

## Capítulo VIII

# Conjuntos de manobra e controle de baixa tensão – Aplicações

Por Luiz Felipe Costa\*

A aplicação de conjuntos de manobra e controle de baixa tensão, conforme a ABNT NBR IEC 60439-1, é feita, inicialmente, com base nas características nominais necessárias à mesma:

- [1] Tensão nominal ( $U_n$ );
- [2] Tensão nominal de operação ( $U_e$ );
- [3] Tensão nominal de isolamento ( $U_i$ );
- [4] Tensão suportável nominal de impulso ( $U_{imp}$ );
- [5] Corrente nominal ( $I_n$ );
- [6] Corrente suportável nominal de curta-duração ( $I_{cw}$ );
- [7] Corrente suportável nominal de crista ( $I_{pk}$ );
- [8] Corrente nominal condicional de curto-circuito ( $I_{cc}$ ), se aplicável;
- [9] Corrente nominal de curto-circuito limitada por fusível ( $I_{cf}$ ), se aplicável;
- [10] Fator nominal de diversidade (FDR);
- [11] Frequência nominal ( $f_n$ ).

Dentro do novo contexto da IEC 61439, estas características ainda se mantêm válidas. Porém, o mais importante a ser ressaltado neste momento é o fato de que os requisitos nominais para um conjunto de manobra e controle de potência de baixa tensão, como os listados anteriormente, não são suficientes para definir a sua aplicação. É necessário levar em conta as condições de serviço e as características construtivas requeridas. As informações e as recomendações contidas no capítulo “6” (Condições

de serviço) e no capítulo “7” (Projeto e Construção) da norma ABNT NBR IEC 60439-1 devem servir de base para se estabelecer os critérios de uso.

O relatório técnico IEC/TR 61439-0 (“Low-voltage switchgear and controlgear assemblies – Part 0: Guidance to specifying assemblies”), que já se encontra na sua 2ª edição (lançada, pela IEC, em abril de 2013), é uma excelente ferramenta na compreensão dos requisitos de aplicação e desempenho associados a este tipo de equipamento.

Seguindo a atual abordagem da ABNT NBR IEC 60439-1, a tabela 7 desta norma lista os ensaios de tipo e de rotina aplicáveis a cada tipo de CMC (TTA / PTTA) e, também, especifica como cada um destes testes deve ser aplicado para atendimento aos requisitos relativos à classificação TTA e PTTA.

Pela atual definição da norma, um painel “TTA” (CMC com os ensaios de tipo totalmente efetuados) é um painel de BT que está em conformidade com um tipo ou sistema estabelecido, sem apresentar desvios que possam influenciar o seu desempenho quando comparado com o protótipo típico ensaiado e aprovado, conforme a ABNT NBR IEC 60439-1 e a antiga IEC 60439-1. Dessa forma, um conjunto de manobra e controle “TTA” deve atender aos requisitos dos seguintes ensaios de tipo:

- Limites de elevação de temperatura;
- Propriedades dielétricas;
- Corrente suportável de curto-circuito;

- Eficácia do circuito de proteção;
- Distâncias de escoamento e isolamento;
- Funcionamento mecânico; e
- Grau de proteção (IP, conforme NABNT BR IEC 60529).

Para a ABNT NBR IEC 60439-1, a lista de verificações de rotina é a seguinte:

- Inspeção do conjunto de manobra e controle, incluindo a inspeção da instalação elétrica e, se necessário, ensaio de funcionamento elétrico;
- Ensaio dielétrico;
- Verificação das medidas de proteção e da continuidade elétrica do circuito de proteção.

Já um PTTA (CMC com ensaios de tipo parcialmente efetuados) é um painel de BT que apresenta tanto configurações ensaiadas quanto outras não ensaiadas, mas cujos “desvios” foram derivados, por exemplo, por cálculo, a partir de protótipos ensaiados e que satisfizeram os requisitos de norma (ABNT NBR IEC 60439-1 e a antiga IEC 60439-1). Um conjunto de manobra e controle “PTTA” pode diferir de um “TTA” no atendimento dos seguintes requisitos:

- Verificação dos limites de elevação de temperatura por teste ou extrapolação a partir de resultados de um conjunto ensaiado;
- Verificação da isolamento pela medição da resistência de isolamento com um megômetro de, no mínimo, 500 V;
- Verificação da suportabilidade aos esforços da corrente de curto-circuito pelo ensaio ou extrapolação (cálculos), a partir de arranjos com configurações similares ensaiadas e aprovadas;
- Verificação da eficácia da conexão entre as partes condutoras expostas do CMC e o circuito de proteção pela inspeção ou medição de resistência.

Exemplos de antigos documentos técnicos que podem ser utilizados na avaliação de estruturas do tipo PTTA, a partir de sistemas com valores ensaiados e aprovados, são listados a seguir:

- Technical Report IEC 60890: A method of temperature-rise assessment by extrapolation for partially type-tested assemblies (PTTA) of low voltage switchgear and controlgear;
- Technical Report IEC 61117: A method for assessing the short-circuit strength of partially type-tested assemblies (PTTA). Este documento foi incorporado à IEC 61429-1, na forma do anexo P.

A título ilustrativo, a Figura 1 apresenta duas montagens usadas para a verificação das propriedades dielétricas de conjuntos de manobra e controle. A primeira foi para um CDC e a segunda para um CCM. O ensaio em questão era de verificação da suportabilidade ao impulso atmosférico.



**CDC – Centro de Distribuição de Cargas**



**CCM – Centro de Controle de Motores**

**Figura 1 – Ensaios de verificação das propriedades dielétricas (impulso atmosférico de 8 kV de crista).**

Exemplos de valores das características construtivas básicas de um conjunto de manobra e controle de baixa tensão são listadas a seguir:

- Tensão nominal: 690 V;
- Tensão nominal de operação: 480 V (quando esta é diferente da tensão nominal);
- Tensão nominal de isolamento: 1.000 V;
- Tensão nominal de impulso: 8 kV;
- Capacidade de interrupção máxima: 50 kA;
- Corrente suportável de curta duração: 50 kA simétricos por 1 s;
- Valor de pico do 1º semiciclo da corrente suportável: 105 kA);
- Corrente nominal das barras principais: 2.500 A;

- Corrente nominal das barras de derivação: 800 A;
- Fator nominal de diversidade: 0,8;
- Formas de separação: 4b;
- Grau de proteção: IP20 (interno) / IP31 (externo).

É importante atentar para o fato de que, no universo dos equipamentos de BT, diferente da média tensão, o contexto das solicitações dielétricas, apesar de toda a sua relevância, não é fator determinante. Entretanto, os problemas surgidos com altas correntes nominais de regime e os níveis altos de curto-circuito em espaços físicos, muito menores do que aqueles encontrados na MT, levam a preocupações quanto à solução de arranjos de barramentos, de equipamentos de manobras, transformadores de instrumentos e elementos de proteção contra sobrecorrentes.

Conforme comentado anteriormente, os conjuntos de manobra e controle em BT e MT são a concretização dos arranjos de barras elétricas de um sistema de potência. Eles integram os dispositivos e as interligações que permitem as atividades relacionadas à operação de um ponto específico da instalação, valendo-se de suportes, pilares, travessas, placas de montagem, etc. Este arranjo, com todos os seus equipamentos, pode apresentar um invólucro, o qual visa, basicamente, dois objetivos:

- Segurança humana, primordialmente; e
- Proteção dos equipamentos.

Dentro desse contexto, os invólucros e as divisórias de qualquer tipo de equipamento elétrico, inclusive os painéis elétricos, tanto de baixa quanto de média tensão, devem ser associados a um determinado índice classificativo conhecido como código IP (Índice de Proteção), o qual visa estabelecer ou identificar os limites de ingresso de sólidos e líquidos, além de dar uma orientação quanto ao nível de proteção física contra contatos com circuitos que possam vir a estar energizados. Esta classificação, definida na ABNT NBR IEC 60529, associa os códigos IP ao desempenho de um determinado invólucro ou anteparo de um equipamento elétrico. Os graus de proteção (código IP) são construídos, basicamente, da seguinte forma:

- 1º numeral (0 a 6, ou letra X): define o ingresso de objetos sólidos e a proteção de pessoas contra partes perigosas;
- 2º numeral (0 a 8, ou letra X): define o ingresso de água, com efeitos danosos ao equipamento;
- Letra adicional (A, B, C, D): proteção de pessoas contra partes perigosas;
- Letra suplementar (H, M, S, W): informação específica.

O primeiro dígito (numeral) da classificação do grau de proteção (IP) indica que o equipamento deve prevenir acesso a partes perigosas e o ingresso de corpos sólidos, conforme a Tabela 1. O segundo dígito (numeral) da classificação do grau de proteção (IP) indica que o equipamento deve prevenir o ingresso de água, conforme a Tabela 2.

A primeira letra adicional após a indicação do grau de proteção (IPXX) é opcional e indica que o equipamento fornece proteção adicional, conforme a Tabela 3. A segunda letra “suplementar” após a indicação do grau de proteção (IPXX) é, também, opcional e indica que o equipamento atende a requisitos específicos para uma das aplicações mostradas na Tabela 4.

**TABELA 1 – GRAU DE PROTEÇÃO – IP: 1º NUMERAL**

IP_X	Proteção contra (proteção de pessoas / preservação do equipamento):
0	Nenhuma
1	Uma esfera de diâmetro de 50 mm (costa da mão) não deve comprometer a segurança (50 N). Uma esfera de diâmetro de 50 mm não deve entrar completamente.
2	Um dedo articulado de teste com diâmetro de 12 mm e L = 80 mm não deve tocar partes perigosas ou diminuir distâncias de isolamento (10 N). Uma esfera com diâmetro de 12,5 mm não deve entrar completamente.
3	Um arame de aço, com diâmetro de 2,5 mm e L = 100 mm, não deve comprometer a segurança (3 N). Um arame de aço de diâmetro de 2,5 mm não deve entrar.
4	Um arame de aço, com diâmetro de 1,0 mm e L = 100 mm, não deve comprometer a segurança (1 N). Um arame de aço de diâmetro de 1,0 mm não deve entrar.
5	Um arame de aço, com diâmetro de 1,0 mm e L = 100 mm, não deve comprometer a segurança (1 N). Quantidades limitadas de pó podem penetrar, mas não devem poder interferir com a operação normal do equipamento (“dust-protected”).
6	Um arame de aço, com diâmetro de 1,0 mm e L = 100 mm, não deve comprometer a segurança (1 N). A prova de pó (“dust-tight”).

**TABELA 2 – GRAU DE PROTEÇÃO – IP: 2º NUMERAL**

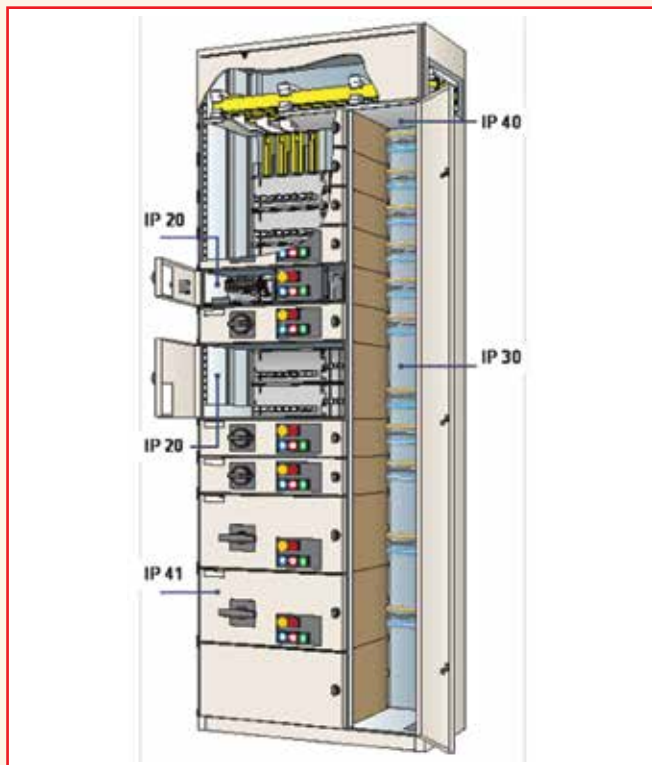
IPX_	PROTEÇÃO CONTRA (INGRESSO DE ÁGUA):
0	NENHUMA
1	GOTAS DE ÁGUA CAINDO VERTICALMENTE (CONDENSAÇÃO).
2	GOTAS DE ÁGUA CAINDO COM UM ÂNGULO DE 15º COM A VERTICAL (POR EXEMPLO, SISTEMAS DE COMBATE A INCÊNDIO COM PÉ DIREITO ALTO E COM USO DE SPRINKLER).
3	ASPERSÃO DE ÁGUA CAINDO COM UM ÂNGULO DE 60º COM A VERTICAL (POR EXEMPLO, SISTEMAS DE COMBATE A INCÊNDIO COM PÉ DIREITO BAIXO E COM USO DE SPRINKLER).
4	RESPINGOS DE QUALQUER DIREÇÃO.
5	USO DE MANGUEIRAS D'ÁGUA – JATO D'ÁGUA DE BAIXA PRESSÃO PROVENIENTE DE QUALQUER DIREÇÃO
6	CONDIÇÕES DE CONVÉS DE NAVIOS – JATO D'ÁGUA COM ALTA PRESSÃO PROVENIENTE DE QUALQUER DIREÇÃO.
7	IMERSÃO TEMPORÁRIA.
8	IMERSÃO CONTÍNUA.

**TABELA 3 – GRAU DE PROTEÇÃO – IPXX: 1ª LETRA ADICIONAL**

IPXX_	USAR COM	PROTEÇÃO CONTRA
A	0	A ESFERA COM 50 MM DE DIÂMETRO PODE ENTRAR, MAS NÃO DEVE TOCAR EM PARTES PERIGOSAS OU REDUZIR A ISOLAÇÃO ELÉTRICA (RIGIDEZ DIELÉTRICA, TENSÃO DE IMPULSO ETC.). PROTEÇÃO CONTRA AS COSTAS DA MÃO.
B	0 & 1	O DEDO DE TESTE DE DIÂMETRO DE 12 MM PODE ENTRAR ATÉ 80 MM, MAS NÃO DEVE TOCAR EM PARTES PERIGOSAS OU REDUZIR A ISOLAÇÃO ELÉTRICA. PROTEÇÃO CONTRA DEDOS.
C	0, 1 & 2	O DISPOSITIVO DE TESTE, COM DIÂMETRO DE 2,5 MM E COMPRIMENTO DE 100 MM, PODE ENTRAR, MAS NÃO DEVE TOCAR EM PARTES PERIGOSAS OU REDUZIR A ISOLAÇÃO ELÉTRICA. PROTEÇÃO CONTRA FERRAMENTAS.
D	0, 1, 2 & 3	O DISPOSITIVO DE TESTE, COM DIÂMETRO DE 1,0 MM E COMPRIMENTO DE 100 MM, PODE ENTRAR, MAS NÃO DEVE TOCAR EM PARTES PERIGOSAS OU REDUZIR A ISOLAÇÃO ELÉTRICA. PROTEÇÃO CONTRA FIOS.

**TABELA 4 – GRAU DE PROTEÇÃO – IPXX: 2ª LETRA ADICIONAL**

IPXX_	REQUISITO ESPECÍFICO
H	EQUIPAMENTOS DE ALTA-TENSÃO.
M	VERIFICAÇÃO DO INGRESSO DE ÁGUA COM O EQUIPAMENTO EM MOVIMENTO (POR EXEMPLO, MÁQUINA ROTATIVA EM OPERAÇÃO).
S	VERIFICAÇÃO DO INGRESSO DE ÁGUA COM O EQUIPAMENTO EM REPOUSO (POR EXEMPLO, MÁQUINA ROTATIVA PARADA).
W	ADEQUADO PARA USO EM CONDIÇÕES CLIMÁTICAS ESPECIAIS E COM CARACTERÍSTICAS ADICIONAIS DE PROTEÇÃO (A SER ACORDADO ENTRE FABRICANTE E USUÁRIO).



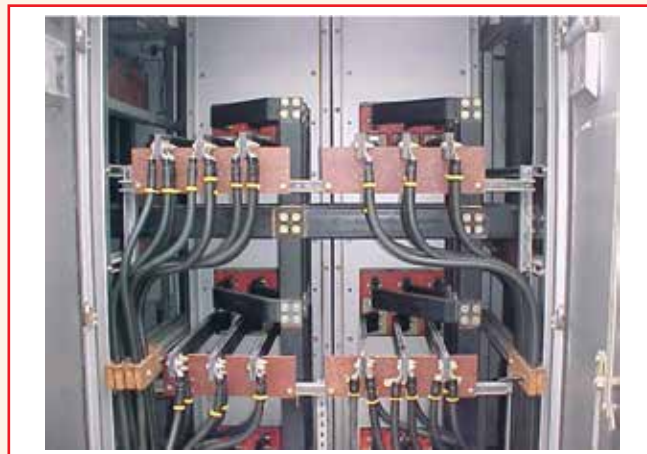
**Figura 2 – Coluna de CCM de BT mostrando os diferentes graus de proteção (IP), conforme a barreira ou parte analisada.**

É importante atentar para o fato de que um mesmo equipamento pode apresentar diferentes graus de proteção, conforme o que está sendo avaliado: o conjunto (invólucro externo), uma parte (unidade funcional, por exemplo) ou uma barreira, conforme exemplificado na Figura 2.

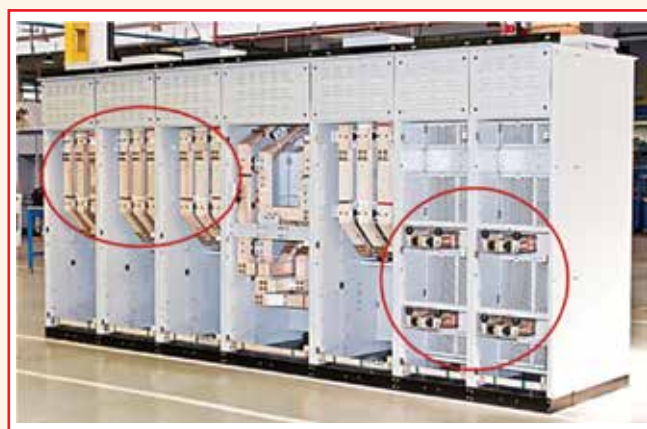
Um fator que está, também, correlacionado ao grau de proteção de um conjunto de manobra e controle são as correntes nominais a serem adotadas nas unidades funcionais e nos barramentos principal e de derivação.

Pode até não ser uma relação clara e direta, mas o fato de se tomar a decisão de adotar uma classificação IP mais restrigente quanto à entrada de corpos sólidos pode implicar restrições na ventilação natural necessária à troca de calor para operação das partes ou da totalidade dos painéis. Afinal, cada elemento instalado dentro de um painel, apesar de ter um valor de sobretemperatura associado à sua corrente permanente e à temperatura ambiente externa, ele encontra-se sob influência direta das condições do seu microambiente.

Outro ponto muito relevante na especificação e na aplicação de um CMCP de BT é a definição da forma de separação interna. Conforme descrito na seção “7.7” da ABNT NBR IEC 60439-1, as formas de separação interna estabelecem as condições construtivas, por meio de divisões e barreiras, para se atingir graus de proteção internos iguais ou superiores a IPXXB e IP2X entre compartimentos. Em outras palavras, aplica-se a seguinte filosofia:



**Figura 3 – Exemplo da forma “2a”.**



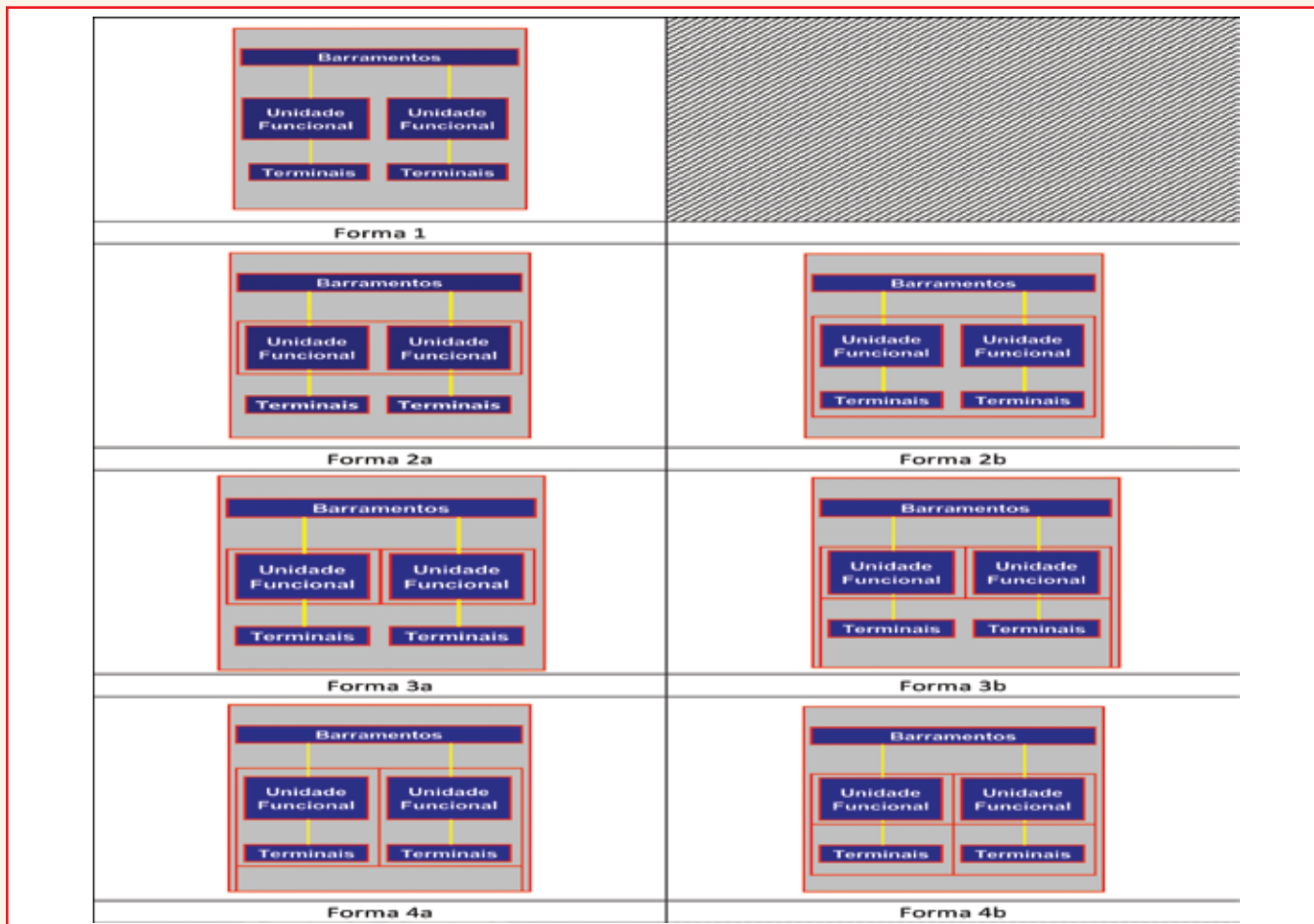
**Figura 4 – Exemplo das formas “4b” e “3b”.**

- Proteção contra contato com partes perigosas: no mínimo IP XXB; e
- Proteção contra penetração de corpos sólidos: no mínimo IP 2X.

É importante ressaltar que o grau de proteção IP 2X cobre o grau de proteção IP XXB. A separação interna pode ser obtida por meio de partições ou barreiras (metálicas ou não), isolamento das partes vivas ou uso de componentes com o grau de proteção desejado (por exemplo, disjuntores em caixa moldada com grau de proteção IP 2X – “à prova de dedos”).

Os tipos de forma de separação permitem que o usuário escolha o arranjo que melhor atende aos seus requisitos de segurança e continuidade de serviço, conforme a instalação existente. A Figura 3 mostra um exemplo de um CMCP de BT com forma de separação 2a (vista posterior, mostrando barramentos principal e de derivações, além dos terminais de saída das unidades funcionais). Já a Figura 4 apresenta uma vista posterior de um CMCP de BT com forma 3b nas duas colunas da direita e forma 4b nas três colunas da esquerda.

Os detalhes sobre os requisitos construtivos das formas de separação interna são apresentados na tabela 5 e na Figura 5.



**Figura 5 – Representação esquemática das formas de separação definidas pela ABNT e IEC.**

**TABELA 5 – FORMAS DE SEPARAÇÃO INTERNA PARA CMCP DE BT, SEGUNDO A IEC.**

<i>Critério principal</i>	<i>Critério secundário</i>	<i>Forma</i>
Sem separação interna.		Forma 1
Separção entre os barramentos e as unidades funcionais.	Terminais para os condutores externos não separados dos barramentos.	Forma 2a
	Terminais para os condutores externos separados dos barramentos.	Forma 2b
Separção entre os barramentos e as unidades funcionais e separção entre todas as unidades funcionais. Separção entre os terminais para condutores externos e as unidades funcionais, mas não entre os terminais das diferentes unidades funcionais.	Terminais para os condutores externos não separados dos barramentos.	Forma 3a
	Terminais para os condutores externos separados dos barramentos.	Forma 3b
Separção entre os barramentos e todas as unidades funcionais e separção entre todas as unidades funcionais. Separção entre os terminais para condutores externos das diferentes unidades funcionais e entre os terminais das unidades funcionais e os barramentos.	Terminais para os condutores externos no mesmo compartimento da unidade funcional associada.	Forma 4a
	Terminais para os condutores externos não se encontram no mesmo compartimento da respectiva unidade funcional, mas em um compartimento ou espaço individual, separado, fechado e protegido.	Forma 4b

\*LUIZ FELIPE COSTA é especialista sênior da Eaton. É formado em engenharia elétrica pela Escola de Engenharia da UFRJ e pós-graduado em Proteção de Sistemas Elétricos pela Universidade Federal de Itajubá.

**Continua na próxima edição**

Confira todos os artigos deste fascículo em [www.osetoreletrico.com.br](http://www.osetoreletrico.com.br)

Dúvidas, sugestões e comentários podem ser encaminhados para o e-mail [redacao@atitudeditorial.com.br](mailto:redacao@atitudeditorial.com.br)