

# Programa de Formação Técnica Continuada

## Painel Pré-testado - TTA e Compartimentação de Painéis



**Merlin Gerin**

**Modicon**

**Square D**

**Telemecanique**

**Schneider**  
 **Electric**

# Índice

<b>1. Painéis de distribuição e compartimentação.....</b>	<b>2</b>	<b>15. Conexões para cabos.....</b>	<b>10</b>
<b>2. Tipos de painéis de distribuição.....</b>	<b>2</b>	<b>16. Estado da isolação (separação) claramente aparente.....</b>	<b>10</b>
<b>3. Painéis de distribuição de acordo com aplicações específicas.....</b>	<b>2</b>	<b>17. Intertravamentos.....</b>	<b>10</b>
<b>4. Os painéis de controle de processo estão :</b>		<b>18. Manobras.....</b>	<b>11</b>
4.1 É feita uma distinção entre:.....	3	18.1 Escolha de painel de equipamento de manobra para um circuito de transformador.....	11
4.2 Concepção dos dois tipos de QD:.....	3		
<b>5. A tecnologia dos quadros de distribuição funcionais.....</b>	<b>3</b>	<b>19. Subestações abrigadas equipadas com equipamentos de manobra dentro de envoltório metálico.....</b>	<b>11</b>
<b>6. Unidades funcionais que possuem características de isolamento e desconexão.....</b>	<b>4</b>	<b>20. Subestações de distribuição pública em poste.....</b>	<b>13</b>
6.1 Unidades funcionais montadas em chassis extraíveis.....	4	20.1 Conjunto de manobra e controle em baixa tensão (BT), daqui por diante designado Conjunto.....	13
<b>7. Normas</b>		20.2 Conjunto com todos ensaios de tipo (TTA).....	13
7.1 Norma IEC 439-1.....	4	20.3 Conjunto com parte dos ensaios de tipo (PTTA).....	13
7.2 As formas seguintes são as típicas de separação por barreiras ou divisões:.....	4	20.4 Unidade funcional.....	13
<b>8. Controle centralizado.....</b>	<b>5</b>	20.5 Grupo funcional.....	13
<b>9. Influências externas.....</b>	<b>6</b>	20.6 Situação de ensaio.....	13
<b>10. Proteção por envoltórios : Código IP.....</b>	<b>7</b>	20.7 Unidades construtivas dos conjuntos.....	13
<b>11. Subestação compacta de consumidor com medição na BT.....</b>	<b>8</b>	20.8 Parte removível.....	14
11.1 Construção.....	8	20.9 Parte extraível.....	14
11.2 Conexão à rede de AT.....	8	20.10 Posição de teste.....	14
11.3 O transformador.....	8	20.11 Repartição.....	14
11.4 Medição.....	8	20.12 Barreira.....	14
11.5 Diagramas unifilares.....	8	20.13 Obstáculo.....	14
<b>12. Escolha dos painéis, normas e especificações.....</b>	<b>8</b>	<b>21. Condutor de proteção PE.....</b>	<b>13</b>
<b>13. Tipo de material.....</b>	<b>9</b>	21.1 Poluição.....	14
<b>14. Segurança operacional de painéis compartimentados e blindados.....</b>	<b>10</b>	21.2 Grau de poluição (ou condições ambientais).....	14
		21.3 Arvorejamento.....	14
		21.4 Classificação dos conjuntos.....	14
		21.5 Características elétricas dos conjuntos.....	14
		21.6 Fator de diversidade funcional.....	14
		21.7 Placas de características.....	15
		<b>22. Especificações de ensaio.....</b>	<b>15</b>
		<b>23. Os ensaios.....</b>	<b>15</b>

## 1- Painéis de distribuição e compartimentação

Um caso particular dos Conjuntos Montados em Fábrica (MF) é o dos painéis de distribuição que são um dos mais importantes elementos de uma instalação. Seu projeto e construção devem estar de acordo com normas bem definidas. Eles também podem ser montados no local, a partir de sub-conjuntos com ensaios de tipo de acordo com a norma.



### Blokset

O painel principal de distribuição é o ponto no qual a energia fornecida se divide em circuitos separados, cada um dos quais é controlado e protegido por disjuntores ou equipamentos de manobra do painel.

Em geral, a fonte de energia é ligada a um conjunto de barramentos através de uma chave principal (disjuntor ou chave-fusível).

Os circuitos individuais, os quais são geralmente agrupados de acordo com a função do circuito (iluminação, aquecimento, força, etc.), são alimentados pelos barramentos.

Alguns dos circuitos alimentam diretamente os barramentos dos painéis de distribuição locais, nos quais é feita uma subdivisão dos circuitos, enquanto em instalações muito grandes são frequentemente necessários painéis de sub-distribuição, criando dessa forma três níveis de distribuição. Uma prática moderna é envolver com chapas metálicas os painéis de distribuição, o que assegura uma dupla proteção:

- Proteção dos equipamentos de manobra, instrumentos indicadores, relés, fusíveis ... contra choques mecânicos, vibrações e outras influências externas que possam interferir com a integridade operacional (EMI [interferência eletromagnética], poeira, umidade, fungos, pequenos animais, vermes, etc.);
- Proteção pessoal contra a possibilidade de choques elétricos.

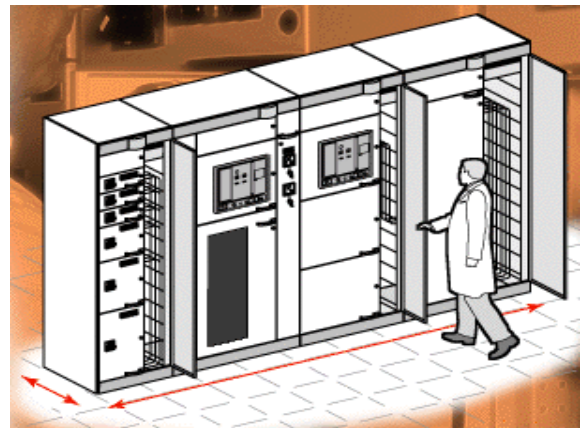
## 2- Tipos de painéis de distribuição

Os painéis de distribuição ou conjuntos de equipamento de manobra montados em fábrica (CMF) podem diferir de acordo com o tipo de aplicação e do princípio de projeto adotado (principalmente no arranjo dos barramentos).

## 3- Painéis de distribuição de acordo com aplicações específicas

Os principais tipos de painéis de distribuição são:

- Painel geral principal de distribuição;



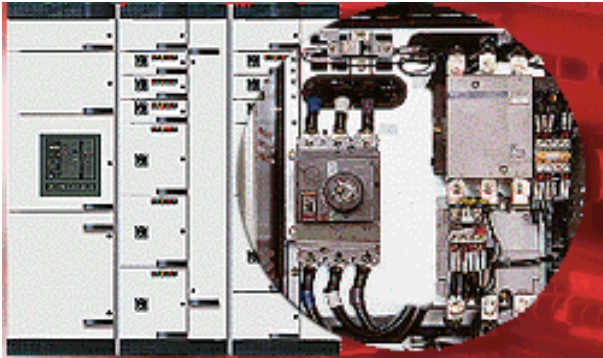
- Painel geral de distribuição local;



- Painel de sub-distribuição;



- Painel de controle de processo, i.é., painel de distribuição funcional. Exemplos: **CCM** (centro de controle de motores), painel de controle dos circuitos de aquecimento, e outros. Os painéis locais e de sub-distribuição estão dispersos ao longo da instalação.



#### 4 - Os painéis de controle de processo estão:

- adjacentes ao painel de distribuição geral, ou nas proximidades do processo por eles controlado.

Os painéis de distribuição são geralmente designados em textos escritos em língua inglesa pela abreviação DB (de Distribution Board) e em português por QD (quadros de distribuição).

##### 4.1- É feita uma distinção entre:

- QDs tradicionais nos quais os equipamentos de proteção e manobra são instalados em um chassis na parte traseira interna de uma estrutura suporte;
- QDs funcionais para aplicações específicas.

##### 4.2 - Concepção dos dois tipos de QD:

###### ■ QDs tradicionais

Os equipamentos de manobra e proteção são normalmente instalados em chassis próximo à parte traseira da estrutura. Os dispositivos indicadores e de controle (medidores, lâmpadas, botões de comando, etc.) estão montados na face frontal do painel.

A instalação dos componentes dentro da estrutura requer um estudo cuidadoso, levando em conta as dimensões de cada item, as conexões a serem feitas a ele, e as distâncias de isolamento necessárias para assegurar uma operação segura e sem perturbações.

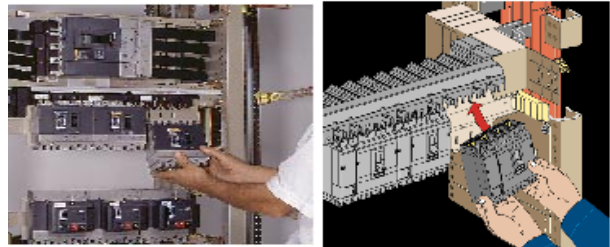
Uma estimativa rápida da área requerida pode ser feita multiplicando-se a soma das áreas dos itens individuais por 2,5.

###### ■ QDs funcionais

Como estes são dedicados a funções específicas, recorre-se a módulos funcionais que incluem dispositivos e equipamentos de manobra, juntamente com acessórios para montagens e conexões. Por exemplo, unidades extraíveis de controle de motores que incluem contatores, disjuntores, seccionadores, botões de comando, lâmpadas indicadoras e outros.

O projeto do painel é rápido, desde que é suficiente juntar o número de módulos requerido com espaços vazios para incluir unidades adicionais quando necessário.

O uso destes componentes pré-fabricados facilita muito a montagem do painel. Mais ainda, os componentes destes painéis já passaram por ensaios de tipo, assegurando desta forma um excelente desempenho. A figura é um exemplo de um QD funcional.



#### 5- A tecnologia dos quadros de distribuição funcionais

Há, em geral, três tecnologias básicas usadas para a concepção de QDs funcionais.

##### Unidades funcionais fixa



## Unidades funcionais fixa

O painel é montado com unidades funcionais fixas como contadores e relés associados, de acordo com a função particular. Estas unidades não são adequadas para isolação dos circuitos (dos barramentos por exemplo) de modo que qualquer intervenção para modificações, manutenção ou outro motivo, requer o desligamento de todo o painel.

O emprego de unidades removíveis por encaixe ou extraíveis podem, entretanto, minimizar os tempos de desligamento, os quais são então limitados ao intervalo requerido para remover ou extrair a unidade do circuito correspondente.

## 6 - Unidades funcionais que possuem características de isolamento e desconexão



Cada unidade funcional é montada em um painel removível e provido de meios de isolação dos (barramentos) a montante e de desconexão do (circuito) a jusante. A unidade completa pode dessa forma ser removida para manutenção, sem necessidade de um desligamento geral.

### 6.1 - Unidades funcionais montadas em chassis extraíveis



Os equipamentos de manobra e acessórios associados são montados em um chassis tipo bandeja extraível. O funcionamento é em geral complexo e usualmente exige um controle motorizado.

A isolação é garantida em ambos os sentidos, a montante e a jusante pela extração completa da unidade.

## 7 - Normas

A conformidade com as normas aplicáveis é essencial para assegurar um grau adequado de segurança operacional.

Certos tipos de painéis de distribuição (em particular, painéis de distribuição funcionais) nos quais todos componentes estão individualmente de acordo com a IEC 947 e estão em conformidade com as recomendações específicas da IEC 439-1.

### 7.1 - Norma IEC 439-1

A IEC 439-1 cobre os equipamentos de manobra e controle fabricados e ensaiados como unidades completas.

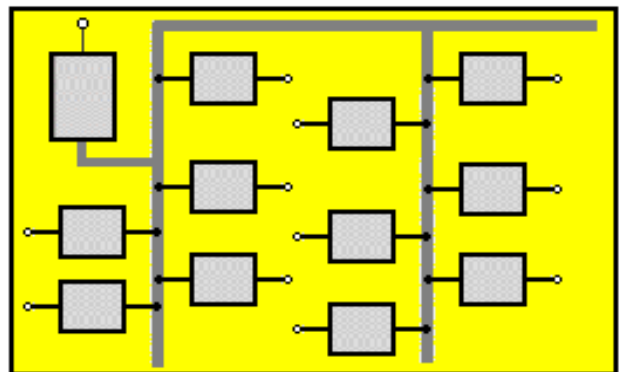
A IEC 439-1 define quatro "formas" de montagem de acordo com o grau de separação interna, por barreiras ou divisões em diferentes compartimentos.

As separações proporcionam:

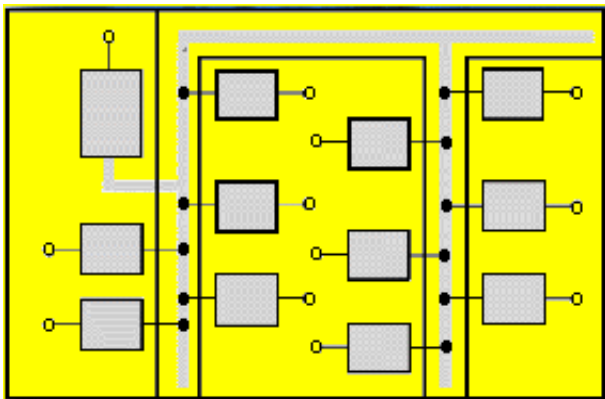
- proteção contra contatos com partes vivas de unidades funcionais adjacentes;
- redução da probabilidade de iniciar arcos elétricos;
- proteção contra passagem de corpos sólidos estranhos de uma unidade do conjunto para outra unidade adjacente.

### 7.2 - As formas seguintes são as típicas de separação por barreiras ou divisões:

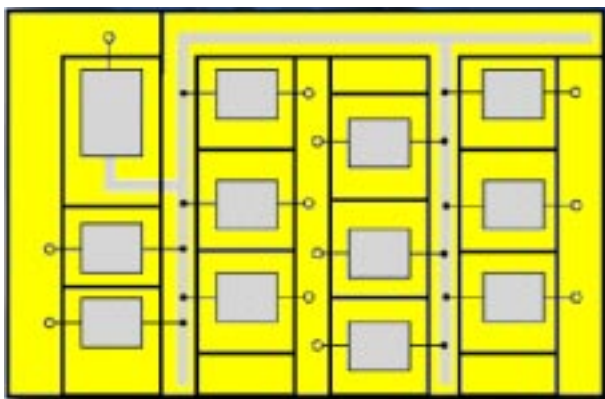
- Forma 1: sem separação;



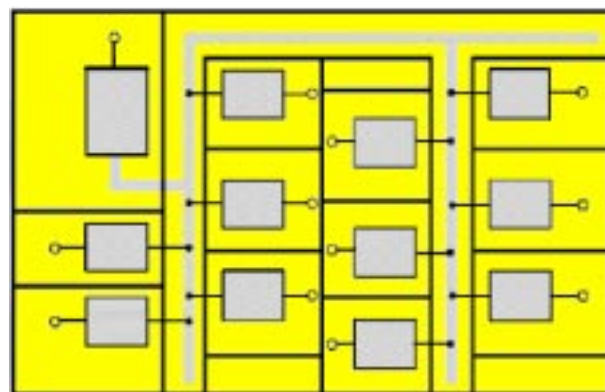
- Forma 2: separação entre barramentos e unidades funcionais;



- Forma 3: separação entre barramentos e unidades funcionais e separação entre todas as unidades funcionais entre si, exceção feita a dos terminais de saída;



- Forma 4: como a forma 3, mas incluindo a separação de todos terminais de saída entre si.



A forma de separação (ex. metálica ou não metálica) deve ser submetida a acordo entre fabricante e usuário.

As formas 2,3 e 4 são as geralmente usadas desde que, em qualquer dos casos, os barramentos estão em volumes segregados permitindo dessa maneira uma intervenção mais segura nas unidades funcionais ou seus componentes do circuito de saída, do que na forma 1.

As formas 3 e 4 são adotadas quando o espaço disponível para cada unidade funcional é limitado, de modo que sem uma completa segregação entre as unidades adjacentes não é possível uma intervenção segura para manutenção a não ser que se providencie um desligamento total do painel de distribuição.

- finalmente, os ensaios de tipo individuais, as verificações e os testes funcionais executados durante a fabricação asseguram conformidade com a norma para todo o conjunto.

## 8 - Controle centralizado

A integração dos painéis de distribuição funcionais em um sistema de gerenciamento centralizado precisa ser levado em consideração a partir do primeiro estágio do projeto.

A organização em esquemas de controle remoto da aquisição de dados de um dado equipamento, e as instruções enviadas ao mesmo equipamento, está assumindo papel cada vez mais importante porque as técnicas de Gerenciamento Técnico Centralizado estão se tornando de uso generalizado.

No interesse da economia (nos custos dos cabos de comunicação) todos os dados e sinais de controle e comando devem ser processados ao equipamento (ex. QDs funcionais) em questão, para transmissão a partir do posto de comando central e recepção para este de comando central.

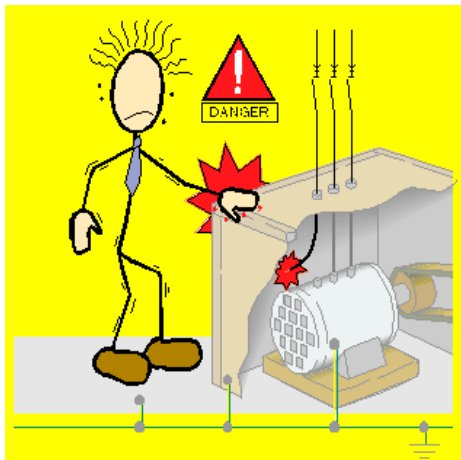
Tais conversões de sinal (analógico para digital, elétrico para ótico, etc.) para combinar com as junções de transmissão de dados precisam ser captados e fornecidos sem poluição no painel de distribuição ou muito próximo a ele ou a outro equipamento correspondente.



## 9 - Influências externas

Toda instalação elétrica ocupa um ambiente que apresenta um maior ou menor grau de risco para:

- pessoas;
- materiais que constituem a instalação.



As condições do ambiente influenciam a escolha e a definição dos materiais da instalação e a escolha das medidas de proteção para segurança das pessoas. As condições do ambiente são referidas como "influências externas".

A norma IEC 364-3 e a NBR 5410 dedicam muitas páginas para explicação detalhada de cada classe de influência. A tabela a seguir apresenta uma lista das influências externas extraída do Apêndice A da IEC364-3. A codificação consiste em um conjunto de duas letras maiúsculas e um número. as letras têm o seguinte significado:

- A= ambiente
  - B= utilização
  - C= construção do edifício
- O número dá a "intensidade" da influência.  
Exemplo: AC2, significa:  
A= ambiente  
AC=ambiente-altitude  
AC2=ambiente-altitude > 2.000 m

A		
<p><b>AA ambiente(°C)</b> AA1 - 60°C + 5°C AA2 - 40°C + 5°C AA3 - 25°C + 5°C AA4 -5°C + 40°C AA5 +5°C + 40°C AA6 +5°C + 60°C</p> <p><b>AB humidade</b></p> <p><b>AC altitude (m)</b> AC1 ≤ 2000 AC2 &gt; 2000</p> <p><b>AD água</b> AD1 desprezível AD2 gotejar AD3 pulverizador AD4 esguicho AD5 jatos AD6 ondas AD7 imersão AD8 sub-imersão</p> <p><b>AE corpo estranho</b> AE1 desprezível</p>	<p>AE2 pequeno AE3 muito pequeno AE4 poeira</p> <p><b>AF corrosão</b> AF1 desprezível AF2 atmosférica AF3 intermitente AF4 contínuos</p> <p><b>AG impacto</b> AG1 baixo AG2 médio AG3 alto</p> <p><b>AH vibração</b> AH1 baixo AH2 médio AH3 alto</p> <p><b>AJ outro mecânico stresses</b></p> <p><b>AK flora</b> AK1 não arriscado AK2 arriscado</p>	<p><b>AL fauna</b> AL1 não arriscado AL2 arriscado</p> <p><b>AM radiação</b> AM1 desprezível AM2 fuga de corrente AM3 eletromagnética AM4 ionização AM5 eletrostática AM6 indução</p> <p><b>AN solar</b> AN1 desprezível AN2 significativa</p> <p><b>AP sísmico</b> AP1 desprezível AP2 baixo AP3 médio AP4 alto</p> <p><b>AQ iluminação</b> AQ1 desprezível AQ2 indireta</p> <p><b>AR resumo</b></p>
B		
<p><b>BA capacidade</b> BA1 normal BA2 criança BA3 dificultar BA4 instruir BA5 hábil</p> <p><b>BB resistência</b></p> <p><b>BC1 contato com terra</b> BC1 nenhum</p>	<p><b>BC2</b> baixo BC3 frequência BC4 ininterrupto</p> <p><b>BD evacuação</b> BD1 (baixa densidade / fácil saída) BD2 (baixa densidade / difícil saída) BD3 (alta densidade / fácil saída)</p>	<p><b>BD4</b> (alta densidade / difícil saída)</p> <p><b>BE materiais</b> BE1 não risco BE2 risco de fogo BE3 risco de explosão BE4 risco de contaminação</p>
C		
<p><b>CA materias</b> CA1 não combustível CA2 combustível</p>	<p><b>CB estrutura</b> CB1 risco desprezível CB2 propagação</p>	<p>CB3 estrutura móveis CB4 flexíveis</p>

## 10- Proteção por envoltórios: Código IP

O grau de proteção proporcionado por um envoltório é indicado pelo código IP recomendado pela IEC 529 e NBR 5410. A proteção se refere às influências externas:

- penetração de corpos sólidos;
- proteção das pessoas contra acesso às partes vivas;
- proteção contra entrada de poeira;
- proteção contra entrada de líquidos.

O código IP se aplica a equipamentos elétricos até 72,5 kV e o significado é o seguinte:

IP =International Protection

1o. numeral característico (0 a 6, ou letra X)

2o. numeral característico (0 a 8, ou letra X)

Letra adicional opcional(A,B,C,D)

Letra suplementar opcional (H,M,S,W)

Quando não for requerido um numeral ele pode ser substituído pela letra X (XX se os dois numerais forem omitidos).

A tabela abaixo dá uma descrição sucinta do código IP.

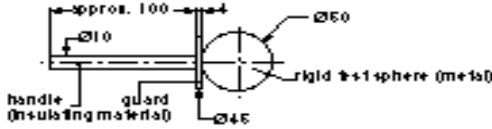
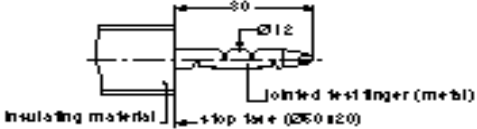
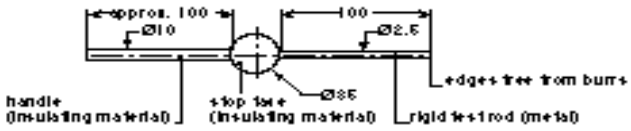
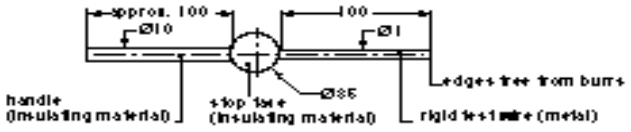
A figura mostra os dispositivos de teste de penetração para proteção das pessoas. Proteção contra impactos mecânicos.

É dada pelo código AG (1 a 4). A tabela abaixo dá a energia em Joules correspondente aos impactos:

nível	energia em Joules
1	0,255
2	2,0
3	6,0
4	20,0

Elementos	Números ou letras	Meio para proteção de equipamentos	Meio para proteção de pessoas
<b>Código das letras</b>	<b>IP</b>	-	-
<b>Primeiro um caracter numérico</b>	0 1 2 3 4 5 6	Contra corpos sólidos diâmetro superiores (não-protetor) 1 $\geq 50$ mm diâmetro 2 $\geq 12.5$ mm diâmetro 3 $\geq 2.5$ mm diâmetro 4 $\geq 1.0$ mm diâmetro 5 Contra poeira 6 Totalmente protegido contra poeira	Contra acesso em partes perigosas como: (não-protetor) costa e mão dedo ferramenta fio fio fio
<b>Segundo um caracter numérico</b>	0 1 2 3 4 5 6 7 8	Contra os efeitos nocivos do ingresso de água (não-protetido) 1 Queda verticais de gotas 2 Queda verticais d'água ( 15o inclinação) 3 Em chuva 4 Contra água 5 Jato d'água 6 Vagalhões do mar 7 Temporariamente imerso 8 Imersão prolongada	-
<b>Letras adicionais (opcional)</b>	A B C D	-	Contra acesso de partes perigosas como: costa e mão dedo ferramenta fio
<b>Letras suplementares (opcional)</b>	H M S W	Informações suplementares para especificar Aparelhagem alta-tensão Teste com água em movimento Teste com água parada Condição do tempo	-



test numeral	addit. letter	access probe	test force
1	A	sphere 50 mm diameter 	50 N ± 10%
2	B	jointed test finger 	10 N ± 10%
3	C	test rod 2.5 mm diameter, 100 mm long 	8 N ± 10%
4, 5, 6	D	test wire 1.0 mm diameter, 100 mm long 	1 N ± 10%

## 11- Subestação compacta de consumidor com medição na BT

### 11.1- Construção

Todos os componentes da SE estão localizadas em uma câmara, seja em um edifício existente seja na forma de um conjunto pré-fabricado montado na parte externa do prédio.

### 11.2- Conexão à rede de AT

- por cabo ou linha aérea;
- por duas chaves de abertura sob carga intertravadas com linhas independentes;
- por duas chaves de abertura sob carga intertravadas e ligadas a um anel.

### 11.3 - O Transformador

Como o PCB está proibido, as alternativas para a isolação do transformador são:

- óleo mineral para transformadores para uso externo;
- a seco, resina fundida sob vácuo para ambientes internos, edifícios com acesso de público, prédios comerciais com vários andares e outros.

### 11.4 - Medição

É feita na BT usando transformadores de medida de baixo custo.

### 11.5 - Diagramas unifilares

Os diagramas mostrados na figura representam:

- diferentes métodos de ligação à alimentação em AT, as quais podem ser de quatro tipos:
  - entrada em circuito singelo;
  - entrada em circuito singelo (preparado para posterior ligação a anel);
  - entrada em circuito duplo (intertravado mecanicamente);
  - entrada em anel.
- Funções protetoras na AT e transformação AT/BT;
- medição na BT e funções gerais de isolação;
- proteção na BT e funções de distribuição;
- zonas de acesso para pessoal (concessionária ou consumidor).

## 12- Escolha dos painéis normas e especificações

Os dispositivos de manobra em SF6 e os equipamentos descritos a seguir são para tensões nominais de 1 a 24kV que estão de acordo com:

IEC 56-1, 129, 265-1, 298, 694  
UTE (França), BS (Inglaterra), VDE (Alemanha), ANSI (EUA), ABNT(Brasil)[?]

## 13- Tipo de material

São possíveis todos tipos de arranjos de equipamentos de manobra quando usados painéis modulares compartimentados, e as provisões para extensões futuras são facilmente realizadas.



## 14- Segurança operacional de painéis compartimentados e blindados

### Descrição:

As anotações a seguir descrevem o "estado da arte" de painéis com chaves de abertura sob carga (interruptores)/ seccionadores incorporando os mais modernos desenvolvimentos para assegurar:

- segurança operacional;
- requisitos mínimos de espaço;
- possibilidade de expansão e flexibilidade;
- requisitos mínimos de manutenção.



Cada painel inclui quatro compartimentos:

- equipamento de manobra: a chave de abertura sob carga é incorporada em uma unidade moldada em resina epoxy hermeticamente selada (para a vida do equipamento)
- conexões: por cabos nos terminais localizados na unidade moldada em resina
- barramentos: modulares, de modo que qualquer número de painéis pode ser montado lado a lado para formar um conjunto de quadros
- controle e indicação: um compartimento de controle e instrumentos que pode acomodar aparelhos de controle automático e relés. Se for requerido, pode ser montado um compartimento adicional acima do existente.

## 15- Conexões para cabos

Na parte frontal da unidade está um compartimento com as conexões para cabos, acessível pela retirada da tampa do compartimento.

As unidades são conectadas eletricamente por meio de seções pré-fabricadas de barramentos. A montagem no local é realizada segundo as instruções de montagem.

A operação do equipamento é simplificada pelo agrupamento de todos os controles e indicações no painel de controle situada na frente de cada unidade.

A tecnologia destas unidades de equipamentos de manobra é baseada essencialmente na segurança operacional, facilidade de instalação e pequena manutenção.

## 16- Estado da isolação (separação) claramente aparente

A chave de abertura sob carga/ seccionador satisfaz os requisitos de "isolação claramente aparente" definida na IEC 129, por meio de:

- um indicador de posição refletindo precisamente o estado de contatos abertos;
- uma barreira metálica aterrada interposta entre os contatos abertos.

## 17 - Intertravamentos

- não é possível fechar a chave principal a não ser que a chave de aterramento esteja aberta e o acesso ao compartimento esteja fechado;
- a chave de aterramento só pode ser fechada se a chave principal estiver aberta;
- só é possível abrir o compartimento das terminações dos cabos se a chave de aterramento estiver fechada;
- a chave principal é bloqueada na posição aberta quando o compartimento\* dos cabos está aberto; a operação da chave de aterramento fica liberada.

\* quando são usados fusíveis de AT eles ficam neste compartimento.

Além dos intertravamentos funcionais listados acima, cada painel inclui:

- local para instalação de cadeados;
- 5 conjuntos de furos de fixação pré-rosqueados para futura instalação de intertravamentos.

## 18 - Manobras

- as alavancas e manoplas de operação requeridas para manobras de chaveamento são agrupadas em um painel claramente identificado;
- todas alavancas de operação são idênticas para todas unidades (exceto para aquelas contendo disjuntores);
- o esforço de operação requer um esforço muito pequeno;
- a abertura ou fechamento da chave de abertura

sob carga/seccionador pode ser feita por alavanca ou por botões a impulsão para chaves automáticas;

- as condições da chaves (aberta, fechada, mola carregada) são indicadas claramente.

Tabela : capacidades nominais de interrupção de curto-circuito em MVA, correntes de estabelecimento de curto-circuito e correntes térmicas suportáveis de curta duração (1 s)

curto-circuito (MVA) para tensões nominais do sistema														$I_{TH}/1 \text{ seg.}^{(1)}$	$I_{CL}^{(3)}$	
(kV)	3	3.3	4.16	5	5.5	6	6.6	10	11	13.8	15	20	22	33	(kA) r.m.s.	(kA) crista
65	70	90	110	120	130	145	215	240	300	325	435	475	715	12.5	31.5	
75	85	105	125	135	150	165	250	275	345	375	500	550	825	14.4	36.5	
85	90	115	140	150	165	185	280	305	385	415	555	610	915	16	40	
110	120	150	180	200	220	240	365	400	500	545				20	50	
135	150	190	230	250	275	300	455	500						25	62.5	
165	180	227	275	300	330	360								31.5	79	

### 18.1 - Escolha de painel de equipamento de manobra para um circuito de transformador

São disponíveis três tipos de painéis de AT:

- chaves de abertura sob carga e fusíveis em separado no painel;
- combinação chaveada abertura sob carga/fusíveis.

Sete parâmetros influenciam uma escolha otimizada:

- corrente primária do transformador;
- meio isolante do transformador;
- posição da subestação em relação ao centro de carga;
- a potência aparente (kVA) nominal do transformador;
- a distância entre o equipamento de manobra e o transformador;
- uso de relés de proteção separados (em oposição às bobinas de disparo direto).

**Nota:** os fusíveis usados na combinação chave de abertura sob carga/seccionador têm pinos que asseguram o disparo da chave tripolar em caso de operação de um ou mais fusível(eis).

## 19 - Subestações abrigadas equipadas com eq. de manobra dentro de envoltório metálico

Conexões à rede e interligação entre equipamentos

### Na alta tensão

- conexão ao sistema de AT são fitas por e sob a responsabilidade da concessionária de energia;
- conexões entre o eq. de manobra de AT e o transformador podem ser:
  - por barras de cobre curtas, quando o transformador é obrigado em um painel fazendo parte do equipamento de manobra;

- por cabos singelos não ar, armados com isolamento sintética;
- por cabos singelos não armados de 250 A (ou mais) do tipo de encaixe nos terminais do transformador (plug-in).

### Na baixa tensão

- conexões entre os terminais de baixa tensão do transformador e o equipamento de manobra de BT podem ser:
  - por cabos singelos não armados,
  - barras de cobre (seção circular ou retangular) com isolamento termo-contrátil

### Medição

- os TCs são geralmente instalados na tampa protetora dos terminais de BT; a cobertura é lacrada pela concessionária;
- alternativamente, os TCs são instalados em um compartimento lacrado dentro do painel de distribuição principal;
- os medidores são montados em um painel que é completamente isento de vibrações;
- instalação tão próximo quanto possível dos TCs, e são acessíveis somente ao pessoal da concessionária.

Os visores e as graduações devem estar a uma altura de aproximadamente 1.65 m. acima do nível do solo, nada mais baixa que 0.7 m, nada mais alta que 1.8 m.

### Circuitos de aterramento

A subestação precisa incluir:

- um eletrodo de aterramento para todas as partes condutoras expostas dos equipamentos elétricos da SE e partes metálicas estranhas, incluindo:
  - telas metálicas protetoras;
  - barras de aço do concreto armado na base da SE;
  - ponto comum do enrolamentos secundários dos TCs.

**Nota:** Portas metálicas e venezianas de ventilação não são aterradas.

- um eletrodo para o neutro da BT do transformador \*;
- links removíveis em pontos estratégicos para medição da continuidade e resistências dos eletrodos individuais;
- um eletrodo de terra para a instalação \*;
- em área pequenas, as zonas de resistência dos eletrodos se superpõem. Nestes casos todos eletrodos são interligados para formar um sistema de terra comum para os equipamentos de AT e BT como discutido em "Conexões à terra" na Sub-cláusula 1.1.

### Iluminação da subestação

A alimentação dos circuitos de iluminação pode ser feita a montante ou a jusante do disjuntor principal de entrada de BT. Em qualquer caso precisa ser instalada uma proteção adequada.

É recomendável instalar circuito(s) automático(s) separado(s) para iluminação de emergência.

Dispositivos de manobra, botões a impulsão, etc. são normalmente localizados juntos às entradas.

As luminárias são arranjadas de modo que:

- as alavancas de operação dos dispositivos de manobra e as marcas indicadoras de posição estejam bem iluminadas;
- todos leitores de medição, placas de instrução, e outros podem ser facilmente lidos.

Materiais e acessórios para operação e segurança a subestação precisa ter:

- materiais e acessórios para operação segura do equipamento incluindo:
  - um banco de madeira ou tapete (de borracha ou sintético);
  - um par de luvas isolantes armazenando em um saco plástico fechado;
  - um dispositivo detector de tensão para uso em equipamentos de AT;
  - acessórios de aterramento (de acordo com o tipo de equipamento de manobra);
  - extintores de incêndio do tipo pó ou CO<sub>2</sub>,
- sinais de advertência, avisos e alarmes de segurança:
  - na fase externa de todas portas de acesso uma placa de **Perigo** e outra de **Entrada proibida**, junto com instruções de primeiros socorros para vítimas de acidentes elétricos;
  - dentro da SE: um painel de primeiros socorros como acima;
  - uma placa PERIGO (caveira e ossos cruzados, ou um sinal local equivalente) em cada painel removível permitindo acesso a partes vivas.

## Subestações ao tempo

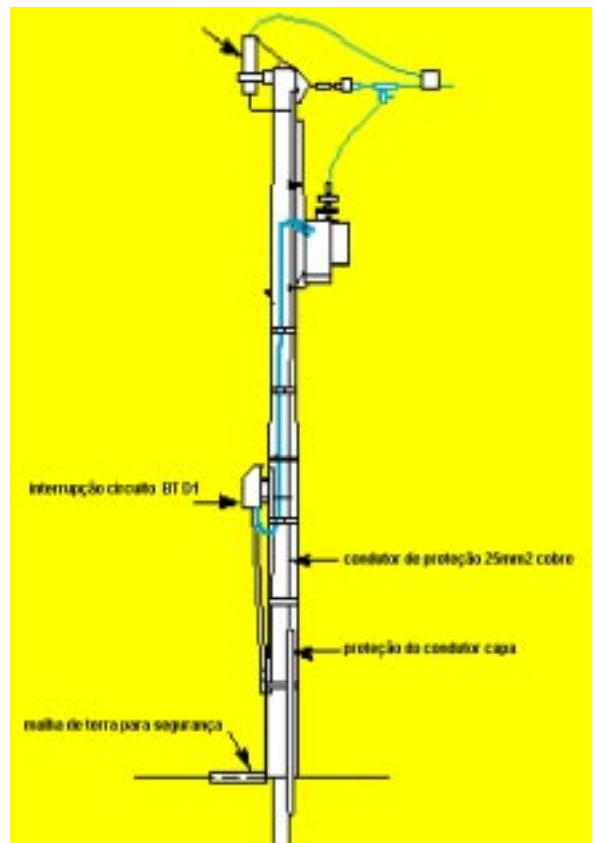
### Campo de aplicação

Estas subestações são usadas principalmente para alimentar por sistemas de linhas aéreas de distribuição, consumidores rurais ou de regiões de baixa densidade de consumidores:

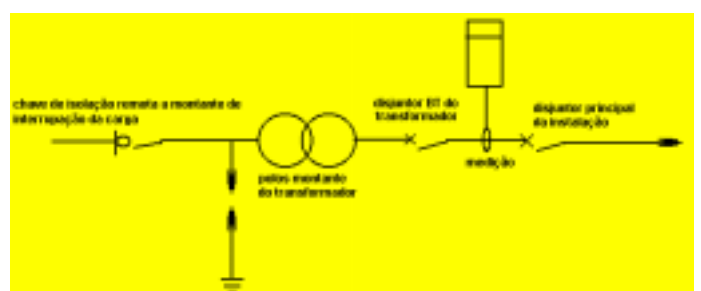
- em níveis de tensão entre 1 - 24kV;
- de um único transformador não excedendo 160 KVA e em nível preferido de tensão de 230/400 V (trifásico a 4 fios) [na Europa], 380/220 trifásico, 4 fios, [Brasil];
- com medição na baixa tensão.

### Constituição

Essas subestações são normalmente supridas por uma linha a 3 fios, sem equipamento de manobra local ou fusíveis na alta tensão do transformador. São, entretanto, instalados pára-raios para proteger o transformador e os consumidores, como mostrado na figura.



A proteção dos circuitos de BT é geralmente feita por dois disjuntores (D1) e (D2), como mostrado na figura:



- disjuntor (D1) protege o transformador contra sobrecargas e as ligações de BT contra os curtos-circuitos. Este disjuntor é montado no poste e tem características de relê de corrente de tempo inverso, ou pode ser disparado por um relê imagem térmica do transformador, monitorando a temperatura dos enrolamentos do transformador;
- disjuntor D2 é o disjuntor principal de BT para a instalação.

A descrição do disparo entre estes dois disjuntores precisa ser estabelecida, sendo os ajustes e a lacração feitos depois pela concessionária.

Conjuntos pré-fabricados para SEs externas para SEs mais elaboradas requerendo o uso de unidades em anel ou um painel de manobra com vários disjuntores são normalmente usados conjuntos compactos, a prova de tempo e de vermes.

Estas unidades pré-fabricadas requerem um mínimo de obras civis, sendo montadas em uma base simples de concreto e são usadas tanto em SEs urbanas como rurais.

Entre as vantagens oferecidas por estas unidades estão:

- uma otimização de produtos e segurança como:
  - envoltórios disponíveis;
  - conformidade com todas normas internacionais existentes e projetadas;
- redução nos tempos de estudo e projeto, e no custo de implementação, por:
  - coordenação mínima entre as várias disciplinas de construção de edifícios e trabalhos de campo;
  - realização independente da construção do edifício principal;
  - remover a necessidade de conexões temporárias no início da preparação dos trabalhos de campo;
  - simplificação do trabalho civil o qual consiste somente na provisão de uma base de concreto armado;
  - instalação e conexões simples dos equipamentos.

## 20 - Subestações de distribuição pública em poste

A Norma IEC 439 -1 Conjuntos de equipamentos de manobra e controle em Baixa Tensão.

1ª Parte: Conjuntos testados com todos ensaios de tipo (TTA) e conjuntos testados com parte dos ensaios de tipo (PTTA).

Algumas definições importantes:

### 20.1 Conjunto de manobra e controle em baixa tensão (BT), daqui por diante designado Conjunto

É uma combinação de dois ou mais dispositivos de manobra associados com outros de controle, medição, sinalização, equipamentos de regulação, etc., completamente montado sob a responsabilidade do fabricante, com todas interligações elétricas e mecânicas e com as partes estruturais.

**Nota:** Os componente do conjunto podem ser eletromecânicos ou eletrônicos e por alguma razão (transporte, produção) certas etapas da montagem podem ser feitas fora da fábrica.

### 20.2 - Conjunto com todos ensaios de tipo (TTA)

Um conjunto em conformidade com um tipo ou sistema estabelecido, sem desvios capazes de afastar o comportamento do conjunto típico verificado de acordo com esta norma.

**Nota:** Um conjunto com partes montadas fora da fábrica do fornecedor pode ser considerado um TTA desde que a montagem tenha sido feita de acordo com instruções do fabricante de modo que são satisfeitas as condições de ensaio de acordo com esta norma incluindo a realização dos ensaios de rotina.

### 20.3 - Conjunto com parte dos ensaios de tipo (PTTA)

Um conjunto contendo ambos arranjos, com os ensaios de tipo e sem os ensaios de tipo, desde que, os últimos são derivados (por cálculo, por ex.) de arranjos com ensaios de tipo cumprindo as exigências desta norma.

### 20.4 - Unidade funcional

Uma parte de um conjunto com todos elementos elétricos e mecânicos para executar a mesma função.

### 20.5 - Grupo funcional

Um grupo de unidades funcionais que são eletricamente interligadas.

### 20.6 - Situação de ensaio

Uma condição de um conjunto em que os circuitos relevantes principais estão desconectados (isolados) enquanto que os circuitos auxiliares estão ligados permitindo a realização de ensaios de dispositivos incorporados.

### 20.7 Unidades construtivas dos conjuntos

#### Secção

Unidade construtiva entre duas separações verticais do conjunto.

#### Sub-seção

Unidade construtiva entre duas separação horizontais sucessivas dentro de uma seção.

#### Compartimento

Uma seção ou sub-seção fechada, exceto para as aberturas de interligação, controle ou ventilação.

## Seção ou sub-seção com barreiras

Aquelas incluindo barreiras projetadas e arranjadas para proteção contra contatos acidentais com equipamentos adjacentes quando manuseando os elementos na seção ou subseção.

### 20.8 - Parte removível

Uma parte do conjunto que pode ser inteiramente retirada e substituída com o circuito energizado.

### 20.9 - Parte extraível

Uma parte do conjunto que pode ser movida para uma posição em que é estabelecida uma distância de isolamento, apesar de continuar mecanicamente ligada ao conjunto.

### 20.10 - Posição de teste

A posição de uma parte removível em que os circuitos principais estão abertos mas não necessariamente desconectados e na qual os circuitos de comando permanecem ligados permitindo os testes de operação da parte extraível.

### 20.11- Repartição

Parte do envoltório de um compartimento separando-o de outros compartimentos.

### 20.12 - Barreira

Parte que proporciona proteção contra contatos diretos de uma direção usual de acesso (mínimo IP2X) e contra arcos dos dispositivos de manobra sob carga.

### 20.13 - Obstáculo

Parte que previne contato direto não intencional mas não previne ação deliberada.

## 21 - Condutor de proteção PE

Um condutor requerido por algumas medidas de proteção contra choques elétricos pela conexão elétrica de algumas das seguintes partes:

- partes condutoras expostas;
- partes condutoras estranhas;
- terminal principal de aterramento;
- eletrodo de aterramento;
- ponto de aterramento da fonte ou neutro artificial.

### 21.1 - Poluição

Qualquer condição entrada de material estranho sólido, líquido ou gasoso (gases ionizados) que podem alterar a suportabilidade dielétrica ou resistividade superficial.

### 21.2 - Grau de poluição (ou condições ambientais)

Um número convencional da quantidade de materiais estranhos e de umidade e de sua frequência de ocorrência resultando em absorção higroscópica ou condensação de umidade levando a uma redução da rigidez dielétrica ou resistividade superficial.

As condições que determinam o grau de poluição a ser considerado são aquelas que correspondem ao ambiente interno ao conjunto (micro-ambiente).

### 21.3 - Arvorejamento

A formação progressiva de caminhos condutores na superfície de dielétricos sólidos devidos a uma combinação de esforços dielétricos e de contaminação eletrolítica da superfície. Índice comparativo de arvorejamento (CTI).

O valor numérico da máxima tensão em volts que o material pode suportar 50 gotas de um líquido definido em ensaio sem apresentar arvorejamento.

### 21.4 - Classificação dos conjuntos

São classificados de acordo com:

- projeto externo;
- local de instalação;
- condições de instalação quanto à mobilidade;
- grau de proteção;
- tipo do envoltório;
- método de montagem;
- medidas de proteção das pessoas;
- forma da separação intern;
- tipos de conexões elétricas das unidades funcionais.

### 21.5 - Características elétricas dos conjuntos

- Tensão nominal;
- Tensão nominal de operação;
- Tensão de nominal de isolamento;
- Tensão suportável nominal de impulso;
- Corrente nominal;
- Corrente suportável nominal de curta duração;
- Corrente de crista suportável;
- Corrente condicional de curto-circuito;
- Corrente de curto-circuito de fusão;
- Frequência nominal;
- Fator de diversidade nominal.

### 21.6 - Fator de diversidade funcional

Relação entre a máxima soma, em qualquer instante, das correntes consumidas pelos circuitos principais envolvidos e a soma das corrente nominais de todos os circuitos principais do conjunto.

Este fator, quando estabelecido pelo fabricante, deve ser usado nos ensaios de aquecimento (ou elevação de temperatura).

Quando o fabricante não especifica esse fator, podem ser utilizados os seguintes valores:

No. de circuitos	Fator de diversidade
2 e 3	0,9
4 e 5	0,8
6 a 9 inclusive	0,7
10 ou mais	0,6

### 21.7 - Placas de características

Devem ter as seguintes informações:

- nome ou marca do fabricante;
- designação do tipo ou do número de identificação, para informações posteriores;
- Norma: IEC 439-1, NBR -----;
- tipo da corrente;
- tensões nominais de operação;
- tensões de isolamento nominais;
- tensões nominais dos circuitos auxiliares;
- limites de operação;
- corrente nominal de cada circuito;
- corrente suportável de curto-circuito;
- grau de proteção;
- medidas de proteção às pessoas;
- condições de operação para usos interno, externo ou especial se forem diferentes das condições usuais de operação;
  - grau de poluição quando declarado pelo fabricante.
- tipos de aterramento do sistema para o qual o conjunto foi projetado;
- dimensões na ordem: altura, largura (ou comprimento), e profundidade;
- peso (não aplicável aos PTTAs);
- forma da separação interna;
- tipos de conexões elétricas das unidades funcionais.

## 22 - Especificações de Ensaio

### Classificação dos ensaios:

- de tipo, destinados a verificar a concordância com os requisitos da Norma. São realizados em uma amostra de conjunto ou em partes do conjunto fabricado(s) pelo mesmo (ou similar) projeto de rotina, destinados a verificar falhas de material ou de manuseio. São realizados em cada novo conjunto, depois de sua montagem ou em cada unidade de transporte. Não é necessária a repetição no local da instalação.

### Relação dos ensaios de tipo

Os ensaios de tipo incluem a verificação:

- dos limites de elevação de temperatura;
- das propriedades dielétricas;
- da suportabilidade aos esforços de curto-circuito;
- da continuidade do circuito de proteção;
- das distâncias de isolação e de escoamento;
- da operação mecânica;
- do grau de proteção.

Estes ensaios podem ser executados em cada pedido e/ou em diferentes amostras do mesmo tipo.

### Relação dos ensaios de rotina

Estes ensaios incluem:

- inspeção do conjunto incluindo a fiação e, se necessário, teste de operação elétrica;
- ensaios dielétricos;
- verificação das medidas de proteção e da continuidade elétrica do circuito de proteção.

Estes ensaios podem ser executados em qualquer ordem.

O fato de um conjunto ter satisfeito todos os ensaios não exime a responsabilidade do instalador de verificá-lo após o transporte e a instalação.

## 23 - Os ensaios

### 1. de elevação de temperatura

Os limites de elevação são dados na tabela 3; em alguns casos são deixados em aberto, dependendo das características dos materiais.

Os ensaios devem ser realizados com o tipo de corrente para a qual o conjunto foi projetado ( c.c., c.a. mono- bi- ou tri-fásico, frequência).

Os conjuntos para uso ao tempo podem não ser ensaiados se for óbvio pelos ensaios de tipo nas partes individuais ou pela dimensão dos condutores e do arranjo dos aparelhos ou equipamentos que não haverá aumento excessivo da temperatura e que não haverá danos aos equipamentos ligados ao conjunto e às partes adjacentes de material isolante.

A corrente do ensaio deve ser a nominal multiplicada pelo fator de diversidade. A duração do ensaio deve ser suficiente para que seja atingida uma temperatura constante (normalmente inferior a 8 horas). Na prática o limite do aquecimento é obtido quando não há variação de 1K/ hora. A norma dá as dimensões dos condutores de alimentação de modo que eles não levem calor ao conjunto (se suas dimensões forem reduzidas) ou retirem calor do conjunto (se forem superdimensionados).

A medição da temperatura deve ser feita com termômetros ou termopares protegidos contra correntes de ar.

Resultados a serem obtidos:

- no final do ensaio a elevação de temperatura não deve ser superior aos limites da tabela 3;
- todos os componentes do conjunto devem funcionar satisfatoriamente na temperatura final.



## 2. Verificação das propriedades dielétricas

### ■ Ensaios em baixa frequência

Os componentes que já tenham sido ensaiados de acordo com suas normas, não precisam ser ensaiados desde que suas propriedades não sejam alteradas pela colocação dentro do conjunto.

Se o envoltório for de material isolante deve ser feito um ensaio adicional cobrindo a parte externa do isolante com uma folha metálica e aplicando a tensão entre essa folha e as partes condutoras internas interligadas. A tensão deve ser 1,5 vezes a tensão especificada na tabela 10.

### Resultados a serem obtidos

Não deve haver descarga disruptiva nem de contorno ou ainda perfuração de isolamento sólida.

### ■ Ensaios de impulso

São aplicados três impulsos de cada polaridade com intervalo mínimo de 1s.

A tensão deve ser aplicada:

- entre cada parte viva e todas as partes condutoras expostas;
- entre cada polo do circuito principal e os outros polos;
- entre cada circuito de controle ou auxiliar não ligado normalmente ao circuito principal e:
  - o circuito principal;
  - as partes condutoras expostas;
  - o envoltório ou placa de montagem;
- para componentes extraíveis: através da distância de isolamento, entre o lado da fonte e a parte extraível e entre o terminal da fonte e o terminal da carga.

Não deve haver descarga disruptiva não intencional.

### ■ Verificação das distâncias de escoamento.

Devem ser medidas as distâncias de escoamento entre fases, entre condutores de circuito a tensões diferentes, entre partes vivas e partes condutoras expostas. As distâncias devem obedecer os requisitos de 7.1.2.3.5.

## 3. Verificação da suportabilidade aos curto-circuitos

São dispensados destes ensaios:

- os conjuntos cuja corrente suportável de curta duração seja inferior a 10kA;
- os conjuntos protegidos por dispositivos limitadores de corrente de corte inferior a 15kA, na sua capacidade nominal de interrupção;
- os circuitos auxiliares dos conjuntos destinados a serem ligados a transformadores com potência inferior a 10kVA de tensão secundária não inferior a 110V ou 1,6 kVA para tensão inferior a 110V e com impedância não inferior a 4%.
- todas as partes (barramentos e seus suportes, conexões a barramentos, unidades de entrada e de

saída, dispositivos de manobra etc.) que já tenham sido submetidas aos ensaios de tipo válidos para as condições do conjunto.

O ensaio deve ser feito sob a tensão nominal e com o valor da corrente prospectiva aplicada no lado da fonte igual ao valor da corrente nominal de crista suportável, da corrente nominal condicional de curto-circuito ou da corrente nominal de fusão do fusível estabelecida pelo fabricante.

### Resultados a serem obtidos

- Depois do ensaio os condutores não devem mostrar nenhuma deformação indevida. São permitidas pequenas deformações desde que sejam satisfeitas as distâncias de isolamento e de escoamento. Também, a isolamento dos condutores e as partes isolantes não devem mostrar sinais de deterioração significativa, isto é, as características da isolamento permanecem tais que as propriedades mecânicas e dielétricas do equipamento satisfazem os requisitos da norma;
- O dispositivo de detecção não deve indicar uma corrente de falta;
- Não deve haver afrouxamento das partes usadas para conexão de condutores e os condutores não devem se separar dos terminais de saída;
- É permitida uma deformação do envoltório desde que o grau de proteção não seja modificado e as distâncias de isolamento não sejam reduzidas a valores inferiores aos especificados;
- Qualquer deformação do barramento do circuito que prejudique a inserção de partes removíveis ou extraíveis são consideradas como falhas na suportabilidade.

### Ensaios de rotina

Deve ser verificada a atuação mecânica dos elementos, intertravamentos, travamentos. É necessária uma inspeção visual para constatar que foram mantidos o grau de proteção e as distâncias de escoamento e de isolamento.

As conexões, principalmente as aparafusadas devem ser verificadas, possivelmente por ensaios randômicos (medição da resistência de contato).

Deve ser feita verificação da fiação e, nos conjuntos mais complexos, do funcionamento elétrico por testes.

Em alguns casos, pode ser necessário repetir estes testes no local depois da instalação.