# ABNT NBR 7286:2015 - Cabos de potência com isolação extrudada de borracha etilenopropileno (EPR, HEPR ou EPR 105) para tensões de 1 kV a 35 kV — Requisitos de desempenho

## Escopo

1.1 Esta Norma especifica os requisitos exigíveis para cabos de potência unipolares, multipolares ou multiplexados, isolados com borracha etilenopropileno (EPR, HEPR ou EPR 105), com cobertura, para instalações fixas.

1.2 Estes cabos são utilizados em circuitos como redes de distribuição e instalações industriais em tensões até 35 kV, conforme recomendações das ABNT NBR 5410 ou ABNT NBR 14039.

1.3 Em alternativa à construção normal aos cabos unipolares e multiplexados com tensões de isolamento iguais ou superiores a 3,6/6 kV, são previstos cabos com condutor e/ou blindagem metálica bloqueada, sujeitos a contatos prolongados com água.

## Referências normativas

Os documentos relacionados a seguir são indispensáveis à aplicação deste documento. Para refe rências datadas, aplicam-se somente as edições citadas. Para referências não datadas, aplicam-se as edições mais recentes do referido documento (incluindo emendas).

ABNT NBR 5410*, Instalações elétricas de baixa tensão*

ABNT NBR 5426, *Planos de amostragem e procedimentos na inspeção por atributos*

ABNT NBR 5456, *Eletricidade geral – Terminologia*

ABNT NBR 5471, *Condutores elétricos*

ABNT NBR 6251, *Cabos de potência com isolação extrudada para tensões de 1 kV a 35 kV – Requisitos construtivos*

ABNT NBR 6813, *Fios e cabos elétricos – Ensaio de resistência de isolamento*

ABNT NBR 6814, *Fios e cabos elétricos – Ensaio de resistência elétrica*

ABNT NBR 6881, *Fios e cabos elétricos de potência, controle e instrumentação – Ensaio de tensão elétrica*

ABNT NBR 7294, *Fios e cabos elétricos – Ensaio de descargas parciais*

ABNT NBR 7295, *Fios e cabos elétricos – Ensaio de capacitância e fator de dissipação*

ABNT NBR 7296, *Fios e cabos elétricos – Ensaio de impulso atmosférico*

ABNT NBR 7312, *Rolos de fios e cabos elétricos – Características dimensionais*

ABNT NBR 9511, *Cabos elétricos – Raios mínimos de curvatura para instalação e diâmetros mínimos*

*de núcleos de carretéis para acondicionamento*

ABNT NBR 10299, *Cabos elétricos em corrente alternada e a impulso – Análise estatística da rigidez*

*dielétrica*

ABNT NBR 11137, *Carretéis de madeira para o acondicionamento de fios e cabos elétricos – Dimensões*

*e estruturas*

ABNT NBR 14039, *Instalações elétricas de media tensão de 1,0 kV a 36,2 kV*

ABNT NBR 15443, *Fios, cabos e condutores elétricos – Verificação dimensional e de massa*

ABNT NBR NM 280, *Condutores de cabos isolados (IEC 60228, MOD)*

ABNT 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*

ABNT NBR NM IEC 60811-1-1, *Métodos de ensaios comuns para os materiais de isolação e de cobertura de cabos elétricos – Parte 1: Métodos para aplicação geral – Capítulo 1: Medição de espessuras e dimensões externas – Ensaios para a determinação das propriedades mecânicas*

## Termos e definições

Para os efeitos deste documento, aplicam-se os termos e definições das ABNT NBR 5456, ABNT NBR 5471, ABNT NBR 6251 e os seguintes.

**3.1**

**blindagem bloqueada**

construção em que é realizado o preenchimento dos interstícios entre a blindagem semicondutora da isolação e a cobertura ao longo do comprimento do cabo, com material compatível com os componentes do cabo, com a finalidade de conter a migração longitudinal de água no seu interior.

**3.2**

**comprimento nominal**

quantidade-padrão de fabricação e/ou quantidade que conste na ordem de compra para cada unidade de expedição

**3.3**

**condutor bloqueado**

construção em que é realizado o preenchimento dos interstícios do condutor ao longo do seu comprimento, com material compatível com os componentes do cabo, com a finalidade de conter a migração longitudinal de água no seu interior.

**3.4**

**lance**

unidade de expedição de comprimento contínuo

**3.5**

**quantidade efetiva**

quantidade contida em uma unidade de expedição determinada por meio de equipamento adequado que garanta a incerteza máxima especificada

**3.6**

**unidade de expedição**

unidade constituída de um rolo, uma bobina ou outra forma de acondicionamento acordada

## Requisitos

### Designação

* + - * 1. **Pelas tensões de isolamento**

Para os efeitos desta Norma, os cabos de potência se caracterizam pela tensão de isolamento, *Uo/U*, conforme a ABNT NBR 6251.

* + - * 1. **Pelas partes componentes**

Os cabos devem ser designados pelas partes componentes prevista nesta Norma (tipo de condutor, isolação, blindagens, armação e cobertura).

### Condições em regime permanente

A temperatura no condutor, em regime permanente, não pode ultrapassar 90 °C (para a classe de cabos 90 °C) ou 105 °C (para a classe de cabos 105 °C).

### Condições em regime de sobrecarga

* + - * 1. A temperatura no condutor, em regime de sobrecarga, não pode ultrapassar 130 °C (para a classe de cabos 90 °C) ou 140 °C (para a classe de cabos 105 °C). A operação neste regime não pode superar 100 h, durante 12 meses consecutivos, nem 500 h, durante a vida do cabo.
        2. Para cabos com cobertura em ST7, a temperatura de sobrecarga deve ser limitada a 130 °C.

NOTA Entende-se que o cabo, quando submetido à regime de sobrecarga, tem sua vida reduzida em certo grau, em relação à vida prevista para as condições em regime permanente. Além disto, limites mais baixos de temperatura podem ser requeridos em função de materiais usados nas emendas e terminais ou em função de condições de instalação.

### Condições em regime de curto-circuito

A temperatura no condutor, em regime de curto-circuito, não pode ultrapassar 250 °C. A duração neste regime não pode ultrapassar 5 s.

### Condutor

* + - * 1. O condutor deve ser de cobre ou alumínio e estar conforme a ABNT NBR 6251 e a

ABNT NBR NM 280.

* + - * 1. A superfície do condutor de seção maciça ou dos fios componentes do condutor encordoado não pode apresentar fissuras, escamas, rebarbas, aspereza, estrias ou inclusões. O condutor pronto não pode apresentar falhas de encordoamento.
        2. O condutor de seção maciça ou fios componentes do condutor encordoado, antes de serem submetidos a fases posteriores de fabricação, devem atender aos requisitos da ABNT NBR NM 280. A resistência mínima à tração dos fios de alumínio, antes do encordoamento, deve ser de 105 MPa.

### Bloqueio do condutor

* + - * 1. Quando for previsto condutor bloqueado longitudinalmente, os interstícios internos entre os fios componentes do condutor devem ser preenchidos com material compatível, quimicamente e termicamente, com os componentes do cabo. O fabricante deve garantir essa compatibilidade por meio dos ensaios de 7.11 e 7.14.
        2. Quando for previsto condutor bloqueado longitudinalmente, o condutor encordoado deve atender aos requisitos do ensaio de 7.18, realizado em amostra de cabo completo ou veia.

### Separador

Quando previsto, deve estar conforme a ABNT NBR 6251.

### Blindagem do condutor

* + - * 1. A blindagem do condutor, quando necessária, deve estar conforme a ABNT NBR 6251.
        2. A blindagem constituída por camada extrudada deve ser termofixa e estar justaposta ao condutor ou à fita semicondutora (se houver), sendo facilmente removível e não aderente ao condutor.
        3. As espessuras média e mínima da blindagem devem ser medidas conforme a ABNT NBR NM IEC 60811-1-1. Pode-se empregar um processo óptico (projeção de perfil ou equivalente)..

### Isolação

* + - * 1. A isolação deve ser constituída por composto extrudado, termofixo à base de copolímero ou terpolímero de etileno propileno (EPR, HEPR ou EPR 105), conforme a ABNT NBR 6251.
        2. A isolação deve ser contínua e uniforme, ao longo de todo o seu comprimento.
        3. A isolação dos cabos sem blindagem do condutor ou separador deve estar justaposta ao condutor, facilmente removível e não aderente a este.
        4. A isolação dos cabos com blindagem do condutor deve ser aderente a esta, de modo a não permitir a existência de vazios entre a blindagem do condutor e a isolação ao longo de todo o seu comprimento.
        5. A espessura nominal da isolação deve estar conforme a ABNT NBR 6251, conforme o tipo de composto utilizado (EPR, HEPR ou EPR 105). A ABNT NBR 6251 prevê duas alternativas de isolação: espessura plena para isolação em EPR ou HEPR e espessura coordenada para isolação em HEPR. Para o EPR 105 com tensões de isolamento iguais ou superiores a 3,6/6 kV e temperatura no condutor de 105 °C, são previstas as espessuras plena e coordenada.
        6. Para cabos que possam ser submersos em água (classificação AD8 conforme a ABNT NBR 14039), é permitida a utilização de espessura de isolação coordenada, desde que os cabos possuam construção bloqueada.
        7. As espessuras média e mínima da isolação devem ser medidas conforme a ABNT NBR NM IEC 60811-1-1.

### Blindagem da isolação

* + - * 1. A blindagem da isolação, compreendendo parte semicondutora e metálica, deve estar conforme a ABNT NBR 6251. A parte semicondutora deve ser termofixa e, para tensões de isolamento iguais ou superiores a 6/10 kV, ser extrudada simultaneamente à isolação e à blindagem do condutor em cabeça única, ou seja, em processo de coextrusão em três camadas.

NOTA Recomenda-se, para cabos com tensões de isolamento iguais ou superiores a 6/10 kV, que o processo de vulcanização do composto da isolação e das blindagens semicondutoras se dê em atmosfera inerte de nitrogênio (*Dry-curing*).

* + - * 1. O ensaio de aderência da parte semicondutora extrudada da blindagem da isolação deve ser realizado conforme 7.16.
        2. As espessuras média e mínima da blindagem semicondutora da isolação devem ser medidas conforme a ABNT NBR NM IEC 60811-1-1.

### Bloqueio da blindagem metálica

* + - * 1. Nos cabos unipolares ou multiplexados, com construção da blindagem metálica bloqueada longitudinalmente, deve ser aplicado nos interstícios entre a blindagem semicondutora da isolação e a cobertura um material ou a combinação de materiais adequado(s) e compatível(is), química e termicamente, com os componentes do cabo.
        2. Qualquer construção alternativa para bloqueio transversal é permitida, como a utilização de capa metálica ou fita metálica laminada, por exemplo.
        3. O bloqueio deve atender ao ensaio de penetração longitudinal de água previsto em 7.18.

### Reunião dos cabos multipolares

* + - * 1. Nos cabos multipolares, as veias devem ser reunidas conforme a ABNT NBR 6251.
        2. O passo de reunião para cabos multipolares deve ser adotado de maneira a permitir que o cabo completo atenda aos requisitos do ensaio de dobramento, previsto em 7.8.
        3. O passo de reunião, para cabos multiplexados, deve ser no máximo 60 vezes o diâmetro nominal do maior cabo unipolar, constituinte destes.
        4. A verificação do passo deve ser conforme a ABNT NBR 15443. Não podem ser considerados os comprimentos iniciais da bobina ou rolo que possam apresentar alterações no passo de reunião.

### Identificação das veias

As veias devem ser identificadas convenientemente, conforme a ABNT NBR 6251.

### Capa interna e enchimento

Quando previstos, devem estar conforme a ABNT NBR 6251.

### Capa de separação

* + - * 1. Quando prevista, a capa de separação deve ser constituída por um dos materiais definidos em 4.17.1 e estar conforme a ABNT NBR 6251.

* + - * 1. As espessuras da capa de separação devem ser medidas conforme a ABNT NBR NM IEC 60811-1-1.

### Capa metálica e armação

Quando previstos, devem estar conforme a ABNT NBR 6251.

### Cobertura

* + - * 1. A cobertura dos cabos deve ser constituída de material termoplástico (ST2 ou ST7) ou termofixo (SE1/A ou SE1/B), conforme a ABNT NBR 6251.
        2. As espessuras da cobertura devem ser medidas conforme a ABNT NBR NM IEC 60811-1-1.

### Marcação no produto

* + - * 1. A marcação da cobertura deve estar conforme a ABNT NBR 6251.
        2. No caso de cobertura termoplástica, a marcação em baixo-relevo ou alto-relevo, ou à tinta, é a padronizada.
        3. No caso de cobertura termofixa, a marcação à tinta é a padronizada.
        4. Qualquer outro tipo de marcação deve ser objeto de acordo entre fabricante e comprador.

## Inspeção e amostragem

### Condições gerais de inspeção

* + - * 1. Os ensaios previstos por esta Norma são classificados em:

 a) ensaios de recebimento (*R* e *E* );

 b) ensaios de tipo (*T* );

 c) ensaios de controle;

 d) ensaios durante e após a instalação.

* + - * 1. Antes de qualquer ensaio, deve ser realizada uma inspeção visual sobre todas as unidades de expedição, para verificação das condições estabelecidas em 4.18 e Seção 8.

### Ensaios de recebimento (*R* e *E* )

* + - * 1. Os ensaios de recebimento constituem-se em:

 a) ensaios de rotina (*R* );

 b) ensaios especiais (*E* ).

* + - * 1. Os ensaios de rotina (*R* ) solicitados por esta Norma, para cabos com tensões de isolamento iguais ou inferiores a 3,6/6 kV, são:

 a) resistência elétrica do condutor, conforme 7.1;

 b) tensão elétrica na isolação, conforme 7.2;

 c) resistência de isolamento à temperatura ambiente, conforme 7.4.

* + - * 1. Os ensaios de rotina (*R* ) solicitados por esta Norma, para cabos com tensões de isolamento superiores a 3,6/6 kV, são:

 a) resistência elétrica do condutor, conforme 7.1;

 b) tensão elétrica de *screening* na isolação, conforme 7.3;

 c) descargas parciais, conforme 7.6.

* + - * 1. No caso de cabos multipolares ou multiplexados, todas as veias devem ser submetidas aos

ensaios de rotina.

* + - * 1. As verificações e os ensaios especiais (*E* ) solicitados por esta Norma são:

 a) verificação da construção do cabo, conforme 4.5 a 4.18;

 b) tração e alongamento na isolação, antes e após o envelhecimento, conforme 7.16;

 c) alongamento a quente na isolação, conforme 7.16;

 d) tração e alongamento na capa de separação (se existir) e cobertura, antes e após envelhecimento, conforme 7.16;

 e) determinação do fator de perdas no dielétrico (tangente d ), em função do gradiente elétrico máximo no condutor, para cabos com tensões de isolamento superiores a 3,6/6 kV, conforme 7.8;

 f) tensão elétrica de longa duração para cabos com tensões de isolamento iguais ou inferiores a 3,6/6 kV, conforme 7.12;

 g) aderência da blindagem semicondutora da isolação, para cabos a campo radial, conforme 7.15;

Os ensaios especiais (*E* ) são feitos em amostras de cabo completo, ou em componentes retirados destas, conforme critério de amostragem estabelecido em 5.6.3 a 5.6.10, com a finalidade de verificar se o cabo atende às especificações do projeto.

### Ensaios de tipo (*T* )

* + - * 1. Os ensaios de tipo (*T* ) elétricos solicitados por esta Norma, para cabos com tensões de isolamento iguais ou inferiores a 3,6/6 kV, são:

 a) resistência elétrica do condutor, conforme 7.1;

 b) resistência de isolamento à temperatura ambiente, conforme 7.4;

 c) resistência de isolamento a 90 °C, conforme 7.5;

 d) tensão elétrica de longa duração, conforme 7.12.

* + - * 1. O corpo de prova deve ser constituído por um comprimento de cabo completo, de no mínimo 10 m. A seção recomendada do condutor é 120 mm2, ou outra seção em comum acordo entre fabri- cante e comprador, devendo os ensaios serem efetuados para cada tensão de isolamento Ver texto da NBR 16132.
        2. Estes ensaios devem ser realizados conforme a sequência de 5.3.1.
        3. No caso de cabos multipolares ou multiplexados, estes ensaios devem ser limitados a não mais do que três veias.
        4. Os ensaios de tipo (*T* ) elétricos solicitados por esta Norma para cabos com tensões de isola- mento superiores a 3,6/6 kV são:

 a) resistência elétrica do condutor, conforme 7.1;

 b) tensão elétrica de *screening* na isolação, conforme 7.3;

 c) descargas parciais, conforme 7.6;

 d) dobramento, seguido de ensaio de descargas parciais, conforme 7.7;

 e) determinação do fator de perdas no dielétrico (tangente *d* ), em função do gradiente elétrico máximo no condutor, conforme 7.8;

 f) determinação do fator de perdas no dielétrico (tangente *d* ), em função da temperatura, conforme

7.9;

 g) ciclos térmicos, conforme 7.10;

 h) tensão elétrica de impulso, seguida de ensaio de tensão elétrica de *screening*, conforme 7.11;

 i) resistividade elétrica das blindagens semicondutoras, conforme a ABNT NBR 6251.

* + - * 1. O corpo de prova deve ser constituído por um comprimento de cabo completo de no mínimo 10 m. A seção recomendada do condutor é 120 mm2, e a tensão de isolamento deve ser a máxima produzida pelo fabricante e/ou prevista nesta Norma.
        2. Todos os ensaios devem ser realizados conforme a sequência de 5.4.5 no mesmo corpo

de prova.

* + - * 1. Para cabos multipolares ou multiplexados, os ensaios podem ser realizados somente sobre

uma das veias.

* + - * 1. As verificações e os ensaios de tipo (*T* ) não elétricos solicitados por esta Norma são:

 a) verificação da construção do cabo, conforme 4.5 a 4.18;

 b) ensaios físicos da blindagem semicondutora, conforme 7.16;

 c) ensaios físicos da isolação, conforme 7.16;

 d) ensaios físicos da capa de separação (se esta existir) e cobertura, conforme 7.16;

 e) envelhecimento em amostra de cabo completo, para cabos com tensões de isolamento iguais ou inferiores a 3,6/6 kV, conforme 7.13;

 f) ensaio de resistência à chama, conforme 7.14;

 g) aderência da blindagem semicondutora da isolação, para cabos a campo radial, conforme 7.15;

 h) penetração longitudinal de água, quando aplicável, conforme 7.17,

1. ensaios mecânicos e inspeção visual no composto da cobertura após envelhecimento artificial em câmara UV, conforme 7.18, se previamente requerido.
   * + - 1. Deve-se utilizar um comprimento suficiente de cabo completo, retirado previamente da amostra colhida para os ensaios de tipo elétricos, com exceção do ensaio previsto em 5.3.9-b), que pode ser realizado em corpos de prova obtidos de placa do material utilizado.
         2. Os ensaios de tipo devem ser realizados, de modo geral, uma única vez, 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, independentemente do material do condutor, a menos que haja modificação do projeto do cabo que possa alterar o desempenho deste.
         3. Entende-se por modificação do projeto do cabo, para os objetivos desta Norma, qualquer variação construtiva ou de tecnologia que possa influir diretamente no desempenho elétrico e/ou mecânico do cabo, 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) adoção de cabo a campo radial ou não radial, para tensões de isolamento em que a alternativa é permitida;

 d) utilização de proteções metálicas que possam afetar os componentes subjacentes do cabo.

* + - * 1. Estes ensaios devem ser realizados para cada projeto de cabo, como, por exemplo, cabos a campo radial e a campo não radial, sendo que, para cabos multiplexados com tensões iguais ou superiores a 3,6/6 kV a campo radial, pode ser realizado em somente um cabo unipolar constituinte do mesmo projeto.

NOTA O Anexo D apresenta recomendações complementares.

O ensaio de tipo complementar (*T*) previsto por esta Norma é o ensaio para determinação do coeficiente por grau Celsius, para correção da resistência de isolamento, conforme 7.4.6.

### Ensaios de controle

Todos os ensaios elétricos e não elétricos previstos por esta Norma compreendem o elenco de ensaios de controle disponíveis ao fabricante, que, a seu critério e necessidade, os utiliza para determinada ordem de compra ou lote de produção, com objetivo de assegurar que os materiais e processos utilizados atendam aos requisitos desta Norma.

NOTA O Anexo D apresenta recomendações complementares.

### Ensaios durante e após a instalação

Estes ensaios são destinados a demonstrar a integridade do cabo e seus acessórios, durante a instalação e após a conclusão desta.

* + - * 1. Ensaio em C.A.

O ensaio em C.A. pode ser realizado em qualquer ocasião, conforme um dos critérios abaixo:

1. aplicação, por 5 min, da tensão equivalente entre fases do sistema entre o condutor e a blindagem metálica; ou
2. aplicação, por 24 h, da tensão entre fase e terra do sistema entre o condutor e a blindagem; ou
3. aplicação, por 15 min, da tensão RMS de 3 *Uo* entre condutor e blindagem, a uma frequência de 0,1 Hz

NOTA Durante o ensaio em C.A. (frequência de 0,1 Hz) tang  e/ou descargas parciais podem ser monitoradas.

* + - * 1. Ensaio em C.C.

Em alternativa ao ensaio em C.A. pode ser utilizado C.C. conforme um dos critérios abaixo estabelecidos, entretanto o ensaio em C.C. pode causar o envelhecimento precoce dos cabos ou danos permanentes, principalmente de instalações antigas.

1. 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 3, durante 5 min consecutivos; ou
2. 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 3, durante 15 min consecutivos; ou
3. 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 3, durante 5 min consecutivos.

### Critérios de amostragem

* + - * 1. Todas as unidades de expedição, exceto as acondicionadas em rolos, devem ser submetidas

a todos os ensaios de rotina.

* + - * 1. Para cabos com tensão de isolamento de 0,6 kV/1kV, nas unidades de expedição acondicionadas em rolos, adota-se o critério de amostragem conforme a ABNT NBR 5426, com NI = II (nível de inspeção) e NQA = 2,5 % (nível de qualidade aceitável), desde que seja comprovado que, nas bobinas de origem, tenham sido realizados os ensaios de rotina, previstos 5.3.2-a) a c). Outros critérios de amostragem podem ser adotados mediante acordo prévio entre fabricante e comprador.
        2. Os ensaios especiais (*E* ) são feitos em amostras de cabo completo, ou em componentes retirados destas, conforme critério de amostragem estabelecido em 5.7.4 a 5.7.11, com a finalidade de verificar se o cabo atende às especificações do projeto.
        3. Os ensaios especiais, com exceção do previsto em 5.3.5-h), devem ser feitos para ordens de compra que excedam 2 km de cabos multipolares ou multiplexados, ou 4 km de cabos unipolares, de mesma seção e construção. Para ordem de compra com vários itens de mesma construção e os mesmos materiais componentes apenas com seções diferentes, os ensaios especiais podem ser realizados em um único item, preferencialmente o de maior comprimento.

NOTA O Anexo D apresenta recomendações complementares.

* + - * 1. A quantidade de amostras requerida deve estar conforme a Tabela 1.
        2. A amostra deve ser constituída por um comprimento suficiente de cabo, retirado de qualquer uma das extremidades de unidades de expedição, após ter sido eliminada, se necessário, qualquer porção do cabo que tenha sofrido danos.
        3. Para o ensaio de 5.3.5-f), o corpo de prova deve ser constituído por um único comprimento útil de no mínimo 5 m de cabo.
        4. Para o ensaio de 5.3.5-g), o corpo de prova deve ser constituído por um único comprimento útil de 0,40 m de cabo.
        5. O ensaio de 5.3.5-e) deve ser realizado sobre unidade(s) completa(s) de expedição.
        6. No caso de cabos multipolares, todos os ensaios e verificações devem ser feitos em todas as

veias.

* + - * 1. Para o ensaio de 5.3.5-h), deve ser adotado o critério de amostragem conforme a

ABNT NBR 10299.

**Tabela 1 – Determinação do número de amostras**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Comprimento do cabo**  km | | | | |
| **Cabos unipolares** | | **Cabos multipolares e multiplexados** | | **Número de amostras** |
| **Superior a** | **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 |
| NOTA 1 O número de amostras é a quantidade de unidades de expedição retiradas do lote sob inspeção.  NOTA 2 Para ordens de compra com comprimentos de cabos superiores, tomar uma amostra a cada 10 km de cabos multipolares ou multiplexados ou 20 km de cabos unipolares. | | | | |

## Aceitação e rejeição

### Inspeção visual

Podem ser rejeitadas, de forma individual, a critério do comprador, as unidades de expedição que não cumpram as condições estabelecidas em 4.18 e Seção 8.

NOTA O Anexo D apresenta recomendações complementares.

### Ensaios de rotina

Podem ser rejeitadas, de forma individual, as unidades de expedição que não cumpram os requisitos especificados.

* + 1. **Ensaios especiais**
       1. Sobre as amostras obtidas conforme critério estabelecido em 5.7, devem ser aplicados os ensaios especiais estabelecidos em 5.3.5. Devem ser aceitos os lotes que satisfizerem os requisitos especificados.
       2. Se nos ensaios especiais, com exceção do previsto em 5.3.5-a), resultarem em valores que não satisfaçam os requisitos especificados, o lote do qual foi retirada a amostra pode ser rejeitado.
       3. Nos ensaios de verificação da construção do cabo, previstos em 5.3.5-a), se 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 pode ser rejeitado, a critério do comprador.

NOTA O Anexo D apresenta recomendações complementares.

## Ensaios

### Resistência elétrica do condutor (*R* e *T* )

* + - * 1. A resistência elétrica dos condutores, referida a 20 °C e a um comprimento de 1 km, não pode ser superior aos valores estabelecidos na ABNT NBR NM 280.
        2. O ensaio deve ser realizado conforme a ABNT NBR 6814.

### Tensão elétrica na isolação (*R* e *T* )

* + - * 1. Este ensaio é requerido para cabos com tensões de isolamento iguais ou inferiores a 3,6/6 kV, como ensaio de rotina e de tipo.
        2. Para cabos unipolares ou multiplexados, sem blindagem metálica ou outra proteção metálica sobre a isolação, o ensaio deve ser realizado com o cabo imerso em água, por um tempo não inferior a 1 h, antes do ensaio. A tensão elétrica deve ser aplicada entre o condutor e a água.
        3. Para cabos unipolares ou multiplexados, com blindagem metálica ou outra proteção metálica sobre a isolação, a tensão elétrica deve ser aplicada entre o condutor e a blindagem ou proteção metálica.
        4. Para cabos multipolares a campo não radial (sem blindagem semicondutora sobre cada veia), a tensão elétrica deve ser aplicada entre cada condutor e todos os outros conectados entre si e a proteção metálica coletiva, se esta existir. A tensão elétrica deve ser aplicada sempre que for necessário, de forma a assegurar que todas as veias sejam ensaiadas entre si e contra a proteção metálica, se esta existir.
        5. Para cabos multipolares a campo radial (com blindagem semicondutora sobre cada veia), a tensão elétrica deve ser aplicada entre cada condutor e sua blindagem metálica ou, na falta desta, entre cada condutor e a blindagem metálica coletiva.
        6. O cabo, quando submetido à tensão elétrica alternada, com frequência de 48 Hz a 62 Hz, de valor eficaz dado na Tabela 2, pelo tempo de 5 min, não pode apresentar perfuração.

**Tabela 2 – Valores eficazes de tensão elétrica alternada**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Tensão de isolamento *U*o*/U*** | kV | 0,6/1 | 1,8/3 | 3,6/6 |
| **Tensão de ensaio** | kV | 3,5 | 6,5 | 11 |
| NOTA Os valores de tensão elétrica alternada de ensaio correspondem a 2,5 *U*o + 2,0 kV. | | | | |

* + - * 1. Em alternativa, o requisito estabelecido em 7.2.6, para cabos com tensão de isolamento iguais ou inferiores a 3,6/6 kV, pode ser verificado com tensão elétrica contínua, de valor dado na Tabela 3, pelo tempo de 5 min.

**Tabela 3 – Valores de tensão elétrica contínua**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Tensão de isolamento *U*o/*U*** | kV | 0,6/1 | 1,8/3 | 3,6/6 | 6/10 | 8,7/15 | 12/20 | 15/25 | 20/35 |
| **Tensão de ensaio** | kV | 8,5 | 15,5 | 26,5 | 36 | 53 | 72 | 90 | 120 |
| NOTA 1 Os valores de tensão elétrica contínua de ensaio correspondem a 2,4 x (2,5 *U*o + 2,0) kV, para cabos com tensões de isolamento iguais ou inferiores a 3,6/6 kV, e 2,4 x 2,5 *U*o, para cabos com tensões de isolamento superiores a 3,6/6 kV.  NOTA 2 Os valores correspondentes a tensões de isolamento superiores a 3,6/6 kV são utilizados como referência para o cálculo das tensões de ensaios durante e após instalação, conforme 5.6. | | | | | | | | | |

* + - * 1. O ensaio deve ser realizado conforme a ABNT NBR 6881.
      1. **Tensão elétrica de *screening* na isolação (*R* e *T* )**
         1. Este ensaio é requerido para cabos a campo radial com tensões de isolamento superiores a 3,6/6 kV, como ensaio de rotina e de tipo.
         2. Para cabos unipolares ou multiplexados, a tensão elétrica deve ser aplicada entre o condutor e a blindagem metálica.
         3. Para cabos multipolares, a tensão elétrica deve ser aplicada entre cada condutor e sua blindagem metálica ou, na falta desta, entre cada condutor e blindagem metálica coletiva.
         4. O valor eficaz da tensão elétrica aplicada deve corresponder ao calculado por meio das seguintes equações:

*U* = *E* ´ *S*e

onde



*d* = *dc* + 0*,*8

onde

*U* é a tensão de ensaio, expressa em quilovolts (kV);

*E* é o gradiente elétrico de ensaio, igual a 12 kV/mm;

*S*e é a espessura equivalente da veia, expressa em milímetros (mm);

*dc* é o diâmetro fictício do condutor, expresso em milímetros (mm);

*d* é o diâmetro fictício sob a isolação, expresso em milímetros (mm);

*D* é o diâmetro fictício sobre a isolação, expresso em milímetros (mm).

No caso de condutores setoriais, os valores de *dc* e *D* devem ser obtidos por meio das seguintes equações:

*dc* = 2*r*

*D* = *d* + 2*e*

onde

*r* é o menor raio do setor, expresso em milímetros (mm);

*e* é a espessura nominal da isolação, expressa em milímetros (mm).

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

* + - * 1. O valor eficaz da tensão elétrica alternada, frequência de 48 Hz a 62 Hz, é calculado em função do gradiente elétrico máximo do condutor, com as equações dadas em 7.3.4.
        2. Os valores calculados da tensão elétrica para cada tensão de isolamento, constam nas Tabelas 4 e 5.
        3. O tempo de aplicação da tensão elétrica deve ser de 15 min, não podendo ocorrer perfuração.

NOTA Para este ensaio, não é prevista alternativa em tensão elétrica contínua.

* + - * 1. O ensaio deve ser realizado conforme a ABNT NBR 6881.

**Tabela 4 – Valores eficazes de tensão elétrica de *screening* – Espessura plena**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Seção nominal do condutor**  mm2 | **Tensão de ensaio**  kV | | | | |
| **6/10** | **8,7/15** | **12/20** | **15/25** | **20/35** |
| 16 | 26 | - | - | - | - |
| 25 | 28 | 34 | - | - | - |
| 35 | 29 | 35 | 41 | - | - |
| 50 | 30 | 37 | 43 | 49 | 58 |
| 70 | 31 | 39 | 45 | 52 | 61 |
| 95 | 32 | 40 | 47 | 54 | 65 |
| 120 | 33 | 41 | 48 | 56 | 67 |
| 150 | 33 | 42 | 49 | 58 | 69 |
| 185 | 34 | 43 | 50 | 59 | 71 |
| 240 | 35 | 44 | 52 | 61 | 74 |
| 300 | 35 | 45 | 53 | 62 | 76 |
| 400 | 36 | 46 | 54 | 64 | 79 |
| 500 | 36 | 46 | 55 | 66 | 81 |

**Tabela 5 – Valores eficazes de tensão elétrica de *screening* – Espessura coordenada**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Seção nominal do condutor**  mm2 | **Tensão de ensaio**  kV | | | | |
| **6/10** | **8,7/15** | **12/20** | **15/25** | **20/35** |
| 16 | 21 | 27 | 35 | - | - |
| 25 | 22 | 25 | 35 | - | - |
| 35 | 23 | 26 | 33 | 44 | - |
| 50 | 24 | 27 | 34 | 43 | 56 |
| 70 | 25 | 28 | 35 | 45 | 55 |
| 95 | 25 | 29 | 37 | 47 | 58 |
| 120 | 26 | 30 | 38 | 48 | 60 |
| 150 | 26 | 30 | 38 | 49 | 62 |
| 185 | 26 | 31 | 39 | 50 | 57 |
| 240 | 29 | 36 | 44 | 48 | 59 |
| 300 | 30 | 36 | 45 | 49 | 61 |
| 400 | 30 | 37 | 46 | 50 | 62 |
| 500 | 30 | 37 | 46 | 51 | 63 |

### Resistência de isolamento à temperatura ambiente (*R* e *T* )

* + - * 1. Este ensaio é requerido para cabos com tensões de isolamento iguais ou inferiores a 3,6/6 kV como ensaio de rotina e de tipo.
        2. A resistência de isolamento da(s) veia(s), referida a 20 °C e a um comprimento de 1 km, não pode ser inferior ao valor calculado com a seguinte equação:



onde

*R* i é a resistência de isolamento, expressa em megaohms.quilômetro (MΩ.km);

*K* i é a constante de isolamento, igual a 3 700 MΩ.km;

*D* é o diâmetro nominal sobre a isolação, expresso em milímetros (mm);

*d* é o diâmetro nominal sob a isolação, expresso em milímetros (mm).

NOTA Para condutores de seção transversal não circular, a relação *D/d* é a relação entre os perímetros nominais sobre a isolação e sobre o condutor (ou sobre sua blindagem).

* + - * 1. A medição da resistência de isolamento deve ser feita com tensão elétrica contínua, de valor 300 V a 500 V, aplicada por tempo mínimo de 1 min e máximo de 5 min.
        2. As conexões do cabo ao instrumento de medição devem ser realizadas de acordo com o indicado para ensaio de tensão elétrica (ver 7.2), conforme

o tipo de construção do cabo.

* + - * 1. O ensaio de resistência de isolamento deve ser realizado após o ensaio de tensão elétrica , conforme 7.2. No caso de o ensaio de 7.2 ter sido realizado com a tensão elétrica contínua, a medição da resistência de isolamento deve ser feita 24 h após o(s) condutor(es) ter(em) sido curto-circuitado(s) com as respectivas blindagens (ou proteções metálicas) ou com a água.
        2. 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-se os fatores de correção dados no Anexo A, Tabela A.1. O fabricante deve fornecer previamente o coeficiente por grau Celsius a ser utilizado. Este coeficiente deve ser determinado em corpo de prova específico e ensaiado conforme a ABNT NBR 6813. Certos compostos apresentam elevada constante de isolamento, o que pode dificultar a determinação do coeficiente por grau Celsius. Nestes casos, a critério do fabricante, deve ser aceito o menor coeficiente dado na Tabela A.1.
        3. O ensaio de resistência de isolamento deve ser realizado conforme a ABNT NBR 6813.
        4. Quando este ensaio for realizado como ensaio de tipo, para cabos não blindados individualmente, a medição da resistência de isolamento pode ser feita com o corpo de prova constituído por veia imersa em água, pelo menos 1 h antes do ensaio, tendo sido retirados todos os componentes exteriores à isolação.

### Resistência de isolamento a 90 °C (*T*)

* + - * 1. Este ensaio é requerido para cabos com tensões de isolamento iguais ou inferiores a 3,6/6 kV.
        2. A resistência de isolamento da(s) veia(s) a 90 °C ± 2 °C, referida a um comprimento de 1 km, não pode ser inferior ao valor calculado com a equação dada em 7.4.2, tomando-se a constante de isolamento *K*i = 3,7 MΩ.km.
        3. Para cabos não blindados individualmente, a temperatura no condutor deve ser obtida pela imersão do corpo de prova em água, após terem sido removidos todos os componentes exteriores à isolação. O corpo de prova deve ser mantido na água, pelo menos por 2 h, à temperatura especificada, antes de se efetuar a medição.
        4. Para cabos blindados individualmente, a temperatura no condutor pode ser obtida pela colocação do corpo de prova do cabo completo em água ou estufa, por pelo menos 2 h, à temperatura especificada, antes de se efetuar a medição. A temperatura no condutor pode também ser obtida por meio da circulação de corrente pela blindagem metálica individual da(s) veia(s). Neste caso, a temperatura pode ser verificada por meio da resistência elétrica do(s) condutor(es) ou por meio 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.
        5. 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 min e máximo de 5 min.
        6. O ensaio deve ser executado conforme a ABNT NBR 6813.

### Descargas parciais (*R* e *T* )

* + - * 1. Este ensaio é requerido para cabos a campo radial com tensões de isolamento superiores a 3,6/6 kV.
        2. 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 em 7.6.5.
        3. Para cabos multipolares ou multiplexados, cada veia deve ser ensaiada individualmente.
        4. O cabo, quando submetido à tensão elétrica alternada, com valores de exploração e medição conforme 7.6.5, não pode apresentar nível de descarga superior a 3 pC, na tensão de medição. O nível da descarga na tensão de exploração pode ser registrado para informação de engenharia.
        5. Os valores eficazes das tensões elétricas alternadas de exploração e medição, frequência de 48 Hz a 62 Hz, constam nas Tabelas 6 e 7 e devem ser calculados conforme 7.3.4, utilizando-se 7 kV/mm e 6 kV/mm, respectivamente, como valores de gradiente elétrico de ensaio.
        6. O ensaio deve ser realizado conforme a ABNT NBR 7294.

**Tabela 6 – Valores de tensão de exploração e medição para ensaio de descargas parciais – Espessura plena**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Seção nominal do condutor** mm2 | **Tensão de ensaio**  kV | | | | | | | | | |
| **6/10** | | **8,7/15** | | **12/20** | | **15/25** | | **20/35** | |
| **Expl.** | **Med.** | **Expl.** | **Med.** | **Expl.** | **Med.** | **Expl.** | **Med.** | **Expl** | **Med.** |
| 16 | 15 | 13 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 25 | 16 | 14 | 20 | 17 | - | - | - | - | - | - |
| 35 | 17 | 15 | 21 | 18 | 24 | 20 | - | - | - | - |
| 50 | 18 | 15 | 22 | 19 | 25 | 21 | 29 | 25 | 34 | 29 |
| 70 | 18 | 16 | 23 | 19 | 26 | 22 | 30 | 26 | 36 | 31 |
| 95 | 19 | 16 | 23 | 20 | 27 | 23 | 32 | 27 | 38 | 32 |
| 120 | 20 | 16 | 24 | 21 | 28 | 24 | 33 | 28 | 39 | 34 |
| 150 | 20 | 17 | 25 | 21 | 29 | 25 | 34 | 29 | 40 | 35 |
| 185 | 20 | 17 | 25 | 21 | 29 | 25 | 35 | 30 | 42 | 36 |
| 240 | 20 | 17 | 26 | 22 | 30 | 26 | 36 | 31 | 43 | 37 |
| 300 | 21 | 18 | 26 | 22 | 31 | 26 | 36 | 31 | 44 | 38 |
| 400 | 21 | 18 | 27 | 23 | 32 | 27 | 38 | 32 | 46 | 39 |
| 500 | 21 | 18 | 27 | 23 | 32 | 28 | 38 | 33 | 47 | 40 |
| **Legenda:**  Expl. = tensão de exploração Med. = tensão de medição. | | | | | | | | | | |

**Tabela 7 – Valores de tensão de exploração e medição para ensaio de descargas parciais – Espessura coordenada**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Seção nominal do condutor** mm2 | **Tensão de ensaio**  kV | | | | | | | | | |
| **6/10** | | **8,7/15** | | **12/20** | | **15/25** | | **20/35** | |
| **Expl.** | **Med.** | **Expl.** | **Med.** | **Expl.** | **Med.** | **Expl.** | **Med.** | **Expl** | **Med.** |
| 16 | 12 | 11 | 16 | 13 | 20 | 17 | - | - | - | - |
| 25 | 13 | 11 | 15 | 13 | 20 | 17 | - | - | - | - |
| 35 | 13 | 11 | 15 | 13 | 19 | 16 | 26 | 22 | - | - |
| 50 | 14 | 12 | 16 | 14 | 20 | 17 | 25 | 21 | 33 | 28 |
| 70 | 14 | 12 | 17 | 14 | 21 | 18 | 26 | 22 | 32 | 28 |
| 95 | 15 | 13 | 17 | 15 | 21 | 18 | 27 | 23 | 34 | 29 |
| 120 | 15 | 13 | 17 | 15 | 22 | 19 | 28 | 24 | 35 | 30 |
| 150 | 15 | 13 | 18 | 15 | 22 | 19 | 29 | 25 | 36 | 31 |
| 185 | 15 | 13 | 18 | 15 | 23 | 19 | 29 | 25 | 33 | 29 |
| 240 | 17 | 15 | 21 | 18 | 26 | 22 | 28 | 24 | 34 | 29 |
| 300 | 17 | 15 | 21 | 18 | 26 | 22 | 28 | 24 | 36 | 31 |
| 400 | 18 | 15 | 21 | 18 | 27 | 23 | 29 | 25 | 36 | 31 |
| 500 | 18 | 15 | 22 | 19 | 27 | 23 | 30 | 25 | 37 | 32 |
| **Legenda:**  Expl. = tensão de exploração  Med. = tensão de medição. | | | | | | | | | | |

### Dobramento (*T* )

* + - * 1. Este ensaio é requerido para cabos a campo radial com tensões de isolamento superiores a 3,6/6 kV.
        2. O corpo de prova, à temperatura ambiente, deve ser enrolado em um tambor, evitando-se movimentos bruscos, por pelo menos uma volta completa; a seguir, deve ser desenrolado e o processo, repetido, após girar 180° o corpo de prova em torno de seu eixo. Este ciclo de operações deve ser repetido mais duas vezes.
        3. O diâmetro do tambor deve corresponder ao raio mínimo de curvatura para instalação, estabelecido na ABNT NBR 9511, em função do tipo de construção do cabo. É admitida uma tolerância de ± 5 % sobre o valor calculado.
        4. Após completados os três ciclos de dobramento, o corpo de prova deve ser submetido ao ensaio de descargas parciais, conforme 7.6.

### Determinação do fator de perdas no dielétrico (tangente *d* ) em função do gradiente elétrico máximo no condutor (*E* e *T* )

* + - * 1. Este ensaio é requerido para cabos a campo radial com tensões de isolamento superiores a 3,6/6 kV.
        2. O fator de perdas no dielétrico (tangente *d* ) deve ser medido na unidade de expedição (ensaio especial) ou em corpo de prova mecanicamente condicionado, conforme descrito em 7.7 (ensaio de tipo).
        3. Os valores eficazes das tensões elétricas alternadas, com frequência de 48 Hz a 62 Hz, constam nas Tabelas 8 e 9 e devem ser calculados conforme 7.3.4, utilizando-se os valores de gradiente elétrico de ensaio de 2 kV/mm, 4 kV/mm e 8 kV/mm, respectivamente.

**Tabela 8 – Valores de tensão para ensaios de fator de perdas no dielétrico (tangente δ) em função do gradiente máximo – Espessura plena**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Seção nominal do condutor** mm2 | **Tensão de isolamento**  kV | | | | | | | | | | | | | | |
| **6/10** | | | **8,7/15** | | | **12/20** | | | **15/25** | | | **20/35** | | |
| **Gradiente elétrico máximo**  kV/mm | | | | | | | | | | | | | | |
| **2** | **4** | **8** | **2** | **4** | **8** | **2** | **4** | **8** | **2** | **4** | **8** | **2** | **4** | **8** |
| **Tensão de ensaio**  kV | | | | | | | | | | | | | | |
| 16 | 4 | 9 | 18 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 25 | 5 | 9 | 19 | 6 | 11 | 22 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 35 | 5 | 10 | 19 | 6 | 12 | 24 | 7 | 14 | 27 | - | - | - | - | - | - |
| 50 | 5 | 10 | 20 | 6 | 12 | 25 | 7 | 14 | 29 | 8 | 16 | 33 | 10 | 19 | 39 |
| 70 | 5 | 10 | 21 | 6 | 13 | 26 | 7 | 15 | 30 | 9 | 17 | 35 | 10 | 20 | 41 |
| 95 | 5 | 11 | 21 | 7 | 13 | 27 | 8 | 16 | 31 | 9 | 18 | 36 | 11 | 22 | 43 |

**Tabela 8** (continuação)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Seção nominal do condutor** mm2 | **Tensão de isolamento**  kV | | | | | | | | | | | | | | |
| **6/10** | | | **8,7/15** | | | **12/20** | | | **15/25** | | | **20/35** | | |
| **Gradiente elétrico máximo**  kV/mm | | | | | | | | | | | | | | |
| **2** | **4** | **8** | **2** | **4** | **8** | **2** | **4** | **8** | **2** | **4** | **8** | **2** | **4** | **8** |
| **Tensão de ensaio**  kV | | | | | | | | | | | | | | |
| 120 | 5 | 11 | 22 | 7 | 14 | 27 | 8 | 16 | 32 | 9 | 19 | 37 | 11 | 22 | 45 |
| 150 | 6 | 11 | 22 | 7 | 14 | 28 | 8 | 16 | 33 | 10 | 19 | 38 | 12 | 23 | 46 |
| 185 | 6 | 11 | 23 | 7 | 14 | 29 | 8 | 17 | 34 | 10 | 20 | 39 | 12 | 24 | 48 |
| 240 | 6 | 12 | 23 | 7 | 15 | 29 | 9 | 17 | 34 | 10 | 20 | 41 | 12 | 25 | 49 |
| 300 | 6 | 12 | 23 | 7 | 15 | 30 | 9 | 18 | 35 | 10 | 21 | 42 | 13 | 25 | 51 |
| 400 | 6 | 12 | 24 | 8 | 15 | 30 | 9 | 18 | 36 | 11 | 21 | 43 | 13 | 26 | 52 |
| 500 | 6 | 12 | 24 | 8 | 15 | 31 | 9 | 18 | 37 | 11 | 21 | 44 | 13 | 27 | 54 |

**Tabela 9 – Valores de tensão para ensaios de fator de perdas no dielétrico (tangente δ) em função do gradiente máximo – Espessura coordenada**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Seção nominal do condutor** mm2 | **Tensão de isolamento**  kV | | | | | | | | | | | | | | |
| **6/10** | | | **8,7/15** | | | **12/20** | | | **15/25** | | | **20/35** | | |
| **Gradiente elétrico máximo**  kV/mm | | | | | | | | | | | | | | |
| **2** | **4** | **8** | **2** | **4** | **8** | **2** | **4** | **8** | **2** | **4** | **8** | **2** | **4** | **8** |
| **Tensão de ensaio**  kV | | | | | | | | | | | | | | |
| 16 | 4 | 7 | 14 | 5 | 9 | 18 | 6 | 12 | 23 | - | - | - | - | - | - |
| 25 | 4 | 7 | 15 | 4 | 9 | 17 | 6 | 12 | 23 | - | - | - | - | - | - |
| 35 | 4 | 8 | 15 | 4 | 9 | 18 | 5 | 11 | 22 | 7 | 15 | 29 | - | - | - |
| 50 | 4 | 8 | 16 | 5 | 9 | 18 | 6 | 11 | 23 | 7 | 14 | 29 | 9 | 19 | 38 |
| 70 | 4 | 8 | 16 | 5 | 9 | 19 | 6 | 12 | 24 | 8 | 15 | 30 | 9 | 18 | 37 |
| 95 | 4 | 8 | 17 | 5 | 10 | 19 | 6 | 12 | 24 | 8 | 16 | 31 | 10 | 19 | 39 |
| 120 | 4 | 8 | 17 | 5 | 10 | 20 | 6 | 13 | 25 | 8 | 16 | 32 | 10 | 20 | 40 |
| 150 | 4 | 9 | 17 | 5 | 10 | 20 | 6 | 13 | 26 | 8 | 16 | 33 | 10 | 21 | 41 |
| 185 | 4 | 9 | 17 | 5 | 10 | 20 | 6 | 13 | 26 | 8 | 16 | 34 | 10 | 19 | 38 |
| 240 | 5 | 10 | 20 | 6 | 12 | 24 | 7 | 15 | 29 | 8 | 16 | 32 | 10 | 20 | 39 |
| 300 | 5 | 10 | 20 | 6 | 12 | 24 | 7 | 15 | 30 | 8 | 16 | 33 | 10 | 20 | 41 |
| 400 | 5 | 10 | 20 | 6 | 12 | 24 | 8 | 15 | 30 | 8 | 17 | 33 | 10 | 21 | 41 |
| 500 | 5 | 10 | 20 | 6 | 12 | 25 | 8 | 15 | 31 | 8 | 17 | 34 | 11 | 21 | 42 |

* + - * 1. Os valores medidos não podem exceder os estabelecidos na Tabela.10.
        2. O ensaio deve ser realizado conforme a ABNT NBR 7295.

### Determinação do fator de perdas no dielétrico (tangente δ) em função da temperatura (*T* )

* + - * 1. Este ensaio é requerido para cabos a campo radial com tensões de isolamento superiores a 3,6/6 kV.
        2. O corpo de prova deve ser aquecido por meio de um dos procedimentos estabelecidos em

7.6.4.

* + - * 1. O fator de perdas no dielétrico (tangente δ) deve ser medido no corpo de prova, à temperatura de 90 °C ± 2 °C, com tensão elétrica alternada, frequência de 48 Hz a 62 Hz, de valor correspondente ao gradiente elétrico máximo do condutor de 2 kV/mm, calculado conforme 7.3.4.
        2. Os valores medidos não podem exceder os estabelecidos na Tabela 10.
        3. O ensaio deve ser realizado conforme a ABNT NBR 7295.

**Tabela 10 – Valores de fator de perdas do dielétrico (tangente δ)**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Item** | **Classificação**  **do ensaio** | **Método de ensaio** | **Ensaio** | **Requisitos** |
| 01 | Especial e tipo | ABNT NBR 7295 | Fator de perdas no dielétrico em função do gradiente elétrico máximo no condutor, à temperatura ambiente: |  |
| — Máximo tangente δ a 4 kV/mm | 200 ´ 10−4 |
| — Máximo incremento da tangente δ  entre 2 kV/mm e 8 kV/mm | 25 ´ 10−4 |
| 02 | Tipo | ABNT NBR 7295 | Fator de perdas no dielétrico em função da temperatura a um gradiente elétrico máximo no condutor de 2 kV/mm: | 400 ´ 10−4 |
| — Máximo tangente δ à temperatura de 90 °C ± 2 °C |

### Ciclos térmicos (*T* )

* + - * 1. Este ensaio é requerido para cabos a campo radial com tensões de isolamento superiores a 3,6/6 kV.
        2. O corpo de prova retirado de um comprimento de cabo, respeitado 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 em função do tipo de construção do cabo, estabelecido na ABNT NBR 9511. É permitida a colocação do corpo de prova em um eletroduto não metálico, a fim de facilitar a realização do ensaio, bem como a utilização de uma veia blindada ou um cabo unipolar, no caso de cabos multipolares ou multiplexados.
        3. Antes do início do ensaio de ciclos térmicos, o corpo de prova deve ser submetido à sequência de ensaios de 5.4.5-a) a f).
        4. Durante 30 dias, o corpo de prova deve ser submetido continuamente à tensão elétrica alternada, frequência de 48 Hz a 62 Hz, de valor correspondente ao gradiente elétrico máximo no condutor de 8 kV/mm, calculado conforme 7.3.4. Interrupções eventuais devem ser compensadas.

* + - * 1. Nas condições indicadas em 7.10.2 e 7.10.4, o corpo de prova deve ser submetido a uma corrente elétrica de aquecimento, de modo a atingir a temperatura de 130 oC ± 3 oC no condutor de cabos com temperatura máxima no condutor em regime permanente de 90 oC ou 140 oC ± 3 oC no condutor de cabos com temperatura máxima no condutor em regime permanente de 105 oC, por um tempo mínimo de 6 h contínuas, a cada dia útil.
        2. No 15º dia, o corpo de prova deve ser submetido aos ensaios previstos em 5.4.5-c), e) e f).
        3. O corpo de prova, após ser submetido aos ciclos térmicos sob tensão elétrica, isto é, no término do ensaio (30° dia), deve atender aos requisitos estabelecidos em 5.4.5-c), e) e f) e aos valores da resistividade elétrica máxima à temperatura de operação em regime permanente das camadas semicondutoras estabelecidos na ABNT NBR 6251.

### Tensão elétrica de impulso (*T* )

* + - * 1. Este ensaio é requerido para cabos a campo radial, com tensões de isolamento superiores a 3,6/6 kV.
        2. O corpo de prova, com temperatura de 95 oC ± 2 oC no condutor de cabos com temperatura máxima no condutor em regime permanente de 90 oC ou 110 oC ± 2 oC no condutor de cabos com temperatura máxima no condutor em regime permanente de 105 oC, deve suportar, sem falhas, dez impulsos positivos e dez impulsos negativos de tensão, com valor de crista estabelecido na Tabela 11.
        3. O ensaio deve ser realizado conforme a ABNT NBR 7296.
        4. Após a realização do ensaio de impulso, o corpo de prova deve ser submetido, à temperatura ambiente, ao ensaio de tensão elétrica de *screening*, conforme 7.3.

**Tabela 11 – Tensão elétrica suportável de impulso atmosférico do cabo**

|  |  |
| --- | --- |
| **Tensão de isolamento**  ***U*o/*U*** | **Tensão de ensaio a impulso**  ***Up*** |
| kV (valor eficaz) | kV (valor de crista) |
| 6/10 | 75 |
| 8,7/15 | 110 |
| 12/20 | 125 |
| 15/25 | 150 |
| 20/35 | 200 |

### Tensão elétrica de longa duração (*E* e*T* )

* + - * 1. Este ensaio é requerido para cabos com tensões de isolamento iguais ou inferiores a 3,6/6 kV e deve ser realizado à temperatura ambiente.
        2. Para cabos não blindados individualmente, o ensaio deve ser feito em corpo de prova constituído por veia retirada do cabo completo, após terem sido removidos todos os componentes exteriores à isolação. O corpo de prova deve ser imerso em água pelo menos 1 h antes do ensaio, e a tensão deve ser aplicada entre o condutor e a água.
        3. Para cabos blindados individualmente, o corpo de prova deve ser constituído por cabo completo, e a tensão deve ser aplicada entre o(s) condutor(es) e a(s) blindagem(ens).
        4. O corpo de prova, quando submetido à tensão elétrica alternada, frequência de 48 Hz a 62 Hz, de valor eficaz 3 *U*o, pelo tempo de 4 h, não pode apresentar perfuração.
        5. O ensaio deve ser realizado conforme a ABNT NBR 6881.

### Envelhecimento em cabo completo (*T* )

* + - * 1. Este ensaio é requerido para cabos com tensões de isolamento iguais ou inferiores a 3,6/6 kV e tem a finalidade de verificar a compatibilidade química entre a isolação e os demais componentes que constituem o cabo.
        2. A amostra deve ser envelhecida em estufa a ar, a uma temperatura de 100 °C ± 2 °C, durante 168 h. Quando a cobertura é do tipo ST1 ou ST3, a temperatura deve ser 90 °C ± 2 °C.
        3. O corpo de prova correspondente à isolação, capa de separação (quando esta existir) e cobertura, retirado de amostra do cabo completo após envelhecimento, deve atender aos requisitos de tração e alongamento à ruptura, previstos na ABNT NBR 6251, para envelhecimento em estufa a ar. O condutor removido da amostra envelhecida não pode apresentar qualquer evidência de corrosão, quando submetido à inspeção visual, sem auxílio de qualquer equipamento óptico. Oxidação ou descoloração normal do cobre não pode ser levada em consideração.

### Ensaio de resistência à chama (*T* )

* + - * 1. Este ensaio é requerido para cabos de qualquer tensão de isolamento.
        2. Este ensaio não é aplicável a cabos com cobertura do tipo ST7.
        3. Os corpos de prova devem ser constituídos por comprimentos suficientes de cabo completo.
        4. Quando o corpo de prova for submetido ao ensaio, a chama deve autoextinguir-se, e a parte carbonizada não pode atingir a região correspondente a 50 mm da extremidade inferior do grampo de fixação superior.
        5. O ensaio deve ser realizado conforme ABNT NBR NM IEC 60332-1.

### Aderência da blindagem semicondutora da isolação (*E* e *T* )

* + - * 1. Este ensaio é requerido para cabos a campo radial, com blindagem semicondutora da isolação

extrudada.

* + - * 1. No corpo de prova previsto em 5.7.8, a camada semicondutora da isolação deve ser 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 90º em relação à veia, durante o ensaio. A tira deve ser inserida na garra superior e a veia, com um dispositivo adequado, na garra inferior, da máquina de tração. Submete-se o corpo de prova à tração, aumentando a velocidade até que a tira se separe da isolação com uma velocidade de 12 mm/s.
        2. 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.
        3. O ensaio deve ser feito à temperatura ambiente, devendo-se registrar as forças máximas e mínimas de tração, na velocidade especificada, para cada um dos ensaios
        4. A força necessária para remoção da blindagem semicondutora extrudada da isolação deve

estar entre 13 N e 105 N.

* + - * 1. Após a retirada da blindagem semicondutora extrudada da isolação, a superfície exposta da isolação não pode apresentar danos, nem pode existir material semicondutor de difícil remoção.

### Ensaios físicos nos componentes do cabo (*E* e *T* )

Os ensaios físicos nos componentes são os indicados na ABNT NBR 6251, com os respectivos métodos de ensaio e requisitos. Para os ensaios especiais, considerar somente os ensaios de tração e alongamento antes e após o envelhecimento em estufa a ar sem o condutor e alongamento a quente na isolação.

### Penetração longitudinal de água

* + - * 1. Este requisito é aplicável a cabos com condutor bloqueado e/ou blindagem bloqueada longitudinalmente .
        2. Durante a realização dos ensaios, não pode ocorrer vazamento de água pelas extremidades do corpo de prova, através dos interstícios do condutor ou do bloqueio da blindagem.
        3. Este ensaio deve ser realizado conforme Anexo B.

### Ensaios mecânicos e inspeção visual no composto da cobertura após envelhecimento artificial em câmara UV (T)

* + - * 1. Estes ensaios em wheaterometer destinam-se somente aos cabos rotulados como resistentes às intempéries (radiação solar ultravioleta), previstos para instalação exposta ao sol.

Os ensaios mecânicos na cobertura antes e após envelhecimento artificial em câmara UV são o ensaio de tração à ruptura e o ensaio de alongamento à ruptura.

* + - * 1. Os corpos de prova devem ser submetidos à condições de ensaio por 720 h.
        2. O ensaio deve ser realizado conforme a metodologia e as condições descritas na ASTM G155 (Ciclo 1) ou na ABNT NBR 9512, com exceção das amostras, que devem ser cinco segmentos de cabo completo. Os corpos de prova para os ensaios mecânicos devem ser retirados, após o envelhecimento, da face exposta à radiação. Os corpos de prova devem ser preparados conforme a ABNT NBR NM IEC 60811-1-1.
        3. Após o tempo de exposição especificado em 7.20.3, os corpos de prova não podem apresentar variação de alongamento à ruptura e de tração à ruptura superior a 25% em relação aos seus respectivos valores originais, nem descoloração visualmente perceptível.
        4. Constitui falha o não atendimento ao descrito em 7.20.5.

## Marcação, rotulagem e embalagem

### Acondicionamento e fornecimento

* + - * 1. Os cabos devem ser acondicionados de maneira que fiquem protegidos durante o manuseio, transporte e armazenagem. O acondicionamento deve ser em rolo ou carretel, que deve ter resistência adequada e ser isento de defeitos que possam danificar o produto.
        2. Para cada unidade de expedição, a incerteza máxima exigida na quantidade efetiva é de

± 1 % em comprimento.

* + - * 1. Os cabos devem ser fornecidos em lances normais de fabricação, sobre os quais é permitida uma tolerância de ± 3 % no comprimento. Adicionalmente, pode-se admitir que até 5 % dos lances de um lote de expedição tenham um comprimento diferente do lance normal de fabricação, com um mínimo de 50 % do comprimento do referido lance.
        2. Os carretéis devem possuir dimensões conforme a ABNT NBR 11137, devendo ser respeitados os limites de curvatura previstos na ABNT NBR 9511, e os rolos devem possuir, dimensões conforme a ABNT NBR 7312.
        3. As extremidades dos cabos acondicionados em carretéis devem ser convenientemente seladas com capuzes de vedação ou com fita autoaglomerante, resistentes às intempéries, a fim de evitar a penetração de umidade durante manuseio, transporte e armazenamento. No caso de cabos com construção não bloqueada longitudinalmente, é recomendado somente o uso de capuzes de vedação.
        4. O Anexo C fornece os dados mínimos para as informações de encomendas dos cabos.

### Marcação

* + - * 1. Externamente, os carretéis devem ser marcados, nas duas faces laterais, diretamente sobre o disco e/ou por meio de etiquetas, com caracteres legíveis e indeléveis, com no mínimo as seguintes indicações:

 a) nome e identificação do fabricante e país de origem;

 b) tipo de construção (somente se bloqueada);

 c) tensão de isolamento (*U*o/*U*), expressa em quilovolts (kV);

 d) número de condutores e seção nominal, expressa em milímetros quadrados (mm2);

 e) material do condutor (cobre ou alumínio), da isolação (EPR, HEPR ou EPR 105) e da cobertura;

 f) número desta Norma;

 g) comprimento de cada unidade de expedição , expresso em metros (m);

 h) massa bruta aproximada, expressa em quilogramas (kg);

 i) número da ordem de compra;

 j) identificação para fins de rastreabilidade;

 k) seta no sentido de rotação para desenrolar e o texto “desenrole neste sentido”.

Quando o ano de fabricação for marcado em fita colocada no interior do cabo, esta indicação deve também constar como requisito de marcação no carretel.

* + - * 1. Os rolos devem conter uma etiqueta com as indicações de 8.2.1, com exceção da alínea k). Para a alínea h), deve-se indicar a massa líquida mínima em lugar da massa bruta.

# Anexo A

(normativo)

# Tabela de fatores para correção da resistência de isolamento

**Tabela A.1 – Fatores para correção da resistência de isolamento em função da temperatura**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Temperatura**  °C | **Coeficiente**  °C | | | | | | | | |
| **1,06** | **1,07** | **1,08** | **1,09** | **1,10** | **1,11** | **1,12** | **1,13** | **1,14** |
| 5 | 0,42 | 0,36 | 0,32 | 0,27 | 0,24 | 0,21 | 0,18 | 0,16 | 0,14 |
| 6 | 0,44 | 0,39 | 0,34 | 0,30 | 0,26 | 0,23 | 0,20 | 0,18 | 0,16 |
| 7 | 0,47 | 0,41 | 0,37 | 0,33 | 0,29 | 0,26 | 0,23 | 0,20 | 0,18 |
| 8 | 0,50 | 0,44 | 0,40 | 0,36 | 0,32 | 0,29 | 0,26 | 0,23 | 0,21 |
| 9 | 0,53 | 0,48 | 0,43 | 0,39 | 0,35 | 0,32 | 0,29 | 0,26 | 0,24 |
| 10 | 0,56 | 0,51 | 0,46 | 0,42 | 0,39 | 0,35 | 0,32 | 0,29 | 0,27 |
| 11 | 0,59 | 0,54 | 0,50 | 0,46 | 0,42 | 0,39 | 0,36 | 0,33 | 0,31 |
| 12 | 0,63 | 0,58 | 0,54 | 0,50 | 0,47 | 0,43 | 0,40 | 0,38 | 0,35 |
| 13 | 0,67 | 0,62 | 0,58 | 0,55 | 0,51 | 0,48 | 0,45 | 0,43 | 0,40 |
| 14 | 0,70 | 0,67 | 0,63 | 0,60 | 0,56 | 0,53 | 0,51 | 0,48 | 0,46 |
| 15 | 0,75 | 0,71 | 0,68 | 0,65 | 0,62 | 0,59 | 0,57 | 0,54 | 0,52 |
| 16 | 0,79 | 0,76 | 0,74 | 0,71 | 0,68 | 0,66 | 0,64 | 0,61 | 0,59 |
| 17 | 0,84 | 0,82 | 0,79 | 0,77 | 0,75 | 0,73 | 0,71 | 0,69 | 0,67 |
| 18 | 0,89 | 0,87 | 0,86 | 0,84 | 0,83 | 0,81 | 0,80 | 0,78 | 0,77 |
| 19 | 0,94 | 0,93 | 0,93 | 0,92 | 0,91 | 0,90 | 0,89 | 0,88 | 0,88 |
| 20 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| 21 | 1,06 | 1,07 | 1,08 | 1,09 | 1,10 | 1,11 | 1,12 | 1,13 | 1,14 |
| 22 | 1,12 | 1,14 | 1,17 | 1,19 | 1,21 | 1,23 | 1,25 | 1,28 | 1,30 |
| 23 | 1,19 | 1,23 | 1,26 | 1,30 | 1,33 | 1,37 | 1,40 | 1,44 | 1,48 |
| 24 | 1,26 | 1,31 | 1,36 | 1,41 | 1,46 | 1,52 | 1,57 | 1,63 | 1,69 |
| 25 | 1,34 | 1,40 | 1,47 | 1,54 | 1,61 | 1,69 | 1,76 | 1,84 | 1,93 |
| 26 | 1,42 | 1,50 | 1,59 | 1,68 | 1,77 | 1,87 | 1,97 | 2,08 | 2,19 |
| 27 | 1,50 | 1,61 | 1,71 | 1,83 | 1,95 | 2,08 | 2,21 | 2,35 | 2,50 |
| 28 | 1,59 | 1,72 | 1,85 | 1,99 | 2,14 | 2,30 | 2,48 | 2,66 | 2,85 |
| 29 | 1,69 | 1,84 | 2,00 | 2,17 | 2,36 | 2,56 | 2,77 | 3,00 | 3,25 |
| 30 | 1,79 | 1,97 | 2,16 | 2,37 | 2,59 | 2,84 | 3,11 | 3,39 | 3,71 |

**Tabela A.1** (continuação)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Temperatura**  °C | **Coeficiente**  °C | | | | | | | | |
| **1,06** | **1,07** | **1,08** | **1,09** | **1,10** | **1,11** | **1,12** | **1,13** | **1,14** |
| 31 | 1,90 | 2,10 | 2,33 | 2,58 | 2,85 | 3,15 | 3,48 | 3,84 | 4,23 |
| 32 | 2,01 | 2,25 | 2,52 | 2,81 | 3,14 | 3,50 | 3,90 | 4,33 | 4,82 |
| 33 | 2,13 | 2,41 | 2,72 | 3,07 | 3,45 | 3,88 | 4,36 | 4,90 | 5,49 |
| 34 | 2,26 | 2,58 | 2,94 | 3,34 | 3,80 | 4,31 | 4,89 | 5,53 | 6,26 |
| 35 | 2,40 | 2,76 | 3,17 | 3,64 | 4,18 | 4,78 | 5,47 | 6,25 | 7,14 |
| 36 | 2,54 | 2,95 | 3,43 | 3,97 | 4,59 | 5,31 | 6,13 | 7,07 | 8,14 |
| 37 | 2,69 | 3,16 | 3,70 | 4,33 | 5,05 | 5,90 | 6,87 | 7,99 | 9,28 |
| 38 | 2,85 | 3,38 | 4,00 | 4,72 | 5,56 | 6,54 | 7,69 | 9,02 | 10,58 |
| 39 | 3,03 | 3,62 | 4,32 | 5,14 | 6,12 | 7,26 | 8,61 | 10,20 | 12,06 |
| 40 | 3,21 | 3,87 | 4,66 | 5,60 | 6,73 | 8,06 | 9,65 | 11,52 | 13,74 |
| **Temperatura**  °C | **Coeficiente**  °C | | | | | | | | |
| **1,15** | **1,16** | **1,17** | **1,18** | **1,19** | **1,20** | **1,21** | **1,22** | **1,23** |
| 5 | 0,12 | 0,11 | 0,09 | 0,08 | 0,07 | 0,06 | 0,06 | 0,05 | 0,04 |
| 6 | 0,14 | 0,13 | 0,11 | 0,10 | 0,09 | 0,08 | 0,07 | 0,06 | 0,06 |
| 7 | 0,16 | 0,15 | 0,13 | 0,12 | 0,10 | 0,09 | 0,08 | 0,08 | 0,07 |
| 8 | 0,19 | 0,17 | 0,15 | 0,14 | 0,12 | 0,11 | 0,10 | 0,09 | 0,08 |
| 9 | 0,21 | 0,20 | 0,18 | 0,16 | 0,15 | 0,13 | 0,12 | 0,11 | 0,10 |
| 10 | 0,25 | 0,23 | 0,21 | 0,19 | 0,18 | 0,16 | 0,15 | 0,14 | 0,13 |
| 11 | 0,28 | 0,26 | 0,24 | 0,23 | 0,21 | 0,19 | 0,18 | 0,17 | 0,16 |
| 12 | 0,33 | 0,31 | 0,28 | 0,27 | 0,25 | 0,23 | 0,22 | 0,20 | 0,19 |
| 13 | 0,38 | 0,35 | 0,33 | 0,31 | 0,30 | 0,28 | 0,26 | 0,25 | 0,23 |
| 14 | 0,43 | 0,41 | 0,39 | 0,37 | 0,35 | 0,33 | 0,32 | 0,30 | 0,29 |
| 15 | 0,50 | 0,48 | 0,46 | 0,44 | 0,42 | 0,40 | 0,39 | 0,37 | 0,36 |
| 16 | 0,57 | 0,55 | 0,53 | 0,52 | 0,50 | 0,48 | 0,47 | 0,45 | 0,44 |
| 17 | 0,66 | 0,64 | 0,62 | 0,61 | 0,59 | 0,58 | 0,56 | 0,55 | 0,54 |
| 18 | 0,76 | 0,74 | 0,73 | 0,72 | 0,71 | 0,69 | 0,68 | 0,67 | 0,66 |
| 19 | 0,87 | 0,86 | 0,85 | 0,85 | 0,84 | 0,83 | 0,83 | 0,82 | 0,81 |
| 20 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| 21 | 1,15 | 1,16 | 1,17 | 1,18 | 1,19 | 1,20 | 1,21 | 1,22 | 1,23 |
| 22 | 1,32 | 1,35 | 1,37 | 1,39 | 1,42 | 1,44 | 1,46 | 1,49 | 1,51 |
| 23 | 1,52 | 1,56 | 1,60 | 1,64 | 1,69 | 1,73 | 1,77 | 1,82 | 1,86 |
| 24 | 1,75 | 1,81 | 1,87 | 1,94 | 2,01 | 2,07 | 2,14 | 2,22 | 2,29 |

**Tabela A.1** (continuação)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Temperatura**  °C | **Coeficiente**  °C | | | | | | | | |
| **1,15** | **1,16** | **1,17** | **1,18** | **1,19** | **1,20** | **1,21** | **1,22** | **1,23** |
| 25 | 2,01 | 2,10 | 2,19 | 2,29 | 2,39 | 2,49 | 2,59 | 2,70 | 2,82 |
| 26 | 2,31 | 2,44 | 2,57 | 2,70 | 2,84 | 2,99 | 3,14 | 3,30 | 3,46 |
| 27 | 2,66 | 2,83 | 3,00 | 3,19 | 3,38 | 3,58 | 3,80 | 4,02 | 4,26 |
| 28 | 3,06 | 3,28 | 3,51 | 3,76 | 4,02 | 4,30 | 4,59 | 4,91 | 5,24 |
| 29 | 3,52 | 3,80 | 4,11 | 4,44 | 4,79 | 5,16 | 5,56 | 5,99 | 6,44 |
| 30 | 4,05 | 4,41 | 4,81 | 5,23 | 5,69 | 6,19 | 6,73 | 7,30 | 7,93 |
| 31 | 4,65 | 5,12 | 5,62 | 6,18 | 6,78 | 7,43 | 8,14 | 8,91 | 9,75 |
| 32 | 5,35 | 5,94 | 6,58 | 7,29 | 8,06 | 8,92 | 9,85 | 10,87 | 11,99 |
| 33 | 6,15 | 6,89 | 7,70 | 8,60 | 9,60 | 10,70 | 11,92 | 13,26 | 14,75 |
| 34 | 7,08 | 7,99 | 9,01 | 10,15 | 11,42 | 12,84 | 14,42 | 16,18 | 18,14 |
| 35 | 8,14 | 9,27 | 10,54 | 11,97 | 13,59 | 15,41 | 17,45 | 19,74 | 22,31 |
| 36 | 9,36 | 10,75 | 12,33 | 14,13 | 16,17 | 18,49 | 21,11 | 24,09 | 27,45 |
| 37 | 10,76 | 12,47 | 14,43 | 16,67 | 19,24 | 22,19 | 25,55 | 29,38 | 33,76 |
| 38 | 12,38 | 14,46 | 16,88 | 19,67 | 22,90 | 26,62 | 30,91 | 35,85 | 41,52 |
| 39 | 14,23 | 16,78 | 19,75 | 23,21 | 27,25 | 31,95 | 37,40 | 43,74 | 51,07 |
| 40 | 16,37 | 19,46 | 23,11 | 27,39 | 32,43 | 38,34 | 45,26 | 53,36 | 62,82 |

# Anexo B

(normativo)

# Penetração longitudinal de água

## Objetivo

Este Anexo especifica um método de ensaio de verificação do comportamento do bloqueio do condutor e da blindagem metálica, quanto à penetração longitudinal de água em cabos de 3,6/6 kV até 20/35 kV, com condutor bloqueado ou construção bloqueada. Este método não se aplica a cabos submarinos.

## Aparelhagem

Para a realização do ensaio, é necessária a utilização da seguinte aparelhagem:

 a) tubo com bocais, conforme a Figura B.1;

 b) solução de água (potável) a 0,01 % de fluoresceína ou *Rhodamin*;

 c) fonte variável de corrente alternada, para aquecimento do condutor;

 d) equipamento de pressurização AR/N2 ou coluna de água;

 e) amperímetro de corrente alternada;

 f) medidor de temperatura e seus acessórios.

## Execução do ensaio

### Penetração de água pelo bloqueio da blindagem metálica

* + - 1. O corpo de prova deve ser constituído por um comprimento de 3 m de cabo unipolar ou, no caso de cabo multiplexado, por um dos cabos unipolares constituintes deste. Inicialmente, 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 x (*d* + *D*) + 5 %,

onde

*d* é o diâmetro do condutor, expresso em milímetros (mm);

*D* é o diâmetro externo da amostra, expresso em milímetros (mm).

* + - 1. Após o dobramento, na parte central do corpo de prova, deve ser removido da cobertura um anel de 5 cm de largura, de modo que a blindagem metálica fique exposta. Nas extremidades do condutor, devem ser montados conectores, para aplicação da corrente de aquecimento (ver Figura B.2).
      2. Um comprimento de 2 m do mesmo cabo deve ser usado como referência para medição e controle da temperatura no condutor. O sensor de temperatura deve ser inserido no condutor de referência, através de perfuração por broca de diâmetro aproximadamente igual ao do sensor.
      3. O corpo de prova a ser submetido ao ensaio de penetração de água deve ser colocado no tubo, e as vedações devem ser efetuadas com fita autoaglomerante ou equivalente. O conjunto deve ser disposto conforme a Figura B.3.
      4. O tubo deve ser preenchido com água à temperatura ambiente e pressurizado a 50 kPa. Em seguida, o corpo de prova deve ser submetido a três ciclos térmicos, consistindo em 2 h à temperatura estabilizada de 90 °C ± 2 °C e, por 4 h, sob resfriamento natural.
      5. Após a aplicação dos três ciclos térmicos, a água do tubo deve ser drenada.

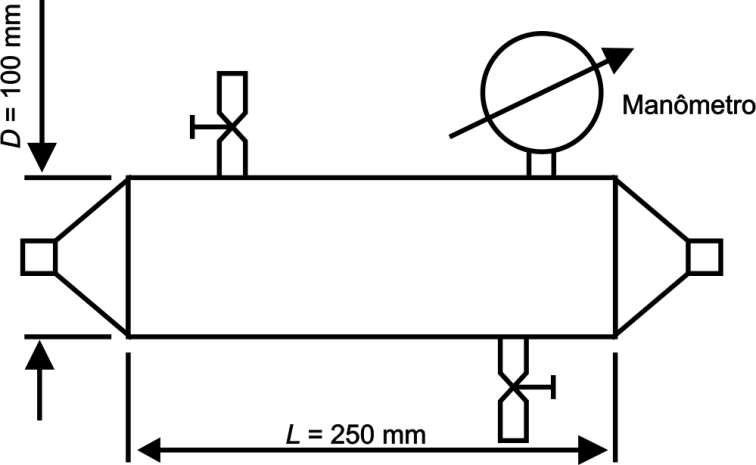
### Penetração de água pelo bloqueio do condutor

* + - 1. O corpo de prova deve ser constituído por um comprimento de 3 m de veia de cabo unipolar ou, no caso de cabo multiplexado, por um dos cabos unipolares constituintes dele. O mesmo corpo de prova do ensaio de B.3.1 pode ser utilizado para ensaio do bloqueio do condutor. Neste caso, não podem ser repetidos os ciclos térmicos previstos em B.3.1.5.
      2. O condicionamento mecânico, conforme previsto em C.3.1.1, pode ser omitido se for efetu- ado somente o ensaio de penetração de água no condutor.
      3. Na parte central do corpo de prova, deve ser removido um anel de 5 cm de largura da isolação e blindagens semicondutoras, 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.
      4. Inicialmente, o corpo de prova deve ser submetido aos ciclos térmicos conforme C.3.1.5, porém sem a presença de água.
      5. Após a aplicação dos ciclos térmicos, a temperatura no condutor deve ser elevada a 90 ºC ± 2 ºC e mantida durante 2 h ininterruptas.
      6. No momento em que o aquecimento for desligado, o tubo deve ser preenchido com água e pressurizado a uma pressão equivalente a 5 m de coluna d’água (50 kPa), mantendo-se nesta condição durante 24 h, drenando-se a água em seguida.

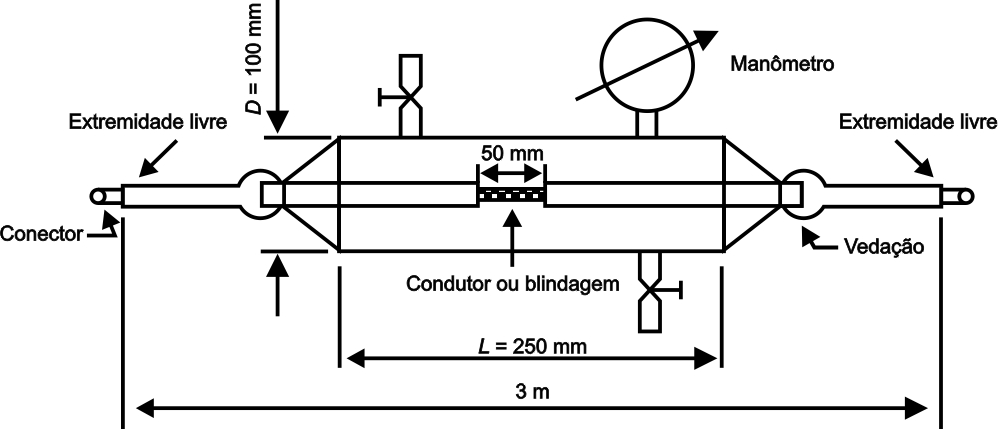
## Resultados

O cabo é considerado bloqueado longitudinalmente quando não fluir água pelas extremidades

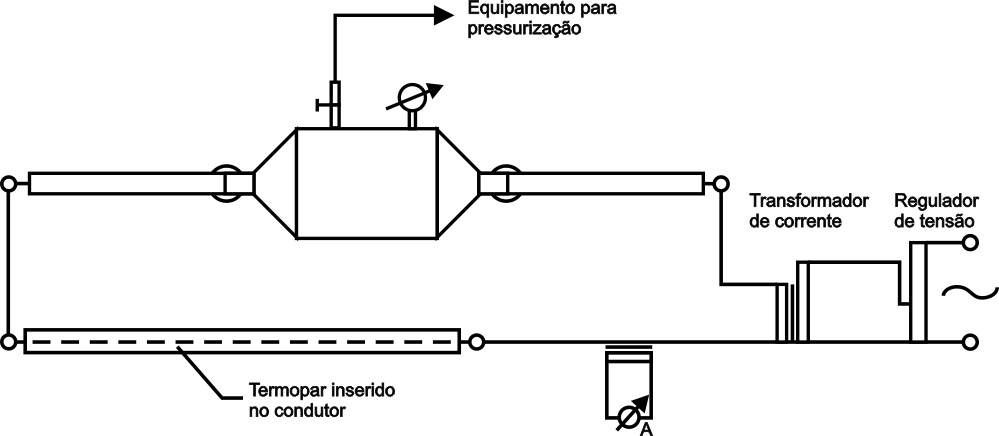
do corpo de prova.



**Figura B.1 – Tubo com bocais**



**Figura B.2 – Esquema do ensaio**



**Figura B.3 – Esquema do circuito de ensaio**

# Anexo C

(informativo)

# Dados para as informações de encomenda dos cabos

Recomenda-se que as informações a seguir sejam indicadas quando da encomenda dos cabos:

 a) tipo de construção (bloqueada ou não) ou condutor bloqueado;

 b) tensão de isolamento (*U*o/*U*), expressa em quilovolts (kV);

 c) número de condutores, seção nominal em milímetros quadrados, material do condutor (cobre ou alumínio) e classe de encordoamento;

 d) material de isolação;

 e) tipo de blindagem (se requerida);

 f) tipo de armação (se requerida);

 g) material de cobertura;

h) definição quanto a necessidade da característica de resistência à UV;

 i) número desta Norma;

j) comprimento total a ser adquirido, expresso em metros (m);

k) comprimento das unidades de expedição, expresso em metros (m);

l) tipo de acondicionamento (rolo ou carretel).

NOTA 1 No caso de utilização de acessórios pré-moldados, recomenda-se que uma indicação explícita conste na consulta para aquisição de cabos e posteriormente na ordem de compra. As tolerâncias dimensionais para o cabo são objeto de acordo entre fabricante e comprador.

NOTA 2 No caso de exigência do ensaio previsto em 5.1 e 5.3.5-h), recomenda-se que uma indicação explícita conste previamente na consulta e posterior ordem de compra.

# Anexo D

(informativo)

# Recomendações complementares

## Objetivo

Este Anexo apresenta algumas informações complementares à esta Norma para ensaios, inspeção

e garantias.

## Ensaios especiais para cabos com comprimento inferior ao estabelecido em 5.7.4

Recomenda-se que, para fornecimento de cabos com comprimento inferior ao estabelecido em 5.7.4, o fabricante forneça um certificado em que conste que o cabo cumpre os requisitos desta Norma.

## Ensaios de tipo

* + 1. Os ensaios de tipo, efetuados para os cabos de tensão máxima de isolamento produzida pelo fabricante e/ou utilizada pelo comprador, são válidos para os cabos de tensões inferiores, desde que o fabricante assegure que são empregados a mesma construção e os mesmos materiais. É facultado ao comprador solicitar os ensaios de tipo para cada nível de tensão de isolamento dos cabos adquiridos por ele.
    2. Após a realização dos ensaios de tipo, recomenda-se que seja emitido um certificado pelo fabricante ou por entidade reconhecida pelo fabricante e comprador.

NOTA Recomenda-se que a validade do certificado seja condicionada à sua aprovação com a emissão de um documento de aprovação por parte do comprador.

## Ensaios de controle

* + 1. Estes ensaios são realizados normalmente pelo fabricante, com periodicidade adequada, em matéria-prima e semielaborados, bem como durante a produção do cabo e após a sua fabricação.
    2. Após a realização dos ensaios de controle, convém que os resultados sejam registrados adequadamente pelo fabricante. Recomenda-se que estes registros estejam disponíveis ao comprador.

NOTA Caso o fabricante possua um sistema de gestão da qualidade, recomenda-se que os registros de D.4.2 façam parte integrante da documentação.

* + 1. Os ensaios de controle podem substituir os ensaios de recebimento, desde que seja previamente acordado entre o fabricante e o comprador.

NOTA Caso o fabricante possua um sistema de gestão da qualidade, este pode ser certificado pelo comprador ou por um organismo de certificação credenciado.

## Recuperação de lotes para inspeção

O fabricante pode recompor um novo lote, submetendo-o a uma nova inspeção, após terem sido eliminadas as unidades de expedição defeituosas. Em caso de nova rejeição, são aplicáveis as cláusulas contratuais pertinentes.

## Garantias

* + 1. Convém que o período de garantia seja estabelecido de comum acordo entre comprador e fabricante, para o produto considerado defeituoso, devido a eventuais deficiências de projeto, matérias-primas ou fabricação.
    2. As condições são válidas para cabos instalados segundo as ABNT NBR 5410 e ABNT NBR 14039, por pessoa qualificada e utilizados em condições normais ao cabo.