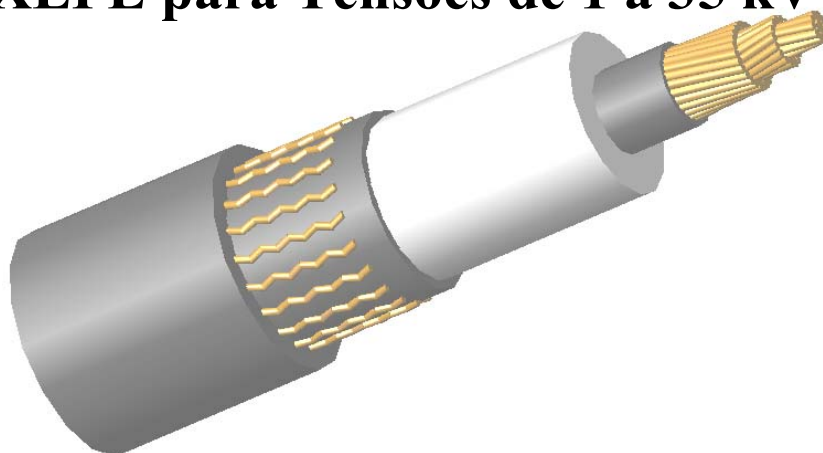


## **NORMA TÉCNICA CELG**

### **Cabos de Potência com Isolação em XLPE para Tensões de 1 a 35 kV**



### **Especificação**

**NTC-34**

# COMPANHIA ENERGÉTICA DE GOIÁS

## SETOR DE NORMATIZAÇÃO TÉCNICA


**NTC-34**

**Cabos de Potência com Isolação  
de XLPE para Tensões de 1 kV a 35 kV**

**Especificação**

ELABORAÇÃO: Engº Luiz Flávio Naves Rodrigues  
Téc. Delayne Cristina Machado

VISTO:

  
**DT-DPTN**  
Engº Antônio de Almeida

VISTO:

  
**DT-SPSE**  
Engº Luiz Fernando de M. Torres

APROV.:

  
**DT**  
Engº Rafael Murolo Filho

**DATA: SET/05**

## ÍNDICE

<u>SEÇÃO</u>	<u>TÍTULO</u>	<u>PÁGINA</u>
1.	<b>OBJETIVO</b>	<b>1</b>
2.	<b>NORMAS E DOCUMENTOS COMPLEMENTARES</b>	<b>2</b>
3.	<b>TERMINOLOGIA E DEFINIÇÕES</b>	<b>4</b>
4.	<b>CONDIÇÕES GERAIS</b>	<b>7</b>
4.1	<b>Condições de Operações</b>	<b>7</b>
4.2	<b>Materiais e Construção</b>	<b>7</b>
4.3	<b>Identificação do Cabo</b>	<b>9</b>
4.4	<b>Acondicionamento e Fornecimento</b>	<b>10</b>
4.5	<b>Garantia</b>	<b>10</b>
5.	<b>CONDIÇÕES ESPECÍFICAS</b>	<b>11</b>
6.	<b>INSPEÇÃO E ENSAIOS</b>	<b>12</b>
6.1	<b>Generalidades</b>	<b>12</b>
6.2	<b>Ensaio</b>	<b>13</b>
6.3	<b>Ensaio de Recebimento</b>	<b>13</b>
6.4	<b>Ensaio de Tipo</b>	<b>15</b>
6.5	<b>Ensaio de Controle</b>	<b>17</b>
6.6	<b>Ensaio Durante e Após a Instalação</b>	<b>17</b>
6.7	<b>Descrição dos Ensaio</b>	<b>18</b>
7.	<b>ACEITAÇÃO E REJEIÇÃO</b>	<b>26</b>
7.1	<b>Inspeção Visual</b>	<b>26</b>
7.2	<b>Ensaio de Recebimento</b>	<b>26</b>
7.3	<b>Recuperação de Lotes para Inspeção</b>	<b>26</b>
<b>ANEXO A</b>	<b>TABELAS</b>	<b>27</b>
<b>TABELA 1</b>	<b>ESPESSURA PLENA DA ISOLAÇÃO PARA XLPE E TR XLPE PARA CABOS COM CONSTRUÇÃO BLOQUEADA OU NÃO</b>	<b>27</b>
<b>TABELA 2</b>	<b>RAIOS MÍNIMOS DE CURVATURA PARA CABOS COM TENSÃO DE ISOLAMENTO ATÉ 0,6/1 kV</b>	<b>27</b>
<b>TABELA 3</b>	<b>RAIOS MÍNIMOS DE CURVATURA PARA CABOS COM TENSÃO DE ISOLAMENTO A PARTIR DE 8,7/15 kV</b>	<b>27</b>
<b>TABELA 4</b>	<b>DIÂMETROS MÍNIMOS DE NÚCLEOS DE CARRETÉIS PARA ACONDICIONAMENTO DE CABOS</b>	<b>28</b>
<b>TABELA 5</b>	<b>TOLERÂNCIAS PARA OS NÚCLEOS DOS CARRETÉIS</b>	<b>28</b>
<b>TABELA 6</b>	<b>VALORES DE TENSÃO CONTÍNUA</b>	<b>28</b>
<b>TABELA 7</b>	<b>VALORES EFICAZES DE TENSÃO ELÉTRICA DE SCREENING</b>	<b>29</b>
<b>TABELA 8</b>	<b>FATORES PARA CORREÇÃO DE RESISTÊNCIA DE ISOLAMENTO EM FUNÇÃO DE TEMPERATURA</b>	<b>30</b>
<b>TABELA 9</b>	<b>VALORES DE TENSÃO DE EXPLORAÇÃO E MEDIÇÃO PARA O ENSAIO DE DESCARGAS PARCIAIS</b>	<b>31</b>
<b>TABELA 10</b>	<b>VALORES DE TENSÃO PARA ENSAIOS DE FATOR DE PERDAS NO DIELETRICO(<math>tg\delta</math>), EM FUNÇÃO DO GRADIENTE MÁXIMO</b>	<b>31</b>

<u>SEÇÃO</u>	<u>TÍTULO</u>	<u>PÁGINA</u>
TABELA 11	VALORES DE FATOR DE PERDAS NO DIELÉTRICO ( $\text{tg}\delta$ )	32
TABELA 12	TENSÃO ELÉTRICA SUPORTÁVEL DE IMPULSO ATMOSFÉRICO	32
TABELA 13	DETERMINAÇÃO DO NÚMERO DE AMOSTRAS PARA ENSAIOS ESPECIAIS	32
ANEXO B	DESENHO	33
DESENHO 1	PLACA DE IDENTIFICAÇÃO PARA CARRETEL DE CABOS	33
ANEXO C	QUADRO DE DADOS TÉCNICOS E CARACTERÍSTICAS GARANTIDAS	34
ANEXO D	ENSAIO DE PENETRAÇÃO LONGITUDINAL DE ÁGUA	36
D.1	Objetivo	36
D.2	Ensaio de Penetração de Água pelo Bloqueio do Condutor	36
D.3	Resultados	38
ANEXO E	RAIOS MÍNIMOS DE CURVATURA	39
E.1	Raio Mínimo de Curvatura para Instalação Permanente de Cabos	39
E.2	Diâmetros Mínimos de Núcleos de Carretéis para Acondicionamento de Cabos	39
ANEXO F	COTAÇÃO DE ENSAIOS DE TIPO	40
ANEXO G	QUADROS DE DESVIOS TÉCNICOS E EXCEÇÕES	41

## 1. OBJETIVO

Esta norma estabelece os requisitos mínimos exigíveis para o fornecimento de cabos de potência unipolares ou multipolares, para instalações fixas, com condutor de cobre, com isolamento em polietileno reticulado (XLPE) e cobertura de composto termoplástico de policloreto de vinila (PVC) ou polietileno (PE) na cor preta, para tensões de 0,6/1 kV, 8,7/15 kV, 12/20 kV e 20/35 kV.

São previstos condutores de cobre com construção bloqueada longitudinal, para cabos com tensões de isolamento iguais ou superiores a 8,7/15 kV.

### Nota:

*Não são previstos nesta norma:*

- *construção com bloqueio longitudinal na blindagem da isolamento;*
- *construção com bloqueio transversal.*

2.

**NORMAS E DOCUMENTOS COMPLEMENTARES:**

NBR 5111	Fios de cobre nus de seção circular para fins elétricos – Especificação.
NBR 5456	Eletrotécnica e eletrônica - Eletricidade geral – Terminologia.
NBR 5471	Condutores elétricos – Terminologia.
NBR 6242	Verificação dimensional para fios e cabos elétricos – Método de ensaio
NBR 6244	Ensaio de resistência à chama para fios e cabos elétricos – Método de Ensaio.
NBR 6251	Cabos de potência com isolamento extrudada para tensões de 1 kV a 35 kV - Requisitos construtivos.
NBR 6254	Fusíveis cartucho – dimensões.
NBR 6813	Fios e cabos elétricos - Ensaio de resistência de isolamento – Método de ensaio.
NBR 6814	Fios e cabos elétricos - Ensaio de resistência elétrica – Método de ensaio.
NBR 6881	Fios e cabos elétricos de potência ou controle - Ensaio de tensão elétrica – Método de ensaio.
NBR 7287	Cabos de potência com isolamento sólida extrudada de polietileno reticulado (XLPE) para tensões de 1a 35kV – Especificação.
NBR 7294	Fios e cabos elétricos - Ensaio de descargas parciais – Método de ensaio.
NBR 7295	Fios e cabos elétricos - Ensaio de capacitância e fator de dissipação – Método de ensaio.
NBR 7296	Fios e cabos elétricos - Ensaio de impulso atmosférico – Método de Ensaio.
NBR 9311	Cabos elétricos isolados – Designação – Classificação.
NBR 9511	Cabos elétricos – Raios mínimos de curvatura para instalação e diâmetros mínimos de núcleos de carretéis para acondicionamento.
NBR 10299	Análise estatística da rigidez dielétrica de cabos elétricos em corrente alternada e a impulso.
NBR 11137	Carretéis de madeira para o acondicionamento de fios e cabos elétricos-dimensões e estruturas - Padronização.
NBR NM 280	Condutores de cabos isolados.
NBR NM IEC 60332-1	Métodos de ensaios em cabos elétricos sob condições de fogo - Parte 1: Ensaio em um único condutor ou cabo isolado na posição vertical
IEC 60228	Conductors of insulated cables.
IEC 60502-1	Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages from 1 kV (1,2 kV) up to 30 kV (36 kV) - Part 1: Cables for rated voltages of 1 kV (1,2 kV) and 3 Kv (3,6 kV).
IEC 60502-2	Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages from 1 kV (1,2 kV) up to 30 kV (36 kV) - Part 2: Cables for rated voltages of 6 kV (7,2 kV) and 30 kV (36 kV).

**Notas:**

- 1) *A utilização de normas de quaisquer outras organizações credenciadas será permitida, desde que elas assegurem uma qualidade melhor ou igual às anteriormente mencionadas e não contradigam a presente norma.*

- 2) *No caso de outras normas serem usadas, elas devem ser mencionadas nos documentos de licitação e se julgar necessário, um exemplar de cada uma deverá ser enviado a CELG.*
- 3) *Todas as normas referidas neste capítulo devem estar à disposição do inspetor da CELG no local da inspeção.*

### 3. TERMINOLOGIA E DEFINIÇÕES

Os termos técnicos aqui utilizados devem estar de acordo com as normas NBR 5456, NBR 5471 e NBR 6251.

#### Acessório Isolado Desconectável

Acessório isolado e blindado, para terminar e/ou conectar eletricamente um cabo de potência isolado a equipamentos elétricos, outros cabos de potência ou ambos. É projetado de tal maneira que a conexão elétrica possa ser facilmente estabelecida ou interrompida, encaixando-se ou separando-se peças correspondentes do acessório na interface de operação.

#### Cabo

Conjunto de fios encordoados, isolados ou não entre si, podendo o conjunto ser isolado.

#### Cabo com Isolação Extrudada

Cabo cuja isolação consiste geralmente de uma camada de um material termoplástico ou termofixo, aplicada por processo de extrusão.

#### Cabo de Potência

Cabo unipolar ou multipolar utilizado para transporte de energia elétrica em instalações de geração, transmissão, distribuição ou utilização de energia elétrica.

#### Cabo Isolado

Cabo constituído de uma ou mais veias e, se existentes, o envoltório individual de cada veia, o envoltório do conjunto das veias e os envoltórios de proteção do cabo, podendo ter também um ou mais condutores não isolados.

#### Capacidade de Condução de Corrente

Corrente máxima que pode ser conduzida continuamente por um condutor ou conjunto de condutores, em condições especificadas, sem que a sua temperatura em regime permanente ultrapasse um valor especificado.

#### Componentes e Formação dos Cabos:

##### - Condutor (de um cabo isolado)

Componente do cabo que tem função específica de conduzir corrente elétrica.

##### - Corda

Componente de um cabo, constituído por um conjunto de fios encordoados e não isolados entre si.



- **Perna**

Corda destinada a ser encordoada para formação de cochas, ou formação de uma corda com encordoamento composto.

- **Coroa**

Conjunto de componentes ou de partes de componentes de um cabo, dispostos helicoidalmente e eqüidistantes de um centro de referência.

- **Encordoamento**

Disposição helicoidal de fios ou de grupos de fios ou de outros componentes de um cabo.

- **Sentido do Encordoamento**

Sentido (horário ou anti-horário) segundo o qual os fios ou grupos de fios, ou outros componentes de um cabo, ao passarem por sua parte superior, se afastam do observador que olha na direção do eixo do cabo.

- **Passo do Encordoamento**

Comprimento da projeção axial de uma volta completa dos fios ou grupos de fios, ou outros componentes, de uma determinada coroa.

- **Seção Nominal de um Cabo**

Soma das áreas transversais dos fios componentes.

- **Blindagem**

Envoltório condutor ou semicondutor, aplicado sobre o condutor ou sobre o condutor isolado (ou eventualmente sobre um conjunto de condutores isolados) para fins elétricos.

- **Veia**

Condutor isolado componente de um cabo.

- **Enchimento**

Material utilizado em cabos multipolares para preencher os interstícios entre as veias.

- **Amarração**

Elemento colocado sobre um conjunto de veias de um cabo multipolar, para mantê-las firmemente juntas.

- **Acolchoamento**

Material não metálico que protege mecanicamente o componente situado diretamente sob ele, num cabo unipolar ou multipolar.

- **Capa**

Invólucro interno metálico ou não, aplicado sobre uma veia ou sobre um conjunto de veias de um cabo.

- **Cobertura**

Invólucro externo não metálico e contínuo, sem função de isolamento.

- **Separador**

Invólucro não metálico, sem função de isolamento, colocado entre componentes de um cabo para impedir contato direto entre eles.

**Condutor Compactado**

Condutor encordoado no qual foram reduzidos os interstícios entre os fios componentes, por compressão mecânica, trefilação ou escolha adequada da forma ou disposição dos fios.

**Condutor Encordoado**

Condutor constituído por um conjunto de fios dispostos helicoidalmente.

**Temperatura Máxima no Condutor em Regime de Curto-Circuito**

Máxima temperatura admissível, em qualquer ponto do condutor, em regime de curto-circuito.

**Temperatura em Regime de Sobrecarga**

Máxima temperatura admissível, em qualquer ponto do condutor, em regime de sobrecarga.

**Temperatura Máxima no Condutor em Regime Permanente**

Máxima temperatura admissível, em qualquer ponto do condutor, em condições estáveis de funcionamento.

**Valor Nominal**

Valor pelo qual uma grandeza é designada, empregado geralmente em tabelas. Correspondente ao valor verificado através de medições, levando-se em consideração as tolerâncias especificadas.

**Valor Aproximado**

Valor utilizado para o cálculo de outros valores dimensionais, não sendo um valor garantido nem objeto de controle.

**Valor Fictício**

Valor calculado pelo "método fictício", de acordo com a NBR 6251.

## 4. CONDIÇÕES GERAIS

### 4.1 **Condições de Operação**

Os cabos devem ser construídos de forma a suportar as seguintes condições normais de serviço:

- temperatura máxima no condutor de 90°C, em regime permanente;
- temperatura máxima no condutor de 130°C, em regime de sobrecarga; a operação neste regime não deve superar 100 horas durante 12 meses consecutivos, ou 500 horas durante a vida do cabo;
- temperatura máxima no condutor de 250°C, em regime de curto-circuito; a duração deste regime não deve ultrapassar 5 s;
- ao ar livre, incluindo exposição direta à luz do sol, com contato permanente com galhos e folhas de árvores;
- diretamente enterrados;
- submersos intermitente ou continuamente;
- temperatura ambiente, no interior de câmaras, e ao ar livre, variando de 0°C a 65°C;
- sistema trifásico a 4 fios, com neutro multi-aterrado, 60 Hz, com tensão fase-fase de 380 V;
- sistema trifásico a 3 fios, com neutro, 60 Hz, com tensão fase-fase de 13,8 kV ou trifásico a 3 fios, sem neutro, tensão fase-fase de 34,5 kV;
- suportar operação para estabelecer a conexão ou desconexão de um circuito, com carga e/ou com tensão.

### 4.2 **Materiais e Construção**

#### 4.2.1 Condutor

O condutor deve ser constituído por um ou vários fios de cobre, têmpera mole, sem revestimento metálico e deve ser designado por condutor de seção circular, redondo compactado.

Os condutores devem ter encordoamento classe 2, conforme NBR NM 280.

A superfície do condutor ou dos fios componentes do condutor encordoado não deve apresentar fissuras, escamas, rebarbas, asperezas, estrias ou inclusões. O condutor pronto não deve apresentar falhas de encordoamento.

#### 4.2.2 Blindagem do Condutor

A blindagem do condutor deve ser obrigatoriamente empregada nos cabos com tensão nominal igual ou superior a 8,7/15 kV.

Deve ser constituída por uma camada extrudada de composto semicondutor termofixo.

A camada deve estar justaposta sobre o condutor, porém facilmente removível e não aderente ao mesmo (ver condições específicas no Item 5).

A blindagem semicondutora do condutor deve ter espessura média igual ou superior a

0,4 mm e espessura mínima, em um ponto qualquer de uma seção transversal, igual ou superior a 0,32 mm.

#### 4.2.3 Isolação

A isolação deve ser constituída por composto extrudado, termofixo, de polietileno reticulado (XLPE). Deve ser contínua e uniforme, ao longo de todo o seu comprimento.

As características físicas do material da isolação devem estar de acordo com a NBR 6251.

Deve ser aderente à blindagem do condutor, de modo que, não permita a existência de vazios entre ambas ao longo de todo o seu comprimento.

#### 4.2.4 Blindagem da Isolação

A parte semicondutora da blindagem da isolação deve ser constituída por uma camada extrudada de composto semicondutor termofixo, aplicada diretamente sobre a isolação do condutor.

Os materiais empregados na blindagem semicondutora devem ter suas características físicas de acordo com a NBR 6251.

A camada semicondutora da blindagem da isolação deve ser extrudada simultaneamente com a isolação e com a blindagem do condutor.

A espessura média da camada extrudada, em qualquer ponto de uma seção transversal, deve ser igual a 0,32 mm, sendo sua espessura média igual a 0,4 mm.

A parte metálica da blindagem da isolação deve ser aplicada sobre a semicondutora da isolação e constituída por uma camada concêntrica de fios de cobre, não revestidos, ou revestidos quando a cobertura do cabo for constituída por compostos termofixos que contenham agentes agressivos ao cobre nu.

A resistividade máxima do cobre deve ser de  $0,018312 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ .

A seção mínima de fios de cobre da blindagem deve ser de  $9,2 \text{ mm}^2$ .

#### 4.2.5 Cobertura e Capa de Separação

A cobertura deve ser constituída de material termoplástico do tipo ST2 (PVC) ou ST7 (PE).

As características físicas do material usado devem estar de acordo com a NBR 6251.

As espessuras nominais da cobertura e da capa de separação são dadas pelas expressões, respectivamente:

- a)  $E_c = 0,035 \cdot D + 0,8$  (não deve ser inferior a 1,4 mm, a não ser que a diferença não exceda  $0,1 + 15\%$  para aplicação da cobertura em superfície cilíndrica lisa ou  $0,2 \text{ mm} + 20\%$  para aplicação da cobertura em superfície irregular);

b)  $E_s = 0,02.D_a + 0,6$  (não deve ser inferior a 1,2 mm, a não ser que a diferença não exceda 0,2 mm +20%).

Onde,  $D_a$  e  $D$  são, respectivamente, o diâmetro fictício sob a capa de separação e sob a cobertura, em milímetros, calculados conforme NBR 6251.

O limite de temperatura dos cabos em regime permanente em função do material da cobertura tipo ST2 ou ST7 é 105°C, devendo ser respeitados os limites estabelecidos em 4.1 para os cabos abrangidos por esta norma.

A marcação na cobertura pode ser em auto-relevo ou baixo-relevo, podendo ser de outro tipo mediante acordo entre CELG e fabricante. Deve ser feita, de modo legível e indelével, em intervalos regulares de 500 mm e conter:

- nome, marca ou logotipo do fabricante;
- número de condutores e seção nominal do(s) mesmo(s), em mm<sup>2</sup>;
- tensão de isolamento  $V_o/V$ , em kV;
- material do condutor, da isolação e da cobertura, indicados pelas siglas: CU XLPE ST2 (ou CU XLPE ST7);
- identificação das fases, no caso de cabos multipolares;
- ano de fabricação;
- número da norma aplicável ao cabo.

#### **Notas:**

- 1) *O nome comercial do produto pode ser aceito, em seguida ao nome do fabricante.*
- 2) *As marcações devem estar de acordo com as regulamentações do INMETRO.*
- 3) *O ano de fabricação e outras exigências contratuais podem ser marcados em fita, colocada, convenientemente no interior do cabo.*
- 4) *Se a superfície da cobertura for irregular, tal que não permita uma adequada marcação, as informações citadas podem ser marcadas na superfície da capa interna ou de separação, ou em fita colocada no interior do cabo.*

### **4.3 Identificação do Cabo**

Os cabos multipolares devem possuir uma identificação das fases por meio de números ou cores, marcados em intervalos regulares de 50 mm.

Para identificação de veias por meio de cores, devem ser observadas as seguintes condições:

- a) uma das veias deve ser azul-clara para identificação do condutor neutro, ou, no caso da inexistência deste, para identificação de qualquer condutor que não tenha função exclusiva de proteção;
- b) a cor amarela não pode ser usada separadamente, mas apenas na combinação de cores verde e amarela.
- c) a combinação de cores verde e amarela ou verde deve ser usada exclusivamente para identificação do condutor de proteção; a combinação de cores deve ser de maneira tal que sobre quaisquer 15 mm de comprimento de veia, uma destas cores cubra no mínimo 30% e no máximo 70% da superfície da mesma.

A superfície externa deve ser marcada em intervalos regulares de até 500 mm, com as seguintes informações:

- nome do fabricante;
- seção transversal do condutor fase;
- material do condutor (cobre) e da isolação (XLPE);
- tensão de isolamento (Vo/V);
- ano de fabricação.

#### **4.4 Acondicionamento e Fornecimento**

O acondicionamento dos cabos deve ser feito em carretéis de madeira, que devem estar de acordo com a NBR 11137, de modo a ficarem protegidos durante o manuseio, transporte e armazenagem. O carretel deve ter resistência adequada e ser isento de defeitos que possam danificar o produto.

O acondicionamento normal em carretéis deve ser limitado à massa bruta de 1500 kg, exceto quando especificado de outra forma no CFM.

**Nota:**

*Por ocasião dos ensaios de recebimento, um controle dimensional deve ser feito em cada carretel, para verificar a sua adequação ao solicitado no CFM.*

A marcação em ambas as faces do carretel deve ser constituída por placa metálica e deve obedecer ao indicado no desenho do Anexo B. O fabricante deve indicar na placa o comprimento real do cabo, em metros, contido em cada unidade de expedição.

Os cabos devem ser fornecidos em lances de acordo com o indicado no CFM, com tolerância de  $\pm 3\%$ . Adicionalmente, pode-se aceitar até 5% de lances de um lote de expedição que tenham um comprimento mínimo de 50% do lance especificado no CFM.

As extremidades do cabo devem ser fixadas com firmeza ao carretel e ser vedadas com capuzes termocontráteis.

#### **4.5 Garantia**

A aceitação do pedido de compra implica na aceitação incondicional de todos os requisitos desta norma.

O período de garantia deve ser de 18 meses de operação satisfatória, a contar da data de entrada em operação ou 24 meses a partir da data de entrega, prevalecendo o prazo que primeiro ocorrer.

As despesas com mão-de-obra, decorrentes da retirada e instalação de cabos comprovadamente com defeito de fabricação, bem como o transporte destes entre almoxarifado CELG e fabricante, correrão por conta do último.

## 5. CONDIÇÕES ESPECÍFICAS

A designação dos cabos, o separador, a isolação, a reunião dos cabos multipolares, a identificação das veias, a capa de separação e o enchimento, assim como as demais características do condutor, da blindagem do condutor, da blindagem da isolação, da capa de separação e da cobertura, devem estar de acordo com o especificado nos itens 4.2 e 4.3.

A espessura nominal da isolação deve estar de acordo com a Tabela 1.

Os condutores de seção maciça ou os fios componentes do condutor encordado, antes de serem submetidos a fases posteriores de fabricação, devem atender os requisitos da NBR 5111 ou da NBR 5368, para condutores de cobre, exceto no que se refere à resistência mínima à tração dos fios, antes do encordoamento, que deve ser 105 MPa.

No bloqueio longitudinal dos condutores, os interstícios internos entre os fios componentes do condutor devem ser preenchidos com material compatível, química e termicamente, com os componentes do cabo. O fabricante deve garantir esta compatibilidade.

A reunião dos cabos multipolares também deve ser feita de acordo com a NBR 6251.

A blindagem metálica da isolação deve ter suas dimensões e características físicas de acordo com o item 4.2.4.

As espessuras média e mínima da blindagem do condutor e da isolação devem ser medidas conforme NBR 6242. No caso da blindagem do condutor, se inviável a medição direta, pode-se empregar um processo óptico (projetado de perfil ou equivalente).

## 6. INSPEÇÃO E ENSAIOS

### 6.1 Generalidades

- a) Os cabos devem ser submetidos a inspeção e ensaios na fábrica, na presença de inspetores credenciados pela CELG.
- b) A CELG reserva o direito de inspecionar os cabos durante o período de sua fabricação, antes do embarque ou a qualquer tempo em que julgar necessário. O fabricante deve proporcionar livre acesso do inspetor aos laboratórios e às instalações onde o material em questão estiver sendo fabricado, fornecendo as informações desejadas e realizando os ensaios necessários. O inspetor poderá exigir certificados de procedência de matérias primas e componentes, além de fichas e relatórios internos de controle.
- c) Antes de serem fornecidos os cabos, um protótipo de cada tipo deve ser aprovado, através da realização dos ensaios de tipo previstos no item 6.4.
- d) Os ensaios para aprovação do protótipo podem ser dispensados parcial ou totalmente, a critério da CELG, se já houver um protótipo idêntico aprovado. Se os ensaios de tipo forem dispensados, o fabricante deve apresentar um relatório completo dos ensaios indicados no item 6.4, com todas as informações necessárias, tais como métodos, instrumentos e constantes usadas, referentes ao ensaio do protótipo já aprovado. A eventual dispensa destes ensaios pela CELG somente terá validade por escrito.
- e) O fabricante deve dispor de pessoal e de aparelhagem próprios ou contratados, necessários à execução dos ensaios (em caso de contratação deve haver aprovação prévia da CELG).
- f) O fabricante deve assegurar ao inspetor da CELG o direito de se familiarizar, em detalhes, com as instalações e os equipamentos a serem utilizados, estudar todas as instruções e desenhos, verificar calibrações, presenciar ensaios, conferir resultados e, em caso de dúvida, efetuar novas inspeções e exigir a repetição de qualquer ensaio.
- g) Todos os instrumentos e aparelhos de medição, máquinas de ensaios, etc., devem ter certificado de aferição emitido por instituições homologadas pelo INMETRO e válidos por um período de, no máximo, 1 ano e por ocasião da inspeção, estar ainda dentro do período de validade, podendo acarretar desqualificação do laboratório o não cumprimento dessa exigência.
- h) A aceitação do lote e/ou a dispensa de execução de qualquer ensaio:
  - não exime o fabricante da responsabilidade de fornecer os cabos de acordo com os requisitos desta norma;
  - não invalida qualquer reclamação posterior da CELG a respeito da qualidade do material e/ou da fabricação.

Em tais casos, mesmo após haver saído da fábrica, o lote pode ser inspecionado e submetido a ensaios, com prévia notificação ao fabricante e, eventualmente, em sua presença. Em caso de qualquer discrepância em relação às exigências desta norma, o lote pode ser rejeitado e sua reposição será por conta do fabricante.



- i) Após a inspeção o fabricante deve encaminhar a CELG, por lote ensaiado, um relatório completo dos testes efetuados, em 1 via, devidamente assinado por ele e pelo inspetor credenciado pela CELG.  
Este relatório deve conter todas as informações necessárias para o seu completo entendimento, tais como: métodos, instrumentos, constantes e valores utilizados nos testes e os resultados obtidos.
- j) Todas as unidades de produto rejeitadas, pertencentes a um lote aceito, devem ser substituídas por unidades novas e perfeitas, por conta do fabricante, sem ônus para a CELG.
- k) Nenhuma modificação no cabo deve ser feita "a posteriori" pelo fabricante sem a aprovação da CELG. No caso de alguma alteração, o fabricante deve realizar todos os ensaios de tipo, na presença do inspetor da CELG, sem qualquer custo adicional.
- l) A CELG poderá, a seu critério, em qualquer ocasião, solicitar a execução dos ensaios de tipo para verificar se os cabos estão mantendo as características de projeto preestabelecidas por ocasião da aprovação dos protótipos.
- m) Para efeito de inspeção, os cabos devem ser divididos em lotes, devendo os ensaios ser feitos na presença do inspetor credenciado pela CELG.
- n) O custo dos ensaios deve ser por conta do fabricante.
- o) A CELG reserva o direito de exigir a repetição de ensaios em lotes já aprovados. Nesse caso, as despesas serão de responsabilidade da CELG se as unidades ensaiadas forem aprovadas na segunda inspeção, caso contrário, correrão por conta do fabricante.
- p) Os custos da visita do inspetor da CELG (locomoção, hospedagem, alimentação, homem-hora e administrativos) correrão por conta do fabricante nos seguintes casos:
  - se na data indicada na solicitação de inspeção o material não estiver pronto;
  - se o laboratório de ensaio não atender às exigências dos itens 6.1.e a 6.1.g;
  - se o material fornecido necessitar de acompanhamento de fabricação ou inspeção final em subfornecedor, contratado pelo fornecedor, em localidade diferente da sua sede;
  - se o material necessitar de reinspeção por motivo de recusa.

## **6.2 Ensaio**

Os ensaios previstos por esta norma são classificados em:

- a) ensaios de recebimento;
- b) ensaios de tipo;
- c) ensaios de controle;
- d) ensaios durante e após a instalação.

## **6.3 Ensaio de Recebimento**

Os ensaios de recebimento são classificados em dois grupos, descritos nos itens 6.3.1 e 6.3.2, respectivamente, definidos como:

- a) ensaios de rotina, item 6.3.1;
- b) ensaios especiais, item 6.3.2.

### 6.3.1 Ensaios de Rotina

Os ensaios de rotina devem ser feitos sobre todas as unidades de expedição (carretéis) com a finalidade de demonstrar a integridade do cabo.

Os cabos multipolares devem ter todas as suas veias submetidas aos ensaios.

Os ensaios de rotina são os seguintes:

- a) para cabos com tensões de isolamento 0,6/1 kV:
  - ensaio de resistência elétrica, conforme 6.7.1;
  - ensaio de tensão elétrica, conforme 6.7.2;
  - ensaio de resistência de isolamento à temperatura ambiente, conforme 6.7.3.
- b) para cabos com tensões de isolamento igual ou superior a 8,7/15 kV:
  - ensaio de resistência elétrica, conforme 6.7.1;
  - ensaio de tensão elétrica de screening, conforme 6.7.4;
  - ensaio de descargas parciais, conforme 6.7.5.

### 6.3.2 Ensaios Especiais

Os ensaios especiais devem ser feitos em amostras de cabo completo, ou em componentes retirados delas conforme critério de amostragem estabelecido na Tabela 13, visando verificar se o cabo atende às especificações do projeto.

Todos os ensaios especiais, com exceção do previsto em 6.7.10 devem ser feitos para CFMs que excedam 2 km de cabos multipolares, ou 4 km de cabos unipolares, de mesma seção e construção. Para CFMs com vários itens de mesma construção e os mesmos materiais componentes apenas com seções diferentes, os ensaios podem ser realizados em um único item, preferencialmente o de maior comprimento. Para CFMs com comprimento de cabos inferiores aos acima estabelecidos, o fabricante deve fornecer, se solicitado, um certificado onde conste que o cabo cumpre os requisitos dos ensaios especiais desta norma.

A amostra deve ser constituída por dois comprimentos suficientes de cabo, retirados das extremidades de unidades quaisquer de expedição. Após ter sido eliminada, se necessário, qualquer porção do cabo que tenha sofrido danos.

Para o ensaio de 6.7.7, o corpo-de-prova deve ser constituído por um único comprimento útil de 0,40 m de cabo.

O ensaio de 6.7.6 deve ser feito sobre unidade(s) completa(s) de expedição.

Para os cabos multipolares os ensaios e verificações devem ser feitos em todas as veias.

Para o ensaio de 6.7.10, o critério de amostragem deve ser conforme NBR 10299.

As verificações e os ensaios especiais solicitados por esta norma são:

- a) verificação da construção do cabo, conforme 4.2 e 4.3;
- b) ensaio de tração na isolação, antes e após envelhecimento, conforme NBR 6251;
- c) ensaio de alongamento a quente na isolação, conforme NBR 6251;
- d) ensaio de tração na capa de separação, conforme NBR 6251;
- e) ensaio de determinação do fator de perdas no dielétrico ( $\text{tg}\delta$ ) em função do gradiente elétrico máximo no condutor, para cabos com tensões de isolamento iguais ou superiores a 8,7/15 kV, conforme item 6.7.6;
- f) ensaio de tensão elétrica de longa duração para cabos com tensões de isolamento 0,6/1 kV, conforme item 6.7.7;
- g) ensaio de aderência da blindagem semicondutora da isolação, para cabos a campo radial, conforme item 6.7.8;
- h) ensaio de conformidade da rigidez dielétrica em corrente alternada por amostragem seqüencial, conforme item 6.7.10.

## 6.4 Ensaios de Tipo

Os ensaios de tipo devem ser realizados com a finalidade de demonstrar o satisfatório comportamento do projeto do cabo, para atender à aplicação prevista. São, por isso mesmo, de natureza tal que não precisam ser repetidos, a menos que haja modificação do projeto do cabo, que possa alterar o seu desempenho. Incluem-se como ensaios de tipo os ensaios de pré-qualificação, conforme NBR 10299.

### Nota:

*Modificação do cabo, para os objetivos desta norma, inclui qualquer variação construtiva ou de tecnologia que possa influir diretamente no desempenho elétrico e/ou mecânico do mesmo, como, por exemplo:*

- a) modificação do composto isolante;*
- b) adoção de tecnologia diferente para a blindagem do condutor e/ou da isolação, em função da tensão de isolamento;*
- c) utilização de proteções metálicas que possam afetar os componentes subjacentes do cabo.*

Estes ensaios devem ser realizados, de modo geral, uma única vez, para cada projeto de cabo. No caso dos ensaios de pré-qualificação, devem ser utilizados os modelos e cabos reais indicados na NBR 10299.

Os ensaios de tipo, efetuados para os cabos de máxima tensão de isolamento, produzidos pelo fabricante e/ou utilizados pela CELG, são válidos para os cabos de tensões de isolamento inferiores, desde que certificado pelo fabricante que são empregados a mesma construção e os mesmos materiais. É facultado à CELG solicitar os ensaios de tipo para cada nível de tensão e isolamento dos cabos adquiridos por ela.

O fabricante ou entidade acreditada pelo INMETRO, deve emitir um certificado após realização dos ensaios de tipo. A validade deste certificado condiciona-se à emissão de um documento de aprovação dele pela CELG, documento este, que pode ser utilizado pelo fabricante, para outros compradores, somente sob autorização do emitente.

O corpo-de-prova deve ser constituído por um comprimento de cabo completo, de 10 a 15 m. A seção recomendada do condutor é de 120 mm<sup>2</sup>.

Os ensaios devem ser efetuados para a tensão de isolamento 0,6/1 kV e para cabos com tensões de isolamento superiores a 8,7/15 kV os ensaios devem ser feitos para a máxima tensão de isolamento produzida pelo fabricante e/ou prevista na NBR 7287.

Para cabos multipolares, com tensões de isolamento 0,6/1 kV, os ensaios devem ser limitados a não mais que 3 veias. No caso de cabos multipolares com tensões de isolamento iguais ou superiores a 8,7/15 kV, os ensaios devem ser realizados sobre todas as veias.

#### 6.4.1 Ensaios de Tipo Não-Elétricos

As verificações e os ensaios de tipo não elétricos são os seguintes:

- a) verificação da construção do cabo, conforme itens 4.2 e 5;
- b) ensaios físicos da blindagem semicondutora, conforme item 4.2.4;
- c) ensaios físicos da isolação, conforme item 4.2.3;
- d) ensaios físicos da capa de separação (se existir) e cobertura, conforme item 4.2.5;
- e) ensaio de envelhecimento em amostra de cabo completo, para cabos com tensões de isolamento 0,6/1 kV, conforme 6.7.18;
- f) ensaio de resistência à chama, conforme 6.7.19;
- g) ensaio de aderência da blindagem semicondutora da isolação, para cabos a campo radial, conforme item 6.7.8.

Para os ensaios de tipo, não elétricos, deve-se utilizar um comprimento suficiente de cabo completo, retirado previamente da amostra colhida para os ensaios de tipo elétricos, à exceção do ensaio da alínea b, dos ensaios citados acima, que pode ser realizado em corpos-de-prova obtidos de placas do material utilizado.

#### 6.4.2 Ensaios de Tipo Elétricos

Os ensaios de tipo elétricos, previstos por esta norma, são os seguintes, devendo ser realizados na respectiva ordem:

- a) para cabos com tensões de isolamento 0,6/1 kV:
  - ensaio de resistência elétrica, conforme item 6.7.1;
  - ensaio de resistência de isolamento à temperatura ambiente, conforme item - 6.7.3;
  - ensaio de resistência de isolamento a 90°C, conforme item 6.7.13;
  - ensaio de tensão elétrica de longa duração, conforme item 6.7.7;
- b) para cabos com tensões de isolamento iguais ou superiores a 8,7/15 kV:
  - ensaio de resistência elétrica, conforme item 6.7.1;
  - ensaio de tensão elétrica de screening conforme item 6.7.4
  - ensaio de descargas parciais, conforme item 6.7.5;
  - ensaio de dobramento, seguido de ensaio de descargas parciais, conforme item 6.7.14;
  - ensaio de determinação do fator de perdas no dielétrico ( $\text{tg}\delta$ ), em função do gradiente elétrico máximo no condutor, conforme item 6.7.6;
  - ensaio de determinação do fator de perdas no dielétrico ( $\text{tg}\delta$ ), em função da temperatura, conforme item 6.7.15;
  - ensaios de ciclos térmicos, conforme item 6.7.16;
  - ensaio de tensão elétrica de impulso, seguido de ensaio de tensão elétrica de screening, conforme item 6.7.17;

- ensaio de resistividade elétrica das blindagens semicondutoras, conforme item 6.7.21.

#### 6.4.3 Ensaio de Tipo Complementar

O ensaio de tipo complementar, previsto por esta norma, é o ensaio para determinação do coeficiente por °C para correção da resistência de isolamento, conforme 6.7.20.

### 6.5 Ensaio de Controle

Estes ensaios devem ser realizados normalmente pelo fabricante, com periodicidade adequada, em matéria prima e semi-elaborados, bem como durante a produção do cabo e após a sua fabricação, com o objetivo de assegurar que os materiais e processos utilizados atendam os requisitos de projeto cobertos por esta norma.

Todos os ensaios elétricos e não elétricos, previstos nesta norma, compreendem o grupo de ensaios de controle disponíveis ao fabricante que, a seu critério e necessidade, utiliza para determinada ordem de compra ou lote de produção.

Os resultados obtidos após os ensaios de controle devem ser adequadamente registrados pelo fabricante, sendo parte integrante de seu sistema de qualidade. Este documento deve estar disponível para a CELG em caso de auditoria de sistema ou de produto.

### 6.6 Ensaio Durante e Após a Instalação

Estes ensaios são destinados a demonstrar a integridade do cabo e seus acessórios, durante a instalação e após ter sido ela concluída.

Em qualquer ocasião durante a instalação, pode ser efetuado um ensaio de tensão elétrica contínua, de valor igual a 75% do valor dado na Tabela 6, durante 5 minutos consecutivos.

Após a conclusão da instalação do cabo e seus acessórios, e antes destes serem colocados em operação, pode ser aplicada uma tensão elétrica contínua de valor igual a 80% do valor dado na Tabela 6, durante 15 minutos consecutivos.

Após o cabo e seus acessórios terem sido colocados em operação, em qualquer ocasião, dentro do período de garantia, pode ser aplicada uma tensão elétrica contínua de valor igual a 65% do valor dado na Tabela 6, durante 5 minutos consecutivos.

#### **Nota:**

*Os ensaios em corrente contínua, aplicados a cabos com isolamento extrudada, principalmente de instalações antigas, podem causar o seu envelhecimento precoce ou danos permanentes. A instalação, nestes casos, deve ser ensaiada conforme a seguir:*

- a) aplicação da tensão equivalente entre fases do sistema entre o condutor e a blindagem metálica, durante 5 minutos ou;*
- b) aplicação da tensão entre fases e terra do sistema entre o condutor e a blindagem, durante 24 horas.*

## 6.7 Descrição dos Ensaios

Os subitens seguintes, descrevem os ensaios de recebimento e de tipo previstos por esta norma.

### 6.7.1 Ensaio de Resistência Elétrica

O ensaio deve ser realizado conforme NBR 6814.

A resistência elétrica dos condutores, referida a 20°C, e a um comprimento de 1 km, não deve ser superior aos valores estabelecidos na NBR NM 280, para condutores de cobre.

### 6.7.2 Ensaio de Tensão Elétrica

Este ensaio deve ser realizado para cabos com tensões de isolamento 0,6/1 kV.

A tensão elétrica deve ser aplicada entre cada condutor e sua blindagem metálica.

O cabo quando submetido à tensão elétrica alternada, frequência de 48 Hz a 62 Hz, de valor eficaz igual a 3,5 kV dado na Tabela 6, pelo tempo de 5 min, não deve apresentar perfuração.

Em alternativa, o último requisito pode ser verificado com tensão elétrica contínua, de amplitude 3,5 kV de valor dado na Tabela 6, pelo tempo de 5 min sem apresentar perfuração.

O ensaio deve ser realizado conforme NBR 6881.

#### **Nota:**

*Os valores de tensão elétrica alternada de ensaio correspondem a  $2,5 V_0 + 2,0 kV$ .*

### 6.7.3 Ensaio de Resistência de Isolamento à Temperatura Ambiente

Este ensaio deve ser realizado para todos os cabos com tensões de isolamento 0,6/1kV.

A resistência de isolamento da(s) veia(s), referida a 20°C, e a um comprimento de 1km, não deve ser inferior ao valor calculado com a seguinte fórmula:

$$R_i = K_i \cdot \log \frac{D}{d}$$

Onde,

- R<sub>i</sub> = resistência de isolamento, em MΩ.km;
- K<sub>i</sub> = constante de isolamento igual a 3700 MΩ.km;
- D = diâmetro nominal sobre a isolação, em mm;
- d = diâmetro nominal sob a isolação, em mm.

A resistência de isolamento deve ser medida através de tensão elétrica contínua, com valor entre 300 e 500 V, aplicada por tempo mínimo de 1 min e máximo de 5 min.

As conexões do cabo ao instrumento de medição devem ser realizadas de acordo com o indicado para os ensaios de tensão elétrica ou screening, itens 6.7.2 e 6.7.4 respectivamente, conforme tipo de construção do cabo.

O ensaio de resistência de isolamento deve ser realizado após o ensaio de tensão elétrica ou screening, conforme itens 6.7.2 e 6.7.4. No caso do ensaio do item 6.7.2 ter sido realizado com a tensão elétrica contínua, a medição da resistência de isolamento deve ser feita 24 h após ter(em) sido o(s) condutor(es) curto-circuitado(s) com as respectivas blindagens (ou proteções metálicas) ou com a água.

Quando a medição da resistência de isolamento for realizada em temperatura do meio diferente de 20°C, o valor obtido deve ser referido a esta temperatura, utilizando os fatores de correção indicados na Tabela 8.

O fabricante deve fornecer previamente o coeficiente por °C a ser utilizado (ver item 6.7.20).

O ensaio deve ser realizado conforme NBR 6813.

**Nota:**

*Quando este ensaio for realizado como ensaio de tipo para cabos não blindados individualmente, a medição da resistência de isolamento deve ser feita com o corpo-de-prova constituído por veia imersa em água por, pelo menos, 1 h antes do ensaio, tendo sido retirados todos os componentes exteriores à isolação.*

#### 6.7.4 Ensaio de Tensão Elétrica de Screening

Este ensaio deve ser realizado em cabos com tensão de isolamento igual ou superior a 8,7/15 kV.

A tensão elétrica deve ser aplicada entre cada condutor e sua blindagem metálica.

Para os cabos unipolares ou multipolares a tensão deve ser aplicada entre o condutor e a blindagem metálica.

O valor eficaz da tensão elétrica aplicada deve corresponder ao calculado com a seguinte fórmula:

$$V = E \cdot Se$$

$$\text{Sendo, } Se = \frac{d}{2} \cdot \ln \frac{D}{d}$$

$$d = dc + 0,8$$

Onde, V = tensão de ensaio, em kV;  
E = gradiente elétrico de ensaio: 12 kV/mm;  
Se = espessura equivalente da veia, em mm;  
dc = diâmetro fictício do condutor, em mm;  
d = diâmetro fictício sob a isolação, em mm;  
D = diâmetro fictício sobre a isolação, em mm.

O valor calculado para a tensão de ensaio deve ser arredondado ao inteiro mais próximo.

O valor eficaz da tensão elétrica alternada, frequência de 48 Hz a 62 Hz, é calculado em função do gradiente elétrico máximo no condutor, pela seguinte fórmula:

$V = E \cdot Se$ , citada em 6.7.4.

Os valores calculados da tensão elétrica constam da Tabela 7.

A tensão elétrica deve ser aplicada durante 15min, sem ocorrer perfuração.

**Nota:**

*Para este ensaio não é prevista alternativa em tensão contínua.*

#### 6.7.5 Ensaio de Descargas Parciais

Este ensaio deve realizado em cabos a campo radial com tensões de isolamento iguais ou superiores a 8,7/15 kV.

A tensão elétrica, aplicada entre o condutor e a blindagem da isolação, deve ser elevada gradualmente até atingir o valor da tensão de exploração e em seguida decrescida até o valor da tensão de medição, conforme estabelecido abaixo.

Os cabos multipolares devem ter suas veias ensaiadas individualmente.

O cabo, quando submetido à tensão elétrica alternada, com valores de exploração e medição, conforme parágrafo a seguir, não deve apresentar nível de descarga superior a 3 pC, na tensão de medição. O nível da descarga na tensão de exploração deve ser registrado para informação de engenharia.

Os valores eficazes das tensões elétricas alternadas de exploração e medição, frequência 48 Hz a 62 Hz, constam da Tabela 9 e devem ser calculados conforme item 6.7.4, utilizando-se 7 kV/mm e 6 kV/mm, respectivamente, como valores de gradiente elétrico de ensaio.

O ensaio deve ser realizado conforme NBR 7294.

#### 6.7.6 Ensaio de Determinação do Fator de Perdas no Dielétrico ( $tg\delta$ ) em Função do Gradiente Elétrico Máximo no Condutor

Este ensaio deve ser realizado em cabos a campo radial com tensões de isolamento iguais ou superiores a 8,7/15 kV.

O fator de perdas no dielétrico ( $tg\delta$ ) deve ser medido na unidade de expedição.

Os valores eficazes das tensões elétricas alternadas, os ensaios com frequência de 48 Hz a 62 Hz, constam da Tabela 10, e devem ser calculados conforme item 6.7.4, utilizando-se 2 kV/mm, 4 kV/mm e 8 kV/mm, respectivamente, como valores de gradiente elétrico de ensaio.

Os valores medidos não devem exceder os estabelecidos na Tabela 11.



O ensaio deve ser realizado conforme a NBR 7295.

#### 6.7.7 Ensaio de Tensão Elétrica de Longa Duração

Este ensaio deve ser realizado em cabos com tensões de isolamento iguais a 0,6/1 kV e deve ser realizado à temperatura ambiente.

Os cabos devem ter corpo-de-prova constituído por cabo completo e a tensão deve ser aplicada entre condutor(es) e blindagem(ens).

O corpo-de-prova, quando submetido à tensão elétrica alternada, com frequência de 48 Hz a 62 Hz, de valor eficaz 3 Vo, pelo tempo de 4 h, não deve apresentar perfuração.

O ensaio deve ser realizado conforme a NBR 6881.

#### 6.7.8 Ensaio de Aderência da Blindagem Semicondutora da Isolação

Este ensaio deve ser realizado nos cabos a campo radial, com blindagem semicondutora da isolação, extrudada.

O corpo-de-prova previsto no item 6.3.2, deve ter a camada semicondutora da isolação cortada longitudinalmente, até atingir-se levemente a isolação. Um segundo corte paralelo deve ser feito, distante 12 mm do primeiro. Para fixação na máquina de tração, deve-se efetuar uma separação inicial de 50 mm de tira de camada semicondutora entre os cortes longitudinais, mantendo-a em um ângulo de aproximadamente 90° em relação à veia, durante o ensaio. A tira deve ser inserida na garra superior e a veia na garra inferior, adequadamente preparada, da máquina de tração. Submete-se o corpo-de-prova à tração, aumentando a velocidade, até que a tira se separe da isolação a uma velocidade de 12 mm/s.

Ambas as extremidades do corpo-de-prova devem ser ensaiadas (em sentidos contrários) sendo as tiras cortadas diametralmente opostas. Cada ensaio é terminado no centro do corpo-de-prova.

O ensaio deve ser feito à temperatura ambiente, devendo-se registrar a força máxima e mínima de tração, na velocidade especificada, para cada um dos ensaios.

A força necessária para remoção da blindagem semicondutora extrudada da isolação deve estar entre 13 N e 105 N.

Após a retirada da blindagem semicondutora extrudada da isolação, a superfície exposta da isolação não deve apresentar danos, nem existir material semicondutor de difícil remoção.

#### 6.7.9 Ensaios Físicos nos Componentes do Cabo

Os ensaios físicos e seus respectivos métodos e requisitos, são indicados na NBR 6251.

6.7.10 Ensaio de Conformidade da Rigidez Dielétrica em Corrente Alternada por Amostragem Seqüencial

Este requisito deve ser aplicado a cabos a campo radial, com tensões de isolamento iguais ou superiores a 8,7/15 kV.

Os gradientes de perfuração dos corpos-de-prova, retirados das amostras de cabos de um lote de fornecimento, devem estar de acordo com os requisitos estabelecidos na NBR 10299.

A modalidade de ensaio é estabelecida na NBR 10299.

6.7.11 Verificação da Construção do Cabo

A verificação da construção do cabo deve ser feita de acordo com os itens 4.2, 4.3, 4.4 e 5.

6.7.12 Ensaios de Pré-Qualificação, conforme NBR 10299.

Estes ensaios devem ser realizados em cabos com tensões de isolamento iguais ou superiores a 8,7/15 kV.

Os ensaios devem ser realizados em corpos-de-prova de cabo modelo D, reproduzindo a tecnologia de fabricação empregada no fornecimento e em amostras de cabo real, conforme indicado na NBR 10299.

Os corpos-de-prova devem ser submetidos aos ensaios de rigidez em corrente alternada, de curta e longa duração, conforme procedimentos estabelecidos na NBR 10299.

A partir desses resultados calculam-se os parâmetros a serem utilizados no estabelecimento dos requisitos, conforme a NBR 10299.

Os ensaios para determinação da distribuição das tensões de perfuração sob tensão de impulso atmosférico, conforme a NBR 10299, devem ser realizados e os resultados registrados para informação de engenharia.

6.7.13 Ensaio de Resistência de Isolamento a  $(90 \pm 2)^\circ\text{C}$

Este ensaio deve ser realizado para cabos com tensões de isolamento 0,6/1 kV.

A resistência de isolamento da(s) veia(s) a  $(90^\circ \pm 2)^\circ\text{C}$ , referida a um comprimento de 1 km, não deve ser inferior ao valor calculado com a fórmula dada no item 6.7.3,

Os cabos blindados individualmente, podem ter a temperatura no condutor obtida pela colocação do corpo-de-prova do cabo completo em água ou estufa. O corpo-de-prova deve ser mantido na água ou estufa, pelo menos por 2h, à temperatura especificada, antes de efetuar-se a medição. A temperatura no condutor pode também ser obtida através da circulação de corrente pela blindagem metálica individual da(s) veia(s). Neste caso, a temperatura pode ser verificada através da resistência elétrica do(s) condutor(es) ou através da medição da temperatura na superfície da blindagem metálica. A medição deve ser feita após a estabilização térmica do corpo-de-prova na temperatura especificada.

A medição da resistência de isolamento deve ser feita com tensão elétrica contínua, de valor 300 V a 500 V, aplicada por um tempo mínimo de 1 minuto e máximo de 5 minutos.

O comprimento mínimo do corpo de prova deve ser de 5 m.

O ensaio deve ser realizado conforme NBR 6813.

#### 6.7.14 Ensaio de Dobramento

- a) Este ensaio deve ser realizado em cabos a campo radial com tensões de isolamento iguais ou superiores a 8,7/15 kV.
- b) O corpo-de-prova à temperatura ambiente deve ser enrolado em um tambor, evitando-se movimentos bruscos, pelo menos por uma volta completa; a seguir deve ser desenrolado e o processo repetido, após girar em 180° o corpo-de-prova em torno de seu eixo. Este ciclo de operações deve ser repetido mais duas vezes.
- c) O diâmetro do tambor deve corresponder ao raio mínimo de curvatura para instalação, indicado no Anexo E e estabelecido na NBR 9511, em função do tipo de construção do cabo. É admitida uma tolerância de  $\pm 5\%$  sobre o valor calculado.
- d) Após serem completados os três ciclos de dobramento o corpo-de-prova deve ser submetido ao ensaio de descargas parciais, conforme item 6.7.5.

#### 6.7.15 Ensaio de Determinação do Fator de Perdas no Dielétrico ( $\text{tg}\delta$ ) em Função da Temperatura

Este ensaio deve ser realizado em cabos a campo radial com tensões de isolamento iguais ou superiores a 8,7/15 kV.

O corpo-de-prova deve ser aquecido por meio de um dos procedimentos estabelecidos no item 6.7.13, para cabos blindados individualmente.

O fator de perdas no dielétrico ( $\text{tg}\delta$ ) deve ser medido no corpo-de-prova à temperatura de  $(90 \pm 2)^\circ\text{C}$ , com tensão elétrica alternada, com frequência de 48 Hz a 62 Hz, de valor correspondente ao gradiente elétrico máximo no condutor de 2 kV/mm.

Os valores medidos não devem ser superiores aos da Tabela 11.

O ensaio deve ser realizado conforme NBR 7295.

#### 6.7.16 Ensaios de Ciclos Térmicos

Este ensaio deve ser realizado para cabos a campo radial com tensões de isolamento iguais ou superiores a 8,7/15 kV.

O corpo-de-prova retirado de um comprimento de cabo, respeitando um tempo mínimo de sete dias após a fabricação, deve ser montado em forma de U, observando-se o raio de curvatura mínimo, para instalação, estabelecido na NBR 9511, em função do tipo de construção do cabo. É permitida a colocação do corpo-de-prova em um eletroduto não metálico, a fim de facilitar a realização do ensaio.

Antes de se iniciar o ensaio, o corpo-de-prova deve ser submetido à seqüência de ensaios de tipo, para cabos com tensões de isolamento iguais ou superiores a 8,7/15

kV, citados em 6.4, com exceção ao ensaio em questão e ao descrito em 6.7.17.

O corpo-de-prova deve ser submetido durante 30 dias, continuamente, à tensão elétrica alternada, com frequência de 48 Hz a 62 Hz, de valor correspondente ao gradiente elétrico máximo no condutor de 8 kV/mm. Interrupções eventuais devem ser compensadas.

Nas condições indicadas anteriormente, o corpo-de-prova deve ser submetido a uma corrente elétrica de aquecimento, de modo a atingir a temperatura de  $(130 \pm 3)^{\circ}\text{C}$  no condutor, por um tempo mínimo de 6 h contínuas, a cada dia útil.

No 15º dia e no término do ensaio (30º dia) o corpo-de-prova deve ser submetido aos ensaios previstos em 6.7.5, 6.7.6 e 6.7.15.

O corpo-de-prova, antes e após ser submetido a ciclos térmicos sob tensão elétrica, deve atender os requisitos estabelecidos em 6.7.5, 6.7.6 e 6.7.15, e a resistividade elétrica máxima à temperatura de operação das camadas semicondutoras estabelecidas na NBR 6251.

#### 6.7.17 Tensão Elétrica de Impulso

Este ensaio deve ser realizado nos cabos a campo radial, com tensões de isolamento iguais ou superiores a 8,7/15kV.

O corpo-de-prova, com o condutor à temperatura de  $(95 \pm 2)^{\circ}\text{C}$ , deve suportar, sem falhas, dez impulsos positivos e dez negativos de tensão, com o valor de crista estabelecido na Tabela 12.

O ensaio deve ser realizado conforme NBR 7296.

Após a realização deste ensaio, o corpo-de-prova deve ser submetido, à temperatura ambiente, ao ensaio de tensão elétrica de screening, conforme item 6.7.4.

#### 6.7.18 Ensaio de Envelhecimento em Cabo Completo

Este ensaio deve ser realizado em cabos com tensões de isolamento 0,6/1 kV e tem a finalidade de verificar a compatibilidade química entre a isolação e os demais componentes que constituem o cabo.

A amostra deve ser envelhecida em estufa a ar, a uma temperatura de  $(100 \pm 2)^{\circ}\text{C}$ , durante 168 h. Os corpos-de-prova correspondentes à isolação, capa de separação (quando existir) e cobertura, retirados da amostra do cabo completo após envelhecimento, devem atender aos requisitos de tração e alongamento à ruptura previstos na NBR 6251. O condutor removido da amostra envelhecida não deve apresentar qualquer evidência de corrosão quando submetido a inspeção visual sem auxílio de qualquer equipamento óptico. Oxidação ou descoloração normal do cobre não devem ser levados em consideração.

#### 6.7.19 Ensaio de Resistência à Chama

Este ensaio deve ser realizado conforme NBR IEC 60332-1.

6.7.20 Ensaio para Determinação de Coeficiente por °C para Correção da Resistência de Isolamento

Este ensaio deve ser realizado, somente quando for previamente solicitado, como exigência adicional.

O corpo-de-prova deve ser preparado e ensaiado conforme a NBR 6813, e o coeficiente por °C obtido deve ser aproximadamente igual ao previamente fornecido pelo fabricante.

6.7.21 Ensaio de Resistividade Elétrica das Blindagens Semicondutoras

Este ensaio deve ser realizado conforme item 6.7.16 e NBR 6251.

6.7.22 Ensaio de Penetração Longitudinal de Água

Este ensaio deve ser realizado somente em cabos com construção bloqueada longitudinalmente.

Durante a realização dos ensaios não deve ocorrer vazamento de água pelas extremidades do corpo-de-prova através dos interstícios do condutor.

O ensaio deve ser realizado conforme Anexo D.

## 7. ACEITAÇÃO E REJEIÇÃO

Os critérios de aceitação ou rejeição devem estar de acordo com a NBR 7287.

A aceitação de um lote não invalida qualquer posterior reclamação que a CELG possa fazer devido a um eventual cabo defeituoso, nem isenta o fabricante da responsabilidade de fornecer o mesmo de acordo com o CFM e com esta norma.

### 7.1 **Inspeção Visual**

Deve ser realizada uma inspeção visual, antes de qualquer ensaio, sobre todas as unidades de expedição, para verificação das condições estabelecidas nos itens 4.2.5 e 4.4.

Somente as unidades que atendam aos requisitos desta norma devem ser aceitas, podendo ser rejeitadas, de forma individual, e a critério da CELG, as unidades de expedição que não cumpram as condições estabelecidas em 4.2.5 e 4.4.

### 7.2 **Ensaio de Recebimento**

#### 7.2.1 Ensaio de Rotina

Os ensaios de rotina descritos no item 6.3.1 devem ser aplicados sobre todas as unidades de expedição que tenham cumprido o estabelecido em 7.1, aceitando-se somente as unidades que satisfaçam os requisitos especificados.

As unidades de expedição que não cumprirem os requisitos especificados, podem ser rejeitadas, de forma individual, a critério da CELG.

#### 7.2.2 Ensaio Especial

Os ensaios especiais estabelecidos em 6.3.2 devem ser aplicados sobre todas as amostras obtidas, conforme critérios estabelecidos no mesmo item. Devem ser aceitos os lotes que satisfaçam os requisitos específicos.

Se os ensaios especiais, com exceção do previsto no item 6.7.11, resultarem valores que não satisfaçam os requisitos especificados, o lote do qual foi retirada a amostra deverá ser rejeitado.

Nos ensaios de verificação da construção do cabo, previstos em 6.7.11, quando resultarem valores que não satisfaçam os requisitos especificados, dois novos comprimentos suficientes de cabo devem ser retirados das mesmas unidades de expedição e novamente efetuados os ensaios para os quais a amostra precedente foi insatisfatória. Os requisitos devem resultar satisfatórios, em ambos os comprimentos de cabo, caso contrário, o lote do qual foi retirada a amostra deverá ser rejeitado.

### 7.3 **Recuperação de Lotes para Inspeção**

O fabricante pode recompor um novo lote, por uma única vez, após terem sido eliminadas as unidades de expedição defeituosas, devendo o novo lote ser submetido a nova inspeção. Em caso de nova rejeição, são aplicáveis as cláusulas contratuais pertinentes.

**ANEXO A – TABELAS**
**TABELA 1**
**ESPESSURA PLENA DA ISOLAÇÃO PARA XLPE e TR XLPE PARA CABOS COM CONSTRUÇÃO BLOQUEADA OU NÃO**

Seção Nominal do Condutor (mm <sup>2</sup> )	Espessura da Isolação (mm)			
	Vo/V (kV)			
	0,6/1	8,7/15	12/20	20/35
1,5 e 2,5	0,7	-	-	-
4 e 6	0,7	-	-	-
10	0,7	-	-	-
16	0,7	-	-	-
25	0,9	-	-	-
35	0,9	4,5	5,5	-
50	1,0	4,5	5,5	8,8
70 e 95	1,1	4,5	5,5	8,8
120	1,2	4,5	5,5	8,8
150	1,4	4,5	5,5	8,8
185	1,6	4,5	5,5	8,8
240	1,7	4,5	5,5	8,8
300	1,8	4,5	5,5	8,8
400	2,0	4,5	5,5	8,8

**TABELA 2**
**RAIOS MÍNIMOS DE CURVATURA PARA CABOS COM TENSÃO DE ISOLAMENTO ATÉ 0,6/1 kV**

Espessura nominal da isolação (mm)		Diâmetro nominal do cabo (mm)	Igual ou menor a 25	Superior a 25 e inferior ou igual a 50	Superior a 50
			x Diâmetro externo nominal do cabo		
-	4	4	4	5	6
4	8	5	5	6	7
8	-	-	-	7	8

**TABELA 3**
**RAIOS MÍNIMOS DE CURVATURA PARA CABOS COM TENSÃO DE ISOLAMENTO A PARTIR DE 8,7/15 kV**

Cabos	x Diâmetro externo do cabo
Cabos com blindagem de fios de cobre	12
Cabos com armação de fitas planas	14

**TABELA 4**
**DIÂMETROS MÍNIMOS DE NÚCLEOS DE CARRETÉIS  
 PARA ACONDICIONAMENTO DE CABOS**

Cabos isolados unipolares ou multipolares	x Diâmetro externo nominal do cabo
Cabos sem capa metálica	
Isolados, não blindados:	
Até 1 kV	10
Acima de 1 kV	12
Com blindagem de fios: (Inclusive condutor concêntrico)	
Coroa	12
Com armação	
fitas ou coroa de fios	16
intertravada	14
trança de fios	14

**TABELA 5**
**TOLERÂNCIAS PARA OS NÚCLEOS DOS CARRETÉIS**

Diâmetro fictício externo do cabo ou sobre a capa metálica (mm)	Tolerância para menos (*) (**)
Igual ou inferior a 15	1 df
Superior a 15	1/2 dt

**Notas:**

- (\*) *O diâmetro fictício, df, em milímetros, é calculado conforme a NBR 6251.*
- (\*\*) *Para cabos aos quais não é previsto o conceito de diâmetro fictício, deve ser adotado o diâmetro externo nominal.*

**TABELA 6**
**VALORES DE TENSÃO CONTÍNUA**

Tensão de isolamento $V_0/V$	0,6/1	8,7/15	12/20	20/35
Tensão de ensaio	8,5	53	72	120

**Notas:**

- a) *Os valores de tensão elétrica contínua de ensaio correspondem a 2,4 (2,5  $V_0 + 2,0$ ) kV, para os cabos com tensões de isolamento de 0,6/1 kV, e 2,4 x 2,5  $V_0$  para cabos com tensões de isolamento iguais ou superiores a 8,7/15 kV.*
- b) *Os valores correspondentes a tensões de isolamento iguais ou superiores a 8,7/15 kV são utilizados como referência para o cálculo das tensões de ensaio durante e após a instalação, conforme item 6.5.*



**TABELA 7****VALORES EFICAZES DE TENSÃO ELÉTRICA DE SCREENING**

Seção (mm <sup>2</sup> )	Tensão de ensaio (kV)		
	8,7/15	12/20	20/35
35	35	41	-
50	37	43	58
70	39	45	61
95	40	47	65
120	41	48	67
150	42	49	69
185	43	50	71
240	44	52	74
300	45	53	76
400	46	54	79

**TABELA 8**
**FATORES PARA CORREÇÃO DA RESISTÊNCIA DE ISOLAMENTO  
 EM FUNÇÃO DE TEMPERATURA**

Temperatura °C	Coeficiente °C					
	1,06	1,08	1,10	1,11	1,13	1,15
5	0,45	0,35	0,27	0,21	0,16	0,12
6	0,48	0,37	0,37	0,23	0,18	0,14
7	0,50	0,40	0,40	0,25	0,20	0,16
8	0,53	0,43	0,43	0,28	0,23	0,19
9	0,56	0,46	0,46	0,31	0,26	0,22
10	0,59	0,50	0,50	0,35	0,30	0,25
11	0,62	0,53	0,53	0,39	0,33	0,28
12	0,66	0,57	0,57	0,43	0,38	0,33
13	0,69	0,61	0,61	0,48	0,43	0,38
14	0,73	0,66	0,66	0,53	0,48	0,43
15	0,77	0,71	0,71	0,59	0,54	0,50
16	0,81	0,76	0,76	0,66	0,62	0,57
17	0,86	0,81	0,81	0,73	0,70	0,66
18	0,90	0,87	0,87	0,81	0,79	0,76
19	0,95	0,94	0,94	0,90	0,89	0,87
20	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
21	1,06	1,06	1,08	1,11	1,13	1,15
22	1,12	1,12	1,16	1,24	1,28	1,32
23	1,18	1,18	1,24	1,37	1,45	1,52
24	1,24	1,24	1,33	1,53	1,63	1,74
25	1,31	1,31	1,43	1,70	1,85	2,00
26	1,38	1,38	1,53	1,88	2,09	2,30
27	1,45	1,45	1,64	2,09	2,63	2,64
28	1,53	1,53	1,76	2,32	2,66	3,04
29	1,62	1,62	1,89	2,58	3,00	3,50
30	1,71	1,71	2,03	2,87	3,40	4,02
31	1,80	1,80	2,18	3,19	3,84	4,62
32	1,90	1,90	2,34	3,54	4,34	5,31
33	2,00	2,00	2,51	3,93	4,90	6,10
34	2,11	2,11	2,70	4,37	5,53	7,01
35	2,25	2,25	2,90	4,85	6,25	8,06
36	2,35	2,35	3,10	5,39	7,06	9,26
37	2,47	2,47	3,33	6,00	7,98	10,64
38	2,61	2,61	3,57	6,66	9,01	12,23
39	2,75	2,75	3,83	7,39	10,18	14,06
40	2,90	2,90	4,11	8,21	11,50	16,16

**TABELA 9**
**VALORES DE TENSÃO DE EXPLORAÇÃO E MEDIÇÃO  
 PARA O ENSAIO DE DESCARGAS PARCIAIS**

Seção (mm <sup>2</sup> )	Tensão de ensaio (kV)					
	8,7/15		12/20		20/35	
	Expl.	Méd.	Expl.	Méd.	Expl.	Méd.
35	21	18	24	20	-	-
50	22	19	25	21	34	29
70	23	19	26	22	36	31
95	23	20	27	23	38	32
120	24	21	28	24	39	34
150	25	21	29	25	40	35
185	25	21	29	25	42	36
240	26	22	30	26	43	37
300	26	22	31	26	44	38
400	27	23	32	27	46	39

**TABELA 10**
**VALORES DE TENSÃO PARA ENSAIOS DE FATOR DE PERDAS NO  
 DIELETRICO (tgδ), EM FUNÇÃO DO GRADIENTE MÁXIMO**

Seção (mm <sup>2</sup> )	Tensão de ensaio (kV)								
	8,7/15			12/20			20/35		
	2 kV/mm	4 kV/mm	8 kV/mm	2 kV/mm	4 kV/mm	8 kV/mm	2 kV/mm	4 kV/mm	8 kV/mm
35	6	12	24	7	14	27	-	-	-
50	6	12	25	7	14	29	10	19	39
70	6	13	26	7	15	30	10	20	41
95	7	13	27	8	16	31	11	22	43
120	7	14	27	8	16	32	11	22	45
150	7	14	28	8	16	33	12	23	46
185	7	14	29	8	17	34	12	24	48
240	7	15	29	9	17	34	12	25	49
300	7	15	30	9	18	35	13	25	51
400	8	15	30	9	18	36	13	26	52

**TABELA 11**
**VALORES DE FATOR DE PERDAS NO DIELÉTRICO ( $\text{tg}\delta$ )**

Item	Classificação do ensaio	Método de ensaio	Ensaio	Requisitos
01	Especial e tipo	NBR 7295	Fator de perdas no dielétrico, em função do gradiente elétrico máximo no condutor, à temperatura ambiente: - Máximo do $\text{tg}\delta$ , a 4 kV/mm; - Máximo incremento do $\text{tg}\delta$ , entre 2 kV/mm e 8 kV/mm.	$\times 10^{-4}$ 40 20
02	Tipo	NBR 7295	Fator de perdas no dielétrico em função da temperatura a um gradiente elétrico máximo no condutor de 2 kV/mm: - Máximo $\text{tg}\delta$ , à temperatura de $(90 \pm 2)^\circ\text{C}$ .	$\times 10^{-4}$ 80

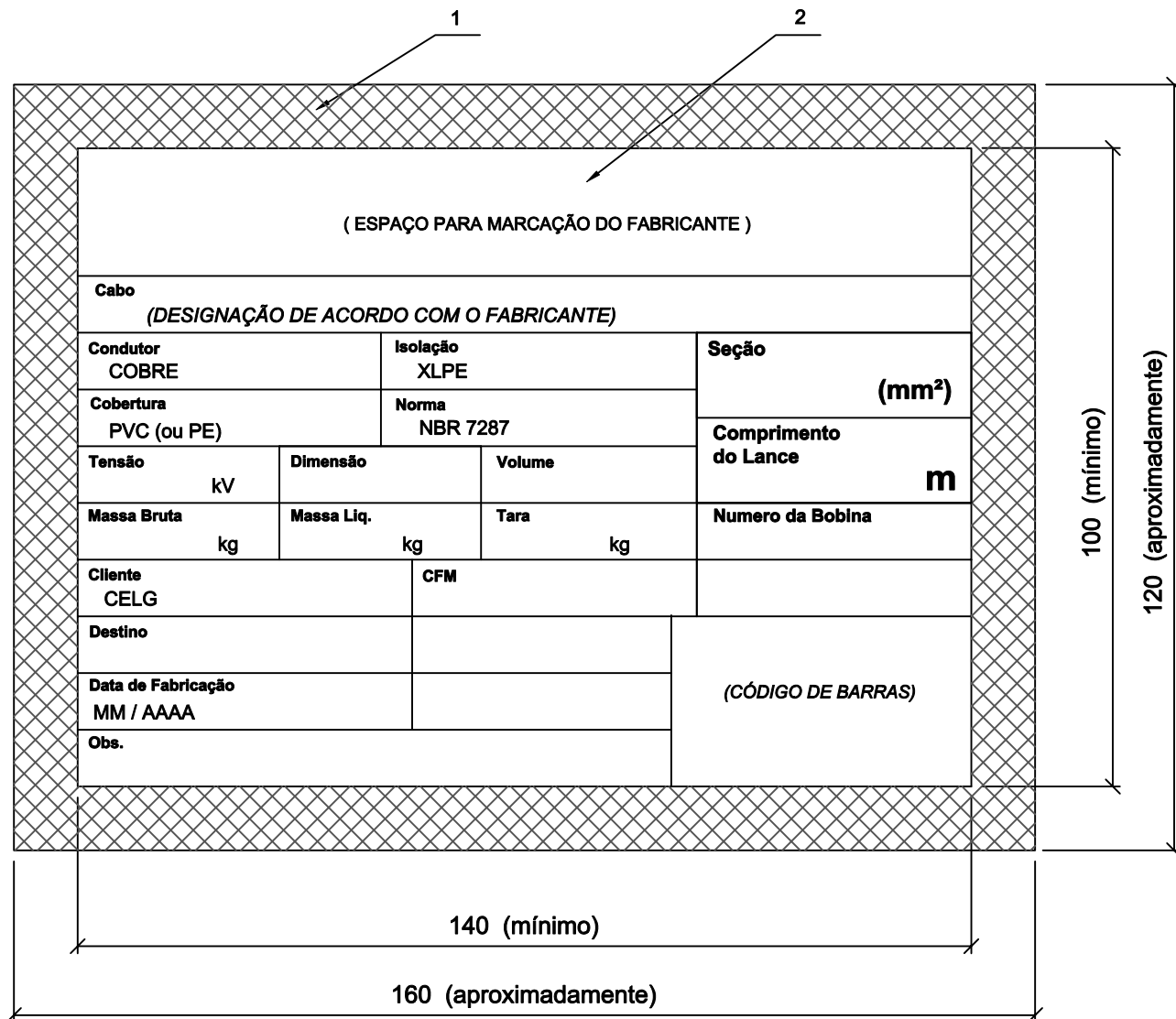
**TABELA 12**
**TENSÃO ELÉTRICA SUPORTÁVEL DE IMPULSO ATMOSFÉRICO**

Tensão de isolamento $V_0/V$ (valor eficaz)	Tensão de ensaio a impulso $V_p$ (valor de crista)
8,7/15	110
12/20	125
20/35	200

**TABELA 13**
**DETERMINAÇÃO DO NÚMERO DE AMOSTRAS  
PARA OS ENSAIOS ESPECIAIS**

Comprimento do cabo (km)				
Cabos unipolares		Cabos multipolares		Número de amostras
Superior	Inferior ou igual a	Superior a	Inferior ou igual a	
4	20	2	10	1
20	40	10	20	2
40	60	20	30	3
60	80	30	40	4
80	100	40	50	5

**ANEXO B**  
**DESENHO 1**



**Notas:**

- 1) Placa em alumínio, fixada em ambas as faces do carretel por meio de pregos do tipo helicoidal.
- 2) Etiqueta em papel adesivo, contendo todas as informações especificadas no desenho. Esta etiqueta deve ser confeccionada de modo que resista à exposição ao tempo, sem que se apaguem ou danifiquem as informações nela contidas.
- 3) As informações de seção transversal de cabo e comprimento de lance devem estar especificadas de forma destacada, como no desenho.

## ANEXO C

## QUADRO DE DADOS TÉCNICOS E CARACTERÍSTICAS GARANTIDAS

Nome do fabricante: \_\_\_\_\_  
 Número da licitação: \_\_\_\_\_  
 Número da proposta: \_\_\_\_\_  
 Tipo de cabo: \_\_\_\_\_

ITEM	DESCRIÇÃO	UNIDADE CARACTERÍSTICA
<b>1.</b>	<b>Dados gerais do cabo</b>	
1.1	Nome do fabricante	
1.2	Designação do cabo	
1.3	Tensão de isolamento	
1.4	Norma ABNT	
<b>2.</b>	<b>Condutor</b>	
2.1	Material	
2.2	Seção	mm <sup>2</sup>
2.3	Bloqueado	Sim ( ) Não ( )
2.4	Número de fios componentes	
2.5	Formação (circular compactado?)	Sim ( ) Não ( )
2.6	Classe de encordoamento	
2.7	Diâmetro	mm
<b>3.</b>	<b>Isolação</b>	
3.1	Material	
3.2	Espessura	mm
3.3	Diâmetro sobre a isolação	mm
<b>4.</b>	<b>Blindagem metálica</b>	
4.1	Seção equivalente	mm <sup>2</sup>
4.2	Número de fios componentes	
4.3	Diâmetro dos fios	mm
<b>5.</b>	<b>Armação</b>	
5.1	Tipo	
5.2	Quantidade	
5.3	Material	
<b>6.</b>	<b>Cobertura</b>	
6.1	Material	
6.2	Espessura	mm
<b>7.</b>	<b>Acondicionamento</b>	
7.1	Lance	m
7.2	Tipo de carretel	
<b>8.</b>	<b>Massa do cabo completo</b>	kg/km
<b>9.</b>	<b>Resistência elétrica do condutor em c.c. a 20°C</b>	MΩ.km
<b>10.</b>	<b>Resistência de isolamento (somente para cabos 0,6/1 kV)</b>	
10.1	Coeficiente por °C para correção da temperatura	
10.2	Constante de isolamento, mínima a 20°C	MΩ.km
<b>11.</b>	<b>Raio mínimo de curvatura</b>	
<b>12.</b>	<b>Tensão elétrica aplicada após a instalação (mínima)</b>	kV/min

13.	<b>Quando solicitado nos documentos de licitação o fabricante deve anexar à sua proposta, sob pena de desclassificação, cópias de todos os ensaios de tipo, conforme item 6.4, efetuados em cabos idênticos aos ofertados ou o Certificado de Conformidade expedido pelo INMETRO. Estes ensaios devem ser realizados em laboratório oficial ou acompanhados por inspetor da CELG.</b>	
-----	---	--

**Notas:**

- 1) *O fabricante deve fornecer em sua proposta todas as informações requeridas no Quadro de Dados Técnicos e Características Garantidas.*
- 2) *As propostas alternativas, ocasionalmente sugeridas pelo fabricante, devem ser individualmente apresentadas com o respectivo Quadro de Dados Técnicos e Características Garantidas específico, claramente preenchido e devidamente indicado a qual proposta pertence. Deverá ser feita também uma descrição sucinta dos desvios principais com relação à proposta básica.*
- 3) *Erros de preenchimento no quadro poderão ser motivo para desclassificação.*
- 4) *Todas as informações requeridas no quadro devem ser compatíveis com as informações descritas em outras partes da proposta de fornecimento. Em caso de dúvidas, as informações prestadas no quadro prevalecerão sobre as descritas em outras partes da proposta.*
- 5) *O fabricante deve garantir que a performance e as características dos cabos a serem fornecidos estejam em conformidade com as informações aqui prestadas.*
- 6) *As informações prestadas pelo fabricante são de sua total responsabilidade.*
- 7) *Nenhum cabo pode ser aceito com dimensões e características que não atendam esta norma, sem prévia autorização, por escrito, da CELG.*

**ANEXO D****ENSAIO DE PENETRAÇÃO LONGITUDINAL DE ÁGUA****D.1 Objetivo**

Este ensaio verifica o comportamento do bloqueio do condutor e da blindagem metálica, quanto à penetração longitudinal de água em cabos até 35 kV, com construção bloqueada.

O equipamento necessário para realização do ensaio é apresentado a seguir:

- tubo com bocais (ver figura 1);
- equipamento de presunção AR/N<sub>2</sub> ou coluna de água;
- solução de água (potável) a 0,01% de fluoresceína ou Rhodamin;
- fonte variável de corrente alternada, para aquecimento do condutor;
- amperímetro de corrente alternada;
- medidor de temperatura e seus acessórios.

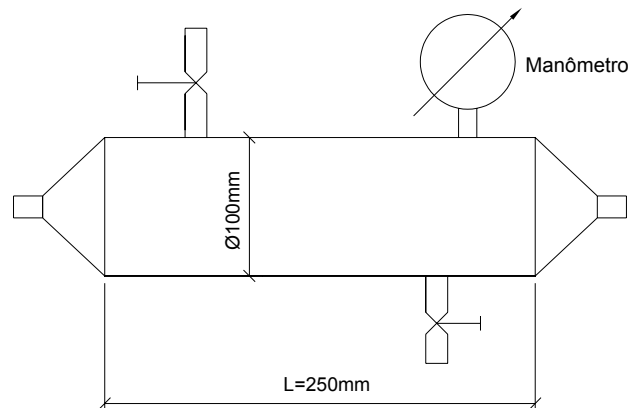


Figura 1

**D.2 Ensaio de Penetração de Água pelo Bloqueio do Condutor**

O corpo-de-prova deve ser constituído por um comprimento de 3 m de veia de cabo unipolar ou multipolar.

O corpo-de-prova é submetido a um condicionamento mecânico, por meio de dobramento de pelo menos uma volta completa ao redor de um tambor com diâmetro  $20(d+D) + 5\%$ , sendo:

d = diâmetro do condutor, em mm;

D = diâmetro da amostra.

Nota:

*O condicionamento mecânico pode ser omitido se for efetuado somente o ensaio de penetração de água no condutor.*



Na parte central do corpo-de-prova deve ser removido da isolação e blindagens semicondutoras um anel de 5 cm de largura, de modo que o condutor fique exposto. As demais preparações complementares, referentes às conexões, amostra de referência, sensor de temperatura, vedações e montagem do equipamento de aquecimento devem ser as mesmas indicadas para o ensaio de bloqueio da blindagem metálica. Nas extremidades do condutor devem ser montados conectores, para aplicação da corrente de aquecimento (ver figura 2).

Deve ser usado, como referência para medição e controle da temperatura no condutor, um comprimento de 2 m do mesmo. O sensor de temperatura deve ser inserido no condutor de referência por meio de perfuração por broca de diâmetro igual ao do sensor.

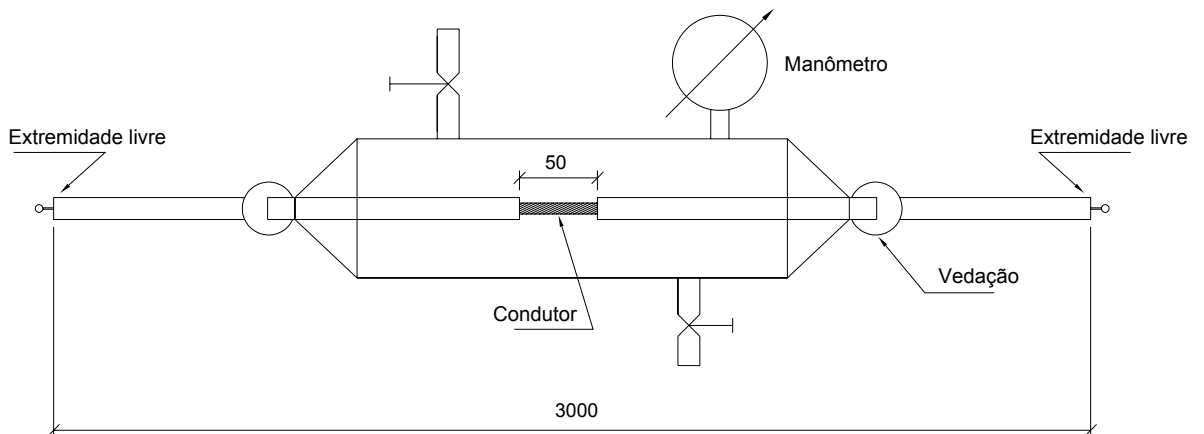


Figura 2

O corpo-de-prova a ser submetido ao ensaio de penetração de água deve ser colocado no tubo e devem ser efetuadas as vedações com fita auto-aglomerante ou equivalente. O conjunto deve ser disposto conforme a figura 3.

O tubo deve ser preenchido com água à temperatura ambiente e pressurizado de 50kPa. Em seguida, o corpo-de-prova deve ser submetido a três ciclos térmicos de 2 h à temperatura estabilizada de  $(90\pm 2)^{\circ}\text{C}$  e 4 h sob resfriamento natural.

Após a aplicação dos ciclos térmicos, a temperatura no condutor deve ser elevada a  $(90\pm 2)^{\circ}\text{C}$  e mantida nessa temperatura durante 2 h ininterruptas.

No momento em que for desligado o aquecimento, o tubo deve ser preenchido com água e pressurizado a 50 kPa, mantendo essa condição durante 24 h, drenando-se a água em seguida.

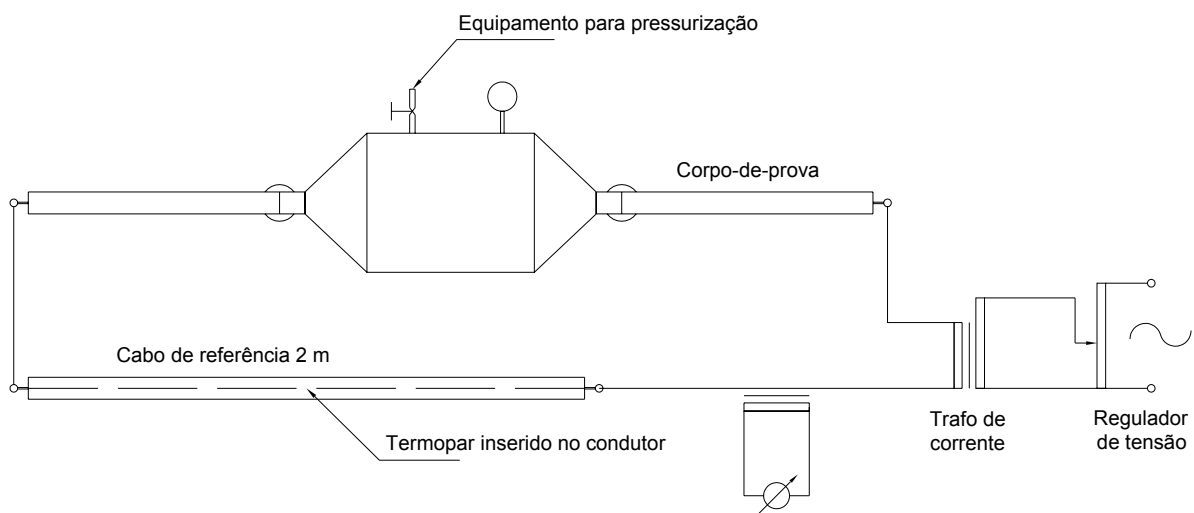


Figura 3

### D.3 Resultados

O cabo é considerado bloqueado longitudinalmente quando não flui água pelas extremidades do corpo-de-prova.

## ANEXO E

### RAIOS MÍNIMOS DE CURVATURA

#### E.1 Raio Mínimo de Curvatura para Instalação Permanente de Cabos

O raio mínimo de curvatura refere-se à instalação permanente dos cabos.

Para períodos de instalações sujeitas a tensionamentos em percursos de curvatura, são recomendados raios de curvaturas maiores.

Os cabos unipolares e multipolares, sem capa metálica, sem blindagem metálica e sem armação metálica, têm seus raios mínimos de curvaturas estabelecidos na Tabela 2.

Para os cabos com armação intertravada, não blindados, o raio mínimo de curvatura deve ser 7 vezes o diâmetro externo nominal do cabo, tendo seus outros valores na Tabela 2.

O raio mínimo de curvatura, no caso de armação com fitas planas ou fios, deve ser de 12 vezes o diâmetro externo nominal do cabo, exceto armação de trança.

Para cabos com blindagem de fitas, o raio mínimo de curvatura deve ser de 12 vezes o diâmetro externo nominal do cabo.

Os cabos blindados com coroa de fios, individual ou coletiva, combinada ou não com fita metálica descontínua, devem ter um raio mínimo de curvatura de 12 vezes o diâmetro externo nominal do cabo.

#### E.2 Diâmetros Mínimos de Núcleos de Carretéis para Acondicionamento de Cabos

Os diâmetros mínimos de núcleos de carretéis devem estar de acordo com a Tabela 4. Para uma condição mais segura, deve-se utilizar o maior fator aplicável ao cabo.

Os carretéis devem estar de acordo com NBR 11137, exceto os casos específicos, que podem resultar em dimensões maiores que as padronizadas.

Para uma diferença de diâmetro nominal de núcleo do carretel inferior ao calculado, consultar Tabela 5.

**Nota:**

*Os cabos com capa metálica protegida somente com cobertura termoplástica, o “diâmetro externo nominal” é o diâmetro nominal sobre a capa metálica.*

*Para os demais cabos, o diâmetro externo nominal sobre a cobertura.*

## ANEXO F

## COTAÇÃO DE ENSAIOS DE TIPO

Nome do fabricante: \_\_\_\_\_

Número da licitação: \_\_\_\_\_

Número da Proposta: \_\_\_\_\_

Tipo de cabo: \_\_\_\_\_

ITEM	ENSAIO	PREÇO (R\$)
1	Ensaio de resistência elétrica	
2	Ensaio de resistência de isolamento à temperatura ambiente	
3	Ensaio de resistência de isolamento a 90°	
4	Ensaio de tensão elétrica de longa duração	
5	Ensaio de resistência elétrica	
6	Ensaio de tensão elétrica de screening	
7	Ensaio de descargas parciais	
8	Ensaio de dobramento, seguido de ensaio de descargas parciais	
9	Ensaio de determinação do fator de perdas no dielétrico ( $\text{tg}\delta$ , em função do gradiente elétrico máximo no condutor)	

**Nota:**

*Esses ensaios somente devem ser cotados quando solicitado nos documentos de licitação.*

**ANEXO G****QUADRO DE DESVIOS TÉCNICOS E EXCEÇÕES****Nome do fabricante:** \_\_\_\_\_**Número da licitação:** \_\_\_\_\_**Número da Proposta:** \_\_\_\_\_**Tipo de cabo:** \_\_\_\_\_

A documentação técnica de licitação será integralmente aceita pelo proponente, à exceção dos desvios indicados neste item.

REFERÊNCIA	DESCRIÇÃO SUCINTA DOS DESVIOS E EXCEÇÕES