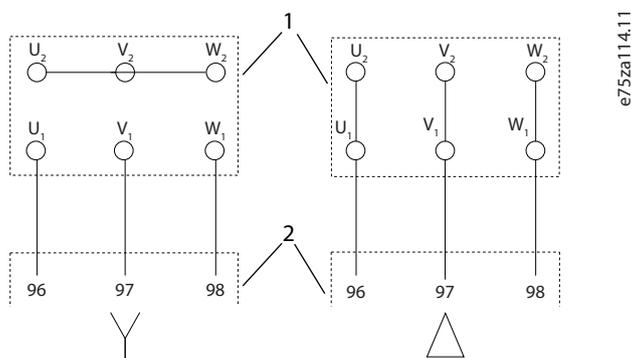


Figura 22: Conexão do cabo de motor

## 7.4 Terminais e fiação de controle

### 7.4.1 Aterramento correto dos cabos de controle

Os cabos de controle devem ser blindados, e a blindagem deve ser conectada com uma braçadeira de cabo em ambas as extremidades do gabinete metálico da unidade.

Para obter informações sobre o correto aterramento dos cabos de controle, consulte [Figura 23](#).

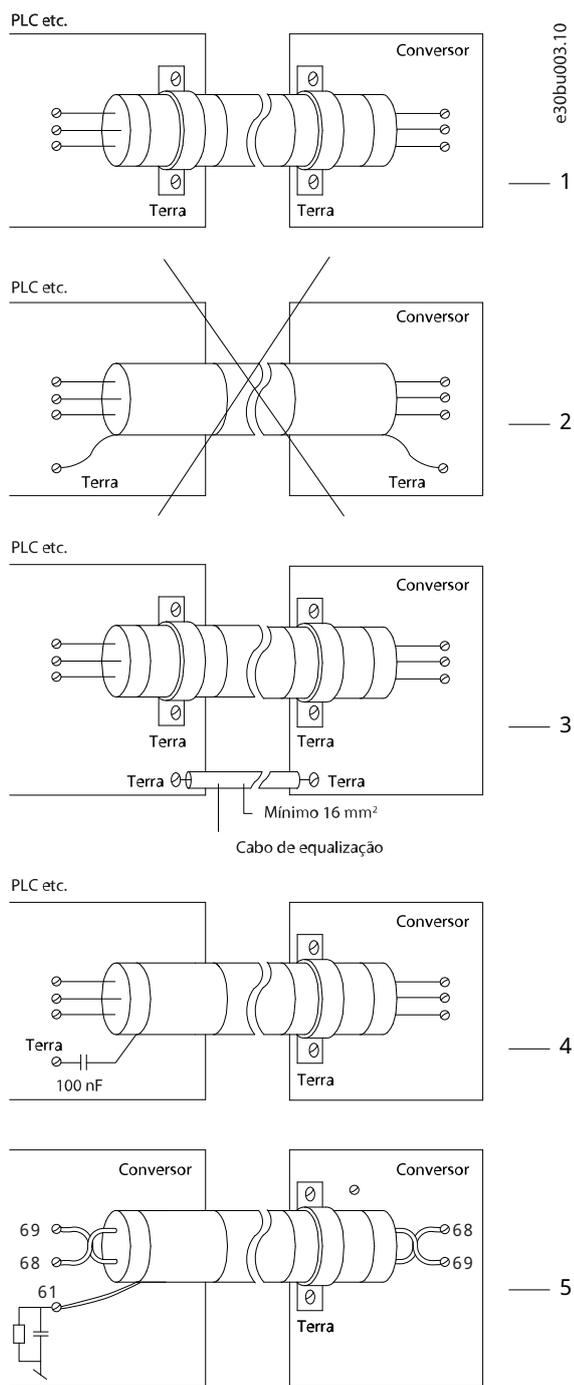


Figura 23: Exemplos de aterramento

- 
- |  |   |
|--|---|
| <p>1 Os cabos de controle e os cabos de comunicação serial devem ser fixados com braçadeiras de cabo nas duas extremidades a fim de garantir o melhor contato elétrico possível.</p>   | <p>2 Não use cabos com extremidades torcidas (rabichos). Elas aumentam a impedância da blindagem em frequências altas.</p>  |
| <p>3 Se o potencial do ponto de aterramento entre o conversor e o PLC for diferente, pode ocorrer um ruído elétrico que perturba todo o sistema. Coloque um cabo de equalização ao lado do cabo de controle. Mínima seção transversal do cabo: 16 mm<sup>2</sup> (6 AWG).</p>  | <p>4 Se forem usados cabos de controle longos, poderão ocorrer malhas de aterramento de 50/60 Hz. Conecte uma extremidade da blindagem ao ponto de aterramento por meio de um capacitor de 100 nF (mantendo os cabos curtos).</p> |
| <p>5 Ao usar cabos para comunicação serial, elimine as correntes de ruído de baixa frequência entre 2 conversores, conectando uma extremidade da blindagem ao terminal 61. Esse terminal está conectado ao aterramento por meio de um barramento RC interno. Utilize cabos de par trançado para reduzir a interferência do modo diferencial entre os condutores.</p> |   |
- 

## 7.4.2 Roteamento do cabo de controle

Fixe e direcione todos os fios de controle. Lembre-se de conectar as blindagens apropriadamente para garantir imunidade elétrica ótima.

- Isole a fiação de controle dos cabos de alta potência.
- Quando o conversor estiver conectado a um termistor, garanta que a fiação de controle do termistor seja blindada e com isolamento reforçado/duplo. Recomenda-se uma tensão de alimentação de 24 V CC.

### Conexão do fieldbus

As conexões são feitas para os opcionais apropriados no cartão de controle. Consulte as instruções do fieldbus relevantes. O cabo deve ser fixado e direcionado junto com outros fios de controle dentro da unidade.

### 7.4.3 Terminais de controle

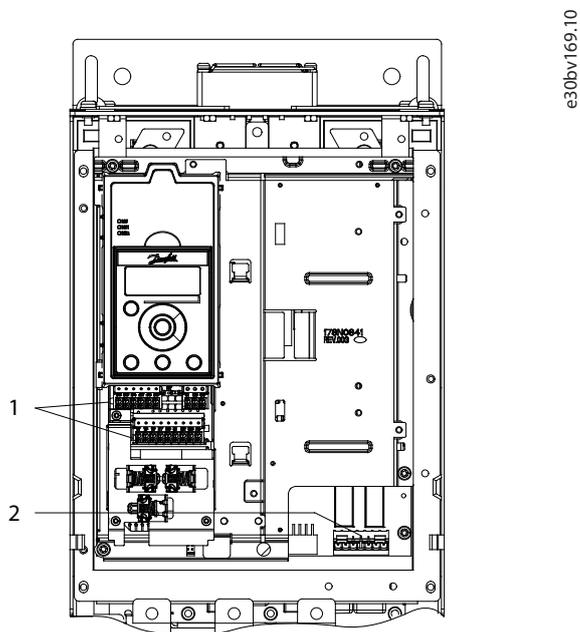


Figura 24: Locais do terminal de controle

1	2
Terminais de controle	Relés

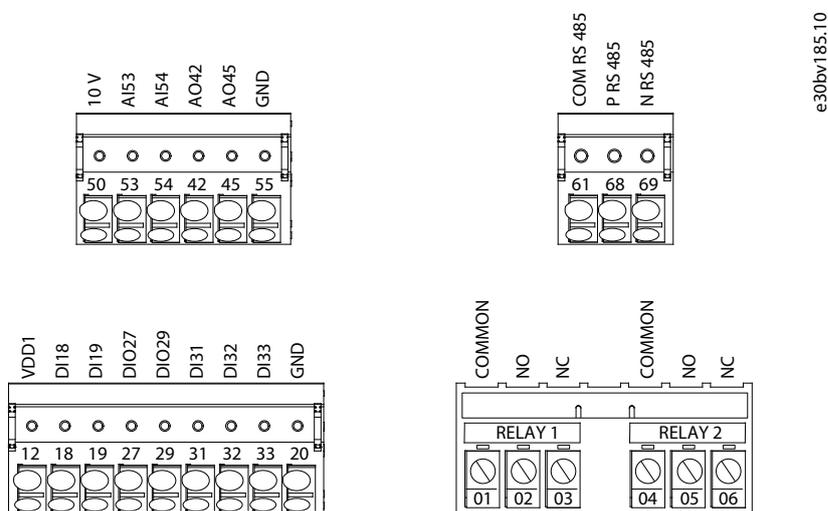


Figura 25: Números dos terminais localizados nos conectores

Tabela 9: Descrições dos terminais

Terminal	Parâmetro	Configuração padrão	Descrição
<b>E/S digital, E/S pulso, encoder</b>			
12	–	+24 V CC	Tensão de alimentação de 24 V CC. A corrente de saída máxima é de 100 mA para todas as cargas de 24 V.
18	<i>Parâmetro 5-10 Terminal 18 Entrada Digital</i>	<i>[8] Partida</i>	Entradas digitais.
19	<i>Parâmetro 5-11 Terminal 19 Entrada Digital</i>	<i>[10] Reversão</i>	
27	<i>Parâmetro 5-12 Terminal 27, Entrada Digital</i> <i>Parâmetro 5-30 Terminal 27 Saída Digital</i>	DI [2] <i>Paradp/inérc, reverso</i> DO [0] <i>Sem operação</i>	Selecionável para entrada digital, saída digital ou saída de pulso. A configuração padrão é a entrada digital. O terminal 29 pode ser usado para entrada de pulso.
29	<i>Parâmetro 5-13 Terminal 29, Entrada Digital</i> <i>Parâmetro 5-31 Terminal 29 Saída Digital</i>	DI [14] <i>Jog</i> DO [0] <i>Sem operação</i>	
31	<i>Parâmetro 5-16 Terminal 31 Entrada Digital</i>	<i>[0] Sem operação</i>	Entrada digital.
32	<i>Parâmetro 5-14 Terminal 32, Entrada Digital</i>	<i>[0] Sem operação</i>	Entrada digital, encoder de 24 V. O terminal 33 pode ser usado para entrada de pulso.
33	<i>Parâmetro 5-15 Terminal 33, Entrada Digital</i>	<i>[0] Sem operação</i>	
20	–	–	Comum para entradas digitais e potencial de 0 V para alimentação de 24 V.
<b>Entradas/saídas analógicas</b>			
50	–	+10 V CC	Tensão de alimentação analógica de 10 V CC. Máximo de 15 mA comumente usado para potenciômetro ou termistor.
53	<i>Grupo do parâmetro 6-1* Entrada analógica 1</i>	Referência	Entrada analógica. Selecionável para tensão ou corrente.
54	<i>Grupo do parâmetro 6-2* Entrada analógica 2</i>	Feedback	
42	<i>Parâmetro 6-91 Terminal 42 Saída Analógica</i>	<i>[0] Sem operação</i>	Saída analógica programável. O sinal analógico é de 0-20 mA ou 4-20 mA a um máximo de 500 Ω. Também pode ser configurado como saídas digitais.
45	<i>Parâmetro 6-71 Terminal 45 Saída Analógica</i>	<i>[0] Sem operação</i>	
55	–	–	Comum para entrada analógica.

**Tabela 9: Descrições dos terminais** (continuação)

Terminal	Parâmetro	Configuração padrão	Descrição
<b>Comunicação serial</b>			
61	–	–	Filtro RC integrado para conectar a blindagem do cabo se houver problemas de EMC.
68(+)	<i>Grupo do parâmetro 8-3*</i> <i>Configurações de Porta do FC</i>	–	Interface RS485. Um interruptor é fornecido no cartão de controle para a resistência à terminação do bus serial.
69(-)	<i>Grupo do parâmetro 8-3*</i> <i>Configurações de Porta do FC</i>	–	
<b>Relés</b>			
01, 02, 03	<i>Parâmetro 5-40 Função do Relé [0]</i>	<i>[0] Sem operação</i>	Saída do relé de formato C. Para tensão CA ou CC e cargas resistivas ou indutivas.
(04, 05 e 06)	<i>Parâmetro 5-40 Função do Relé [1]</i>	<i>[0] Sem operação</i>	

## 7.5 Fusíveis e disjuntores

Os fusíveis garantem que possíveis danos ao conversor sejam limitados aos danos dentro do conversor. Para garantir a conformidade com EN 50178, use os fusíveis recomendados como substituições. O uso dos fusíveis no lado da alimentação é obrigatório para instalações em conformidade com IEC 60364 (CE).

Fusíveis tipo aR são recomendados para gabinetes J8–J9.

**Tabela 10: Tamanho dos fusíveis de potência/com semicondutor para J8–J9**

Modelo	380–480 V
H90K/Q110	ar-315
H110/Q132	ar-350
H132/Q160	ar-400
H160/Q200	ar-500
H200/Q250	ar-630
H250/Q315	ar-800

**Tabela 11: Opcionais de fusíveis de potência/com semicondutor J8–J9, 380–480 V**

Modelo	Opcionais de fusível						
	Bussman	Littelfuse	Littelfuse	Bussman	Siba	Ferraz-Shawmut	Ferraz-Shawmut (Europa)
H90K/Q110	170M2619	LA50QS300-4	L50S-300	FWH-300A	20 189 20.315	A50QS300-4	6,9URD31D08 A0315
H110/Q132	170M2620	LA50QS350-4	L50S-350	FWH-350A	20 189 20.350	A50QS350-4	6,9URD31D08 A0350

Tabela 11: Opcionais de fusíveis de potência/com semicondutor J8–J9, 380–480 V (continuação)

Modelo	Opcionais de fusível						
	Bussman	Littelfuse	Littelfuse	Bussman	Siba	Ferraz-Shawmut	Ferraz-Shawmut (Europa)
H132/Q160	170M2621	LA50QS400-4	L50S-400	FWH-400A	20 189 20.400	A50QS400-4	6,9URD31D08 A0400
H160/Q200	170M4015	LA50QS500-4	L50S-500	FWH-500A	20 189 20.550	A50QS500-4	6,9URD31D08 A0550
H200/Q250	170M4016	LA50QS600-4	L50S-600	FWH-600A	20 189 20.630	A50QS600-4	6,9URD31D08 A0630
H250/Q315	170M4017	LA50QS800-4	L50S-800	FWH-800A	20 189 20.800	A50QS800-4	6,9URD31D08 A0800

Tabela 12: Recomendação de fusível do aquecedor elétrico para J8–J9

Bussmann	Características nominais
LPJ-21/2SP	2,5 A, 600 V

## AVISO

### CHAVE DE DESCONEXÃO

Todas as unidades encomendadas e fornecidas com chave de desconexão instalada de fábrica exigem um circuito de derivação classe L com fusíveis para atender o SCCR de 100 kA do conversor. Se for usado um disjuntor, as características nominais de SCCR são de 42 kA. A tensão de entrada e o valor nominal da potência do conversor determinam o fusível Classe L específico. A tensão de entrada e o valor nominal da potência são encontrados na plaqueta de identificação do produto.

## 7.6 Motor

### 7.6.1 Rotação do motor

Qualquer motor padrão assíncrono trifásico pode ser usado com um conversor.

Tabela 13: Terminais de cabo de motor fornecendo rotação no sentido horário (padrão de fábrica)

Terminal	Função
96	U/T1
97	V/T2
98	W/T3
99	Terra

O sentido da rotação pode ser alterado comutando 2 fases no cabo de motor ou alterando a configuração do **parâmetro 4-10 Sentido da rotação do motor**.

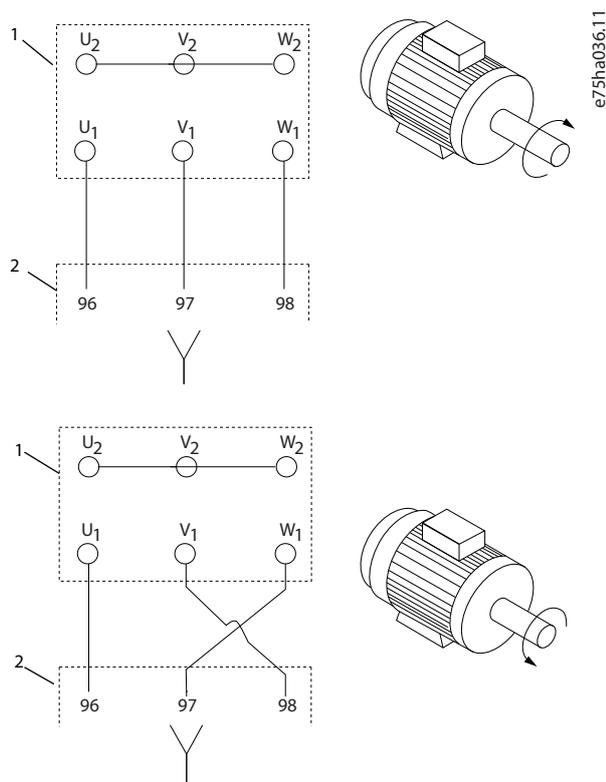


Figura 26: Alteração da rotação do motor

### 7.6.2 Proteção térmica do motor

O relé térmico eletrônico no conversor recebeu aprovação para proteção de sobrecarga de um único motor, quando o **parâmetro 1-90 Proteção Térmica do Motor** estiver programado para Desarme do ETR e o **parâmetro 1-24 Corrente do Motor** para a corrente nominal do motor (consulte a plaqueta de identificação do motor).

### 7.6.3 Conexão de Motores em Paralelo

O conversor pode controlar vários motores conectados em paralelo. Para diferentes configurações de motores conectados em paralelo, consulte [Figura 27](#).

Ao usar uma conexão do motor em paralelo, observe os seguintes pontos:

- Execute as aplicações com motores em paralelo no modo U/F (volts por hertz).
- O modo VVC+ pode ser usado em algumas aplicações.
- O consumo total de corrente dos motores não deve exceder a corrente de saída nominal IINV para o conversor.
- Podem ocorrer problemas na partida e em baixa rotação se os tamanhos do motor forem muito diferentes, pois a resistência ôhmica relativamente alta no estator de um pequeno motor exige uma tensão mais alta na partida e em baixa rotação.
- O relé térmico eletrônico (ETR) do conversor não pode ser usado como proteção de sobrecarga do motor. Fornece proteção de sobrecarga do motor adicional, incluindo termistores em cada enrolamento do motor ou relés térmicos individuais.
- Recomendado para aplicações com motores em paralelo no modo U/F **parâmetro 1-01 Princípio de Controle do Motor[0] Assíncrono**. Programe o gráfico U/F no **parâmetro 1-55 Características U/f - U** e no **parâmetro 1-56 Características U/f - F**.

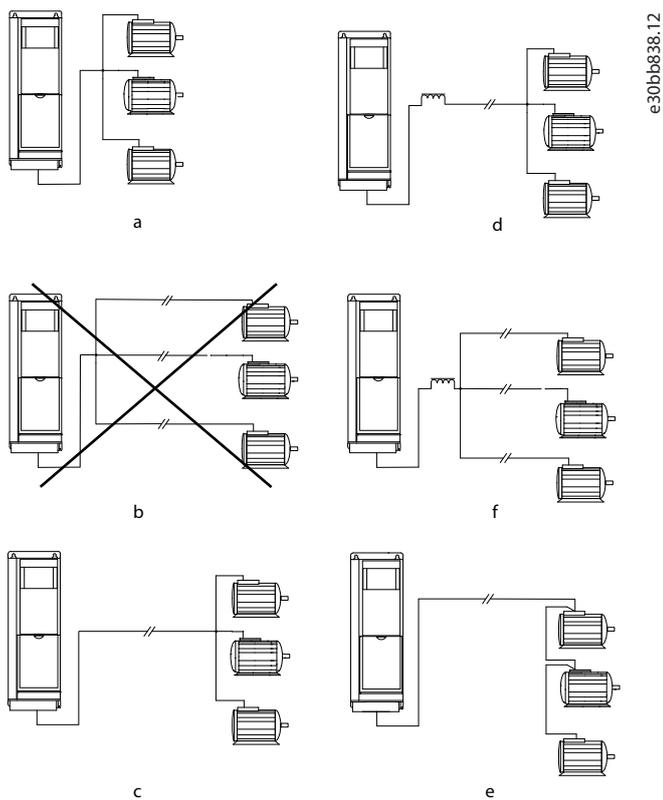


Figura 27: Diferentes conexões em paralelo de motores

- A Instalações com cabos conectados em uma junta comum, conforme mostrado em A e B, são recomendáveis somente para comprimentos de cabo curtos.
- B Observe o comprimento máximo do cabo de motor especificado no capítulo *Comprimentos de cabo e seções transversais*.
- C O comprimento de cabo do motor total especificado no capítulo *Comprimentos de cabo e seções transversais* é válido desde que os cabos paralelos sejam mantidos com menos de 10 m (32 pés) cada.
- P Considere a queda de tensão nos cabos de motor.
- E Considere a queda de tensão nos cabos de motor.
- F O comprimento de cabo do motor total especificado no capítulo *Comprimentos de cabo e seções transversais* é válido desde que os cabos paralelos sejam mantidos com menos de 10 m (32 pés) cada.

## 7.6.4 Isolamento do Motor

Para comprimentos de cabo do motor inferiores ou iguais ao comprimento de cabo máximo listado no capítulo *Comprimentos de cabo e seções transversais*, use as características nominais de isolamento do motor mostradas na tabela a seguir. Se um motor tiver características nominais de isolamento menores, a Danfoss recomenda o uso de um filtro de onda senoidal ou dU/dt.

Tabela 14: Características nominais de isolamento do motor

Tensão de rede nominal	Isolamento do motor
$U_N \leq 420 \text{ V}$	$U_{LL}$ Padrão=1300 V
$420 \text{ V} < U_N \leq 500 \text{ V}$	$U_{LL}$ Reforçada=1600 V

Tabela 14: Características nominais de isolamento do motor (continuação)

Tensão de rede nominal	Isolamento do motor
500 V < $U_N$ ≤ 600 V	$U_{LL}$ Reforçada=1800 V
600 V < $U_N$ ≤ 690 V	$U_{LL}$ Reforçada=2000 V

### 7.6.5 Correntes de mancal do motor

Para eliminar as correntes de mancal de circulação em todos os motores instalados com o conversor, instale rolamentos isolados NDE (extremidade sem conversor). Para minimizar as correntes de rolamento e eixo DE (extremidade do conversor), assegure um aterramento adequado do conversor, do motor, da máquina acionada e do motor para a máquina acionada.

Estratégias de atenuação padrão:

- Utilize um rolamento isolado.
- Siga os procedimentos de instalação adequados.
  - Garanta que o motor e o motor de carga estejam alinhados.
  - Siga as orientações de instalação de EMC.
  - Reforce o PE de modo que a impedância de alta frequência seja menor no PE do que nos cabos de potência de entrada.
  - Forneça uma boa conexão de alta frequência entre o motor e o conversor. Use um cabo blindado que tenha uma conexão de 360° no motor e no conversor.
  - Garanta que a impedância do conversor ao ponto de aterramento do prédio seja menor do que a impedância de aterramento da máquina. Esse procedimento pode ser difícil para bombas.
  - Faça uma conexão do terra direta entre o motor e o motor de carga.
- Abaixar a frequência de chaveamento do IGBT.
- Modifique a forma de onda do inversor, 60° AVM vs. SFAVM.
- Instale um sistema de aterramento do eixo ou utilize um acoplamento de isolamento.
- Aplique lubrificação condutora.
- Use configurações de velocidade mínima, se possível.
- Tente garantir que a tensão de rede fique balanceada em relação ao ponto de aterramento. Esse procedimento pode ser difícil para IT, TT, TN-CS ou sistemas com hastes aterradas.
- Use um filtro de onda senoidal ou dU/dt.

## 7.7 Dispositivos de corrente residual (RCD) e monitor de resistência de isolamento (IRM)

Use relés RCD, aterramento de proteção múltipla ou aterramento como proteção adicional, desde que estejam de acordo com as normas de segurança locais.

Se aparecer uma falha de aterramento, uma corrente CC pode se desenvolver na corrente com falha. Se forem usados relés RCD, as normas locais devem ser observadas. Os relés devem ser apropriados para a proteção de equipamento trifásico com uma ponte retificadora e uma pequena descarga na energização. Consulte o *capítulo Corrente de fuga* para obter mais detalhes.

## 7.8 Corrente de fuga

Siga os códigos nacionais e locais relativos ao aterramento de proteção de equipamentos em que a corrente de fuga exceda 3,5 mA.

A tecnologia do drive implica na mudança de alta frequência em alta potência. Esse chaveamento de alta frequência gera uma corrente de fuga na conexão do terra.

A corrente de fuga para o terra é composta por várias contribuições e depende de várias configurações do sistema, incluindo:

- Filtragem de RFI.
- Comprimento de cabo do motor.
- Blindagem do cabo do motor.
- Potência do conversor.

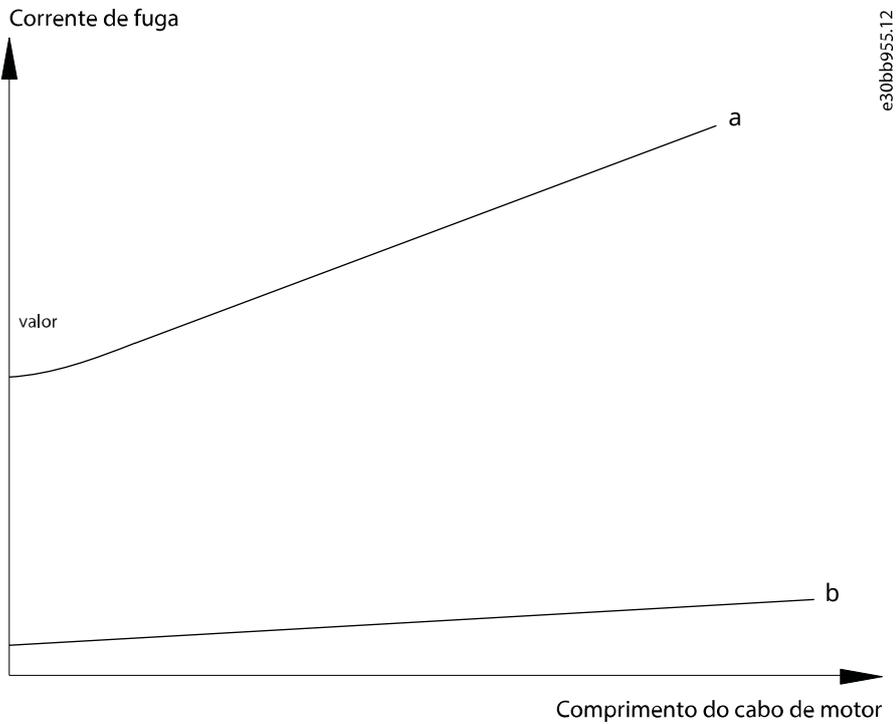


Figura 28: Comprimento de cabo do motor e potência influenciam a corrente de fuga. Potência a > Potência b.

A corrente de fuga também depende da distorção da linha.

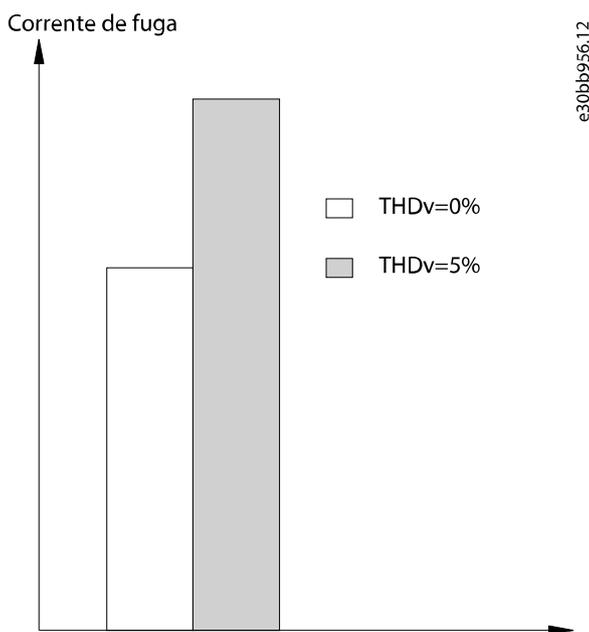


Figura 29: A distorção da linha influencia a corrente de fuga

Se a corrente de fuga exceder 3,5 mA, a conformidade com a norma EN/IEC61800-5-1 (padrão de produto do sistema de conversor de potência) exige cuidados especiais.

Reforce o aterramento com os seguintes requisitos de proteção para a conexão do terra:

- Fio de aterramento (terminal 95) com seção transversal de pelo menos 10 mm<sup>2</sup> (8 AWG).
- 2 fios de ponto de aterramento separados que estão em conformidade com as regras de dimensionamento.

Consulte as normas EN/IEC61800-5-1 e EN 50178 para obter mais informações.

## Usando RCDs

Quando os dispositivos de corrente residual (RCDs), também conhecidos como disjuntores para a corrente de fuga à terra, forem utilizados, atente-se para o seguinte:

- Use somente RCDs do tipo B, pois eles conseguem detectar correntes CA e CC.
- Use RCDs com retardo para impedir falhas decorrentes de correntes transientes do terra.
- Dimensione RCDs de acordo com a configuração do sistema e as considerações ambientais.

A corrente de fuga inclui várias frequências provenientes da frequência da rede elétrica e da frequência de chaveamento. A frequência de chaveamento é detectada, dependendo do tipo de RCD usado.

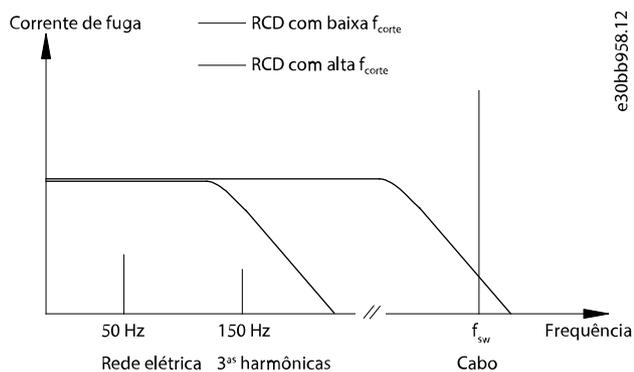


Figura 30: Principais contribuições para a corrente de fuga

A quantidade de corrente de fuga detectada pelo RCD depende da frequência de desativação do RCD.

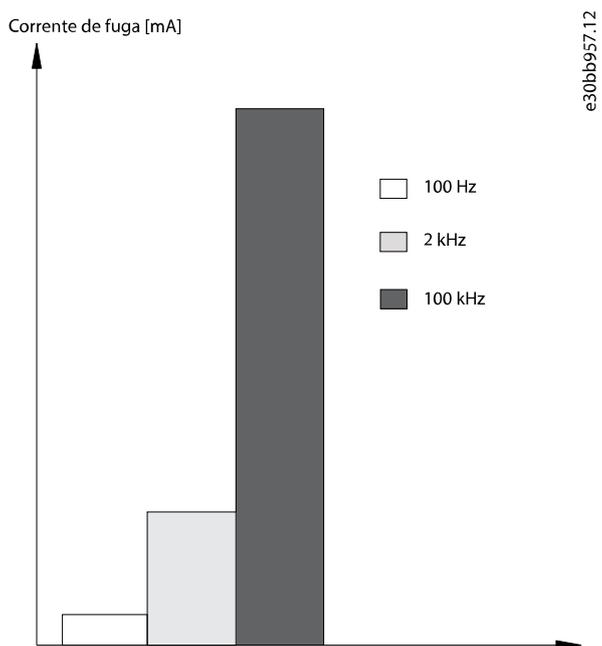


Figura 31: Influência da frequência de desativação do RCD na corrente de fuga

## 7.9 Rede Elétrica IT

### Alimentação de rede elétrica isolada do ponto de aterramento

Se o conversor for alimentado a partir de uma fonte de rede elétrica isolada (rede de TI, delta flutuante ou delta aterrado) ou rede elétrica TT/TN-S com haste aterrada, recomenda-se desligar o interruptor de RFI através do **parâmetro 14-50 Filtro de RFI** no conversor e do **parâmetro 14-50 Filtro de RFI** no filtro. Para obter mais detalhes, consulte a norma IEC 364-3. Na posição desligada, os capacitores do filtro entre o chassi e o barramento CC são desativados para evitar danos ao barramento CC e reduzir as correntes da capacitivas do terra, conforme a norma IEC 61800-3.

Se o desempenho de EMC ideal for necessário, se os motores estiverem conectados em paralelos ou se o comprimento de cabo do motor for superior a 25 m (82 pés), a Danfoss recomenda programar o **parâmetro 14-50 Filtro de RFI** para [1] ON. Consulte também as Notas de aplicação, VLT em rede elétrica de TI. É importante usar monitores de isolamento classificados para uso em conjunto com componentes eletrônicos de potência (IEC 61557-8).

## 7.10 Eficiência

### Eficiência do conversor ( $\eta_{VLT}$ )

A carga no conversor tem pouco efeito sobre sua eficiência. Em geral, a eficiência é a mesma na frequência nominal do motor  $f_{M,N}$  se o motor fornecer 100% do torque nominal do eixo ou apenas 75%, se houver cargas parciais.

A eficiência do conversor não muda mesmo se outras características U/f forem selecionadas. Entretanto, as características U/f influem na eficiência do motor.

A eficiência declina ligeiramente quando a frequência de chaveamento é definida com um valor superior a 5 kHz. A eficiência é ligeiramente reduzida quando a tensão de rede é de 480 V, ou se o comprimento de cabo do motor for maior que 30 m (98 pés).

### Cálculo da eficiência do conversor

Calcule a eficiência do conversor em diferentes velocidades e cargas com base na ilustração a seguir. O fator neste gráfico precisa ser multiplicado pelo fator de eficiência específico listado nas tabelas de especificações no *capítulo Dados elétricos*

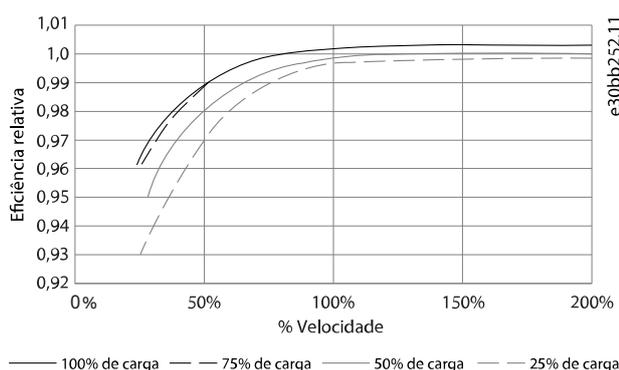


Figura 32: Curvas de eficiência típica

Exemplo: Presuma um conversor de 160 kW, 380–480/500 V CA com carga de 25% a uma velocidade de 50%. A ilustração acima mostra 0,97 - a eficiência nominal para um conversor de 160 kW é 0,98. Então, a eficiência real é:  $0,97 \times 0,98 = 0,95$ .

### Eficiência do motor ( $\eta_{MOTOR}$ )

A eficiência de um motor conectado ao conversor depende do nível de magnetização. Em geral, a eficiência é tão boa quanto com a operação na rede elétrica. A eficiência do motor depende do tipo do motor.

Na faixa de 75 a 100% do torque nominal, a eficiência do motor é praticamente constante, quando o conversor controla e quando funciona diretamente na rede elétrica.

Nos motores pequenos, a influência da característica U/f sobre a eficiência é marginal. No entanto, em motores a partir de 11 kW (15 hp), as vantagens são significativas.

Normalmente, a frequência de chaveamento não afeta a eficiência de pequenos motores. Os motores de 11 kW (15 hp) e acima têm a eficiência melhorada (1 a 2%), pois a forma da onda senoidal da corrente do motor é quase perfeita em altas frequências de chaveamento.

### Eficiência do sistema ( $\eta_{SYSTEM}$ )

Para calcular a eficiência do sistema, a eficiência do conversor ( $\eta_{VLT}$ ) é multiplicada pela eficiência do motor ( $\eta_{MOTOR}$ ):

$$\eta_{SYSTEM} = \eta_{VLT} \times \eta_{MOTOR}$$

## 7.11 Ruído acústico

O ruído acústico do conversor tem 3 origens:

- Bobinas do circuito intermediário CC.
- Ventiladores internos.
- Bloqueador do filtro de RFI.

A tabela a seguir lista os valores de ruído acústico típicos medidos a uma distância de 1 m (3,3 pés) da unidade.

Tabela 15: Ruído acústico

Tamanho do gabinete	dBa na velocidade máxima do ventilador
J8	73
J9	75

Resultados de testes realizados de acordo com a ISO 3744 para a magnitude de ruído audível em um ambiente controlado. O tom de ruído foi quantificado para o registro de dados de engenharia de desempenho do hardware, conforme ISO 1996-2 Anexo D.

## 7.12 Condições dU/dt

### AVISO

Para evitar o envelhecimento prematuro de motores não projetados para serem usados com conversores, como os motores sem papel de isolamento de fase ou outro reforço de isolamento, a Danfoss recomenda veementemente um filtro dU/dt ou um filtro de onda senoidal instalado na saída do conversor. Para obter mais informações sobre o filtro dU/dt e o filtro de onda senoidal, consulte o *Guia de Design dos Filtros de Saída*.

Quando um transistor na ponte do inversor comuta, a tensão do motor aumenta em uma relação dU/dt, dependendo do cabo de motor (tipo, seção transversal, comprimento blindado ou não blindado) e da indutância.

A indução natural provoca um  $U_{PEAK}$  de overshoot na tensão do motor antes de ela se estabilizar em um nível dependendo da tensão no barramento CC. O tempo de subida e a tensão de pico  $U_{PEAK}$  afetam a vida útil do motor. Em particular, motores sem isolamento das bobinas de fase são afetados se a tensão de pico for muito alta. O comprimento de cabo do motor afeta o tempo de subida e a tensão de pico. Se o cabo de motor for curto (alguns metros), o tempo de subida e a tensão de pico são mais baixos. Se o cabo de motor for longo (100 m (328 pés)), o tempo de subida e a tensão de pico são maiores.

A tensão de pico nos terminais do motor é causada pelo chaveamento dos IGBTs. O conversor está em conformidade com as demandas do IEC 60034-25:2007 edição 2.0 com relação aos motores projetados para serem controlados por conversores. O conversor está em conformidade com as demandas do IEC 60034-17:2006 edição 4 com relação aos motores normais controlados por conversores.

### Faixa de alta potência

As capacidades de potência nas tabelas a seguir, nas tensões de rede apropriadas, cumprem com os requisitos da IEC 60034-17:2006 edição 4 em relação a motores normais controlados por conversores, da IEC 60034-25:2007 edição 2.0 em relação a motores projetados para serem controlados por conversores e da NEMA MG 1-1998 Parte 31.4.4.2 para motores alimentados por inversores. As capacidades de potência nas tabelas a seguir não atendem a NEMA MG 1-1998 Parte 30.2.2.8 para motores de aplicações gerais.

Tabela 16: Resultados de testes de dU/dt IEC para J8–J9 com cabos não blindados e sem filtro de saída, 380–480 V

Tamanho da potência [kW (hp)]	Cabo [m (pés)]	Tensão de rede [V]	Tempo de subida [ $\mu$ s]	Tensão de pico [V]	dU/dt [V/ $\mu$ s]
90–160 (125–250)	30 (98)	500	0,71	1180	1339
	150 (492)	500	0,76	1423	1497
	300 (984)	500	0,91	1557	1370
200–315 (300–450)	30 (98)	500	1,10	1116	815
	150 (492)	500	2,53	1028	321
	300 (984)	500	1,29	835	517

Tabela 17: Resultados de testes de dU/dt IEC para J8–J9 com cabos blindados e sem filtro de saída, 380–480 V

Tamanho da potência [kW (hp)]	Cabo [m (pés)]	Tensão de rede [V]	Tempo de subida [ $\mu$ s]	Tensão de pico [V]	dU/dt [V/ $\mu$ s]
90–160 (125–250)	30 (98)	500	–	–	–
	150 (492)	500	0,66	1418	1725
	300 (984)	500	0,96	1530	1277
200–315 (300–450)	30 (98)	500	–	–	–
	150 (492)	500	0,56	1261	1820
	300 (984)	500	0,78	1278	1295

## 7.13 Compatibilidade eletromagnética (EMC)

### 7.13.1 Visão Geral

Os dispositivos elétricos geram interferência e são afetados pela interferência de outras fontes geradas. A compatibilidade eletromagnética (EMC) desses efeitos depende da potência e das características harmônicas dos dispositivos.

A interação não controlada entre dispositivos elétricos em um sistema pode degradar a compatibilidade e prejudicar a operação confiável. A interferência assume a forma do seguinte:

- Descargas eletrostáticas.
- Flutuações rápidas de tensão.
- Interferência de alta frequência.

O transiente por faísca elétrica é encontrado mais comumente em frequências na faixa de 150 kHz a 30 MHz. A interferência aérea proveniente do sistema do conversor, na faixa de 30 MHz a 1 GHz, é gerada pelo inversor, cabo do motor e motor.

Correntes capacitivas no cabo de motor, acopladas com alta dU/dt da tensão do motor, geram correntes de fuga. Consulte a ilustração a seguir. Os cabos blindados do motor possuem maior capacitância entre os fios de fase e a blindagem e, novamente, entre a blindagem e o ponto de aterramento. Esta capacitância adicional do cabo, juntamente com outras capacitâncias parasitas e indutâncias do motor, altera a assinatura de emissão eletromagnética produzida pela unidade. A alteração na assinatura de emissão eletromagnética ocorre principalmente em emissões abaixo de 5 MHz. A maior parte da corrente de fuga (I1) é carregada de volta para a unidade através do PE (I3), deixando apenas um pequeno campo eletromagnético (I4) do cabo de motor blindado. A blindagem reduz a interferência irradiada, mas aumenta a interferência de baixa frequência na rede elétrica.

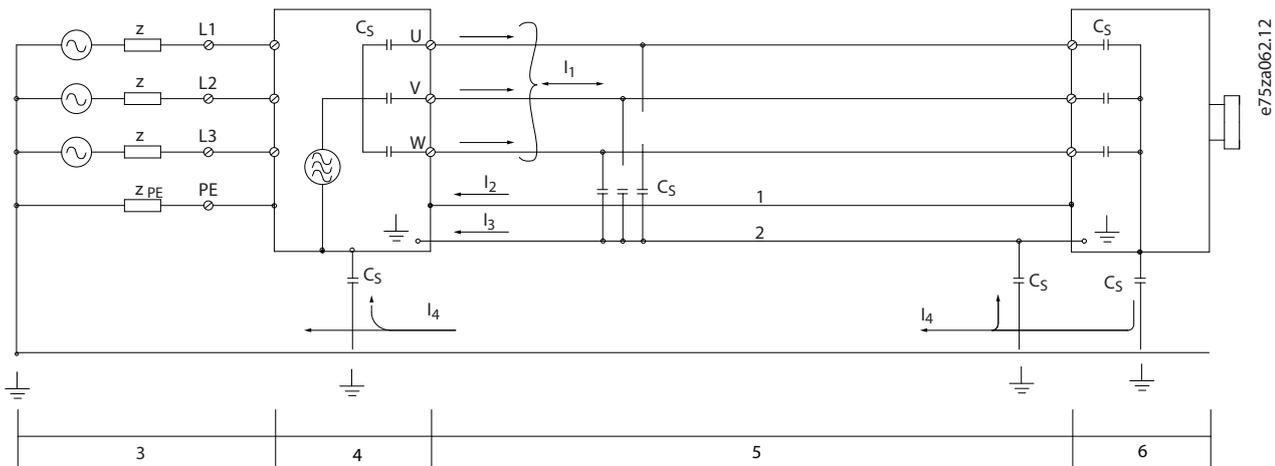


Figura 33: Modelo elétrico mostrando possíveis correntes de fuga

1	Fio de aterramento	2	Blindagem
3	Alimentação de rede elétrica CA	4	Conversor
5	Cabo de motor blindado	6	Motor
Cs	Possíveis percursos da capacitância parasita de derivação (varia de acordo com diferentes instalações).		
I <sub>1</sub>	Corrente de fuga de modo comum		
I <sub>2</sub>	Cabo de motor blindado	I <sub>3</sub>	Ponto de aterramento de segurança (4º condutor nos cabos de motor)
I <sub>4</sub>	Corrente de modo comum acidental		

### 7.13.2 Resultados de teste de EMC

Os resultados do teste a seguir foram obtidos utilizando um conversor (com opcionais, se relevante), um cabo de controle blindado, uma caixa de controle com potenciômetro, um motor e um cabo blindado de motor.

Tabela 18: Resultados do teste de EMC (Emissão)

Tipo do filtro de RFI		Emissão conduzida			Emissão irradiada		
Normas e requisitos	EN 55011	<b>Classe B</b> Residências, comércio e indústrias leves	<b>Grupo 1 Classe A</b> Ambiente industrial	<b>Grupo 2 Classe A</b> Ambiente industrial	<b>Classe B</b> Residências, comércio e indústrias leves	<b>Grupo 1 Classe A</b> Ambiente industrial	<b>Grupo 2 Classe A</b> Ambiente industrial
	EN/IEC 61800-3	<b>Categoria C1</b> Residencial, comercial ou pequenas indústrias	<b>Categoria C2</b> Comercial ou pequenas indústrias	<b>Categoria C3</b> Industrial	<b>Categoria C1</b> Residencial, comercial ou pequenas indústrias	<b>Categoria C2</b> Comercial ou pequenas indústrias	<b>Categoria C3</b> Industrial
FC 360	90–315 kW 380–480 V	Não	Não	150 m (492 pés)	Não	Não	Sim

### 7.13.3 Requisitos de emissão

De acordo com o padrão de produto EMC para conversores de velocidade ajustáveis EN/IEC 61800-3, os requisitos de EMC dependem do ambiente no qual o conversor está instalado. Esses ambientes, juntamente com os requisitos de alimentação de tensão de rede, são definidos na tabela a seguir.

Os conversores cumprem os requisitos de EMC descritos na categoria C3 da IEC/EN 61800-3 para equipamentos com um consumo de corrente por fase de mais de 100 A, instalados no segundo ambiente. O teste de conformidade é realizado com um cabo de motor blindado de 150 m (492 pés).

Tabela 19: Requisitos de emissão

Categoria (EN 61800-3)	Definição	Emissão conduzida (EN 55011)
C1	EUT de tensão de entrada nominal inferior a 1000 V, destinado para uso residencial, comercial ou pequenas indústrias.	Classe B
C2	EUT de tensão de entrada nominal inferior a 1000 V, não sendo um dispositivo plug-in ou móvel, e não destinado para uso residencial.	Classe A Grupo 1
C3	EUT de tensão de entrada nominal inferior a 1000 V, destinado para uso industrial, e não destinado para uso residencial, comercial ou pequenas indústrias.	Classe A Grupo 2
C4	EUT de tensão de entrada nominal igual ou superior a 1000 V, ou corrente nominal igual ou superior a 400 A, ou destinado para uso em sistemas complexos na indústria. Deve-se fazer um plano de EMC.	–

Os conversores não estão em conformidade com normas de emissão genéricas. Métodos adicionais, como filtros externos, devem ser usados para atender a normas de emissão genéricas.

Tabela 20: Limites da norma de emissão genérica

Ambiente	Norma genérica	Requisito de emissão conduzido de acordo com os limites da norma EN 55011
Primeiro ambiente (residencial e escritório)	Padrão de emissão EN/IEC 61000-6-3 para ambientes residenciais, comerciais e industriais leves.	Classe B
Segundo ambiente (ambiente industrial)	Padrão de emissão EN/IEC 61000-6-4 para ambientes industriais.	Grupo 1 Classe A

### 7.13.4 Requisitos de imunidade

Os requisitos de imunidade para conversores depende do ambiente de instalação. Os requisitos para ambiente industrial são mais rigorosos que os requisitos para ambientes residencial e de escritório. Todos os conversores Danfoss atendem aos requisitos para ambiente industrial e para residencial/escritório.

Para documentar a imunidade contra transientes de ruptura, os seguintes testes de imunidade foram realizados em um conversor (com opcionais, se relevante), um cabo de controle blindado e uma caixa de controle com potenciômetro, cabo de motor e motor. Os testes foram realizados de acordo com as seguintes normas básicas. Para obter mais detalhes, consulte a tabela a seguir.

- EN 61000-4-2 (IEC 61000-4-2): Descargas eletrostáticas (ESD): Simulação de descargas eletrostáticas causadas por seres humanos.
- EN 61000-4-3 (IEC 61000-4-3): Radiação de campo eletromagnético de incidência, simulação modulada em amplitude dos efeitos de radar, equipamentos de comunicação por rádio e equipamentos de comunicação móvel.
- EN 61000-4-4 (IEC 61000-4-4): Transiente por faísca elétrica: Simulação de interferência provocada pelo chaveamento de um contator, um relé ou dispositivos similares.
- EN 61000-4-5 (IEC 61000-4-5): Transientes de sobretensão: Simulação de transientes provocados por relâmpagos que atingem instalações próximas.
- EN 61000-4-6 (IEC 61000-4-6): Modo comum de RF: Simulação do efeito de equipamento de radiotransmissão, ligado aos cabos de conexão.

Tabela 21: Formulário de imunidade EMC, faixa de tensão: 380–480

Norma básica	Ruptura IEC 61000-4-4	Surto IEC 61000-4-5	ESD IEC 61000-4-2	Campo eletromagnético irradiado IEC 61000-4-3	Tensão do modo comum de RF IEC 61000-4-6
Critério de aceitação	B	B	B	A	A
Linha	4 kV CM	2 kV/2 Ω DM 4 kV/12 Ω CM	–	–	10 V <sub>RMS</sub>
Motor	4 kV CM	4 kV/2 Ω <sup>(1)</sup>	–	–	10 V <sub>RMS</sub>
Fiação de controle	2 kV CM	2 kV/2 Ω <sup>(1)</sup>	–	–	10 V <sub>RMS</sub>
Barramento padrão	2 kV CM	2 kV/2 Ω <sup>(1)</sup>	–	–	10 V <sub>RMS</sub>
Fiação de relé	2 kV CM	2 kV/2 Ω <sup>(1)</sup>	–	–	10 V <sub>RMS</sub>
Opcionais de aplicação/fieldbus	2 kV CM	2 kV/2 Ω <sup>(1)</sup>	–	–	10 V <sub>RMS</sub>
Cabo do LCP	2 kV CM	2 kV/2 Ω <sup>(1)</sup>	–	–	10 V <sub>RMS</sub>
24 V CC externa	2 kV CM	0.5 kV/2 Ω DM 1 kV/12 Ω CM	–	–	10 V <sub>RMS</sub>
Gabinete	–	–	8 kV AD 4 kV CD	10 V/m	–

1) Injeção na blindagem do cabo.

AD: descarga aérea; CD: descarga de contato; CM: modo comum; DM: modo diferencial.

### 7.13.5 Compatibilidade de EMC

#### AVISO

##### RESPONSABILIDADE DO OPERADOR

De acordo com a norma EN 61800-3 para sistemas de conversor de velocidade variável, o operador é responsável por assegurar a compatibilidade de EMC. Fabricantes podem oferecer soluções para operação em conformidade com a norma. Operadores são responsáveis por aplicar essas soluções e por arcar com os custos associados.

Há 2 opcionais para garantir a compatibilidade eletromagnética:

- Elimine ou minimize a interferência na fonte da interferência emitida.
- Aumente a imunidade à interferência em dispositivos afetados por essa recepção.

##### Filtros de RFI

O objetivo é obter sistemas que funcionem de forma estável sem interferência de radiofrequência entre os componentes. Para alcançar um alto nível de imunidade, use conversores com filtros de RFI de alta qualidade.

#### AVISO

##### INTERFERÊNCIA DE RÁDIO

Em um ambiente residencial este produto pode causar interferência nas frequências de rádio e, nesse caso, podem ser necessárias medidas de atenuação complementares.

##### Conformidade de isolamento galvânica e PELV

Todos os controles e terminais de relé dos conversores estão em conformidade com PELV (excluindo a haste Delta aterrada acima de 400 V).

A isolamento galvânica (assegurada) é obtida cumprindo os requisitos para maior isolamento e fornecendo as distâncias de fuga/desvio relevantes. Esses requisitos são descritos na norma EN 61800-5-1.

O isolamento elétrico é fornecido conforme mostrado (veja a ilustração a seguir). Os componentes descritos cumprem os requisitos de isolamento galvânica e PELV.

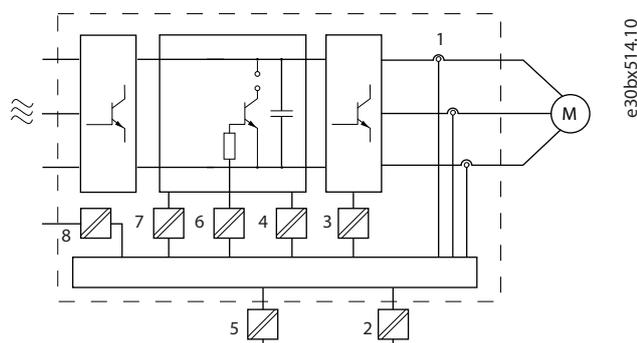


Figura 34: Isolação Galvânica

1	Transdutores de corrente	2	Isolação galvânica para a interface do barramento padrão RS485
3	Conversor do gate para os IGBTs	4	Alimentação (SMPS), incluindo o isolamento do sinal de V CC, indicando a tensão atual intermediária

5	Isolação galvânica para o opcional de backup de 24 V	6	Acoplador óptico, módulo de freio (opcional)
7	Inrush interna, RFI e circuitos de medição de temperatura	8	Relés do cliente

### 7.13.6 Instalação compatível com EMC

Para obter uma instalação compatível com EMC, siga as instruções fornecidas no guia de operação. Para obter um exemplo de instalação de EMC adequada, consulte a ilustração a seguir.

#### AVISO

##### EXTREMIDADES DA BLINDAGEM TORCIDAS (RABICHOS)

As extremidades de blindagem torcidas aumentam a impedância da blindagem em frequências mais altas, o que reduz o efeito da blindagem e aumenta a corrente de fuga. Evite blindagens torcidas quando usar braçadeiras de blindagem integradas.

- Para uso com relés, cabos de controle, uma interface de sinal, fieldbus ou freio, conecte a blindagem ao gabinete nas duas extremidades. Se o percurso de terra tiver uma alta impedância, for ruidoso ou estiver transportando corrente, quebre a conexão de blindagem em uma extremidade para evitar malhas de corrente de terra.
- Coloque as correntes de volta na unidade usando uma placa de montagem metálica. Garanta um bom contato elétrico da placa de montagem com os parafusos de montagem até o chassi do conversor.
- Use cabos blindados para os cabos de saída do motor. Uma alternativa são os cabos de motor não blindados com conduítes metálicos.

#### AVISO

##### CABOS BLINDADOS

Se não forem utilizados cabos blindados ou conduítes metálicos, a unidade e a instalação não atendem aos limites regulatórios para os níveis de emissão de radiofrequência (RF).

- Certifique-se de que os cabos de motor e do freio sejam o mais curto possível para reduzir o nível de interferência de todo o sistema.
- Evite colocar cabos com nível de sinal sensível junto com os cabos do motor e do freio.
- Para linhas de comunicação e comando/controle, siga os padrões de protocolo de comunicação específicos. Por exemplo, o USB deve usar cabos blindados, mas RS485/Ethernet pode usar cabos UTP blindados ou UTP não blindados.
- Garanta que todas as conexões dos terminais de controle sejam PELV.

#### AVISO

##### INTERFERÊNCIA DE EMC

Use cabos blindados para a fiação do motor e de controle. Separe os cabos de entrada da rede elétrica, do motor e de controle, uns dos outros. A falta de isolamento destes cabos pode resultar em comportamento não intencional ou desempenho reduzido. É necessária uma distância mínima de 200 mm (7,9 pol.) entre os cabos de entrada da rede elétrica, do motor e de controle.

#### AVISO

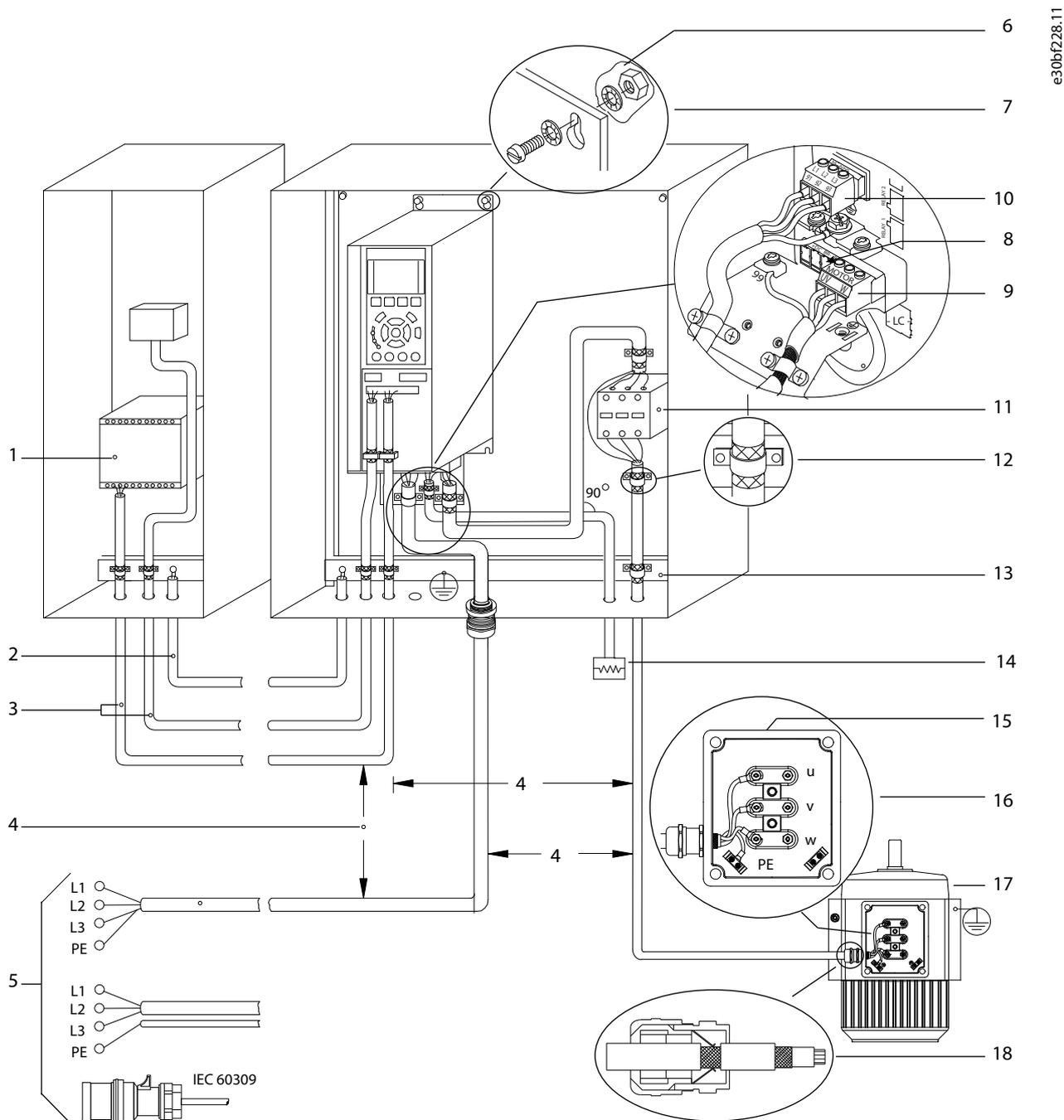
##### INSTALAÇÃO EM ALTITUDES ELEVADAS

Há risco de sobretensão. O isolamento entre componentes e peças críticas pode ser insuficiente e não estar em conformidade com os requisitos PELV. Reduza o risco de sobretensão usando dispositivos de proteção externos ou isolação galvânica.

- Para instalações em altitudes acima de 2.000 m (6.500 pés), entre em contato com a Danfoss quanto à conformidade com PELV.

**AVISO**
**CONFORMIDADE COM PELV**

Evite choques elétricos usando a alimentação de energia elétrica de Tensão Extra Baixa Protetiva (PELV) e cumprindo as normas de PELV locais e nacionais.



e30bf228.11

**Figura 35: Exemplo de instalação de EMC correta**

1	PLC	2	Cabo de equalização mínimo de 16 mm <sup>2</sup> (6 AWG)
3	Cabos de controle	4	Espaçamento mínimo de 200 mm (7,9 pol.) entre cabos de controle, cabos de motor e cabos de rede elétrica.

5	Alimentação de rede elétrica	6	Superfície exposta (não pintada)
7	Arruelas tipo estrela	8	Cabo do freio (blindado)
9	Cabo de motor (blindado)	10	Cabo de rede elétrica (blindado)
11	Contator de saída	12	Isolamento do cabo descascado
13	Barramento do ponto de aterramento comum. Siga as exigências locais e nacionais para o aterramento do painel elétrico.	14	Resistor de frenagem
15	Caixa metálica	16	Conexão para o motor
17	Motor	18	Bucha de cabo de EMC

## 7.14 Harmônicas

### 7.14.1 Visão geral das harmônicas

Cargas não lineares, como as encontradas com os conversores, não puxam corrente de maneira uniforme da rede elétrica. Essa corrente não senoidal possui componentes que são múltiplos da frequência básica da corrente. Esses componentes são chamados de harmônicas. É importante controlar a distorção harmônica total na alimentação de rede elétrica. Embora as correntes harmônicas não afetem diretamente o consumo de energia elétrica, geram calor na fiação e nos transformadores que podem afetar outros dispositivos na mesma rede elétrica.

### 7.14.2 Análise de harmônicas

Como as harmônicas aumentam as perdas de calor, é importante projetar sistemas com as harmônicas em mente para evitar a sobrecarga do transformador, dos indutores e da fiação. Quando necessário, realize uma análise das harmônicas do sistema para determinar os efeitos sobre o equipamento.

Uma corrente não senoidal é transformada com uma análise da série de Fourier em correntes de ondas senoidais de diversas frequências; ou seja, diversas correntes harmônicas  $I_n$  com 50 Hz ou 60 Hz como a frequência básica.

Tabela 22: Abreviações relacionadas a harmônicas

Abreviações	Descrição
$f_1$	Frequência básica (50 Hz ou 60 Hz).
$I_1$	Corrente na frequência básica.
$U_1$	Tensão na frequência básica.
$I_n$	Corrente na enésima frequência harmônica.
$U_n$	Tensão na enésima frequência harmônica.
$n$	Ordem de harmônicas.

Tabela 23: Correntes básicas e correntes harmônicas

	Corrente básica ( $I_1$ )	Correntes harmônicas ( $I_n$ )		
Corrente	$I_1$	$I_5$	$I_7$	$I_{11}$
Frequência	50 Hz	250 Hz	350 Hz	550 Hz

Tabela 24: Correntes harmônicas vs. Corrente de entrada RMS

Corrente	Corrente harmônica				
	$I_{RMS}$	$I_1$	$I_5$	$I_7$	$I_{11-49}$
Corrente de entrada	1,0	0,9	0,5	0,2	<0,1

A distorção na tensão de alimentação de rede elétrica depende da amplitude das correntes harmônicas, multiplicada pela impedância de rede elétrica, para a frequência em questão. A distorção de tensão total (THDi) é calculada com base nas harmônicas de tensão individuais usando a seguinte fórmula:

$$THDi = \frac{\sqrt{U_{25}^2 + U_{27}^2 + \dots + U_{2n}^2}}{U}$$

### 7.1.4.3 Efeito das harmônicas em um sistema de distribuição de energia

Na ilustração a seguir, um transformador está conectado no lado primário a um ponto de acoplamento comum PCC1, na alimentação de tensão média. O transformador tem uma impedância  $Z_{xfr}$  e alimenta diversas cargas. O ponto de acoplamento comum em que todas as cargas são conectadas é o PCC2. Cada carga é conectada através de cabos com impedâncias  $Z_1, Z_2, Z_3$ .

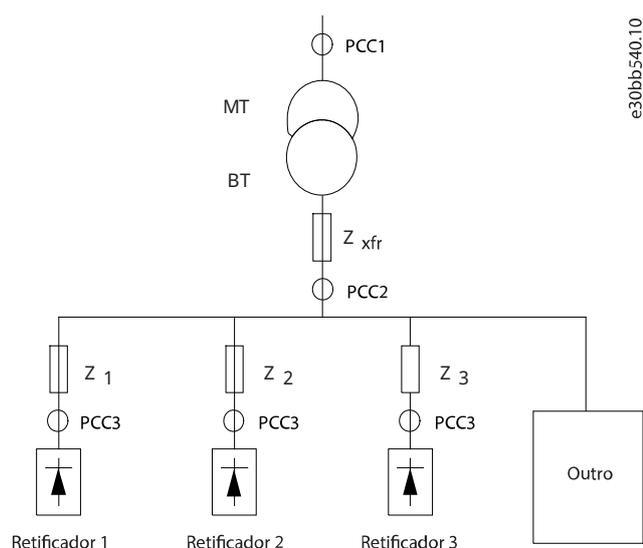


Figura 36: Sistema de distribuição pequeno

<b>PCC</b>	Ponto de acoplamento comum	<b>MT</b>	Tensão média
<b>BT</b>	Baixa tensão	$Z_{xfr}$	Impedância do transformador
$Z_{\#}$	Modelagem da resistência e indutância na fiação		

Correntes harmônicas produzidas por cargas não lineares causam a distorção da tensão devido à queda de tensão nas impedâncias do sistema de distribuição. Impedâncias mais altas resultam em níveis mais altos de distorção da tensão.

A distorção de corrente está relacionada ao desempenho dos aparelhos e este à carga individual. A distorção de tensão está relacionada ao desempenho do sistema. Não é possível determinar a distorção de tensão no PCC conhecendo somente o desempenho harmônico da carga. Para prever a distorção no PCC, a configuração do sistema de distribuição e as impedâncias relevantes devem ser conhecidas.

Um termo comumente usado para descrever a impedância de uma grade é a relação de curto-circuito  $R_{scc}$ , onde  $R_{scc}$  é definido como a relação entre a potência aparente de curto-circuito da alimentação no PCC ( $S_{sc}$ ) e a potência aparente nominal da carga.

$$(S_{\text{equ}})_{R_{\text{Sce}}} = \frac{S_{\text{Sc}}}{S_{\text{equ}}}$$

em que  $S_{\text{Sc}} = \frac{U^2}{Z_{\text{supply}}}$  e  $S_{\text{equ}} = U \times I_{\text{equ}}$ .

### Efeitos negativos das harmônicas

- As correntes harmônicas contribuem para as perdas do sistema (no transformador e cabeamento).
- A distorção de tensão harmônica causa distúrbios em outras cargas e aumenta as perdas em outras cargas.

### 7.14.4 Normas IEC para harmônicas

Na maior parte da Europa, a base para a avaliação objetiva da qualidade da energia da rede elétrica é a Lei de Compatibilidade Electromagnética de Dispositivos (EMVG). O cumprimento desta regulamentação garante que todos os dispositivos e redes conectados a sistemas de distribuição elétrica atinjam o propósito pretendido sem gerar problemas.

Tabela 25: Normas de design EN para qualidade da rede elétrica

Padrão	Definição
EN 61000-2-2, EN 61000-2-4, EN 50160	Define os limites da tensão de rede exigidos para redes elétricas públicas e industriais.
EN 61000-3-2, EN 61000-3-12	Regula a interferência de rede elétrica gerada por dispositivos conectados em produtos de corrente mais baixa.
EN 50178	Monitora equipamentos eletrônicos para uso em instalações elétricas.

Existem 2 normas europeias que abordam as harmônicas na faixa de frequência de 0 a 9 kHz:

#### EN 61000-2-2 (Níveis de compatibilidade para distúrbios condutores de baixa frequência e sinalização em sistemas públicos de alimentação de baixa tensão)

A norma EN 61000-2-2 estabelece os requisitos para níveis de compatibilidade para PCC (ponto de acoplamento comum) de sistemas de CA de baixa tensão em uma rede pública de abastecimento. Os limites são especificados apenas para a tensão de harmônicas e a distorção de harmônicas total da tensão. A norma EN 61000-2-2 não define limites para correntes harmônicas. Em situações em que a distorção harmônica total THD (V) é igual a 8%, os limites PCC são idênticos aos limites especificados na EN 61000-2-4 Classe 2.

#### EN 61000-2-4 (Níveis de compatibilidade para distúrbios conduzidos de baixa frequência e sinalização em plantas industriais)

A norma EN 61000-2-4 declara os requisitos para os níveis de compatibilidade em redes privadas e industriais. A norma define ainda as seguintes 3 classes de ambientes eletromagnéticos:

- A classe 1 refere-se a níveis de compatibilidade que são menores que a rede pública de abastecimento, que afeta equipamentos sensíveis a distúrbios (equipamentos de laboratório, alguns equipamentos de automação e certos dispositivos de proteção).
- A classe 2 refere-se a níveis de compatibilidade que são iguais à rede pública de abastecimento. A classe se aplica a PCCs na rede pública de abastecimento e a IPCs (pontos internos de acoplamento) em redes industriais ou outras redes privadas de abastecimento. Todo equipamento projetado para operação em uma rede pública de abastecimento é permitido nesta classe.
- A classe 3 refere-se a níveis de compatibilidade superiores à rede pública de abastecimento. Esta classe se aplica somente a IPCs em ambiente industrial. Use esta classe onde os seguintes equipamentos são encontrados:
  - Conversores grandes.
  - Máquinas de solda.
  - Motores grandes com partida frequente.
  - Rápida variação de cargas.

Tipicamente, uma classe não pode ser definida antecipadamente sem considerar o equipamento e os processos pretendidos a serem usados no ambiente. Os conversores respeitam os limites da Classe 3 sob condições típicas do sistema de alimentação ( $R_{SC} > 10$  ou  $V_k$  Line  $< 10\%$ ).

**Tabela 26: Níveis de compatibilidade das harmônicas**

Ordem de harmônicas (h)	Classe 1 ( $V_h\%$ )	Classe 2 ( $V_h\%$ )	Classe 3 ( $V_h\%$ )
5	3	6	8
7	3	5	7
11	3	3,5	5
13	3	3	4,5
17	2	2	4
$17fh \leq 49$	$2,27 \times (17/h) - 0,27$	$2,27 \times (17/h) - 0,27$	$4,5 \times (17/h) - 0,5$

**Tabela 27: Níveis de compatibilidade para distorção de tensão harmônica total THDv**

	Classe 1	Classe 2	Classe 3
THDv	5%	8%	10%

### 7.14.5 Conformidade de harmônicas

Os conversores Danfoss estão em conformidade com as seguintes normas:

- IEC61000-2-4.
- IEC61000-3-4.
- G5/4.

## 8 Princípios básicos de operação de um conversor

### 8.1 Introdução

Este capítulo fornece uma visão geral dos principais conjuntos e circuitos de um drive Danfoss. Ele descreve as funções internas elétricas e de processamento de sinais. Também está incluída uma descrição da estrutura de controle interna.

### 8.2 Descrição da operação

Um conversor é um controlador eletrônico que fornece uma quantidade regulada de potência CA para um motor indutivo trifásico. Ao fornecer frequência variável e tensão ao motor, o conversor varia a velocidade do motor ou mantém uma velocidade constante à medida que a carga no motor muda. Além disso, o conversor pode parar e ligar um motor sem o estresse mecânico associado a uma partida de linha.

Em sua forma básica, o conversor pode ser dividido nas seguintes 4 áreas principais:

#### Retificador

O retificador consiste em SCRs ou diodos que convertem a tensão CA trifásica para tensão CC pulsante.

#### Barramento CC (bus CC)

O barramento CC consiste em indutores e bancos de capacitores que estabilizam a tensão CC pulsante.

#### Inversor

O inversor usa IGBTs para converter a tensão CC em tensão variável e frequência variável CA.

#### Controle

A área de controle consiste em software que opera o hardware para produzir a tensão variável que controla e regula o motor CA.

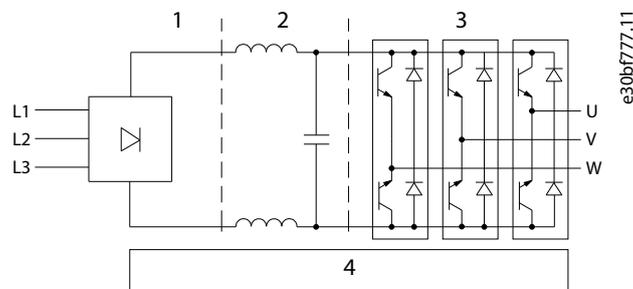


Figura 37: Processamento interno

1	Retificador (SCR/diodos)	2	Barramento CC (bus CC)
3	Inversor (IGBTs)	4	Controle

### 8.3 Controles do conversor

#### 8.3.1 Visão geral dos controles do conversor

Os seguintes processos são utilizados para controlar e regular o motor:

- Tratamento das referências.
- Tratamento de feedback.

- Estrutura de controle definida pelo usuário.
  - Modo de malha aberta/malha fechada.
  - Controle do motor (velocidade, torque ou processo).
- Algoritmos de controle (VVC+, Fluxo Sensorless e fluxo com feedback de motor).

## 8.3.2 Tratamento das referências

### 8.3.2.1 Referências local e remota

#### Referência local

A referência local está ativa quando o conversor é operado com *[Hand On]* ativo. Ajuste a referência usando as teclas *para cima*, *para baixo*, *para a direita* e *[Back]*.

#### Referência remota

O sistema de tratamento de referência para calcular a referência remota é mostrado na [Figura 38](#).

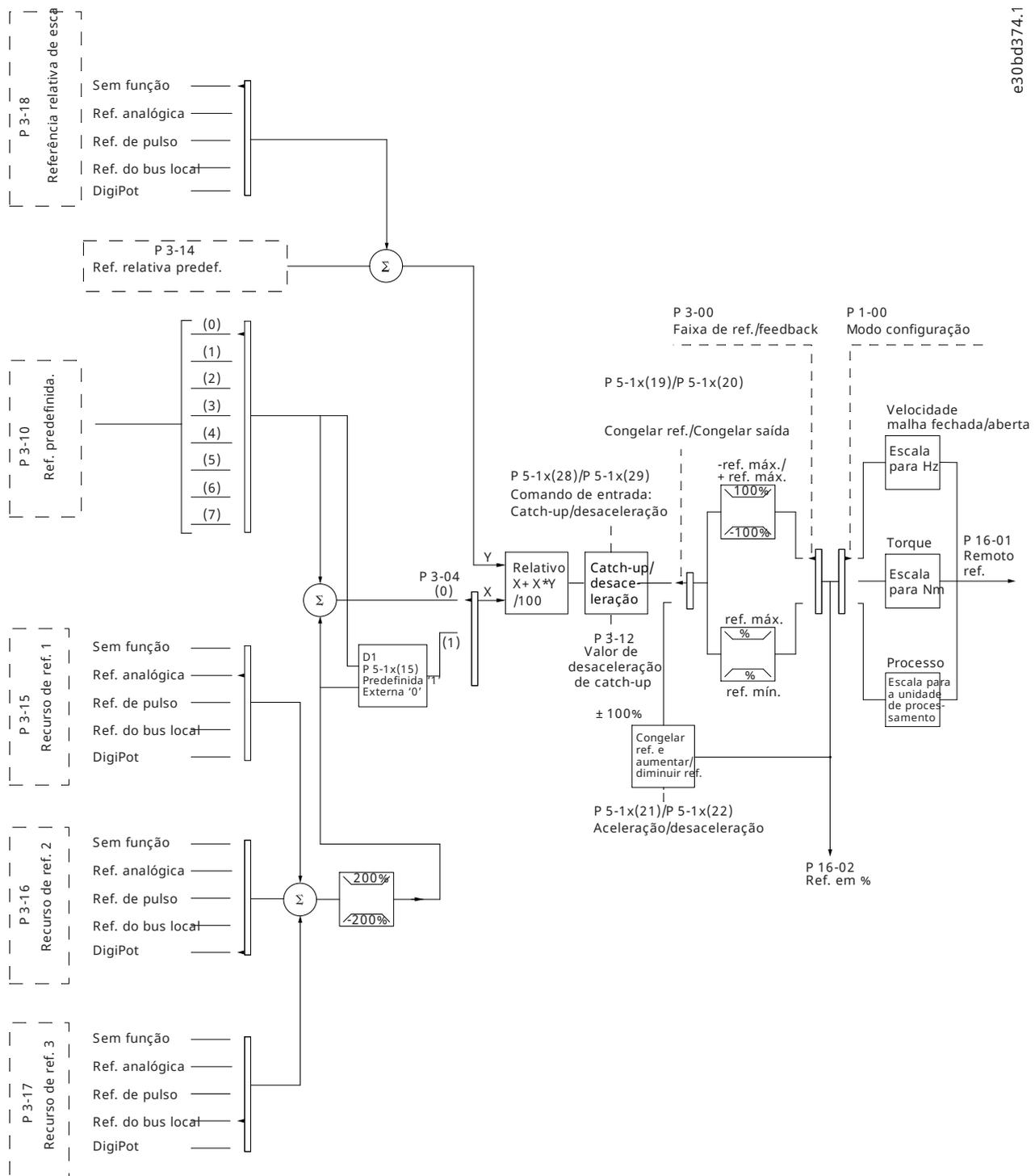


Figura 38: Referência remota

A referência remota é calculada uma vez em cada intervalo de varredura e inicialmente consiste em dois tipos de entradas de referência:

1. X (a referência externa): Uma soma (consulte o **parâmetro 3-04 Função de Referência**) de até quatro referências selecionadas externamente, composta de qualquer combinação (determinada pela programação do **parâmetro 3-15 Fonte da Referência 1**, do **parâmetro 3-16 Fonte da Referência 2** e do **parâmetro 3-17 Fonte da Referência 3**) de uma referência predefinida fixa (**parâmetro 3-10 Referência Predefinida**), referências analógicas variáveis, referências de pulso digital variáveis e várias referências de fieldbus em qualquer unidade que o conversor esteja monitorando ([Hz], [RPM], [Nm] etc.).

- Y (a referência relativa): Uma soma de 1 referência predefinida fixa (**parâmetro 3-14 Referência Relativa Predefinida**) e 1 referência analógica variável (**parâmetro 3-18 Recurso de Referência de Escala Relativa**) em [%].

Os dois tipos de entradas de referência são combinados na seguinte fórmula:

$$\text{Referência remota} = X + X \cdot Y / 100\%$$

Se a referência relativa não for usada, programe o **parâmetro 3-18 Recurso de Referência de Escala Relativa** para [0] *Sem função* e o **parâmetro 3-14 Referência Relativa Predefinida** para 0%. As entradas digitais no conversor podem ativar a função catch-up/slow down e a função de referência de congelamento. As funções e os parâmetros estão descritos no guia de programação.

A escala das referências analógicas é descrita no **grupo do parâmetro 6-1\* Entrada Analógica 53** e no **grupo do parâmetro 6-2\* Entrada Analógica 54**, e a escala das referências de pulso digital é descrita no **grupo do parâmetro 5-5\* Entrada de Pulso**.

Os limites e intervalos de referência são programados no **grupo do parâmetro 3-0\* Limites de Referência**.

### 8.3.2.2 Limites de referência

O **parâmetro 3-00 Intervalo de Referência**, o **parâmetro 3-02 Referência Mínima** e o **parâmetro 3-03 Referência Máxima** definem o intervalo permitido da soma de todas as referências. A soma de todas as referências é fixada quando necessário. A relação entre a referência resultante (após a fixação) e a soma de todas as referências é mostrada nas ilustrações a seguir.

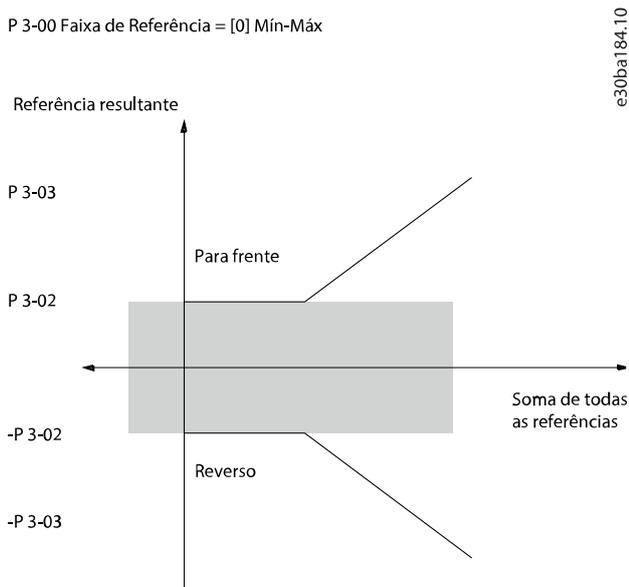


Figura 39: Soma de todas as referências quando a faixa de referência é programada como 0

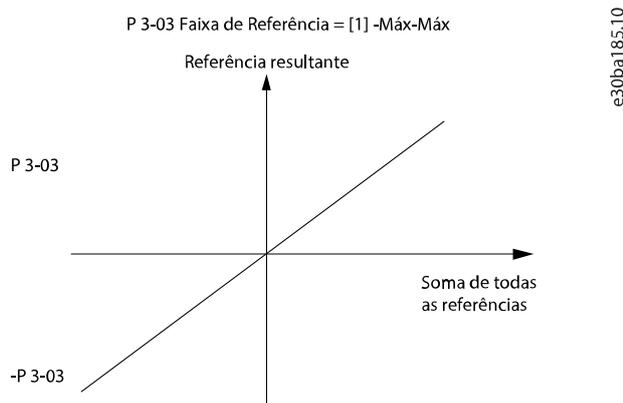


Figura 40: Soma de todas as referências quando a faixa de referência é programada para 1

O valor do **parâmetro 3-02 Referência Mínima** não pode ser programado para um valor menor que zero, a menos que o **parâmetro 1-00 Modo Configuração** esteja programado para [3] Processo. Nesse caso, as seguintes relações entre a referência resultante (após a fixação) e a soma de todas as referências são mostradas em [Figura 41](#).

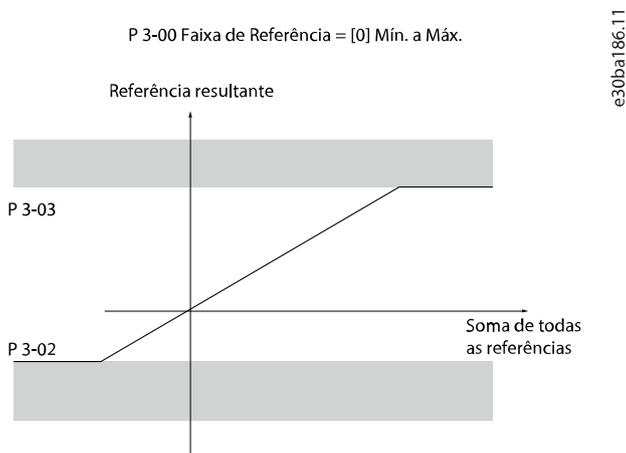


Figura 41: Soma de todas as referências quando a faixa mínima é definida como um valor de menos

### 8.3.2.3 Graduação das referências predefinidas e das referências de barramento

As referências predefinidas são graduadas de acordo com as regras seguintes:

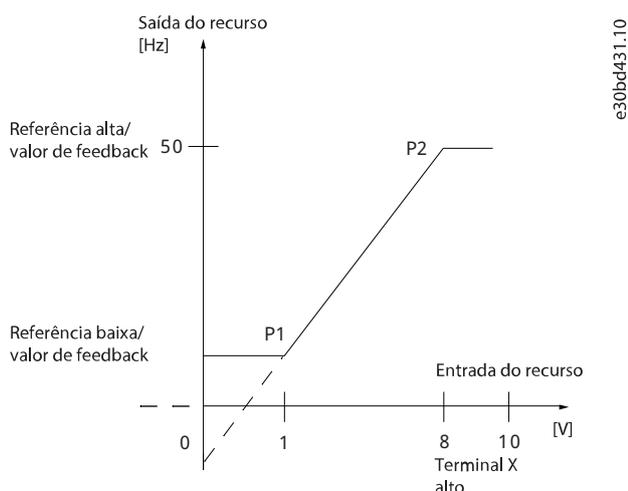
- Quando o **parâmetro 3-00 Faixa de Referência** estiver programado para [0] *Mín-Máx*, uma referência de 0% é igual a 0 [unidade] onde a unidade pode ser qualquer unidade, por exemplo, RPM, m/s e bar. Uma referência de 100% é igual ao valor máximo (valor absoluto do **parâmetro 3-03 Referência Máxima**, valor absoluto do **parâmetro 3-02 Referência Mínima**).
- Quando o **parâmetro 3-00 Faixa de Referência** estiver programado para [1] *-Máx-+Máx*, uma referência de 0% é igual a 0 [unidade], e uma referência de 100% é igual à referência máxima.

As referências de barramento são graduadas de acordo com as regras seguintes:

- Quando o **parâmetro 3-00 Faixa de Referência** estiver programado para [0] *Mín-Máx*, uma referência de 0% é igual à referência mínima, e uma referência de 100% é igual à referência máxima.
- Quando o **parâmetro Faixa de Referência** estiver programado para [1] *-Máx-+Máx*, uma referência de -100% é igual à referência máxima, e uma referência de 100% é igual à referência máxima.

### 8.3.2.4 Escalonamento de referência de pulso e analógica e feedback

As referências e o feedback são graduados a partir das entradas analógica e de pulso, da mesma maneira. A única diferença é que uma referência acima ou abaixo dos pontos finais mínimo e máximo especificados (P1 e P2 na ilustração a seguir) são fixadas, enquanto um feedback acima ou abaixo não é.


**Figura 42: Pontos finais mínimo e máximo**

Os pontos finais P1 e P2 são definidos na tabela a seguir dependendo da escolha de entrada.

**Tabela 28: Pontos finais P1 e P2**

Entrada	Analogico 53 modo de tensão	Analogico 53 modo de corrente	Analogico 54 modo de tensão	Analogico 54 modo de corrente	Entrada de pulso 29	Entrada de pulso 33
P1=(valor de entrada mínimo, valor de referência mínima)						
Valor de refer- ência mínima	<i>Parâmetro 6-14 Terminal 53 Valor Baixo Ref./ Feedback</i>	<i>Parâmetro 6-14 Terminal 53 Valor Baixo Ref./ Feedback</i>	<i>Parâmetro 6-24 Terminal 54 Valor Baixo Ref./ Feedback</i>	<i>Parâmetro 6-24 Terminal 54 Valor Baixo Ref./ Feedback</i>	<i>Parâmetro 5-52 Term. 29 Valor Baixo Ref./ Feedback</i>	<i>Parâmetro 5-57 Terminal 33 Valor Baixo Ref./ Feedback</i>
Valor de entrada mínimo	<i>Parâmetro 6-10 Terminal 53 Baixa Tensão [V]</i>	<i>Parâmetro 6-12 Terminal 53 Corrente Baixa [mA]</i>	<i>Parâmetro 6-20 Terminal 54 Baixa Tensão [V]</i>	<i>Parâmetro 6-22 Terminal 54 Corrente Baixa [mA]</i>	<i>Parâmetro 5-50 Terminal 29 Baixa Frequência [Hz]</i>	<i>Parâmetro 5-55 Terminal 33 Baixa Frequência [Hz]</i>
P2=(valor de entrada máximo, valor de referência máxima)						
Valor de refer- ência máxima	<i>Parâmetro 6-15 Terminal 53 Valor de Ref./ Feedb. Ref./ Feedback</i>	<i>Parâmetro 6-15 Terminal 53 Valor de Ref./ Feedb. Ref./ Feedback</i>	<i>Parâmetro 6-25 Terminal 54 Valor de Ref./ Feedb. Ref./ Feedback</i>	<i>Parâmetro 6-25 Terminal 54 Valor de Ref./ Feedb. Ref./ Feedback</i>	<i>Parâmetro 5-53 Term. 29 Valor Alto Ref./ Feedback</i>	<i>Parâmetro 5-58 Terminal 33 Valor Alto Ref./ Feedback</i>
Valor de entrada máximo	<i>Parâmetro 6-11 Terminal 53 Alta Tensão [V]</i>	<i>Parâmetro 6-13 Terminal 53 Corrente Alta [mA]</i>	<i>Parâmetro 6-21 Terminal 54 Alta Tensão [V]</i>	<i>Parâmetro 6-23 Terminal 54 Corrente Alta [mA]</i>	<i>Parâmetro 5-51 Terminal 29 Alta Frequência [Hz]</i>	<i>Parâmetro 5-56 Terminal 33 Alta Frequência [Hz]</i>

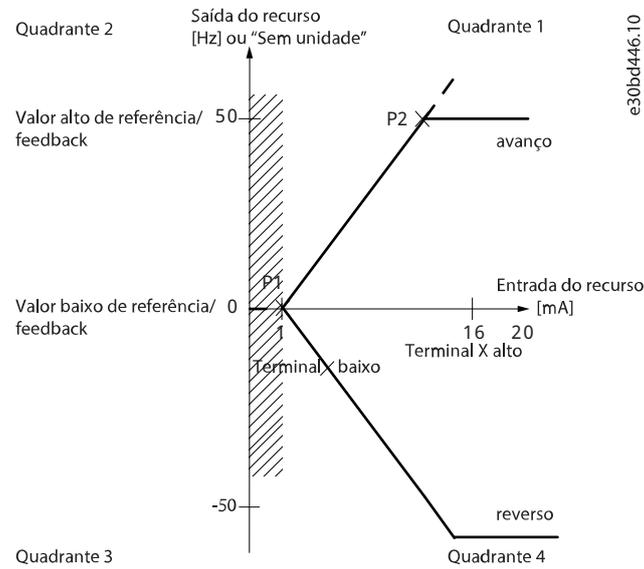
### 8.3.2.5 Banda morta em torno de zero

Às vezes, a referência (em casos raros, também o feedback) deve ter uma banda morta em torno de 0 para garantir que a máquina seja parada quando a referência estiver próxima de 0.

Para tornar a banda morta ativa e definir a quantidade de banda morta, faça o seguinte:

- Defina o valor de referência mínima ou o valor de referência máxima em 0. Em outras palavras, P1 ou P2 devem estar no eixo X em [Figura 43](#).
- Certifique-se de que os dois pontos que definem o gráfico em escala estejam no mesmo quadrante.

P1 ou P2 define o tamanho da banda morta como mostrado em [Figura 43](#).



**Figura 43: Tamanho da banda morta**

**Caso-exemplo 1: Referência positiva com banda morta, entrada digital para acionamento reverso, parte I**

[Figura 44](#) mostra como a entrada de referência com limites dentro dos mínimos aos máximos de fixação.

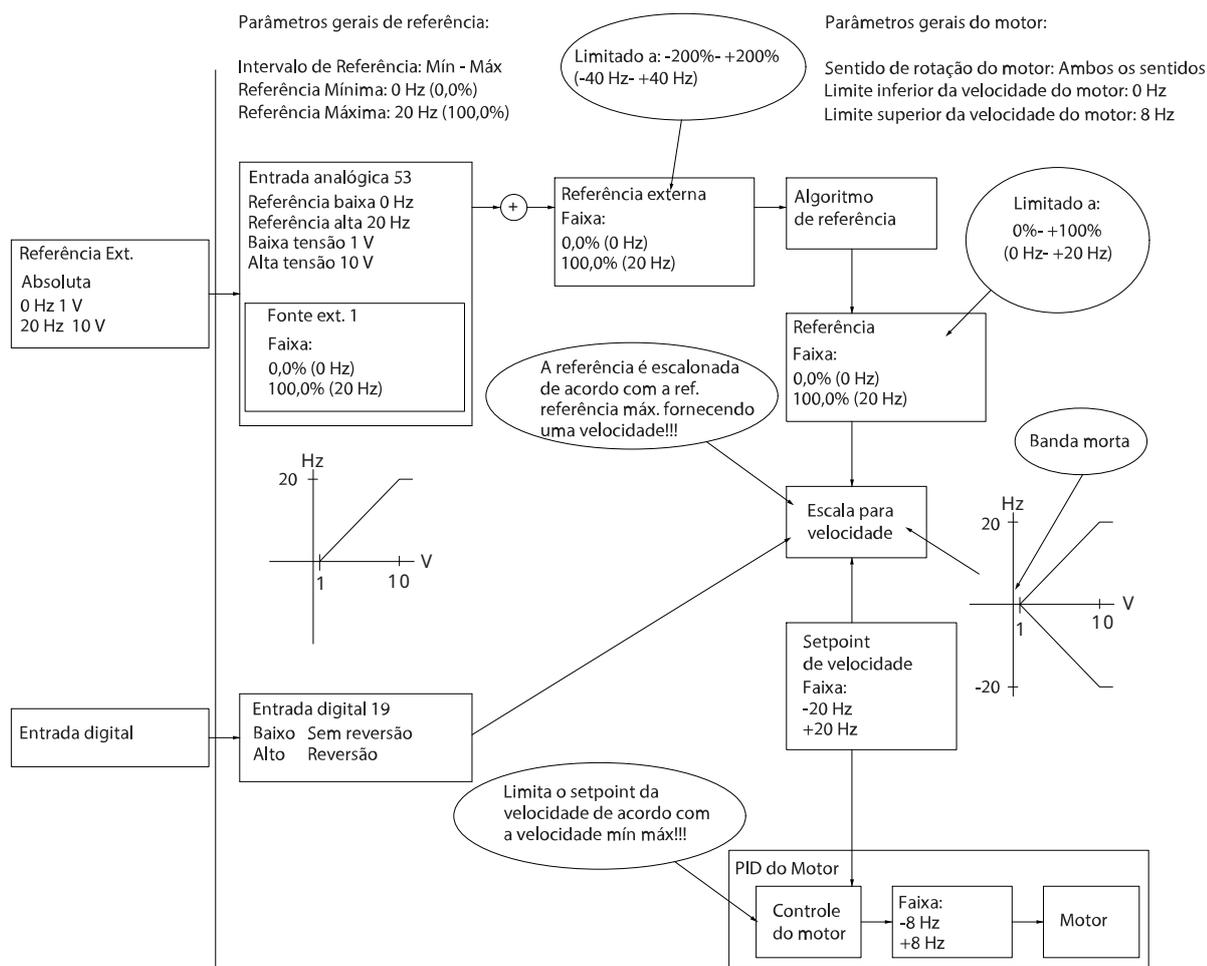


Figura 44: Fixação da entrada de referência com limites dentro do mínimo ao máximo

**Caso-exemplo 2: Referência positiva com banda morta, entrada digital para acionamento reverso, parte II**

Figura 45 mostra como a entrada de referência com limites externos -máximo a +máximo se limita aos limites de entrada baixo e alto antes de adicionar à referência externa, e como a referência externa é fixada em -máximo a +máximo pelo algoritmo de referência.

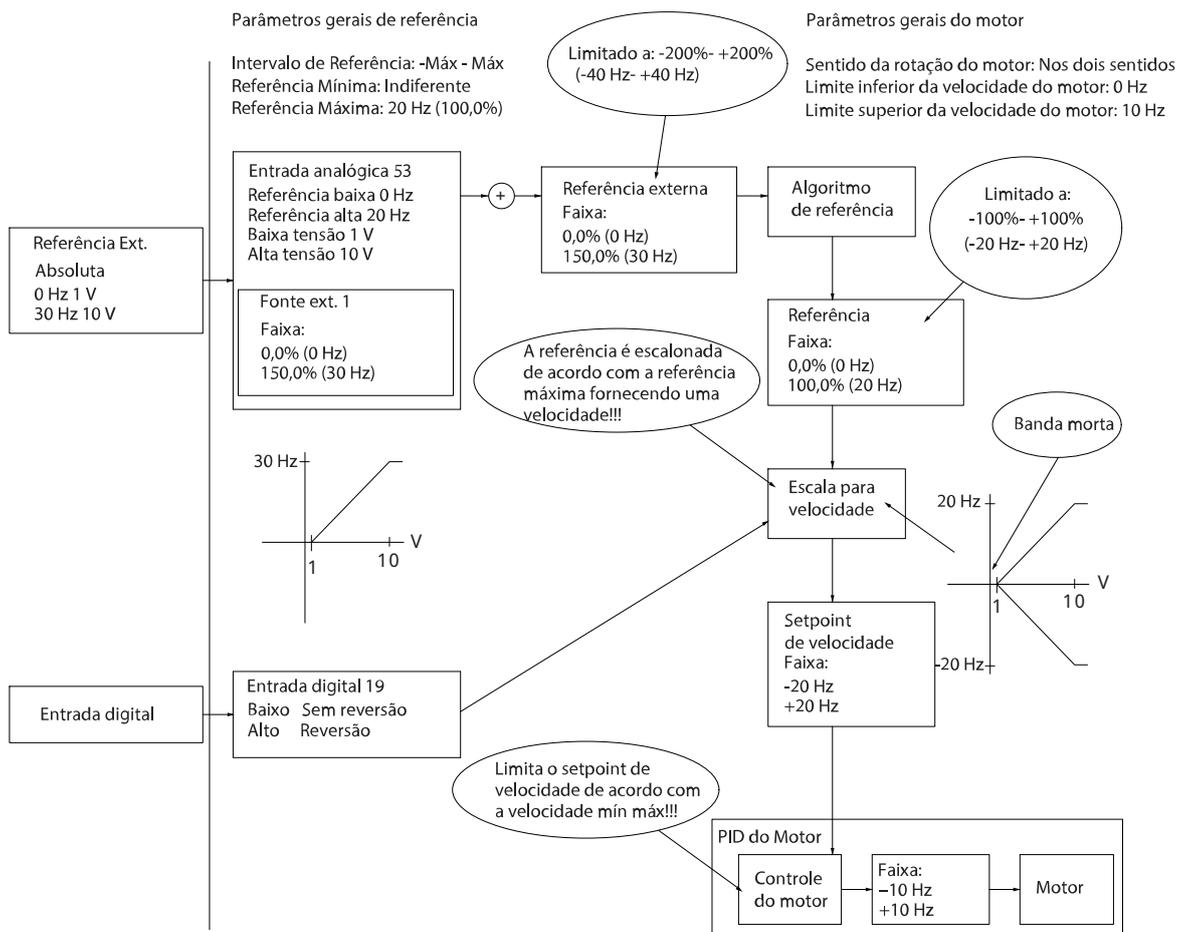


Figura 45: Fixação da entrada de referência com limites fora -Máximo a +Máximo

### 8.3.3 Estruturas de controle

#### 8.3.3.1 Princípio de controle

Um conversor retifica a tensão CA da rede elétrica para tensão CC. Em seguida, a tensão CC é convertida em uma corrente CA com amplitude e frequência variáveis.

O motor é fornecido com tensão/corrente e frequência variáveis, permitindo o controle de velocidade variável de motores trifásicos padrão CA e motores síncronos de ímã permanente.

#### 8.3.3.2 Modos de controle

O conversor é capaz de controlar a velocidade ou o torque no eixo do motor. A programação do **parâmetro 1-00 Modo Configuração** determina o tipo de controle.

#### Controle da velocidade

Existem dois tipos de controle de velocidade:

- Controle de velocidade de malha aberta, que não requer nenhum feedback do motor (sem sensor).
- Controle do PID de malha fechada de velocidade, que requer um feedback de velocidade para uma entrada. Um controle em malha fechada de velocidade otimizado corretamente tem maior precisão do que um controle em malha aberta de velocidade.

Selecione qual entrada usar como feedback do PID de velocidade no **parâmetro 7-00 Fonte do Feedb. do PID de Veloc.**

#### Controle de torque

A função de controle de torque é usada em aplicações em que o torque no eixo de saída do motor está controlando a aplicação como controle de tensão. O controle de torque pode ser em malha aberta de torque VVV+ em fluxo sensorless ou em malha fechada de controle de fluxo. O melhor desempenho é com malha fechada de fluxo, especialmente perto de velocidade zero. O controle de torque pode ser selecionado no **parâmetro 1-00 Modo Configuração**. A configuração de torque é feita configurando uma referência de controle analógica, digital ou por barramento. Ao executar o controle de torque, recomenda-se executar um procedimento AMA completo, porque os dados corretos do motor são importantes para alcançar o desempenho ideal.

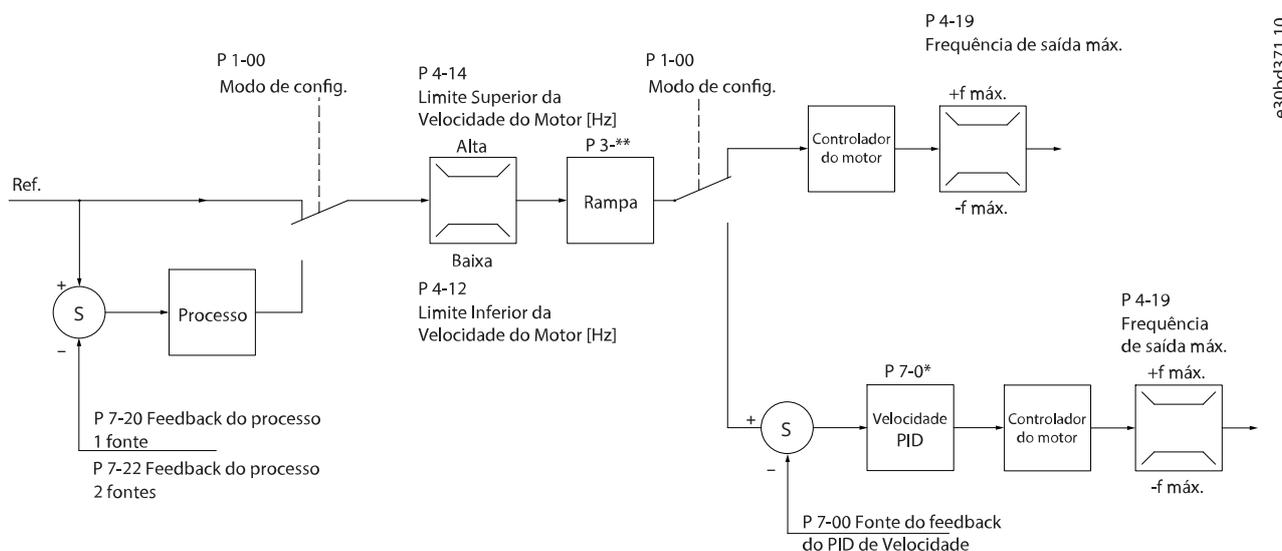
- Malha fechada no modo VVC+. Esta função é usada em aplicações com variação dinâmica baixa a média do eixo, e oferece excelente desempenho em todos os 4 quadrantes e em todas as velocidades do motor. O sinal de feedback de velocidade é obrigatório. Recomenda-se usar a placa opcional MCB102. Garanta que a resolução do encoder seja de pelo menos 1024 PPR, e que o cabo de blindagem do encoder esteja bem-aterrado, porque a precisão do sinal de feedback de velocidade é importante. Ajuste o **parâmetro 7-06 Tempo do Filtro Passabaixa do PID de Velocidade** para obter o melhor sinal de feedback de velocidade.
- Malha aberta no modo VVC+. A função é usada em aplicações mecanicamente robustas, mas a precisão é limitada. A função de torque de malha aberta funciona para duas direções. O torque é calculado com base na medição da corrente interna do conversor.

### Referência de velocidade/torque

A referência a esses controles pode ser uma única referência ou a soma de várias referências, incluindo referências relativamente escalonadas. O tratamento das referências é explicado em detalhes no capítulo *Tratamento das referências*.

## 8.3.4 Processamento de controle

### 8.3.4.1 Estrutura de controle em VVC+



e30bd371.10

Figura 46: Estrutura de controle em configurações de malha fechada e configurações de malha aberta VVC+

Na configuração mostrada em [Figura 46](#), o **parâmetro 1-01 Princípio de Controle do Motor** está programado para [1] VVC+ e o **parâmetro 1-00 Modo Configuração** está programado para [0] Malha aberta veloc.. A referência resultante do sistema de tratamento de referências é recebida e alimentada por meio da limitação de rampa e da limitação de velocidade, antes de ser enviada para o controle do motor. A saída do controle do motor fica então restrita pelo limite de frequência máxima.

Se o **parâmetro 1-00 Modo Configuração** estiver programado para [1] Malha fech. veloc., a referência resultante é passada da limitação de rampa e da limitação de velocidade para um controle do PID de velocidade. Os parâmetros de controle do PID de velocidade estão no **grupo do parâmetro 7-0\* Ctrl. do PID de Velocidade**. A referência resultante do controle de PID de velocidade é enviada ao controle do motor, limitada pelo limite de frequência.

Selecione [3] **Processo** no **parâmetro 1-00 Modo Configuração** para utilizar o controle do PID de processo para o controle de malha fechada da velocidade ou da pressão na aplicação controlada. Os parâmetros do PID de processo estão nos grupos do parâmetro **7-2\* Feedb Ctrl. Processo** e nos **grupos do parâmetro 7-3\* Ctrl. PID Processos**

### 8.3.4.2 Estrutura de controle no Fluxo Sensorless

Estrutura de controle nas configurações de malha aberta e malha fechada do Fluxo Sensorless.

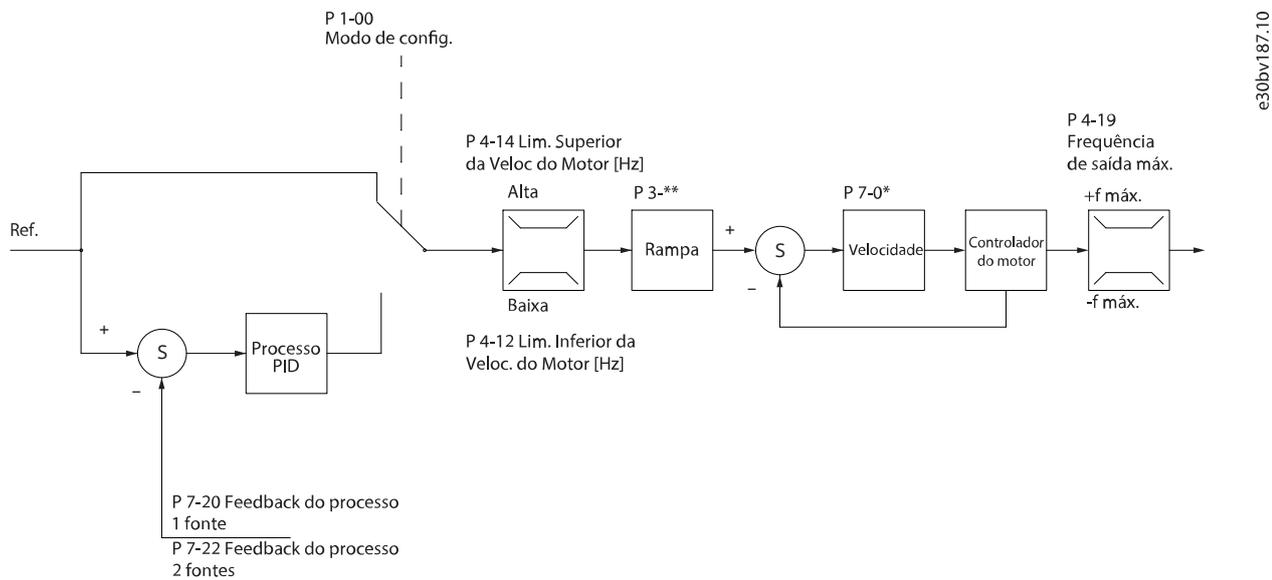


Figura 47: Estrutura de controle no Fluxo Sensorless

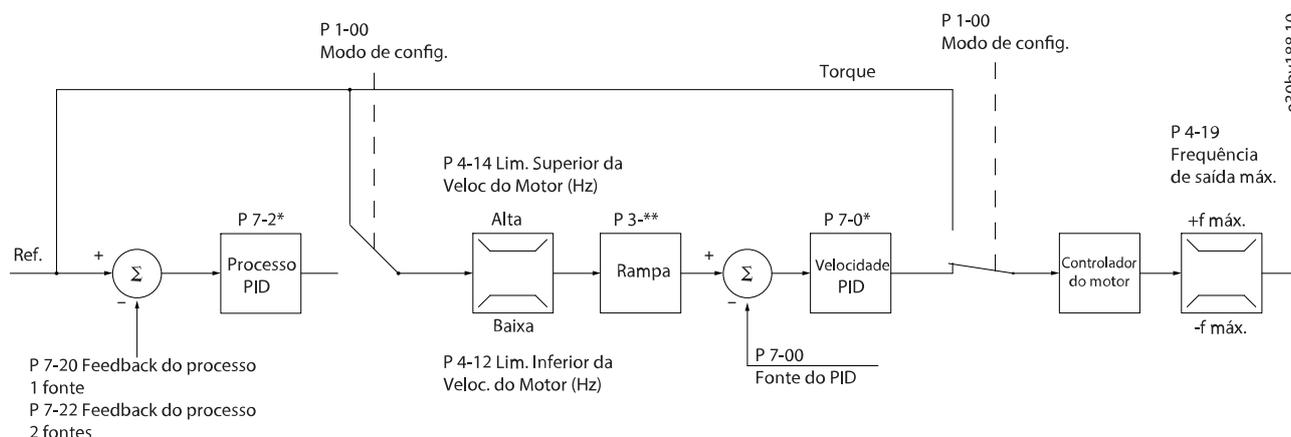
Na configuração mostrada, o **parâmetro 1-01 Princípio de Controle do Motor** está programado para [2] **Fluxo Sensorless** e o **parâmetro 1-00 Modo Configuração** está programado para [0] **Malha aberta veloc.**. A referência resultante do sistema de tratamento de referências é alimentada por meio das limitações de rampa e de velocidade, conforme determinado pelas configurações de parâmetro indicadas.

Um retorno de velocidade estimado é gerado para o PID de velocidade para controlar a frequência de saída.

O PID de velocidade precisa ser definido com seus parâmetros P, I e D **grupo do parâmetro 7-0\* Controladores**

Selecione [3] **Processo** no **parâmetro 1-00 Modo Configuração** para utilizar o controle do PID de processo para o controle de malha fechada da velocidade ou da pressão na aplicação controlada. Os parâmetros do PID de processo estão no **grupo do parâmetro 7-2\* Feedb Ctrl. Processos** e no **grupo do parâmetro 7-3\* Ctrl. PID de Processo**.

### 8.3.4.3 Estrutura de controle em fluxo com feedback de motor



e30bv188.10

Figura 48: Estrutura de controle em fluxo com feedback de motor

Na configuração mostrada, o **parâmetro 1-01 Princípio de Controle do Motor** está programado para [3] **Fluxo com feedback do motor**, e o **parâmetro 1-00 Modo Configuração** está programado para [1] **Malha fech. veloc.**.

Selecione [1] **Malha fech. veloc.** no **parâmetro 1-00 Modo Configuração** para utilizar a referência resultante como entrada do controle do PID de Velocidade. Os parâmetros de controle do PID de velocidade estão no **grupo do parâmetro 7-0\* Ctrl. do PID de Velocidade**.

Selecione [2] **Torque** no **parâmetro 1-00 Modo Configuração** para utilizar a referência resultante diretamente como referência de torque. O controle de torque só pode ser selecionado na configuração de fluxo com feedback de motor (**parâmetro 1-01 Princípio de Controle do Motor**). Quando este modo for selecionado, a referência usa a unidade de medida Nm. Não exige nenhum feedback de torque, pois o torque real é calculado com base na medida atual do conversor.

Selecione [3] **Processo** no **parâmetro 1-00 Modo Configuração** para utilizar o controle do PID de processo para o controle de malha fechada de uma variável de processo (por exemplo, velocidade) na aplicação controlada.

## 9 Instalação e setup do RS485

### 9.1 Introdução

#### 9.1.1 Visão Geral

RS485 é uma interface do barramento de 2 fios compatível com a topologia de rede de multi-distribuição. Os nós podem ser conectados como um barramento ou através de cabos suspensos de uma linha tronco comum. 32 nós no total podem ser conectados a um segmento de rede.

Repetidores dividem segmentos de rede; consulte [Figura 49](#).

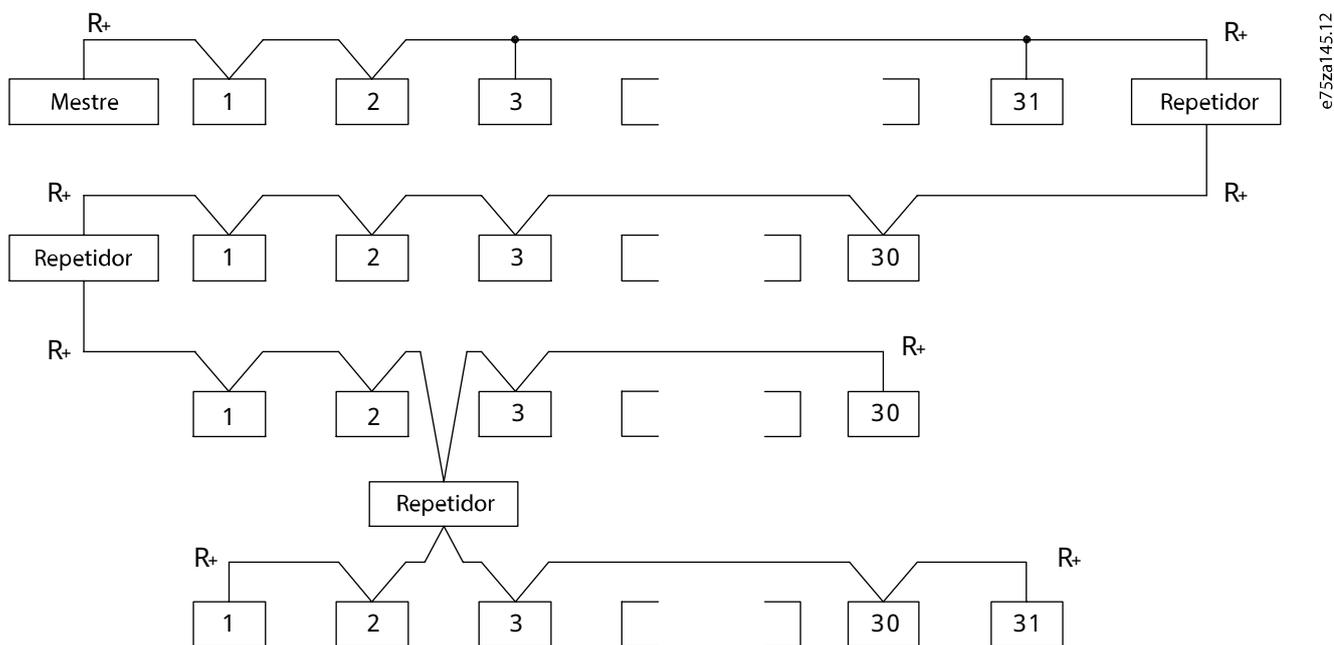


Figura 49: Interface de barramento RS485

#### AVISO

Cada repetidor funciona como um nó dentro do segmento em que está instalado. Cada nó conectado em uma rede específica deve ter um endereço do nó único entre todos os segmentos.

Cada segmento deve estar com terminação em ambas as extremidades, para isso utilize a chave de terminação (S801) dos conversores de frequência ou um banco de resistores de terminação polarizado. Sempre use cabos de par trançado blindados (STP) para cabeamento de barramento e siga as boas práticas de instalação.

A conexão do terra de baixa impedância da blindagem em cada nó é importante, inclusive em frequências altas. Assim, conecte uma grande superfície da blindagem a terra, por exemplo, com uma braçadeira de cabo ou uma bucha condutora. Às vezes, é necessário aplicar cabos de equalização de potencial para manter o mesmo potencial de aterramento em toda a rede, particularmente em instalações com cabos longos.

Para evitar descasamento de impedância, use o mesmo tipo de cabo em toda a rede. Ao conectar um motor a um conversor, utilize sempre um cabo de motor blindado.

Tabela 29: Especificações de cabo

Cabo	Par trançado blindado (STP)
Impedância [ $\Omega$ ]	120
Comprimento de cabo [m (pés)]	Máximo 1.200 m (3.937 pés), incluindo linhas de dispositivo. Máximo 500 m (1.640 pés) entre estações.

### 9.1.2 Conexão de rede

Conecte o conversor à rede RS485 da seguinte forma (consulte também [Figura 50](#)):

1. Conecte os fios de sinal aos terminais 68 (P+) e 69 (N-), na placa de controle principal do conversor.
2. Conecte a blindagem do cabo às braçadeiras de cabo.

#### AVISO

Para reduzir o ruído entre os condutores, use cabos de par trançado blindados.

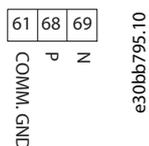


Figura 50: Conexão de rede

### 9.1.3 Setup de hardware

Para fazer a terminação do barramento RS485, use a chave terminadora na placa de controle principal do conversor.

A configuração de fábrica para o interruptor é OFF.

### 9.1.4 Programação dos parâmetros da comunicação do Modbus

Tabela 30: Programação dos parâmetros da comunicação do Modbus

Parâmetro	Função
<b>Parâmetro 8-30 Protocolo</b>	Selecione o protocolo da aplicação a ser executado para a interface RS485.
<b>Parâmetro 8-31 Endereço</b>	Programe o endereço do nó.  <div style="background-color: #0056b3; color: white; text-align: center; padding: 5px;"><b>AVISO</b></div> O intervalo de endereços depende do protocolo selecionado no <b>parâmetro 8-30 Protocolo</b> .
<b>Parâmetro 8-32 Baud Rate</b>	Programe a baud rate.  <div style="background-color: #0056b3; color: white; text-align: center; padding: 5px;"><b>AVISO</b></div> A baud rate padrão depende do protocolo selecionado no <b>parâmetro 8-30 Protocolo</b> .

Tabela 30: Programação dos parâmetros da comunicação do Modbus (continuação)

Parâmetro	Função
<b>Parâmetro 8-33 Bits de Paridade/Parada</b>	Programe os bits de paridade e do número de paradas.  <div style="background-color: #0056b3; color: white; text-align: center; padding: 5px;"><b>AVISO</b></div> A seleção padrão depende do protocolo selecionado no <b>parâmetro 8-30 Protocolo</b> .
<b>Parâmetro 8-35 Atraso Mínimo de Resposta</b>	Especifique o tempo de atraso mínimo, entre o recebimento de uma solicitação e a transmissão de uma resposta. Esta função é para contornar atrasos de retorno do modem.
<b>Parâmetro 8-36 Atraso Máximo de Resposta</b>	Especifique um tempo de atraso máximo entre a transmissão de uma solicitação e o recebimento de uma resposta.
<b>Parâmetro 8-37 Atraso Máximo Entre Caracteres</b>	Se a transmissão for interrompida, especifique um tempo de atraso máximo entre 2 bytes recebidos para garantir o tempo limite.  <div style="background-color: #0056b3; color: white; text-align: center; padding: 5px;"><b>AVISO</b></div> A seleção padrão depende do protocolo selecionado no <b>parâmetro 8-30 Protocolo</b> .

### 9.1.5 Precauções com EMC

Para obter uma operação livre de interferências da rede RS485, a Danfoss recomenda as seguintes precauções de EMC.

#### AVISO

Observe as normas locais e nacionais relevantes, por exemplo, em relação à conexão do terra de proteção. Para evitar o acoplamento de ruído de alta frequência entre os cabos, mantenha o cabo de comunicação RS485 longe dos cabos do motor e do resistor de frenagem. Normalmente, uma distância de 200 mm (8 pol.) é suficiente. Mantenha a maior distância possível entre os cabos, especialmente onde os cabos correm paralelamente por longas distâncias. Quando o cruzamento for inevitável, o cabo RS485 deve cruzar os cabos de motor e do resistor de frenagem em um ângulo de 90°.

## 9.2 Protocolo Danfoss FC

### 9.2.1 Visão Geral

O Protocolo Danfoss FC, também conhecido como barramento FC ou barramento padrão, é o fieldbus Danfoss padrão. Ele define uma técnica de acesso de acordo com o princípio mestre/seguidor para comunicações através de um fieldbus.

Um mestre e até 126 seguidores podem ser conectados ao barramento. O mestre seleciona os seguidores individuais por meio de um caractere de endereço no telegrama. Um seguidor em si nunca pode transmitir sem primeiro ser solicitado a fazê-lo, e a transferência direta de telegramas entre os seguidores individuais não é possível. A comunicação ocorre no modo meio duplex.

A função do mestre não pode ser transferida para um outro nó (sistema de mestre único).

A camada física é o RS485; portanto, utiliza a porta RS485 embutida no conversor. O Protocolo Danfoss FC suporta diferentes formatos de telegrama:

- Um formato curto de 8 bytes para dados de processo.

- Um formato longo de 16 bytes que também inclui um canal de parâmetro.
- Um formato usado para textos.

### 9.2.2 FC com Modbus RTU

O Protocolo Danfoss FC fornece acesso à palavra de controle e à referência de barramento do conversor.

A palavra de controle permite ao Modbus mestre controlar diversas funções importantes do conversor:

- Partida.
- Parada do conversor por diversos meios:
  - Parada por inércia.
  - Parada rápida.
  - Parada por freio CC.
  - Parada normal (rampa).
- Reinicializar após um desarme por falha.
- Funcionar em várias velocidades predefinidas.
- Funcionar em reverso.
- Alteração da configuração ativa.
- Controle dos 2 relés embutidos no conversor.

A referência de barramento é comumente usada para controle de velocidade. Também é possível acessar os parâmetros, ler seus valores e, onde for possível, inserir valores neles. O acesso aos parâmetros oferece uma gama de opções de controle, incluindo o controle do setpoint do conversor quando o controlador PI interno é usado.

## 9.3 Configuração de rede do Protocolo Danfoss FC

Para ativar o protocolo FC do conversor, programe os parâmetros a seguir.

Tabela 31: Parâmetros para ativar o protocolo

Parâmetro	Configuração
<i>Parâmetro 8-30 Protocolo</i>	FC
<i>Parâmetro 8-31 Endereço</i>	1–126
<i>Parâmetro 8-32 Baud Rate</i>	2400–115200
<i>Parâmetro 8-33 Bits de Paridade/Parada</i>	Paridade par, 1 bit de parada (padrão)

## 9.4 Estrutura do enquadramento de mensagem do protocolo Danfoss FC

### 9.4.1 Conteúdo de um caractere (byte)

Cada caractere transferido começa com um bit de início. Em seguida, são transmitidos 8 bits de dados, que correspondem a um byte. Cada caractere é garantido por meio de um bit de paridade. Este bit é definido como 1 quando atinge a paridade. Paridade é quando há um número igual de 1s nos 8 bits de dados e o bit de paridade no total. Um stop bit completa um caractere, consistindo em 11 bits ao todo.

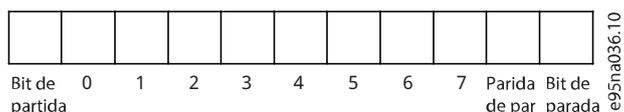


Figura 51: Conteúdo de um caractere

### 9.4.2 Estrutura do telegrama

Cada telegrama tem a seguinte estrutura:

- Caractere de partida (STX) = 02 hex.
- Um byte representando o comprimento do telegrama (LGE).
- Um byte representando o endereço do conversor (ADR).

Seguem vários bytes de dados (variável, dependendo do tipo de telegrama).

Um byte de controle dos dados (BCC) completa o telegrama.

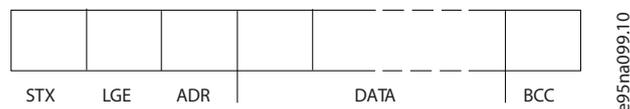


Figura 52: Estrutura do telegrama

### 9.4.3 Comprimento do telegrama (LGE)

O comprimento do telegrama é o número de bytes de dados mais o ADR do byte de endereço e o BCC do byte de controle dos dados.

Tabela 32: Comprimento dos telegramas

4 bytes de dados	$LGE=4+1+1=6$ bytes
12 bytes de dados	$LGE=12+1+1=14$ bytes
Telegramas contendo textos	$10+n$ bytes

1) 10 representa os caracteres fixos, enquanto n é variável (dependendo do comprimento do texto).

### 9.4.4 Endereço do conversor (ADR)

Formato de endereço 1–126

- Bit 7 = 1 (formato do endereço 1–126 ativo).
- Bit 0–6 = endereço do conversor 1–126.
- Bit 0–6 = 0 broadcast.

O seguidor retorna o byte de endereço inalterado ao mestre no telegrama de resposta.

### 9.4.5 Byte de controle dos dados (BCC)

A soma de verificação é calculada como uma função XOR. Antes de receber o primeiro byte no telegrama, a soma de verificação calculada é 0.

### 9.4.6 O Campo de dados

A estrutura dos blocos de dados depende do tipo de telegrama. Existem três tipos de telegrama, e o tipo se aplica para os telegramas de controle (mestre⇒seguidor) e os telegramas de resposta (seguidor⇒mestre).

Os 3 tipos de telegrama são:

### Bloco de processo (PCD)

O PCD é constituído por um bloco de dados de 4 bytes (2 palavras) e contém:

- Palavra de controle e valor de referência (de mestre para seguidor).
- Status word e frequência de saída atual (de seguidor para mestre).

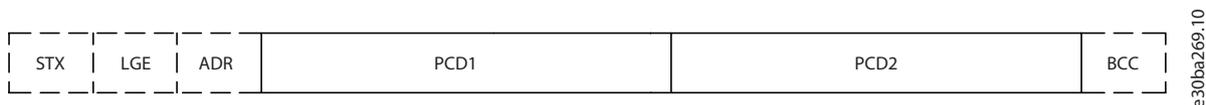


Figura 53: Bloco de processo

### Bloco de parâmetros

O bloco de parâmetros é usado para transferir parâmetros entre mestre e seguidor. O bloco de dados é composto de 12 bytes (6 words) e também contém o bloco de processo.

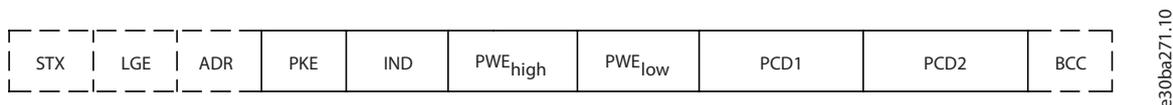


Figura 54: Bloco de parâmetros

### Bloco de texto

O bloco de texto é usado para ler ou gravar textos, via bloco de dados.

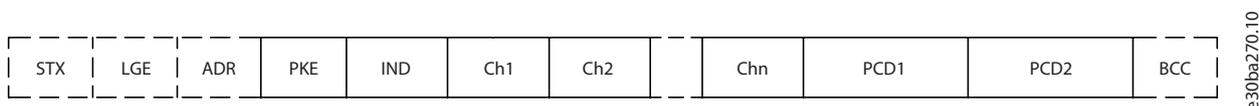


Figura 55: Bloco de texto

#### 9.4.7 O Campo PKE

O campo PKE contém 2 subcampos:

- Comando de parâmetro e resposta (AK).
- Número do parâmetro (PNU).

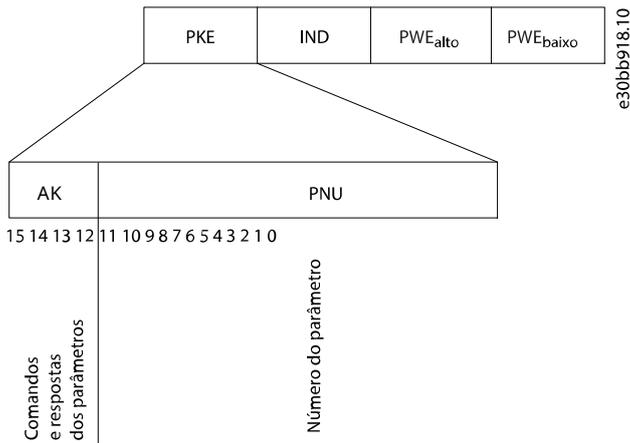


Figura 56: Campo PKE

Os bits 12-15 transferem os comandos de parâmetro do mestre para o seguidor, e retornam as respostas dos seguidores processados ao mestre.

Tabela 33: Comandos de parâmetro

Comandos de parâmetro mestre para seguidor				
Número do bit				Comando de parâmetro
15	14	13	12	
0	0	0	0	Sem comando.
0	0	0	1	Leitura do valor do parâmetro.
0	0	1	0	Gravação do valor do parâmetro na RAM (palavra).
0	0	1	1	Gravação do valor do parâmetro na RAM (palavra dupla).
1	1	0	1	Gravação do valor do parâmetro na RAM e EEPROM (palavra dupla).
1	1	1	0	Gravação do valor do parâmetro na RAM e EEPROM (palavra).
1	1	1	1	Leitura de texto.

Tabela 34: Resposta

Resposta do seguidor para o mestre				
Número do bit				Resposta
15	14	13	12	
0	0	0	0	Sem comando.
0	0	0	1	Valor do parâmetro transferido (palavra).
0	0	1	0	Valor do parâmetro transferido (palavra dupla).
0	1	1	1	Comando não pode ser executado.
1	1	1	1	Texto transferido.

Se o comando não puder ser executado, o seguidor envia a resposta 0111 Comando não pode ser executado e emite os seguintes relatórios de falha contidos na tabela.

Tabela 35: Relatório do seguidor

Código de falha	Especificação do FC
0	Número de parâmetro ilegal.
1	Parâmetro não pode ser alterado.
2	Limite superior ou inferior excedido.
3	O sub-índice está corrompido.
4	Sem matriz.
5	Tipo de dados errado.
6	Não usado.
7	Não usado.
9	O elemento da descrição não está disponível.
11	Sem acesso a gravação de parâmetro.
15	Sem texto disponível.
17	Não aplicável durante o funcionamento.
18	Outros erros.
100	–
>100	–
130	Sem acesso ao barramento para este parâmetro.
131	Não é possível gravar no setup de fábrica.
132	Sem acesso ao LCP.

Tabela 35: Relatório do seguidor (continuação)

Código de falha	Especificação do FC
252	Visualizador desconhecido.
253	Solicitação não suportada.
254	Atributo desconhecido.
255	Sem erro.

#### 9.4.8 Número do parâmetro (PNU)

Bits de 0-11 números de parâmetros de transferência. A função do parâmetro relevante é definida na descrição do parâmetro no guia de programação do conversor.

#### 9.4.9 Índice (IND)

O índice é usado com o número do parâmetro para parâmetros com acesso de leitura/gravação com um índice, por exemplo, o **parâmetro 15-30 Registro de Alarme: Código de Erro**. O índice consiste em 2 bytes: um byte baixo e um byte alto.

Somente o byte baixo é utilizado como índice.

#### 9.4.10 Valor do Parâmetro (PWE)

O bloco de valor de parâmetro consiste em 2 palavras (4 bytes) e o seu valor depende do comando definido (AK). Se o mestre solicita um valor de parâmetro quando o bloco PWE não contiver nenhum valor. Para alterar um valor de parâmetro (gravar), grave o novo valor no bloco PWE e envie-o do mestre para o seguidor.

Se um seguidor responder a uma solicitação de parâmetro (comando de leitura), o valor do parâmetro atual no bloco PWE é transferido e devolvido ao mestre. Se um parâmetro contém várias opções de dados, por exemplo, o **parâmetro 0-01 Idioma**, selecione o valor de dados inserindo o valor no bloco PWE. Através da comunicação serial somente é possível ler parâmetros com tipo de dados 9 (sequência de texto).

O **parâmetro 15-40 Tipo do FC** ao **parâmetro 15-53 Nº. Série Cartão de Potência** contém o tipo de dados 9. Por exemplo, pode-se ler a potência da unidade e a faixa de tensão de rede elétrica no **parâmetro 15-40 Tipo de FC**. Quando uma sequência de texto é transferida (lida), o comprimento do telegrama é variável, porque os textos têm comprimentos diferentes. O comprimento do telegrama é definido no 2º byte do telegrama (LGE). Ao usar a transferência de texto, o caractere de índice indica se é um comando de leitura ou gravação.

Para ler um texto por meio do bloco PWE, configure o comando de parâmetro (AK) para F hex. O caractere de índice de byte alto deve ser 4.

#### 9.4.11 Tipos de Dados Suportados pelo Conversor

Sem sinal algébrico significa que não há sinal operacional no telegrama.

Tabela 36: Tipos de Dados

Tipos de dados	Descrição
3	Inteiro 16
4	Inteiro 32
5	Sem designação 8
6	Sem designação 16

**Tabela 36: Tipos de Dados** (continuação)

Tipos de dados	Descrição
7	Sem designação 32
9	String de texto

### 9.4.12 Conversão

O guia de programação contém as descrições dos atributos de cada parâmetro. Os valores de parâmetro são transferidos somente como números inteiros. Os fatores de conversão são usados para transferir decimais.

O **parâmetro 4-12 Lim. Inferior da Veloc. do Motor [Hz]** tem um fator de conversão de 0,1. Para predefinir a frequência mínima em 10 Hz, deve-se transferir o valor 100. Um fator de conversão 0,1 significa que o valor transferido é multiplicado por 0,1. O valor 100, portanto, será recebido como 10,0.

**Tabela 37: Conversão**

Índice de conversão	Fator de conversão
74	3600
2	100
1	10
0	1
-1	0,1
-2	0,01
-3	0,001
-4	0,0001
-5	0,00001

### 9.4.13 Palavras do processo (PCD)

O bloco de palavras do processo é dividido em 2 blocos de 16 bits, que sempre ocorrem na sequência definida.

**Tabela 38: Palavras do processo (PCD)**

PCD 1	PCD 2
Telegrama de controle (palavra de controle mestre para seguidor)	Valor de referência
Status word do telegrama de controle (seguidor para mestre)	Frequência de saída atual

## 9.5 Exemplos

### 9.5.1 Gravação de um valor de parâmetro

Altere o **parâmetro 4-14 Lim. Superior da Veloc. do Motor [Hz]** para 100 Hz.

Grave os dados na EEPROM.

PKE = E19E hex - Gravar palavra única no **parâmetro 4-14 Lim. Superior da Veloc do Motor [Hz]**:

- IND = 0000 hex.
- PWEHIGH = 0000 hex.
- PWELOW = 03E8 hex.

Valor dos dados 1000, correspondente a 100 Hz; consulte o capítulo [9.4.12 Conversão](#).

O telegrama se parece com a [Figura 57](#).

E19E	H	0000	H	0000	H	03E8	H
PKE		IND		PWE <sub>high</sub>		PWE <sub>low</sub>	

e30ba092.10

Figura 57: Telegrama

**AVISO**

O **parâmetro 4-12 Lim. Superior da Veloc do Motor [Hz]** é uma palavra única, e o comando do parâmetro para gravar na EEPROM é E. O **parâmetro 4-14 Lim. Superior da Veloc do Motor [Hz]** é 19E em hexadecimal.

A resposta do seguidor para o mestre é mostrada na [Figura 58](#).

119E	H	0000	H	0000	H	03E8	H
PKE		IND		PWE <sub>high</sub>		PWE <sub>low</sub>	

e30ba093.10

Figura 58: Resposta do mestre

### 9.5.2 Leitura de um valor de parâmetro

Leia o valor no **parâmetro 3-41 Tempo de Aceleração da Rampa 1**.

PKE = 1155 Hex - Leitura do valor do **parâmetro 3-41 Tempo de Aceleração da Rampa 1**.

- IND = 0000 hex.
- PWE<sub>ALTO</sub> = 0000 hex.
- PWE<sub>BAIXO</sub> = 0000 hex.

1155	H	0000	H	0000	H	0000	H
PKE		IND		PWE <sub>high</sub>		PWE <sub>low</sub>	

e30ba094.10

Figura 59: Telegrama

Se o valor no **parâmetro 3-41 Tempo de Aceleração da Rampa 1** for 10 s, a resposta do seguidor para o mestre será mostrada em.

1155	H	0000	H	0000	H	03E8	H
PKE		IND		PWE <sub>high</sub>		PWE <sub>low</sub>	

e30ba267.10

Figura 60: Resposta

3E8 hex corresponde ao 1.000 decimal. O índice de conversão para o **parâmetro 3-41 Tempo de Aceleração da Rampa 1** é -2, ou seja, 0,01.

O **parâmetro Tempo de Aceleração da Rampa 1** é do tipo Sem designação 32.

## 9.6 Modbus RTU

### 9.6.1 Pré-requisitos de conhecimento

A Danfoss presume que o controlador instalado suporta as interfaces contidas neste manual e observa rigorosamente todos os requisitos e limitações estipulados no controlador e no conversor.

O Modbus RTU embutido (unidade terminal remota) é projetado para se comunicar com qualquer controlador que suporte as interfaces definidas neste manual. Supõe-se que o usuário tenha pleno conhecimento das capacidades e limitações do controlador.

### 9.6.2 Visão Geral

Independentemente do tipo de redes de comunicação física, esta seção descreve o processo que um controlador usa para solicitar o acesso a outro dispositivo. Este processo inclui como o Modbus RTU responde a solicitações de outro dispositivo e como erros são detectados e reportados. Também estabelece um formato comum para o layout e conteúdo dos campos de telegramas.

Durante as comunicações através de uma rede Modbus RTU, o protocolo:

- Determina como cada controlador toma conhecimento do seu endereço de dispositivo.
- Reconhece um telegrama endereçado a ele.
- Determina quais as ações a serem tomadas.
- Extrai todos os dados ou outras informações contidas no telegrama.

Se for necessária uma resposta, o controlador monta o telegrama de resposta e o envia.

Os controladores se comunicam utilizando uma técnica mestre/seguidor em que apenas o mestre pode iniciar transações (chamadas de consultas). Os seguidores respondem fornecendo os dados solicitados ao mestre ou atuando conforme solicitado na consulta. O mestre pode abordar seguidores individuais ou iniciar um telegrama de broadcast para todos os seguidores. Os seguidores retornam uma resposta a consultas endereçadas a eles individualmente. Nenhuma resposta é devolvida às solicitações de broadcast do mestre.

O protocolo Modbus RTU estabelece o formato da consulta do mestre fornecendo as seguintes informações:

- O endereço do dispositivo (ou broadcast).
- Um código de função definindo a ação solicitada.
- Todos os dados a serem enviados.
- Um campo de verificação de erro.

O telegrama de resposta do dispositivo seguidor é elaborado também usando o protocolo Modbus. Ela contém campos que confirmam a ação tomada, quaisquer tipos de dados a serem devolvidos e um campo de verificação de erro. Se ocorrer um erro no recebimento do telegrama, ou se o seguidor for incapaz de executar a ação solicitada, o seguidor monta e envia uma mensagem de erro. Como alternativa, ocorre um timeout.

### 9.6.3 Conversor com Modbus RTU

O conversor se comunica em formato Modbus RTU através da interface RS485 integrada. O Modbus RTU fornece acesso à palavra de controle e à referência de barramento do conversor.

A palavra de controle permite ao Modbus mestre controlar diversas funções importantes do conversor:

- Partida.
- Várias paradas:
  - Parada por inércia.
  - Parada rápida.

- Parada por freio CC.
- Parada normal (rampa).
- Reinicializar após um desarme por falha.
- Funcionar em várias velocidades predefinidas.
- Funcionar em reverso.
- Alterar o setup ativo.
- Controlar o relé embutido do conversor.

A referência de barramento é comumente usada para controle de velocidade. Também é possível acessar os parâmetros, ler seus valores e quando possível, inserir valores. O acesso aos parâmetros oferece uma gama de opções de controle, incluindo o controle do setpoint do conversor quando o controlador PI interno é usado.

## 9.7 Configuração da rede Modbus RTU

Para ativar o Modbus RTU no conversor, programe os seguintes parâmetros:

Tabela 39: Parâmetros para ativar o Modbus RTU

Parâmetro	Configuração
<i>Parâmetro 8-30 Protocolo</i>	Modbus RTU
<i>Parâmetro 8-31 Endereço</i>	1–247
<i>Parâmetro 8-32 Baud Rate</i>	2400–115200
<i>Parâmetro 8-33 Bits de Paridade/Parada</i>	Paridade par, 1 bit de parada (padrão)

## 9.8 Estrutura do Enquadramento de Mensagem do Modbus RTU

### 9.8.1 Introdução

Os controladores são configurados para se comunicarem na rede Modbus usando o modo RTU (unidade terminal remota), com cada byte em um telegrama contendo 2 caracteres hexadecimais de 4 bits. O formato para cada byte é mostrado na tabela a seguir.

Tabela 40: Formato para cada byte

Bit de partida	Byte de dados	Parada/paridade	Parada

Tabela 41: Detalhes do byte

Sistema de codificação	binário de 8 bits, hexadecimal 0–9, A–F. 2 caracteres hexadecimais contidos em cada campo de 8 bits do telegrama.
Bits por byte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 bit de partida.</li> <li>• 8 bits de dados, bit menos significativo enviado primeiro.</li> <li>• 1 bit para paridade par/ímpar; nenhum bit para sem paridade.</li> <li>• 1 bit de parada se paridade for usada; 2 bits se for sem paridade.</li> </ul>
Campo de verificação de erro	Verificação de redundância cíclica (CRC).

### 9.8.2 Estrutura do telegrama do Modbus RTU

O dispositivo transmissor coloca um telegrama Modbus RTU em um quadro com um ponto de início e um ponto de término conhecidos. Isso permite que os dispositivos de recepção comecem a leitura no início do telegrama, leiam a parte que contém o endereço, determinem a qual dispositivo está endereçado (ou a todos os dispositivos se o telegrama for de broadcast) e reconheçam o término do telegrama. Telegramas parciais são detectados e os erros são definidos como resultado. Os caracteres para transmissão devem estar em formato hexadecimal 00-FF em cada campo. O conversor monitora continuamente o barramento de rede, inclusive durante intervalos silenciosos. Quando o primeiro campo (o campo de endereço) é recebido, cada conversor ou dispositivo decodifica esse campo, para determinar qual dispositivo está sendo endereçado. Os telegramas do Modbus RTU endereçados para 0 são telegramas de broadcast. Nenhuma resposta é permitida para telegramas de broadcast. Um quadro de telegrama típico é mostrado na tabela a seguir.

Tabela 42: Estrutura do telegrama do Modbus RTU

Partida	Endereço	Função	Dados	Verificação de CRC	Fim
T1-T2-T3-T4	8 bits	8 bits	N x 8 bits	16 bits	T1-T2-T3-T4

### 9.8.3 Campo de início/parada

Os telegramas começam com um período de silêncio de pelo menos 3,5 intervalos de caracteres. O período de silêncio é implementado como um múltiplo de intervalos de caracteres na baud rate da rede selecionada (mostrado como Início T1-T2-T3-T4). O primeiro campo a ser transmitido é o endereço do dispositivo. Após a transmissão do último caractere, um período similar de pelo menos 3,5 caracteres marca o término do telegrama. Um novo telegrama pode começar depois desse período.

Transmite todo o quadro do telegrama como um fluxo contínuo. Se ocorrer um período de silêncio de mais de 1,5 caractere antes da conclusão do quadro, o dispositivo de recepção descarta o telegrama incompleto e assume que o próximo byte é o campo de endereço de um novo telegrama. Da mesma forma, se um novo telegrama começar antes do intervalo de 3,5 caracteres após um telegrama anterior, o dispositivo de recepção o considera uma continuação do telegrama anterior. Esse comportamento causa um timeout (sem resposta do seguidor), uma vez que o valor no campo final de CRC não é válido para os telegramas combinados.

### 9.8.4 Campo de endereço

O campo de endereço de um quadro de telegrama contém 8 bits. Os endereços de dispositivos seguidores válidos estão na faixa de 0 a 247 decimais. Os dispositivos seguidores individuais recebem endereços no intervalo de 1 a 247. 0 é reservado para o modo de broadcast, que todos os escravos reconhecem. Um mestre endereça um seguidor colocando o endereço do seguidor no campo de endereço do telegrama. Quando o seguidor envia sua resposta, ele coloca seu próprio endereço neste campo de endereço para permitir ao mestre saber qual o seguidor está respondendo.

### 9.8.5 Campo de função

O campo de função de um quadro de telegrama contém 8 bits. Os códigos válidos estão na faixa de 1-FF. Os campos de função são usados para enviar telegramas entre mestre e seguidor. Quando um telegrama é enviado de um dispositivo mestre para um seguidor, o campo de código de função informa ao seguidor que tipo de ação executar. Quando o seguidor responde ao mestre, ele usa o campo de código de função para indicar que se trata de uma resposta normal (sem erros) ou que ocorreu algum tipo de erro (chamado de resposta de exceção).

Para uma resposta normal, o seguidor simplesmente retorna o código de função original. Para uma resposta de exceção, o seguidor retorna um código que é equivalente ao código de função original com o bit mais significativo configurado para 1 lógico. Além disso, o seguidor coloca um código único no campo de dados do telegrama de resposta. Este código informa ao mestre qual o tipo do erro ocorrido ou o motivo da exceção. Consulte também o *capítulo Códigos de função suportados pelo Modbus RTU* e o *capítulo Códigos de exceção do Modbus*.

### 9.8.6 Campo de dados

O campo de dados é construído usando conjuntos de 2 dígitos hexadecimais, na faixa de 00-FF hexadecimal. Esses dígitos são compostos por 1 caractere de RTU. O campo de dados dos telegramas enviados de um dispositivo mestre para um seguidor contém informações complementares que o seguidor deve usar para executar adequadamente.

As informações podem incluir itens, tais como:

- Endereços de bobinas ou registradores.
- A quantidade de itens a serem tratados.
- A contagem de bytes de dados reais no campo.

### 9.8.7 Campo de verificação CRC

Os telegramas incluem um campo de verificação de erros, operando com base em um método de verificação de redundância cíclica (CRC). O campo CRC verifica o conteúdo de todo o telegrama. É aplicado independentemente de qualquer método de verificação de paridade usado para os caracteres individuais do telegrama. O dispositivo de transmissão calcula o valor do CRC e acrescenta o CRC como o último campo no telegrama. O dispositivo de recepção recalcula um CRC durante o recebimento do telegrama e compara o valor calculado com o valor real recebido no campo CRC. 2 valores diferentes resultam em um timeout do bus. O campo de verificação de erros contém um valor binário de 16 bits implementado como 2 bytes de 8 bits. Após a implementação, o byte inferior do campo é acrescido primeiro, seguido pelo byte superior. O byte superior do CRC é o último byte enviado no telegrama.

### 9.8.8 Endereçamento do registrador da bobina

No Modbus, todos os dados são organizados em bobinas e registradores de retenção. As bobinas retêm um único bit, enquanto os registradores de retenção mantêm uma palavra de 2 bytes (isto é, 16 bits). Todos os endereços de dados nos telegramas Modbus são referenciados como 0. A primeira ocorrência de um item de dados é endereçada como item número 0. Por exemplo: A bobina conhecida como bobina 1, em um controlador programável, é endereçada como bobina 0000, no campo de endereço de dados de um telegrama do Modbus. A bobina 127 decimal é endereçada como bobina 007Ehex (126 decimal).

O registrador de retenção 40001 é endereçado como registro 0000 no campo de endereço de dados do telegrama. O campo de código de função já especifica uma operação de registrador de retenção. Portanto, a referência 4XXXX fica implícita. O registrador de retenção 40108 é endereçado como registro 006Bhex (107 decimal).

Tabela 43: Registrador de bobinas

Número da bobina	Descrição	Direção do sinal
1–16	Palavra de controle do conversor.	Mestre para seguidor
17–32	Velocidade do conversor ou faixa de referência do setpoint 0x0–0xFFFF (-200% ... ~200%).	Mestre para seguidor
33–48	Status word do conversor.	Seguidor para mestre
49–64	Modo de malha aberta: Frequência de saída do conversor. Modo de malha fechada: Sinal de feedback do conversor.	Seguidor para mestre
65	Controle de gravação do parâmetro (mestre para escravo).	Mestre para seguidor
	0 = Alterações do parâmetro são gravadas na RAM do conversor.	
	1 = Alterações de parâmetros são gravadas em RAM e EEPROM do conversor.	
66–65536	Reservado.	–

Tabela 44: Palavra de controle do conversor (Perfil do FC)

Bobina	0	1
01	Referência predefinida lsb	
02	Referência predefinida msb	
03	Freio CC	Sem freio CC
04	Parada por inércia	Sem parada por inércia
05	Parada rápida	Sem parada rápida
06	Congelar frequência	Sem congelar frequência
07	Parada de rampa	Partida
08	Sem reset	Reinicializar
09	Sem jog	Jog
10	Rampa 1	Rampa 2
11	Dados inválidos	Dados válidos
12	Relé 1 desligado	Relé 1 ligado
13	Relé 2 desligado	Relé 2 ligado
14	Setup do lsb	
15	–	
16	Sem reversão	Reversão

Tabela 45: Palavra de status do conversor (Perfil do FC)

Bobina	0	1
33	Controle não preparado	Controle pronto
34	Conversor não preparado	Drive pronto
35	Parada por inércia	Segurança fechada
36	Sem alarme	Alarme
37	Não usado	Não usado
38	Não usado	Não usado
39	Não usado	Não usado
40	Sem advertência	Advertência
41	Não na referência	Na referência
42	Modo manual ligado	Modo automático
43	Fora da faixa de frequência	Na faixa de frequência
44	Parado	Em funcionamento
45	Não usado	Não usado
46	Sem advertência de tensão	Advertência de tensão
47	Fora do limite de corrente	Limite de corrente
48	Sem advertência térmica	Advertência térmica

Tabela 46: Endereço/Registradores

Endereço do barramento	Registro do barramento <sup>(1)</sup>	Registrador PLC	Conteúdo	Acesso	Descrição
0	1	40001	Reservado	–	Reservado para conversores de frequência legados VLT® 5000 e VLT® 2800.
1	2	40002	Reservado	–	Reservado para conversores de frequência legados VLT® 5000 e VLT® 2800.
2	3	40003	Reservado	–	Reservado para conversores de frequência legados VLT® 5000 e VLT® 2800.
3	4	40004	Gratuito	–	–
4	5	40005	Gratuito	–	–

**Tabela 46: Endereço/Registadores** (continuação)

Endereço do barramento	Registro do barramento <sup>(1)</sup>	Registrador PLC	Conteúdo	Acesso	Descrição
5	6	40006	Configuração do Modbus	Leitura/ Gravação	Somente TCP. Reservado para Modbus TCP ( <b>parâmetro 12-28 Armazenar Valores de Dados</b> e <b>parâmetro 12-29 Armazenar Sempre</b> - armazenado em, por exemplo, EEPROM).
6	7	40007	Último código de falha	Somente leitura	Código de falha recebido do banco de dados de parâmetros; consulte o documento WHAT 38295 para obter detalhes.
7	8	40008	Último registro de erro	Somente leitura	Endereço do registrador com o qual o último erro ocorreu; consulte WHAT 38296 para obter detalhes.
8	9	40009	Ponteiro do índice	Leitura/ Gravação	Sub-índice do parâmetro a ser acessado. Consulte WHAT 38297 para obter detalhes.
9	10	40010	<b>Parâmetro 0-01 Idioma</b>	Dependente do acesso ao parâmetro	<b>Parâmetro 0-01 Idioma</b> (registro Modbus = 10 número do parâmetro) 20 bytes de espaço reservado para o parâmetro no mapa Modbus.
19	20	40020	<b>Parâmetros 0-02 Unidade da Veloc. do Motor</b>	Dependente do acesso ao parâmetro	<b>Parâmetro 0-02 Unidade da Veloc. do Motor</b> 20 bytes de espaço reservado para o parâmetro no mapa Modbus.
29	30	40030	<b>Parâmetro 0-03 Definições Regionais</b>	Dependente do acesso ao parâmetro	<b>Parâmetro 0-03 Configurações Regionais</b> 20 bytes de espaço reservado para o parâmetro no mapa Modbus.

1) O valor escrito no telegrama Modbus RTU deve ser 1 ou menor que o número do registrador. Por exemplo, leia o Registrador do Modbus 1 escrevendo o valor 0 no telegrama.

### 9.8.9 Como controlar o Conversor

Esta seção descreve os códigos que podem ser usados nos campos de função e de dados de um telegrama do Modbus RTU.

#### 9.8.10 Códigos de Função Suportados pelo Modbus RTU

O Modbus RTU suporta o uso dos seguintes códigos de função no campo de função de um telegrama:

Tabela 47: Códigos de função

Função	Código da função (hex)
Ler bobinas	1
Ler registradores de retenção	3
Gravar bobina única	5
Gravar registrador único	6
Diagnóstico	8
Ler o contador de evento de comunicação	B
Gravar bobinas múltiplas	F
Gravar registradores múltiplos	10
Reportar ID do seguidor	11
Ler/gravar registradores múltiplos	17
Transporte de interface encapsulada	2b

Tabela 48: Código de subfunção do código de função 8

Função	Código de função	Código da subfunção	Subfunção
Diagnóstico	8	1	Reiniciar a comunicação.
		2	Retornar o registrador de diagnóstico.
		10	Limpar os contadores e o registrador de diagnóstico.
		11	Retornar o contador de mensagem do barramento.
		12	Retornar o contador de erros de comunicação do barramento.
		13	Retornar contador de erros do seguidor.
		14	Retornar contador de mensagens do seguidor.

### 9.8.11 Códigos de exceção do Modbus

Para obter uma explicação completa da estrutura de uma resposta de código de exceção, consulte [9.8.5 Campo de função](#).

Tabela 49: Códigos de exceção do Modbus

Código	Nome	Significado
1	Função inválida	O código de função recebido na consulta não é uma ação permitida para o servidor (ou seguidor). Isso pode ser porque o código de função só é aplicável a dispositivos mais recentes e não foi implementado na unidade selecionada. Também pode indicar que o servidor (ou seguidor) está no estado errado para processar uma solicitação deste tipo, por exemplo porque não está configurado e está sendo solicitado a retornar os valores do registro.
2	Endereço de dados inválido	O endereço dos dados recebido na consulta não é um endereço permitido para o servidor (ou seguidor). Mais especificamente, a combinação do número de referência e o comprimento de transferência não é válido. Para um controlador com 100 registros, uma solicitação com deslocamento 96 e comprimento 4 é bem-sucedida, enquanto uma solicitação com deslocamento 96 e comprimento 5 gera uma exceção 02.
3	Valor inválido de dados	Um valor contido no campo de dados da consulta não é um valor permitido para o servidor (ou seguidor). Isto indica uma falha na estrutura do restante de um pedido complexo, como o do comprimento implícito estar incorreto. Isso NÃO significa que um item de dados enviado para armazenamento em um registrador tenha um valor fora da expectativa do programa de aplicação, uma vez que o protocolo Modbus não está ciente da significância de qualquer valor de qualquer registro.
4	Falha do dispositivo seguidor	Ocorreu um erro irreversível enquanto o servidor (ou seguidor) tentava executar a ação requisitada.

## 9.9 Como acessar os parâmetros

### 9.9.1 Tratamento de parâmetros

O PNU (número do parâmetro) é traduzido a partir do endereço do registro contido na mensagem de leitura ou gravação Modbus. O número do parâmetro é traduzido para Modbus como (10 x número do parâmetro) decimal. Exemplo: Leitura do **parâmetro 3-12 Valor de Catch Up/Slow Down** (16 bits): O registrador de retenção 3120 contém os valores dos parâmetros. Um valor de 1352 (decimal) significa que o parâmetro está definido como 12,52%.

Leitura do **parâmetro Referência Relativa Predefinida** (32 bits): Os registradores de retenção 3410 e 3411 mantêm os valores dos parâmetros. Um valor de 11300 (decimal) significa que o parâmetro está definido como 1113,00.

Para obter informações sobre os parâmetros, tamanho e índice de conversão, consulte o Guia de Programação.

### 9.9.2 Armazenagem de dados

A bobina 65 decimal determina se os dados gravados no conversor são armazenados em EEPROM e RAM (bobina 65 = 1) ou somente na RAM (bobina 65=0).

### 9.9.3 IND (Índice)

Alguns parâmetros no conversor são parâmetros de matriz, por exemplo, o **parâmetro Referência Relativa Predefinida**. Como o Modbus não suporta matrizes nos registradores de retenção, o conversor reservou o registrador de retenção 9 como ponteiro para a matriz. Antes de ler ou gravar um parâmetro de matriz, programe o registrador de retenção 9. Definir o registrador de retenção com o valor 2 faz com que todos os seguintes parâmetros de matriz de leitura/gravação sejam do índice 2.

### 9.9.4 Blocos de texto

Os parâmetros armazenados como strings de texto são acessados da mesma forma que os outros parâmetros. O tamanho máximo do bloco de texto é de 20 caracteres. Se uma solicitação de leitura de um parâmetro for para mais caracteres do que o parâmetro armazena, a resposta será truncada. Se a solicitação de leitura de um parâmetro for para menos caracteres do que o parâmetro armazena, a resposta é preenchida.

### 9.9.5 Fator de conversão

Um valor de parâmetro pode ser transferido somente como um número inteiro. Para transferir decimais, use um fator de conversão.

### 9.9.6 Valores de parâmetros

#### Tipo de dados padrão

Os tipos de dados padrão são int 16, int 32, uint 8, uint 16 e uint 32. Eles são armazenados como registradores 4x (40001–4FFFF). Os parâmetros são lidos usando a função 03 hex ler registradores de retenção. Os parâmetros são gravados usando a função 6 hexadecimal de registro único predefinido para 1 registro (16 bits), e a função 10 hexadecimal de vários registros predefinidos para 2 registros (32 bits). Os tamanhos legíveis variam desde 1 registrador (16 bits) a 10 registradores (20 caracteres).

#### Tipos de dados não padronizados

Os tipos de dados não padronizados são strings de texto, e são armazenados como registradores 4x (40001–4FFFF). Os parâmetros são lidos usando a função 03 hex de leitura de registradores de retenção e gravados usando a função 10 hex de vários registradores predefinidos. Os tamanhos legíveis variam de 1 registro (2 caracteres) até 10 registros (20 caracteres).

## 9.10 Exemplos

### 9.10.1 Visão geral dos exemplos

Os exemplos nos capítulos a seguir mostram diversos comandos do Modbus RTU.

### 9.10.2 Ler o status da bobina (01 hex)

#### Descrição

Esta função lê o status ON/OFF (Ligado/Desligado) das saídas discretas (bobinas) no conversor. Broadcast nunca é suportado para leituras.

#### Consulta

O telegrama de consulta especifica a bobina de início e a quantidade de bobinas a serem lidas. Os endereços das bobinas começam em 0, ou seja, a bobina 33 é endereçada como 32.

Exemplo de um pedido para ler as bobinas 33–48 (status word) do dispositivo seguidor 01.

Tabela 50: Consulta

Nome do campo	Exemplo (hex)
Endereço do seguidor	01 (endereço do conversor)
Função	01 (ler bobinas)
Endereço inicial HI	00
Endereço inicial LO	20 (decimal 32) bobina 33
Número de pontos HI	00

**Tabela 50: Consulta** (continuação)

Nome do campo	Exemplo (hex)
Número de pontos LO	10 (decimal 16)
Verificação de erro (CRC)	–

### Resposta

O status da bobina no telegrama de resposta é empacotado como 1 bobina por bit do campo de dados. O status é indicado como: 1 = ON (ligado); 0 = OFF (Desligado). O lsb do primeiro byte de dados contém a bobina endereçada na consulta. As outras bobinas seguem para o final de ordem alta deste byte, e da ordem baixa para a ordem alta nos bytes subsequentes.

Se a quantidade de bobina retornada não for um múltiplo de 8, os bits restantes no byte de dados final serão preenchidos com valores 0 (em direção ao final de maior ordem do byte). O campo de contagem de bytes especifica o número de bytes completos de dados.

**Tabela 51: Resposta**

Nome do campo	Exemplo (hex)
Endereço do seguidor	01 (endereço do conversor)
Função	01 (ler bobinas)
Contagem de bytes	02 (2 bytes de dados)
Dados (bobinas 40–33)	07
Dados (bobinas 48–41)	06 (STW = 0607hex)
Verificação de erro (CRC)	–

### AVISO

Bobinas e registradores são endereçados explicitamente com um deslocamento de -1 no Modbus. Por exemplo, a bobina 33 é endereçada como bobina 32.

### 9.10.3 Forçar/gravar bobina única (05 hex)

#### Descrição

Esta função força a bobina para ON (ligado) ou OFF (desligado). Quando for broadcast, a função força as mesmas referências de bobina em todos os seguidores anexados.

#### Consulta

O telegrama de consulta especifica a bobina 65 (controle de gravação do parâmetro) a ser forçada. Os endereços das bobinas começam em 0, ou seja, a bobina 65 é endereçada como 64. Forçar dados = 00 00 hex (OFF) ou FF 00 hex (ON).

**Tabela 52: Consulta**

Nome do campo	Exemplo (hex)
Endereço do seguidor	01 (endereço do conversor)
Função	05 (gravar bobina única)
Endereço de bobina HI	00

**Tabela 52: Consulta** (continuação)

Nome do campo	Exemplo (hex)
Endereço de bobina LO	40 (64 decimal) Bobina 65
Forçar dados HI	FF
Forçar dados LO	00 (FF 00 = ON)
Verificação de erro (CRC)	-

### Resposta

A resposta normal é um eco da consulta, devolvida depois que o estado da bobina foi forçado.

**Tabela 53: Resposta**

Nome do campo	Exemplo (hex)
Endereço do seguidor	01
Função	05
Forçar dados HI	FF
Forçar dados LO	00
Quantidade de bobinas HI	00
Quantidade de bobinas LO	01
Verificação de erro (CRC)	-

## 9.10.4 Forçar/gravar múltiplas bobinas (0F hex)

### Descrição

Esta função força cada bobina em uma sequência de bobinas para ligado ou desligado. Quando for broadcast, a função força as mesmas referências de bobina em todos os seguidores anexados.

### Consulta

O telegrama de consulta especifica as bobinas 17-32 (setpoint de velocidade) a serem forçadas.

### AVISO

Os endereços das bobinas começam em 0, ou seja, a bobina 17 é endereçada como 16.

**Tabela 54: Consulta**

Nome do campo	Exemplo (hex)
Endereço do seguidor	01 (endereço do conversor)
Função	0F (gravar bobinas múltiplas)
Endereço de bobina HI	00
Endereço de bobina LO	10 (endereço de bobina 17)

**Tabela 54: Consulta** (continuação)

Nome do campo	Exemplo (hex)
Quantidade de bobinas HI	00
Quantidade de bobinas LO	10 (16 bobinas)
Contagem de bytes	02
Forçar dados HI (Bobinas 8–1)	20
Forçar dados LO (Bobinas 16–9)	00 (referência = 2000 hex)
Verificação de erro (CRC)	–

## Resposta

A resposta normal retorna o endereço do seguidor, o código da função, o endereço inicial e a quantidade de bobinas forçadas.

**Tabela 55: Resposta**

Nome do campo	Exemplo (hex)
Endereço do seguidor	01 (endereço do conversor)
Função	0F (gravar bobinas múltiplas)
Endereço de bobina HI	00
Endereço de bobina LO	10 (endereço de bobina 17)
Quantidade de bobinas HI	00
Quantidade de bobinas LO	10 (16 bobinas)
Verificação de erro (CRC)	–

### 9.10.5 Ler registradores de retenção (03 hex)

#### Descrição

Esta função lê o conteúdo dos registradores de retenção no seguidor.

#### Consulta

O telegrama de consulta especifica o registrador de início e a quantidade de registradores a serem lidos. Os endereços de registro começam em 0, isto é, os registros 1 a 4 são endereçados como 0 a 3.

Exemplo: Leia o *parâmetro 3-03 Referência Máxima*, registro 03030.

**Tabela 56: Consulta**

Nome do campo	Exemplo (hex)
Endereço do seguidor	01
Função	03 (Ler registradores de retenção)

**Tabela 56: Consulta** (continuação)

Nome do campo	Exemplo (hex)
Endereço inicial HI	0B (Endereço do registrador 3029)
Endereço inicial LO	D5 (Endereço do registrador 3029)
Número de pontos HI	00
Número de pontos LO	02 – (o <i>parâmetro 3-03 Referência Máxima</i> tem 32 bits de comprimento, isto é, 2 registradores)
Verificação de erro (CRC)	–

### Resposta

Os dados do registrador no telegrama de resposta são empacotados como 2 bytes por registrador, com o conteúdo binário justificado à direita dentro de cada byte. Para cada registro, o primeiro byte contém os bits de ordem alta e o segundo contém os bits de ordem baixa.

Exemplo: hex 000088B8 = 35.000 = 35 Hz.

**Tabela 57: Resposta**

Nome do campo	Exemplo (hex)
Endereço do seguidor	01
Função	03
Contagem de bytes	04
Dados HI (registrador 3030)	00
Dados LO (registrador 3030)	16
Dados HI (registrador 3031)	E3
Dados LO (registrador 3031)	60
Verificação de erro (CRC)	–

### 9.10.6 Registrador único predefinido (06 hex)

#### Descrição

Esta função predefine um valor em um registrador de retenção único.

#### Consulta

O telegrama de consulta especifica a referência do registrador a ser predefinida. Os endereços de registro começam em 0, isto é, o registro 1 é endereçado como 0.

Exemplo: Gravar no *parâmetro 1-00 Modo Configuração*, registro 1000.

Tabela 58: Consulta

Nome do campo	Exemplo (hex)
Endereço do seguidor	01
Função	06
Endereço do registrador HI	03 (endereço do registrador 999)
Endereço do registrador LO	E7 (endereço do registrador 999)
Dados HI predefinidos	00
Dados LO predefinidos	01
Verificação de erro (CRC)	–

## Resposta

A resposta normal é um eco da consulta, devolvida depois que o conteúdo do registrador foi passado.

Tabela 59: Resposta

Nome do campo	Exemplo (hex)
Endereço do seguidor	01
Função	06
Endereço do registrador HI	03
Endereço do registrador LO	E7
Dados HI predefinidos	00
Dados LO predefinidos	01
Verificação de erro (CRC)	–

### 9.10.7 Vários registros predefinidos (10 hex)

#### Descrição

Esta função predefine valores em uma sequência de registradores de retenção.

#### Consulta

O telegrama de consulta especifica as referências do registrador a serem predefinidas. Os endereços de registro começam em 0, isto é, o registro 1 é endereçado como 0. Exemplo de uma solicitação para predefinir 2 registradores (programar o **parâmetro 1-24 Corrente do Motor** para 738 (7,38 A)):

Tabela 60: Consulta

Nome do campo	Exemplo (hex)
Endereço do seguidor	01
Função	10
Endereço inicial HI	04

**Tabela 60: Consulta** (continuação)

Nome do campo	Exemplo (hex)
Endereço inicial LO	07
Número de registradores HI	00
Número de registradores LO	02
Contagem de bytes	04
Gravar dados HI (registrador 4: 1049)	00
Gravar dados LO (registrador 4: 1049)	00
Gravar dados HI (registrador 4: 1050)	02
Gravar dados LO (registrador 4: 1050)	E2
Verificação de erro (CRC)	-

## Resposta

A resposta normal retorna o endereço do seguidor, o código da função, endereço inicial e a quantidade de registradores predefinidos.

**Tabela 61: Resposta**

Nome do campo	Exemplo (hex)
Endereço do seguidor	01
Função	10
Endereço inicial HI	04
Endereço inicial LO	19
Número de registradores HI	00
Número de registradores LO	02
Verificação de erro (CRC)	-

## 9.11 Perfil de Controle do FC da Danfoss

### 9.11.1 Palavra de controle de acordo com o perfil do FC (8-10 Protocolo = Perfil do FC)

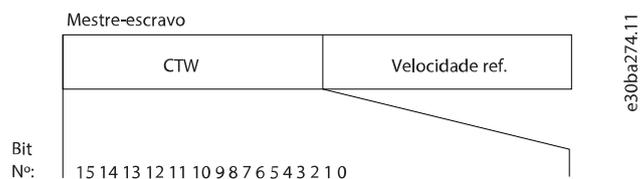

**Figura 61: Palavra de controle de acordo com o perfil do FC**

Tabela 62: Palavra de controle de acordo com o perfil do FC

Bit	Valor do bit = 0	Valor do bit = 1
00	Valor de referência	Seleção externa lsb
01	Valor de referência	Seleção externa msb
02	Freio CC	Rampa
03	Parada por inércia	Sem parada por inércia
04	Parada rápida	Rampa
05	Manter a frequência de saída	Utilizar a rampa de velocidade
06	Parada de rampa	Partida
07	Sem função	Reinicializar
08	Sem função	Jog
09	Rampa 1	Rampa 2
10	Dados inválidos	Dados válidos
11	Relé 01 aberto	Relé 01 ativo
12	Relé 02 aberto	Relé 02 ativo
13	Programação dos parâmetros	Seleção do lsb
15	Sem função	Reverso

## Explicação dos bits de controle

### Bits 00/01

Os bits 00 e 01 são usados para selecionar entre os 4 valores de referência, os quais são pré-programados no **parâmetro 3-10 Referência Predefinida** de acordo com a tabela a seguir.

Tabela 63: Bits de controle

Valor de referência programado	Parâmetro	Bit 01	Bit 00
1	<b>Parâmetro 3-10 Referência Predefinida</b> [0]	0	0
2	<b>Parâmetro 3-10 Referência Predefinida</b> [1]	0	1
3	<b>Parâmetro 3-10 Referência Predefinida</b> [2]	1	0
4	<b>Parâmetro 3-10 Referência Predefinida</b> [3]	1	1

## AVISO

No **parâmetro 8-56 Seleção da Referência Predefinida**, defina como os bits 00/01 se comportam com a função correspondente nas entradas digitais.

### Bit 02, Freio CC

Bit 02 = 0: Leva à frenagem CC e parada. Programe a corrente e a duração da frenagem no **parâmetro 2-01 Corrente de Freio CC** e no **parâmetro 2-02 Tempo de Frenagem CC**.

Bit 02 = 1: Leva a rampa.

#### Bit 03, Parada por inércia

Bit 03 = 0: O conversor libera imediatamente o motor (os transistores de saída são desligados) e ele para por inércia.

Bit 03 = 1: Se as outras condições de partida forem atendidas, o conversor acionará o motor.

No **parâmetro 8-50 Seleção de Parada por Inércia**, defina como o bit 03 se comporta com a função correspondente em uma entrada digital.

#### Bit 04, Parada rápida

Bit 04 = 0: Desacelera a velocidade do motor até a parada (programado no **parâmetro 3-81 Tempo de Rampa da Parada Rápida**).

#### Bit 05, Frequência de saída em espera

Bit 05 = 0: A frequência de saída atual (em Hz) congela. Altere a frequência de saída congelada apenas com as entradas digitais programadas para [21] **Acelerar** e [22] **Desacelerar** (**parâmetro 5-10 Terminal 18 Entrada Digital** ao **parâmetro Terminal 29 Entrada Digital**).

### AVISO

Se congelar frequência de saída estiver ativo, o conversor só pode ser parado de uma das seguintes maneiras:

- Bit 03 parada por inércia.
- Bit 02 freio CC
- Entrada digital programada para [5] **FrenagemCC, reverso**, [2] **Paradp/inérc, reverso** ou [3] **Parada por inércia e reinício, inverso** (**parâmetro 5-10 Terminal 18 Entrada Digital** ao **parâmetro Terminal 29 Entrada Digital**).

#### Bit 06, Parada/partida de rampa

Bit 06 = 0: Causa uma parada e desacelera o motor até parar por meio do parâmetro de desaceleração selecionado.

Bit 06 = 1: Se as outras condições de partida forem atendidas, o bit 06 permite que o conversor inicie o motor.

No **parâmetro 8-53 Seleção da Partida**, defina como o bit 06 parada/partida de rampa se comporta com a função correspondente em uma entrada digital.

#### Bit 07, Reset

Bit 07 = 0: Sem reset.

Bit 07 = 1: Reinicializa uma falha. O reset é ativado na borda de subida do sinal, ou seja, na transição do 0 lógico para o 1 lógico.

#### Bit 08, Jog

Bit 08 = 1: **Parâmetro 3-11 Velocidade de Jog [Hz]** determina a frequência de saída.

#### Bit 09, Seleção de rampa 1/2

Bit 09 = 0: A rampa 1 está ativa (**parâmetro 3-41 Tempo de Aceleração da Rampa 1** ao **parâmetro 3-42 Tempo de Desaceleração da Rampa 1**).

Bit 09 = 1: A rampa 2 está ativa (**parâmetro 3-51 Tempo de Aceleração da Rampa 2** ao **parâmetro 3-52 Tempo de Desaceleração da Rampa 2**).

#### Bit 10, Dados inválidos/Dados válidos

Informa o conversor se deseja usar ou ignorar a palavra de controle.

Bit 10 = 0: A palavra de controle é ignorada.

Bit 10 = 1: A palavra de controle é utilizada. Esta função é importante porque o telegrama sempre contém a palavra de controle, qualquer que seja o tipo de telegrama. Se a palavra de controle não for necessária ao atualizar ou ler o parâmetro, desligue-a.

**Bit 11, Relé 01**

Bit 11 = 0: O relé não está ativo.

Bit 11 = 1: Relé 01 ativado se [36] *Control word bit 11* for selecionado no *parâmetro 5-40 Relé de Função*.

**Bit 12, relé 02**

Bit 12 = 0: Relé 02 não está ativado.

Bit 12 = 1: Relé 02 ativado se [37] *Control word bit 12* for selecionado no *parâmetro 5-40 Relé de Função*.

**Bit 13, Seleção de setup**

Use o bit 13 para selecionar entre os 2 setups de menu de acordo com a tabela a seguir.

Tabela 64: Setups de menu

Configuração	Bit 13
1	0
2	1

A função só é possível quando [9] *Setups múltiplos* for selecionado no *parâmetro 0-10 Setup Ativo*.

Para definir como o bit 13 se comporta com a função correspondente nas entradas digitais, use o *parâmetro 8-55 Seleção do Set-up*.

**Bit 15 Reversão**

Bit 15 = 0: Sem reversão.

Bit 15 = 1: Reversão. Na programação padrão, a reversão é programada como digital no *parâmetro 8-54 Seleção da Reversão*. O bit 15 causa a reversão somente quando a comunicação serial [2] *Lógica OU* ou [3] *Lógica E* for selecionada.

9.11.2 **Status word de acordo com o perfil do FC (STW)**

Programa o *parâmetro 8-30 Protocolo* para [0] *FC*.

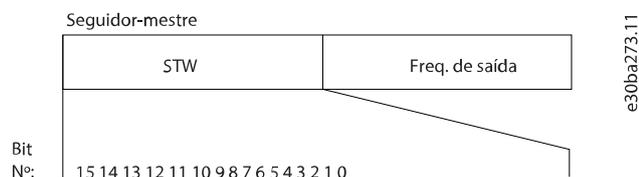


Figura 62: Status Word

Tabela 65: Status word de acordo com o perfil do FC

Bit	Valor do bit = 0	Valor do bit = 1
00	Controle não preparado	Controle pronto
01	Conversor não preparado	Drive pronto
02	Parada por inércia	Ativar
03	Sem erro	Bloqueio por

Tabela 65: Status word de acordo com o perfil do FC (continuação)

Bit	Valor do bit = 0	Valor do bit = 1
04	Sem erro	Erro (sem desarme)
05	Reservado	–
06	Sem erro	Bloqueio por desarme
07	Sem advertência	Advertência
08	Velocidade≠referência	Velocidade=referência
09	Operação local	Controle do barramento
10	Fora do limite de frequência	Limite de frequência OK
11	Sem operação	Em funcionamento
12	Conversor OK	Parado, partida automática
13	Tensão OK	Tensão excedida
14	Torque OK	Torque excedido
15	Temporizador OK	Temporizador expirado

### Explicação dos bits de status

#### Bit 00, Controle não pronto/pronto

Bit 00=0: O conversor desarma.

Bit 00=1: Os controles do conversor estão prontos, mas o circuito de potência não recebe necessariamente nenhuma alimentação (se houver uma alimentação de 24 V externa para os controles).

#### Bit 01, Conversor pronto

Bit 01=0: O conversor não está pronto.

Bit 01=1: O conversor está pronto para funcionar, mas o comando de parada por inércia está ativado através das entradas digitais ou por meio da comunicação serial.

#### Bit 02, Parada por inércia

Bit 02=0: O conversor libera o motor.

Bit 02=1: O conversor dá partida no motor com um comando de partida.

#### Bit 03, Sem erro/desarme

Bit 03=0: O conversor não está em modo de falha.

Bit 03=1: O conversor desarma. Para restabelecer a operação, pressione *[Reset]*.

#### Bit 04, Sem erro/com erro (sem desarme)

Bit 04=0: O conversor não está em modo de falha.

Bit 04=1: O conversor exibe um erro, mas não desarma.

#### Bit 05, Não usado

O bit 05 não é usado na palavra de status.

**Bit 06, Sem erro/bloqueio por desarme**

Bit 06=0: O conversor não está em modo de falha.

Bit 06=1: O conversor está desarmado e bloqueado.

**Bit 07, Sem advertência/com advertência**

Bit 07=0: Não há advertências.

Bit 07=1: Significa que ocorreu uma advertência.

**Bit 08, Referência de velocidade/velocidade=referência**

Bit 08=0: O motor funciona, mas a velocidade atual é diferente da referência de velocidade predefinida. Pode acontecer quando a velocidade aumenta/diminui durante a partida/parada.

Bit 08=1: A velocidade do motor corresponde à referência de velocidade predefinida.

**Bit 09, Operação local/controle do barramento**

Bit 09=0: [Off/Reset] é ativado na unidade de controle ou [2] Local no **parâmetro 3-13 Fonte da Referência** é selecionado. Não é possível controlar o conversor via comunicação serial.

Bit 09=1: É possível controlar o conversor por meio do fieldbus/comunicação serial.

**Bit 10, Fora do limite de frequência**

Bit 10=0: A frequência de saída atingiu o valor no **parâmetro 4-12 Lim. Inferior da Veloc. do Motor [Hz]** ou no **parâmetro 4-14 Lim. Superior da Veloc do Motor [Hz]**.

Bit 10=1: A frequência de saída está dentro dos limites definidos.

**Bit 11, Fora de funcionamento/em funcionamento**

Bit 11=0: O motor não está funcionando.

Bit 11=1: O conversor tem um sinal de partida sem parada por inércia.

**Bit 12, Conversor OK/parado, partida automática**

Bit 12=0: Não há superaquecimento temporário no conversor.

Bit 12=1: O conversor para devido ao superaquecimento, mas a unidade não desarma e retoma a operação assim que o superaquecimento se normalizar.

**Bit 13, Tensão OK/limite excedido**

Bit 13=0: Não há advertências de tensão.

Bit 13=1: A tensão CC no barramento CC do conversor está muito baixa ou muito alta.

**Bit 14, Torque OK/limite excedido**

Bit 14=0: A corrente do motor está abaixo do limite de corrente selecionado no **parâmetro 4-18 Limite de Corrente**.

Bit 14=1: O limite de corrente no **parâmetro 4-18 Limite de Corrente** foi excedido.

**Bit 15, Temporizador OK/limite excedido**

Bit 15=0: Os temporizadores para a proteção térmica do motor e a proteção de térmica do conversor de frequência não ultrapassaram os 100%.

Bit 15=1: 1 dos temporizadores excede 100%.

### 9.11.3 Valor de referência da velocidade do barramento

O valor de referência da velocidade é transmitido para o conversor em um valor relativo, em %. O valor é transmitido no formato de uma palavra de 16 bits. O valor inteiro 16384 (4000 hex) corresponde a 100%. Os números negativos são formatados usando o complemento de 2. A frequência de saída real (MAV) é escalonada da mesma maneira que a referência do barramento.

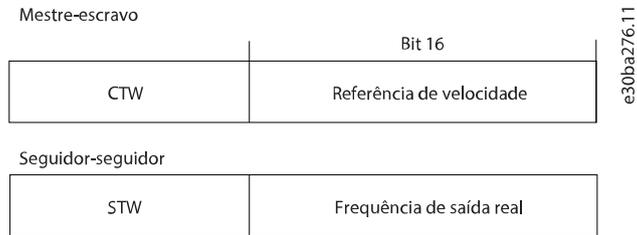


Figura 63: Frequência de saída real (MAV)

A referência e a MAV são escalonadas como a seguir:

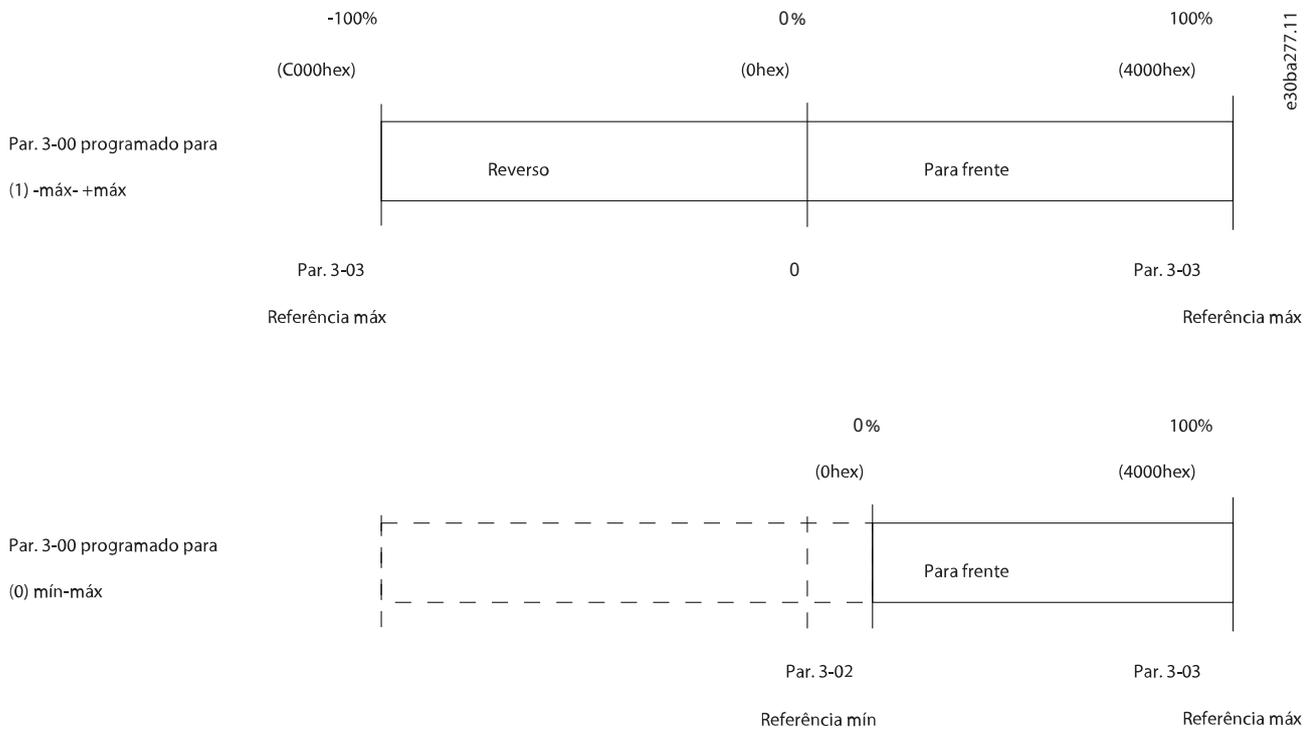


Figura 64: Referência e MAV

## 10 Exemplos de aplicações

### 10.1 Introdução

Os exemplos nesta seção têm a finalidade de referência rápida para aplicações comuns.

- As programações de parâmetro são os valores padrão regionais, a menos que indicado de outra forma (selecionado no **parâmetro 0-03 Definições Regionais**).
- Os parâmetros associados aos terminais e suas configurações estão mostrados ao lado dos desenhos.
- As configurações de chaveamento necessárias para os terminais analógicos 53 ou 54 também são mostrados.

### 10.2 AMA

Tabela 66: AMA com T27 conectado

	Função dos parâmetros	Programação de parâmetros
	<b>Parâmetro 1-29 Adaptação Automática do Motor (AMA)</b>	<b>[1] Ativar AMA completa</b>
	<b>Parâmetro 5-12 Terminal 27, Entrada Digital</b>	<b>*[2] Paradp/inérc,inverso</b>
	*=Valor padrão	
<b>Notas/comentários:</b> Programe o <b>grupo do parâmetro 1-2* Dados do Motor</b> de acordo com as especificações do motor		
<div style="background-color: #005596; color: white; padding: 5px; border: 1px solid black;"> <b>AVISO</b> </div> <p>Se os terminais 12 e 27 não estiverem conectados, programe o <b>parâmetro 5-12 Terminal 27 Entrada Digital</b> para <b>[0] Sem operação</b>.</p>		

## 10.3 Velocidade

**Tabela 67: Referência de Velocidade Analógica (Tensão)**

	Função dos parâmetros	Programação de parâmetros
<p>e30b1818.10</p>	<b>Parâmetro 6-10 Terminal 53 Tensão Baixa</b>	*0,07 V
	<b>Parâmetro 6-11 Terminal 53 Tensão Alta</b>	*10 V
	<b>Parâmetro 6-14 Terminal 53 Valor Baixo Ref./Feedback</b>	*0
	<b>Parâmetro 6-15 Terminal 53 Valor de Ref./Feedb. Alto</b>	50 Hz
	<b>Parâmetro 6-19 Modo do terminal 53</b>	*[1] Tensão
	* = Valor padrão	
	<b>Notas/comentários:</b>	

**Tabela 68: Referência de Velocidade Analógica (Corrente)**

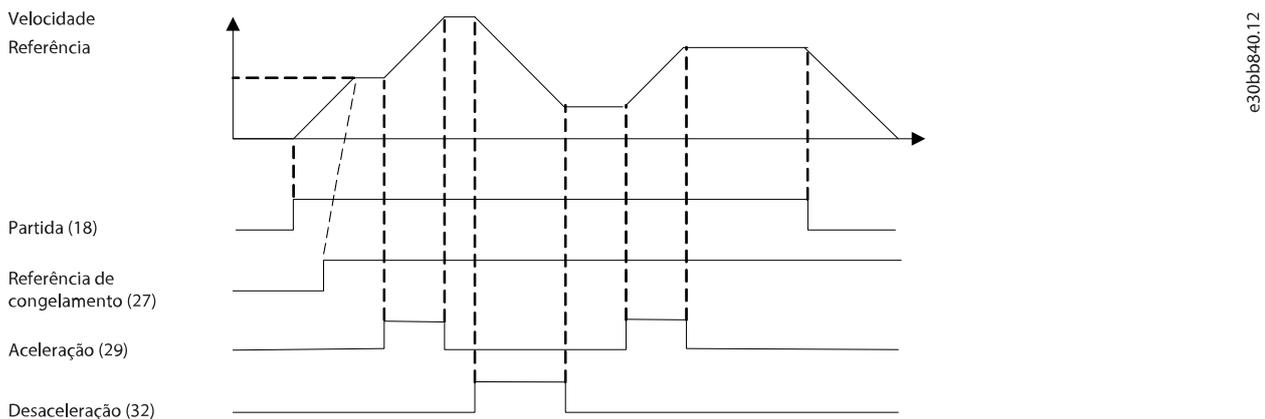
	Função dos parâmetros	Programação de parâmetros
<p>e30b1819.10</p>	<b>Parâmetro 6-22 Terminal 54 Corrente Baixa</b>	*4 mA
	<b>Parâmetro 6-23 Terminal 54 Corrente Alta</b>	*20 mA
	<b>Parâmetro 6-24 Terminal 54 Valor Baixo Ref./Feedback</b>	*0
	<b>Parâmetro 6-25 Terminal 54 Valor de Ref./Feedb. Ref./Feedback</b>	50 Hz
	<b>Parâmetro 6-29 Modo do terminal 54</b>	[0] Corrente
	* = Valor padrão	
	<b>Notas/comentários:</b>	

**Tabela 69: Referência de Velocidade (utilizando um Potenciômetro Manual)**

	Função dos parâmetros	Programação de parâmetros
	<b>Parâmetro 6-10 Terminal 53 Tensão Baixa</b>	*0,07 V
	<b>Parâmetro 6-11 Terminal 53 Tensão Alta</b>	*10 V
	<b>Parâmetro 6-14 Terminal 53 Valor Baixo Ref./Feedback</b>	*0
	<b>Parâmetro 6-15 Terminal 53 Valor de Ref./Feedb. Alto</b>	50 Hz
	<b>Parâmetro 6-19 Modo do terminal 53</b>	*[1] Tensão
	* = Valor padrão	
<b>Notas/comentários:</b>		

**Tabela 70: Aceleração/desaceleração**

	Função dos parâmetros	Programação de parâmetros
	<b>Parâmetro 5-10 Terminal 18 Entrada Digital</b>	*[8] Partida
	<b>Parâmetro 5-12 Terminal 27, Entrada Digital</b>	[19] Congelar referência
	<b>Parâmetro 5-13 Terminal 29, Entrada Digital</b>	[21] Aceleração
	<b>Parâmetro 5-14 Terminal 32, Entrada Digital</b>	[21] Desaceleração
* = Valor padrão		
<b>Notas/comentários:</b>		



e30bb840.12

Figura 65: Aceleração/desaceleração

## 10.4 Partida/Parada

Tabela 71: Partida/parada com reversão e 4 velocidades predefinidas

	Função dos parâmetros	Programação de parâmetros
	<b>Parâmetro 5-10 Terminal 18 Entrada Digital</b>	<b>*[8] Partida</b>
	<b>Parâmetro 5-11 Terminal 19 Entrada Digital</b>	<b>*[10] Reversão</b>
	<b>Parâmetro 5-12 Terminal 27, Entrada Digital</b>	<b>[0] Sem operação</b>
	<b>Parâmetro 5-14 Terminal 32, Entrada Digital</b>	<b>[16] Ref predefinida bit 0</b>
	<b>Parâmetro 5-15 Terminal 33, Entrada Digital</b>	<b>[17] Ref predefinida bit 1</b>
	<b>Parâmetro 3-10 Referência Predefinida</b> Referência predefinida 0 Referência predefinida 1 Referência predefinida 2 Referência predefinida 3	25% 50% 75% 100%
*=Valor padrão		
<b>Notas/comentários:</b>		

## 10.5 Reset do Alarme Externo

Tabela 72: Reset do Alarme Externo

	Função dos parâmetros	Programação de parâmetros
	<b>Parâmetro 5-11 Terminal 19 Entrada Digital</b>	<b>[1] Reinicializar</b>
	*=Valor padrão	
	<b>Notas/comentários:</b>	

## 10.6 Termistor do motor

### AVISO

Para atender os requisitos de isolamento PELV, use isolamento reforçado ou duplo nos termistores.

Tabela 73: Termistor do motor

	Função dos parâmetros	Programação de parâmetros
	<b>Parâmetro 1-90 Proteção Térmica do Motor</b>	<b>[2] Desarme do termistor</b>
	<b>Parâmetro 1-93 Fonte Térmica do Motor</b>	<b>[1] Entrada analógica 53</b>
	<b>Parâmetro 6-19 Modo do terminal 53</b>	<b>*[1] Tensão</b>
	*=Valor padrão	
<b>Notas/comentários:</b> Se somente uma advertência for necessária, programe o <b>parâmetro 1-90 Proteção Térmica do Motor</b> para <b>[1] Advertência do Termistor</b> .		

Tabela 74: Usando SLC para programar um relé

	Função dos parâmetros	Programação de parâmetros
	<b>Parâmetro 4-30 Função Perda Fdbk do Motor</b>	[1] Advertência
	<b>Parâmetro 4-31 Erro Feedb Veloc. Motor</b>	100
	<b>Parâmetro 4-32 Timeout Perda Feedb Motor</b>	5 s
	<b>Parâmetro 7-00 Fonte do Feedb. do PID de Veloc.</b>	[2] MCB 102
	<b>Parâmetro 17-11 Resolução (PPR)</b>	*1024
	<b>Parâmetro 13-00 Modo do SLC</b>	[1] Ligado
	<b>Parâmetro 13-01 Iniciar Evento</b>	[19] Advertência
	<b>Parâmetro 13-02 Parar Evento</b>	[44] Tecla Reset
	<b>Parâmetro 13-10 Operando o Comparador</b>	[21] Número de Advertência
	<b>Parâmetro 13-11 Operador do Comparador</b>	*[1]≈
	<b>Parâmetro 13-13 Valor do Comparador</b>	90
	<b>Parâmetro 13-51 Evento do SLC</b>	[22] Comparador 0
	<b>Parâmetro 13-52 Ação do SLC</b>	[32] Definir saída digital A baixa
	<b>Parâmetro 5-40 Função do Relé</b>	[80] Saída digitl A do SLC
	*=Valor padrão	
<b>Notas/comentários:</b> Se o limite no monitor de feedback for excedido, a advertência 90 monitor de feedback será emitida. O SLC monitora a advertência 90 monitor de feedback. Se a advertência 90 monitor de feedback for verdadeira, o relé 1 será acionado. O equipamento externo pode indicar que é necessária manutenção. Se o erro de feedback estiver abaixo do limite novamente dentro de 5 s, o conversor continua e a advertência desaparece. Mas o relé 1 persiste até [Off/Reset] ser pressionado.		

## 10.7 Conexão do encoder

O objetivo desta orientação é facilitar o setup da conexão do encoder do conversor. Antes de configurar o encoder, as configurações básicas de um sistema de controle de velocidade de malha fechada são mostradas.

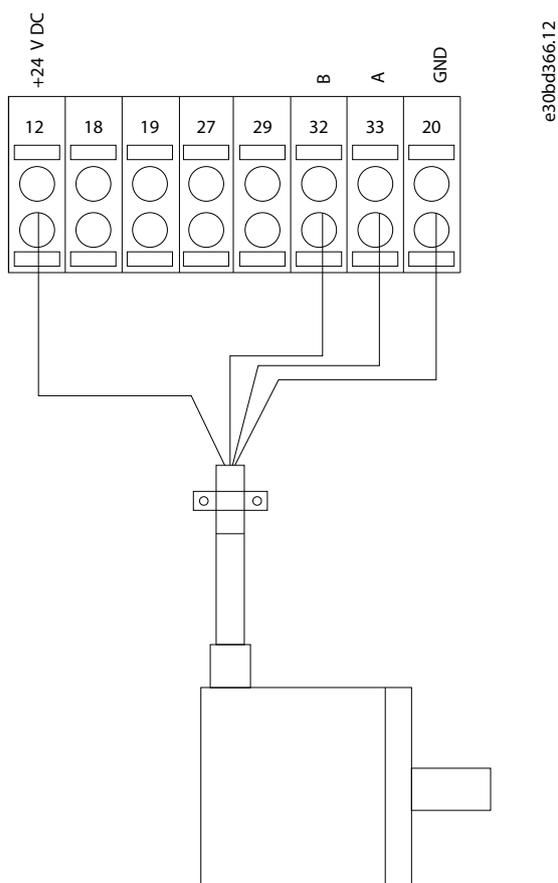
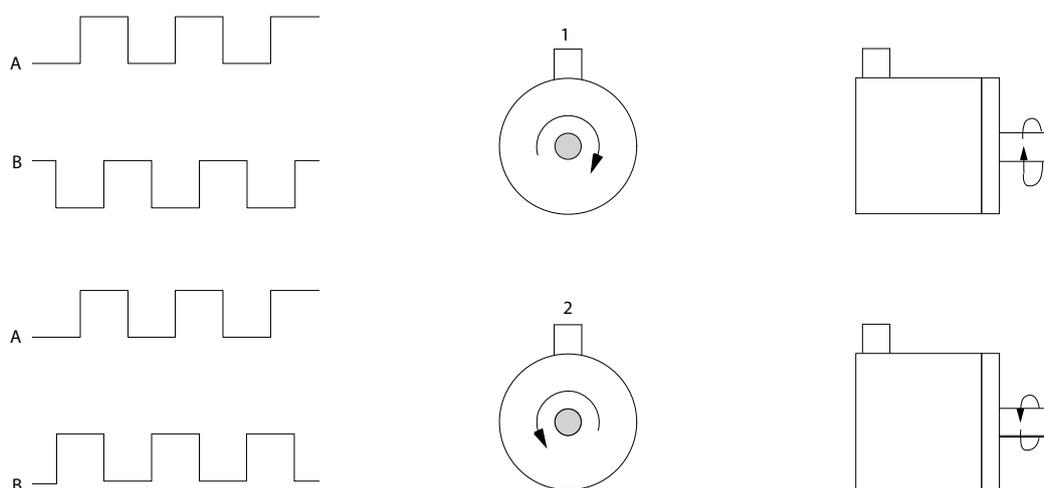


Figura 66: Encoder de 24 V ou 10–30 V



e30ba646.10

Figura 67: Encoder incremental de 24 V, comprimento máximo do cabo 5 m (16,4 pés)

## 10.8 Sentido do encoder

A ordem na qual os pulsos entram no conversor determina a direção do encoder.

- Sentido horário significa que o canal A está 90 graus elétricos antes do canal B.
- Sentido anti-horário significa que o canal B está 90 graus elétricos antes de A.

O sentido é determinado olhando para a extremidade do eixo.

## 10.9 Sistema de conversor de malha fechada

Um sistema de conversor geralmente consiste em mais elementos, como:

- Motor.
- Freio (caixa de engrenagem, freio mecânico).
- Conversor.
- Encoder como sistema de feedback.
- Resistor de frenagem para freio dinâmico.
- Transmissão.
- Carga.

Aplicações que exigem controle de freio mecânico geralmente precisam de um resistor de frenagem.

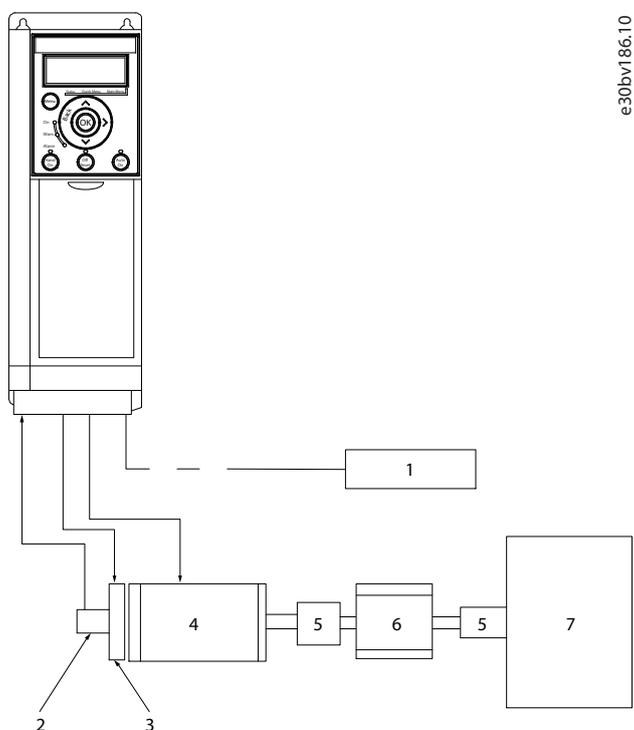


Figura 68: Programação básica para controle da velocidade da malha fechada

1	Resistor de frenagem	2	Encoder
3	Freio mecânico	4	Motor
5	Transmissão	6	Caixa de engrenagem
7	Carga		

## 11 Como comprar um conversor

### 11.1 Configurator do conversor

Configure o conversor correto para a aplicação adequada usando o configurador de conversor baseado na Internet. O configurador do conversor pode ser encontrado no site global da Internet: [Conversores de baixa tensão | Loja global de produtos Danfoss](#). O configurador cria uma string do código do tipo e um número de vendas de 8 dígitos, que podem ser entregues ao escritório de vendas local. Também é possível criar uma lista de projeto com vários produtos e enviá-la a um representante de vendas da Danfoss.

Figura 69: String do código do tipo

Um exemplo de uma string do código do tipo é:

FC-360Q110T4E20H2XXCXXSXXXXA0BX

O significado dos caracteres na string é definido neste capítulo. No exemplo acima, um conversor é configurado com os seguintes opcionais:

- Filtro de RFI, classe A2.
- 3C3.
- PROFIBUS DP-V1.

Os conversores são entregues automaticamente com os idiomas inglês, chinês e português.

### 11.2 Pedido do gabinete VLT® AutomationDrive FC 360 tamanhos J8–J9

Tabela 75: Solicitação de pedido de código de tipo para gabinetes J8–J9

Descrição	Posição	Escolha possível
Grupo de produto	1–6	FC-360
Modelo	7–10	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Q110: 110 kW (150 hp)</li> <li>• Q132: 132 kW (200 hp)</li> <li>• Q160: 160 kW (250 hp)</li> <li>• Q200: 200 kW (300 hp)</li> <li>• Q250: 250 kW (350 hp)</li> <li>• Q315: 315 kW (450 hp)</li> <li>• H90K: 90 kW (125 hp)</li> <li>• H110: 110 kW (150 hp)</li> <li>• H132: 132 kW (200 hp)</li> <li>• H160: 160 kW (250 hp)</li> <li>• H200: 200 kW (300 hp)</li> <li>• H250: 250 kW (350 hp)</li> </ul>
Tensão de rede	11–12	T4: 380–480 V CA
Gabinete	13-15	E20: IP20
Filtro de RFI	16-17	H2: Filtro de RFI, classe A2
Freio	18	X: Sem IGBT do freio
Display	19	X: Sem Painel de controle local
Revestimento do PCB	20	C: 3C3

**Tabela 75: Solicitação de pedido de código de tipo para gabinetes J8–J9 (continuação)**

Descrição	Posição	Escolha possível
Opcional de rede elétrica	21	X: Sem opcional de rede elétrica
Adaptação	22	X: Entradas de cabo padrão
Adaptação	23	X: Sem adaptação
Lançamento do software	24-27	SXXX: Software padrão
Idioma do software	28	X: Pacote de idioma padrão
Opcionais A	29-30	<ul style="list-style-type: none"> <li>• AX: Sem opcional A</li> <li>• A0: VLT® PROFIBUS DP MCA 101</li> <li>• AL: VLT® PROFINET MCA 120</li> </ul>
Opcionais B	31-32	BX: Sem opcional

### 11.3 Pedidos de acessórios e peças de reposição

**Tabela 76: Códigos para acessórios**

Descrição	Código
VLT® PROFIBUS DP MCA 101	134B6778
VLT® PROFINET MCA 120	134B6779
VLT® Encoder Input MCB 102	132B0282
VLT® Resolver Input MCB 103	132B0283
VLT® 24 V DC Supply MCB 107	130B1208
VLT® Sensor Input Option MCB 114	130B1272
VLT® Graphical Control Panel LCP 23	132B0801
VLT® Numeric Control Panel LCP 21	132B0254
Kit para montagem remota do LCP com cabo, 3 m	132B0102
Cabo de montagem remota do LCP, 3 m	132B0132

**Tabela 77: Códigos para peças de reposição**

Descrição	Código
Cartão de controle para FC 360 J8-J9	132G0279

Para mais peças de reposição, entre em contato com a Danfoss.

### 11.4 Compra de filtros e resistores de freio

Consulte os seguintes Guias de Design para obter as especificações de dimensionamento e os números da solicitação de pedido para filtros e resistores de frenagem:

- Guia de Design do VLT® Brake Resistor MCE 101.
- Guia de Design do VLT® Advanced Harmonic Filters AHF 005/AHF 010.

- Guia de Design de filtros de saída.

## 12 Apêndice

### 12.1 Abreviações e símbolos

**Tabela 78: Abreviações e símbolos**

AVM a 60°	Modulação vetorial assíncrona a 60°
A	Ampère/AMP
CA	Corrente alternada
ACP	Processador de controle de aplicação
AD	Descarga aérea
AEO	Otimização automática de energia
AI	Entrada analógica
AIC	Corrente de interrupção de Ampere
AMA	Adaptação automática do motor
AWG	American Wire Gauge
°C	Graus Celsius
CB	Disjuntor
CD	Descarga constante
CDM	Módulo de drive completo: O conversor, a seção de alimentação e os auxiliares.
CE	Conformidade europeia (normas de segurança europeias)
MC	Modo comum
TC	Torque constante
CC	Corrente contínua
DI	Entrada digital
MD	Módulo diferencial
D-TYPE	Depende do conversor
EEPROM	Memória somente de leitura programável e apagável eletricamente
EMC	Compatibilidade eletromagnética
EMF	FEM Força Eletro Motriz
EMI	Interferência eletromagnética
ESD	Descarga eletrostática
ETR	Relé térmico eletrônico
°F	Graus Fahrenheit
$f_{JOG}$	Frequência do motor quando a função jog está ativada.
$f_M$	Frequência do motor

**Tabela 78: Abreviações e símbolos** (continuação)

$f_{MAX}$	Frequência de saída máxima que o conversor aplica em sua saída.
$f_{MIN}$	Frequência mínima do motor a partir do conversor.
$f_{M, N}$	Frequência do motor nominal
FC	Conversor de frequência (drive)
FSP	Bomba de velocidade fixa
g	Grama
SA	Sobrecarga alta
Hp	Cavalo-vapor
Hz	Hertz
$I_{INV}$	Corrente de saída nominal do inversor
$I_{LIM}$	Limite de corrente
$I_{M, N}$	Corrente nominal do motor
$I_{VLT, MAX}$	Corrente de saída máxima
$I_{VLT, N}$	Corrente de saída nominal fornecida pelo conversor
IGBT	Transistor bipolar de porta isolada
IP	Proteção de entrada
kHz	kiloHertz
LCP	Painel de controle local
LED	Diodo emissor de luz
$L_d$	Indutância do eixo d do motor
$L_q$	Indutância do eixo-q do motor
Lsb	Bit menos significativo
m	Metro
mA	Miliampere
MCM	Mille mil circular
MCP	Processador de controle do motor
MCT	Ferramenta Motion Control
mH	Indutância em milihenry
min	Minuto
mm	Milímetro
ms	Milisseguno
Msb	Bit mais significativo
$\eta_{VLT}$	Eficiência do conversor definida como relação entre saída e entrada de potência.

**Tabela 78: Abreviações e símbolos** (continuação)

NEMA	National Electrical Manufacturers Association
nF	Capacitância em nano Farad
NLCP	Painel de controle local numérico
Nm	Newton metro
SN	Sobrecarga normal
$n_s$	Velocidade de sincronização do motor
Parâmetros Online/Offline	As alterações nos parâmetros on-line são ativadas imediatamente após o valor dos dados ser alterado
$P_{br, cont.}$	Potência nominal do resistor de frenagem (potência média durante frenagem contínua)
PCB	Placa de circuito impresso
PCD	Dados de processo
PDS	Sistema de potência do conversor: CDM e um motor
PE	Ponto de aterramento de proteção
PELV	Tensão extra baixa de proteção
$P_m$	Potência nominal de saída do conversor como sobrecarga alta
$P_{M, N}$	Potência do motor nominal
Motor PM	Motor de ímã permanente
PID de processo	Regulador diferencial integrado proporcional que mantém a velocidade, a pressão, a temperatura e assim por diante.
PWM	Modulação por largura de pulso
$R_{br, nom}$	Valor nominal do resistor que garante um potência de frenagem no eixo do motor de 150/160% durante 1 minuto.
RCD	Dispositivo de corrente residual
Regen	Terminais regenerativos
RFI	Interferência de radiofrequência
$R_{min}$	Valor mínimo do resistor de frenagem permitido pelo conversor
RMS	Raiz quadrada média
RPM	Rotações por minuto
$R_{rec}$	Resistência recomendada para resistores de frenagem Danfoss
$R_s$	Resistência do estator
s	Segundo
SCR	Retificador controlado de silício
SCCR	Características nominais da corrente de curto-circuito
SFAVM	Modulação vetorial assíncrona orientada pelo fluxo do estator

Tabela 78: Abreviações e símbolos (continuação)

STW	Status word
SMPS	Fonte de alimentação chaveada
THD	Distorção harmônica total
$T_{LIM}$	Limite de torque
TTL	Pulsos do encoder TTL (5 V) - lógica do transistor
$U_{M,N}$	Tensão do motor nominal
UL	Underwriters Laboratories (organização dos EUA para a certificação de segurança)
V	Volts
VSP	Bomba de velocidade variável
VT	Torque variável
VVC+	Controle vetorial de tensão plus
$X_h$	Reatância principal do motor

## 12.2 Definições

### 12.2.1 Conversor de frequência

#### Parada por inércia

O eixo do motor está em modo livre. Nenhum torque no motor.

$I_{VLT,MAX}$

Corrente de saída máxima.

$I_{VLT,N}$

Corrente de saída nominal fornecida pelo drive.

$U_{VLT,MAX}$

Tensão de saída máxima.

### 12.2.2 Entrada

#### Comandos de controle

Inicie e pare o motor conectado com o LCP e as entradas digitais.

As funções estão divididas em 2 grupos. As funções do grupo 1 têm prioridade mais alta que as do grupo 2.

Tabela 79: Grupos de função

Grupo 1	Parada por inércia, reset e parada por inércia, parada rápida, frenagem CC, parada e [OFF].
Grupo 2	Partida, partida por pulso, partida reversa, jog, congelar frequência de saída e [Hand On].

### 12.2.3 Motor

#### Motor em funcionamento

Torque gerado no eixo de saída e velocidade de 0 RPM à velocidade máxima no motor.

$f_{JOG}$   
Frequência do motor quando a função jog estiver ativada (por meio dos terminais digitais ou barramento).

$f_M$   
Frequência do motor.

$f_{MAX}$   
Frequência do motor máxima.

$f_{MIN}$   
Frequência do motor mínima.

$f_{M,N}$   
Frequência nominal do motor (dados da plaqueta de identificação).

$I_M$   
Corrente do motor (real).

$I_{M,N}$   
Corrente nominal do motor (dados da plaqueta de identificação).

$n_{M,N}$   
Velocidade nominal do motor (dados da plaqueta de identificação).

$n_s$   
Velocidade do motor síncrono.  $n_s = \frac{2 \times \text{Parameter1} - 23 \times 60s}{\text{Parameter1} - 39}$

$n_{slip}$   
Deslizamento do motor.

$P_{M,N}$   
Potência do motor nominal (dados da plaqueta de identificação em kW ou hp).

$T_{M,N}$   
Torque nominal (motor).

$U_M$   
Tensão do motor instantânea.

$U_{M,N}$   
Tensão nominal do motor (dados da plaqueta de identificação).

**Torque de segurança**

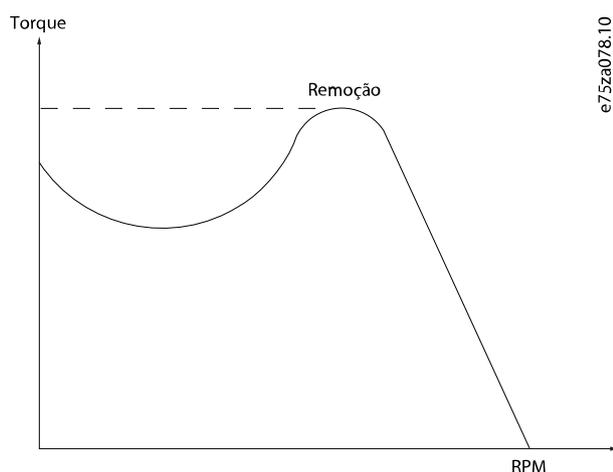


Figura 70: Torque de segurança

#### $\eta_{VLT}$

A eficiência do drive é definida como a relação entre a saída e a de entrada de potência.

#### Comando inibidor de partida

Um comando inibidor de partida pertencente aos comandos de controle no grupo 1. Consulte a tabela no capítulo *Entrada* para obter mais detalhes.

#### Comando de parada

Um comando de parada pertencente aos comandos de controle no grupo 1. Consulte a tabela no capítulo *Entrada* para obter mais detalhes.

## 12.2.4 Referências

### Referência analógica

Um sinal transmitido para as entradas analógicas 53 ou 54 pode ser tensão ou corrente.

### Referência binária

Um sinal transmitido através da porta de comunicação serial.

### Referência predefinida

Uma referência predefinida a ser programada de -100% a +100% da faixa de referência. Seleção de 8 referências predefinidas via terminais digitais. Seleção de 4 referências predefinidas por meio do barramento.

### Referência de pulso

É um sinal de pulso transmitido às entradas digitais (terminal 29 ou 33).

#### Ref<sub>MÁX</sub>

Determina a relação entre a entrada de referência com valor de escala total de 100% (tipicamente 10 V, 20 mA) e a referência resultante. O valor de referência máxima está programado em **parâmetro 3-03 Referência máxima**.

#### Ref<sub>MÍN</sub>

Determina a relação entre a entrada de referência com valor de escala total de 0% (tipicamente 0 V, 0 mA, 4 mA) e a referência resultante. O valor de referência mínima está programado no **parâmetro 3-02 Referência mínima**.

## 12.2.5 Diversos

### Entradas analógicas

As entradas analógicas são utilizadas para controlar várias funções do drive.

Há 2 tipos de entradas analógicas:

- Entrada de corrente: 0–20 mA e 4–20 mA.
- Entrada de tensão: 0–10 V CC.

### Saídas analógicas

As saídas analógicas podem fornecer um sinal de 0–20 mA ou 4–20 mA.

### Adaptação automática do motor, AMA

O algoritmo AMA determina os parâmetros elétricos para o motor conectado quando parado.

### Resistor de frenagem

O resistor de frenagem é um módulo capaz de absorver a potência de frenagem gerada na frenagem regenerativa. Essa potência de frenagem regenerativa aumenta a tensão do barramento CC e um circuito de frenagem garante que a potência seja transmitida ao resistor de frenagem.

### Características de TC

Características do torque constante usadas por todas as aplicações tais como correia transportadora, bombas de deslocamento e guindastes.

### Entradas digitais

As entradas digitais podem ser utilizadas para controlar várias funções do drive.

### Saídas digitais

O drive apresenta 2 saídas de estado sólido que podem fornecer um sinal de 24 V CC (máximo de 40 mA).

### ETR

O relé térmico eletrônico é um cálculo da carga térmica baseado na carga atual e no tempo. Sua finalidade é fazer uma estimativa da temperatura do motor.

### Barramento padrão do FC

Inclui o barramento RS485 com o Protocolo Danfoss FC ou o protocolo MC. Consulte o **parâmetro 8-30 Protocolo**.

### Inicialização

Se a inicialização for executada (**parâmetro 14-22 Modo Operação**), o drive retornará à configuração padrão.

### Ciclo útil intermitente

Características nominais úteis intermitentes referem-se a uma sequência de ciclos úteis. Cada ciclo consiste em um período com carga e outro sem carga. A operação pode ser de funcionamento periódico ou de funcionamento aperiódico.

### LCP

O painel de controle local compõe uma interface completa para controle e programação do drive. O LCP é desconectável. Com o kit de instalação opcional, o LCP pode ser instalado a até 3 m (9,8 pés) do conversor em um painel frontal.

### GLCP

O painel de controle local gráfico faz a interface para o controle e programação do drive. O display é gráfico e o painel é usado para mostrar os valores do processo. O GLCP possui funções de armazenamento e cópia.

#### NLCP

O painel de controle local numérico faz a interface para o controle e programação do drive. O display é numérico e o painel é usado para mostrar os valores de processo. O NLCP possui funções de armazenamento e cópia.

#### lsb

É o bit menos significativo.

#### msb

É o bit mais significativo.

#### MCM

Curto para mille circular em milésimo, uma unidade de medição americana para seção transversal do cabo. 1 MCM = 0,5067 mm<sup>2</sup>.

#### Parâmetros on-line/off-line

As alterações nos parâmetros on-line são ativadas imediatamente após a mudança no valor de dados. Para ativar as alterações nos parâmetros off-line, pressione [OK].

#### PID de processo

O controle do PID mantém velocidade, pressão e temperatura ajustando a frequência de saída para corresponder à carga variável.

#### PCD

Dados de controle de processo.

#### Ciclo de energização

Desligue a rede elétrica até o display (LCP) ficar escuro, depois ligue novamente.

#### Fator de potência

O fator de potência é a relação entre  $I_1$  e  $I_{RMS}$ .

$$\text{Powerfactor} = \frac{\sqrt{3} \times U \times I_1 \cos\phi_1}{\sqrt{3} \times U \times I_{RMS}}$$

$$\text{Para este conversor, } \cos\phi_1 = 1, \text{ portanto: } \text{Powerfactor} = \frac{I_1 \times \cos\phi_1}{I_{RMS}} = \frac{I_1}{I_{RMS}}$$

O fator de potência indica em que medida o conversor impõe uma carga na rede elétrica.

Quanto menor o fator de potência, maior será a  $I_{RMS}$  para o mesmo desempenho em kW.

$$I_{RMS} = \sqrt{I_1^2 + I_5^2 + I_7^2 + \dots + I_n^2}$$

Além disso, um fator de potência alto indica que as diferentes correntes harmônicas são baixas.

As bobinas CC incorporadas produzem um alto fator de potência, minimizando a carga imposta na alimentação de rede elétrica.

#### Entrada de pulso/encoder incremental

É um transmissor digital de pulso, externo, utilizado para retornar informações sobre a velocidade do motor. O encoder é utilizado em aplicações onde há necessidade de extrema precisão no controle da velocidade.

#### RCD

Dispositivo de corrente residual.

#### Configuração

Salve a programação do parâmetro em 2 setups. Alterne entre os dois setups de parâmetros e edite um setup enquanto o outro estiver ativo.

#### SFAVM

Acrônimo que descreve a modulação vetorial assíncrona orientada pelo flux do estator para padrão de chaveamento.

#### Compensação de escorregamento

O conversor compensa o deslizamento do motor dando à frequência um complemento que segue a carga do motor medida, mantendo a velocidade do motor quase constante.

#### Smart logic control (SLC)

O SLC é uma sequência de ações definidas pelo usuário executadas quando os eventos definidos pelo usuário associado são avaliados como verdadeiros pelo SLC. (*Grupo do parâmetro 13-\*\* Smart Logic*).

#### STW

Status word.

#### THD

A distorção de harmônicas total indica a contribuição total da distorção de harmônicas.

#### Termistor

Um resistor cuja resistência varia em função da temperatura colocado onde a temperatura deve ser monitorada (conversor ou motor).

#### Desarme

Um estado inserido em situações de falha, por exemplo, se o conversor estiver sujeito a sobretensão ou quando estiver protegendo o motor, processo ou mecanismo. Uma nova partida é impedida até que a causa da falha desapareça e o estado de desarme seja cancelado ativando o reset ou, às vezes, sendo programado para reset automaticamente. Não use o desarme para segurança pessoal.

#### Bloqueio por desarme

Bloqueio por desarme é um estado inserido em situações de falha quando o conversor está se protegendo e requer intervenção física. Um exemplo de bloqueio por desarme é quando o conversor está sujeito a um curto-circuito na saída. Um desarme bloqueado só pode ser cancelado desconectando a rede, removendo a causa da falha e reconectando o conversor. A nova partida é impedida até que o estado de desarme seja cancelado, ativando a reinicialização ou, às vezes, sendo programado para reinicializar automaticamente. Não use o bloqueio por desarme para segurança pessoal.

#### Características de VT

Características de torque variável para bombas e ventiladores.

#### VVC+

Se comparado com o controle padrão de relação tensão/frequência, o controle vetorial de tensão (VVC+) melhora a dinâmica e a estabilidade, tanto quando a referência de velocidade é alterada quanto em relação ao torque de carga.

#### AVM a 60°

Refere-se à modulação vetorial assíncrona do padrão de chaveamento de 60°.

## 12.3 Convenções

- Listas numeradas indicam os procedimentos e a descrição das ilustrações.
- As listas de itens indicam outras informações.

- O texto em itálico indica:
  - Referência cruzada.
  - Link.
  - Nome do parâmetro.
  - Nome do grupo do parâmetro.
  - Opcional de parâmetro.
  - Nota de rodapé.
- Todas as dimensões nos desenhos estão em [mm] (pol.).
- Um asterisco (\*) indica a configuração padrão de um parâmetro.





**Danfoss A/S**  
Ulsnaes 1  
DK-6300 Graasten  
[drives.danfoss.com](http://drives.danfoss.com)

Quaisquer informações, incluindo mas não limitado a, informações sobre a seleção do produto, sua aplicação ou uso, design do produto, peso, dimensões, capacidade ou quaisquer outros dados técnicos em manuais do produto, descrições de catálogos, anúncios etc., sejam elas disponibilizadas por via escrita, oral, eletrônica, on-line ou download, devem ser consideradas informativas e serão vinculativas apenas quando houver referência explícita em uma cotação ou confirmação de pedido. A Danfoss não se responsabiliza por possíveis erros em catálogos, folhetos, vídeos e outros materiais. A Danfoss reserva o direito de alterar seus produtos sem aviso prévio. Isso também é aplicável aos produtos pedidos, mas não entregues, desde que essas alterações possam ser feitas sem alterações de forma, finalidade ou função do produto. Todas as marcas registradas contidas neste material são de propriedade da Danfoss A/S ou de empresas do grupo Danfoss. Danfoss e o logotipo da Danfoss são marcas registradas da Danfoss A/S. Todos os direitos reservados.

M00404

