



Cabos de potência não halogenados, com baixa emissão de fumaça, isolados, com cobertura, para tensões de 3 kV a 35 kV – Requisitos de desempenho

APRESENTAÇÃO

1) Este 2º Projeto de Revisão foi elaborado pela Comissão de Estudo de Cabos Isolados (CE-003:020.003) do Comitê Brasileiro de Eletricidade (ABNT/CB-003), nas reuniões de:

14.09.2021		
------------	--	--

- a) é previsto para cancelar e substituir a ABNT NBR 16132:2012, quando aprovado, sendo que nesse ínterim a referida norma continua em vigor;
- b) não tem valor normativo;

2) Aqueles que tiverem conhecimento de qualquer direito de patente devem apresentar esta informação em seus comentários, com documentação comprobatória;

3) Analista ABNT – Newton Ferraz.



Cabos de potência não halogenados, com baixa emissão de fumaça, isolados, com cobertura, para tensões de 3 kV a 35 kV – Requisitos de desempenho

Halogen free, low smoke insulated and sheathed power cables, for rated voltages from 3 kV up to 35 kV – Performance requirements

Prefácio

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) é o Foro Nacional de Normalização. As Normas Brasileiras, cujo conteúdo é de responsabilidade dos Comitês Brasileiros (ABNT/CB), dos Organismos de Normalização Setorial (ABNT/ONS) e das Comissões de Estudo Especiais (ABNT/CEE), são elaboradas por Comissões de Estudo (CE), formadas pelas partes interessadas no tema objeto da normalização.

Os Documentos Técnicos ABNT são elaborados conforme as regras da ABNT Diretiva 2.

A ABNT chama a atenção para que, apesar de ter sido solicitada manifestação sobre eventuais direitos de patentes durante a Consulta Nacional, estes podem ocorrer e devem ser comunicados à ABNT a qualquer momento (Lei nº 9.279, de 14 de maio de 1996).

Os Documentos Técnicos ABNT, assim como as Normas Internacionais (ISO e IEC), são voluntários e não incluem requisitos contratuais, legais ou estatutários. Os Documentos Técnicos ABNT não substituem Leis, Decretos ou Regulamentos, aos quais os usuários devem atender, tendo precedência sobre qualquer Documento Técnico ABNT.

Ressalta-se que os Documentos Técnicos ABNT podem ser objeto de citação em Regulamentos Técnicos. Nestes casos, os órgãos responsáveis pelos Regulamentos Técnicos podem determinar as datas para exigência dos requisitos de quaisquer Documentos Técnicos ABNT.

A ABNT NBR 16132 foi elaborada no Comitê Brasileiro de Eletricidade (ABNT/CB-003), pela Comissão de Estudo de Cabos Isolados (CE-003:020.003). O Projeto de Revisão circulou em Consulta Nacional conforme Edital nº XX, de XX.XX.XXXX a XX.XX.XXXX.

O Escopo em inglês da ABNT NBR 16132 é o seguinte:

Scope

This Standard specifies the requirements for halogen free, low smoke, single-core and multicore, insulated and sheathed power cables for fixed installations.

These cables are to be used in circuits with a rated voltage from 3 kV to 35 kV, according ABNT NBR 14039 Standard.

As an alternative to the regular construction of the single-core cables with a rated voltage 3,6/6 kV or higher, it is specified cables with water blocking barriers in the conductor and/or in the metallic screen, to be used according ABNT NBR 14039 Standard.



Cabos de potência não halogenados, com baixa emissão de fumaça, isolados, com cobertura, para tensões de 3 kV a 35 kV – Requisitos de desempenho

1 Escopo

Esta Norma especifica os requisitos para os cabos de potência não halogenados, com baixa emissão de fumaça, unipolares ou multipolares, isolados, com cobertura, para instalações fixas.

Estes cabos são utilizados em circuitos de geração, distribuição e utilização de energia elétrica em tensões de 3 kV a 35 kV, conforme a ABNT NBR 14039.

Em alternativa à construção normal dos 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, utilizados conforme a ABNT NBR 14039.

2 Referências normativas

Os documentos a seguir são citados no texto de tal forma que seus conteúdos, totais ou parciais, constituem requisitos para este Documento. Para referências datadas, aplicam-se somente as edições citadas. Para referências não datadas, aplicam-se as edições mais recentes do referido documento (incluindo emendas).

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 9511, *Cabos elétricos – Raios mínimos de curvatura para instalação e diâmetros mínimos de núcleos de carretéis para acondicionamento*

ABNT NBR 10495, *Fios e cabos elétricos – Determinação da quantidade de gás ácido halogenado emitida durante a combustão de materiais poliméricos*

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



e estruturas

ABNT NBR 11300, *Fios e cabos elétricos – Determinação da densidade de fumaça emitida em condições definidas de queima – Método de ensaio*

ABNT NBR 11633, *Fios e cabos elétricos – Ensaio de determinação do grau de acidez de gases desenvolvidos durante a combustão de componentes – Método de ensaio*

ABNT NBR 12139, *Fios e cabos elétricos – Ensaio de determinação do índice de toxidez dos gases desenvolvidos durante a combustão dos materiais poliméricos – Método de ensaio*

ABNT NBR 14039, *Instalações elétricas de média 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 IEC 60332-3-22, *Métodos de ensaios para cabos elétricos sob condições de fogo – Parte 3-22: Ensaio de propagação vertical da chama em condutores ou cabos em feixes montados verticalmente – Categoria A*

ABNT NBR NM IEC 60332-3-23, *Métodos de ensaios para cabos elétricos sob condições de fogo – Parte 3-23: Ensaio de propagação vertical da chama em condutores ou cabos em feixes montados verticalmente – Categoria B*

ABNT NBR NM IEC 60332-3-24, *Métodos de ensaios para cabos elétricos sob condições de fogo – Parte 3-24: Ensaio de propagação vertical da chama em condutores ou cabos em feixes montados verticalmente – Categoria C*

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

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

ASTM G155, *Practice For Operating Xenon Arc Light Apparatus For Exposure Of Non-Metallic Materials*

3 Termos e definições

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

3.1

blindagem bloqueada

construção em que é realizado o preenchimento dos interstícios entre a blindagem semicondutora da isolamento 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 por um rolo, uma bobina ou outra forma de acondicionamento acordada

4 Requisitos

4.1 Designação

4.1.1 Pelas tensões de isolamento

Para os efeitos desta Norma, os cabos de potência se caracterizam pela tensão de isolamento, U_0/U , conforme a ABNT NBR 6251.

4.1.2 Pelas partes componentes

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

4.2 Condições em regime permanente

A temperatura no condutor, em regime permanente, não pode ultrapassar 90 °C.

4.3 Condições em regime de sobrecarga

A temperatura no condutor, em regime de sobrecarga, não pode ultrapassar 130 °C. A operação neste regime não pode superar 100 h durante 12 meses consecutivos, nem 500 h durante a vida útil do cabo.

NOTA O cabo, quando submetido ao regime de sobrecarga, tem a sua vida útil 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 dos materiais usados nas emendas e terminais ou em função das condições de instalação.

4.4 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.

4.5 Condutor



4.5.1 O condutor deve ser de cobre ou alumínio e estar de acordo com as ABNT NBR 6251 e ABNT NBR NM 280.

4.5.2 A superfície do condutor de seção maciça ou dos fios componentes do condutor encordado não pode apresentar fissuras, escamas, rebarbas, aspereza, estrias ou inclusões. O condutor pronto não pode apresentar falhas de encordoamento.

4.5.3 O condutor de seção maciça ou os fios componentes do condutor encordado, antes de serem submetidos às 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.

4.6 Bloqueio do condutor

4.6.1 Quando for previsto condutor bloqueado longitudinalmente, 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 essa compatibilidade pelos ensaios de 7.11 ou 7.14.

4.6.2 Quando for previsto condutor bloqueado longitudinalmente, o condutor encordado deve atender aos requisitos do ensaio de 7.18, realizado em amostra de cabo completo ou veia.

4.7 Separador

Quando previsto, o separador deve ser constituído por material não halogenado e estar conforme a ABNT NBR 6251.

4.8 Blindagem do condutor

4.8.1 A blindagem do condutor, quando necessária, deve estar de acordo com a ABNT NBR 6251.

4.8.2 A blindagem constituída por camada extrudada deve estar justaposta ao condutor, facilmente removível e não aderente a ele.

4.8.3 As espessuras média e mínima da blindagem devem ser medidas conforme a ABNT NBR NM IEC 60811-1-1. Pode ser empregado um processo óptico, como projeção de perfil ou equivalente.

4.9 Isolação

4.9.1 A isolamento deve ser constituída por composto extrudado não halogenado termofixo de polietileno reticulado (XLPE ou TR XLPE), ou terpolímero de etilenopropileno (EPR ou HEPR), conforme a ABNT NBR 6251.

4.9.2 A isolamento deve ser contínua e uniforme, ao longo de todo o seu comprimento.

4.9.3 A isolamento dos cabos sem blindagem do condutor ou separador deve estar justaposta ao condutor, facilmente removível e não aderente a ele.

4.9.4 A isolamento dos cabos com blindagem do condutor deve ser aderente a ela, de modo que não seja permitida a existência de vazios entre a blindagem e a isolamento ao longo de todo o seu comprimento.

4.9.5 A espessura nominal da isolamento deve estar de acordo com a ABNT NBR 6251, de acordo com o tipo de composto utilizado (XLPE, TR XLPE, EPR ou HEPR). A ABNT NBR 6251 apresenta duas alternativas de isolamento: espessura plena para isolamento em XLPE, TR XLPE, EPR ou HEPR, e espessura coordenada para isolamento em HEPR.

4.9.6 As espessuras média e mínima da isolamento devem ser medidas conforme a

ABNT NBR NM IEC 60811-1-1. Pode ser empregado um processo óptico, como projeção de perfil ou equivalente.

4.10 Blindagem da isolação

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

4.10.2 O ensaio de aderência da parte semicondutora extrudada da blindagem da isolação deve ser realizado conforme 7.16.

4.10.3 As espessuras média e mínima da blindagem semicondutora da isolação devem ser medidas conforme a ABNT NBR NM IEC 60811-1-1. Pode ser empregado um processo óptico, como projeção de perfil ou equivalente.

4.11 Bloqueio da blindagem metálica

4.11.1 Nos cabos unipolares com construção da blindagem metálica bloqueada longitudinalmente, deve ser aplicado, nos interstícios entre a blindagem semicondutora da isolação e a cobertura, um material ou uma combinação de materiais adequados e compatíveis, química e termicamente, com os componentes do cabo.

4.11.2 O bloqueio deve atender ao ensaio de penetração longitudinal de água previsto em 7.18.

4.11.3 Qualquer construção alternativa para bloqueio transversal é permitida, como a utilização de capa metálica ou fita metálica laminada, por exemplo.

4.12 Reunião dos cabos multipolares

4.12.1 Nos cabos multipolares, as veias devem ser reunidas conforme estabelecido na ABNT NBR 6251.

4.12.2 O passo de reunião para os cabos multipolares deve ser adotado de maneira que seja permitido que o cabo completo atenda aos requisitos do ensaio de dobramento, indicado em 7.8.

4.12.3 A verificação do passo deve ser conforme a ABNT NBR 15443. Não podem ser considerados os comprimentos iniciais da bobina ou do rolo que possam apresentar alterações no passo de reunião.

4.13 Identificação das veias

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

4.14 Capa interna e enchimento

Quando previstos, a capa interna e o enchimento devem ser constituídos por material não halogenado e devem estar conforme a ABNT NBR 6251.

4.15 Capa de separação

4.15.1 Quando prevista, a capa de separação deve ser constituída por um dos materiais indicados em 4.17.1.

4.15.2 As espessuras da capa de separação devem estar de acordo com a ABNT NBR 6251.

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

4.16 Capa metálica e armação

Quando previstas, a capa metálica e a armação devem ser conforme a ABNT NBR 6251.

4.17 Cobertura

4.17.1 A cobertura dos cabos deve ser constituída por composto extrudado poliolefínico termoplástico (SHF1) ou termofixo (SHF2), não halogenado, com características conforme a ABNT NBR 6251.

4.17.2 As espessuras da cobertura devem estar de acordo com a ABNT NBR 6251.

4.17.3 As espessuras da cobertura devem ser medidas conforme a ABNT NBR NM IEC 60811-1-1.

4.18 Marcação no produto

4.18.1 A marcação da cobertura deve ser conforme a ABNT NBR 6251.

4.18.2 No caso de cobertura termoplástica, a marcação em baixo-relevo ou em alto-relevo, ou com tinta, deve ser padronizada.

4.18.3 No caso de cobertura termofixa, a marcação com tinta deve ser padronizada.

4.18.4 Qualquer outro tipo de marcação deve ser objeto de acordo entre o fabricante e o comprador.

5 Inspeção e amostragem

5.1 Condições gerais de inspeção

5.1.1 Os ensaios previstos nesta 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.

5.1.2 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 na Seção 8.

5.2 Ensaios de recebimento (R e E)

5.2.1 Os ensaios de recebimento constituem-se em:

- a) ensaios de rotina (R);
- b) ensaios especiais (E).

5.2.2 Os ensaios de rotina (R) solicitados nesta Norma para os 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.

5.2.3 Os ensaios de rotina (R) solicitados nesta Norma para os 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.

5.2.4 Para os cabos multipolares ou multiplexados, todas as veias devem ser submetidas aos ensaios de rotina.

5.2.5 As verificações e os ensaios especiais (E) solicitados nesta 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 na cobertura, antes e após o envelhecimento, conforme 7.16;
- e) determinação do fator de perdas no dielétrico (tangente δ), em função do gradiente elétrico máximo no condutor, para os cabos com tensões de isolamento superiores a 3,6/6 kV, conforme 7.8;
- f) tensão elétrica de longa duração para os cabos com tensões de isolamento iguais ou inferiores a 3,6/6 kV, conforme 7.12;
- g) aderência da blindagem semicondutora da isolação, para os cabos a campo radial, conforme 7.15;
- h) ensaio de determinação do grau de acidez, conforme 7.19.

Os ensaios especiais (E) devem ser realizados em amostras de cabo completo, ou em comprimentos retirados destas amostras, conforme o critério de amostragem estabelecido em 5.6.3 a 5.6.10, com a finalidade de verificar se o cabo atende às especificações de projeto. No caso de 5.2.5-e), o fator de perdas no dielétrico (tangente δ) deve ser medido na unidade de expedição.

5.3 Ensaios de tipo (T)

5.3.1 Os ensaios de tipo (T) elétricos solicitados nesta Norma para os 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.

5.3.2 O corpo de prova deve ser constituído por um comprimento de cabo completo, de no mínimo 10 m. A seção recomendada do condutor deve ser de 120 mm², ou outra seção em comum acordo entre o fabricante e o comprador, devendo os ensaios ser efetuados para cada tipo de construção, isto é, cabos a campo radial e não radial.

5.3.3 Estes ensaios devem ser realizados conforme a sequência de 5.3.1, no mesmo corpo de prova.

5.3.4 Para os cabos multipolares ou multiplexados, os ensaios descritos em 5.3.1 devem ser realizados em pelo menos uma das veias.

5.3.5 Os ensaios de tipo (T) elétricos solicitados nesta Norma para os 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;
- d) dobramento, seguido de ensaio de descargas parciais, conforme 7.7;
- e) determinação do fator de perdas no dielétrico (tangente δ), em função do gradiente elétrico máximo no condutor, conforme 7.8;
- f) determinação do fator de perdas no dielétrico (tangente δ), em função da temperatura, conforme 7.9;
- g) ciclos térmicos, conforme 7.10;
- h) tensão elétrica de impulso, seguido de ensaio de tensão elétrica de *screening*, conforme 7.11;
- i) resistividade elétrica das blindagens semicondutoras, conforme a ABNT NBR 6251.

5.3.6 O corpo de prova deve ser constituído por um comprimento de cabo completo, de no mínimo 10 m. A seção recomendada do condutor é de 120 mm² e a tensão de isolamento deve ser a máxima produzida pelo fabricante e/ou indicada nesta Norma.

5.3.7 Todos os ensaios devem ser realizados conforme a sequência de 5.3.5, no mesmo corpo de prova.

5.3.8 Para os cabos multipolares ou multiplexados, os ensaios de 5.3.5 devem ser realizados em pelo menos uma das veias.

5.3.9 As verificações e os ensaios de tipo (T) não elétricos solicitados nesta 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 da cobertura, conforme 7.16;
- e) envelhecimento em amostra de cabo completo para os cabos com tensões de isolamento iguais ou inferiores a 3,6/6 kV, conforme 7.13;
- f) ensaio de queima vertical (fogueira), conforme 7.14;



- g) aderência da blindagem semicondutora da isolação para os cabos a campo radial, conforme 7.15;
- h) penetração longitudinal de água, quando aplicável, conforme 7.17;
- i) ensaio de análise qualitativa para determinação da presença de halogênio, nitrogênio e enxofre, conforme 7.18;
- j) ensaio de determinação do grau de acidez, conforme 7.19;
- k) ensaio de determinação da quantidade de gás ácido, conforme 7.20;
- l) ensaio de determinação do índice de toxidez, conforme 7.21;
- m) ensaio de densidade de fumaça, conforme 7.22;
- n) ensaios mecânicos e inspeção visual no composto da cobertura após o envelhecimento artificial em câmara UV, conforme 7.23, se previamente requerido.

5.3.10 Para os cabos multipolares ou multiplexados, o ensaio de 5.3.9-a) deve ser realizado em todas as veias.

5.3.11 Deve-se utilizar um comprimento suficiente de cabo completo, retirado previamente da amostra coletada para os ensaios de tipo elétricos, com exceção do ensaio de 5.3.9-b), que pode ser realizado em corpos de prova obtidos de placa do material utilizado.

5.3.12 Os ensaios de tipo devem ser realizados, de modo geral, uma única vez, com a finalidade de demonstrar o comportamento satisfatório 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 seu desempenho.

5.3.13 Modificação do projeto do cabo, para os efeitos desta Norma, é 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, do material das blindagens semicondutoras, da capa interna, da capa de separação ou da cobertura;
- 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 essa alternativa seja permitida;
- d) utilização de proteções metálicas que possam afetar os componentes subjacentes do cabo.

5.3.14 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 os cabos multiplexados com tensões iguais ou superiores a 3,6/6 kV a campo radial, podem ser realizados somente em um cabo unipolar constituinte do mesmo projeto.

NOTA O Anexo E apresenta recomendações complementares.

5.3.15 O ensaio de tipo complementar apresentado nesta Norma é o ensaio de determinação do coeficiente por graus Celsius, para correção da resistência de isolamento. Este ensaio deve ser previamente realizado pelo fabricante, conforme 7.5.6.

5.4 Ensaios de controle

Todos os ensaios elétricos e não elétricos apresentados nesta 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 o objetivo de assegurar que os materiais e processos utilizados atendam aos requisitos desta Norma.

NOTA O Anexo E apresenta recomendações complementares.

5.5 Ensaios durante e após a instalação

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

5.5.1 Ensaio em C.A.

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

- a) aplicação, por 5 min, da tensão equivalente entre fases do sistema entre o condutor e a blindagem metálica; ou
- b) aplicação, por 24 h, da tensão entre fase e terra do sistema entre o condutor e a blindagem; ou
- c) aplicação, por 15 min, da tensão RMS de $3 U_0$ entre o condutor e a blindagem, a uma frequência de 0,1 Hz.

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

5.5.2 Ensaio em C.C.

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

- a) 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
- b) após a conclusão da instalação do cabo e seus acessórios, e antes de estes 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
- c) 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 com valor igual a 65 % do valor dado na Tabela 3, durante 5 min consecutivos.

5.6 Critérios de amostragem

5.6.1 Todas as unidades de expedição, exceto as acondicionadas em rolos, devem ser submetidas a todos os ensaios de rotina.

5.6.2 Os ensaios especiais (E) devem ser realizados em amostras de cabo completo, ou em componentes retirados destas amostras, 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.

5.6.3 Os ensaios especiais devem ser feitos para ordens de compra que excedam 2 km de cabos multipolares ou multiplexados, ou 4 km de cabos unipolares, com a mesma seção e construção. Para as ordens de compra com vários itens com a mesma construção e com os mesmos materiais componentes, apenas com seções diferentes, os ensaios especiais podem ser realizados em um único item, preferencialmente no com maior comprimento.

NOTA O Anexo E apresenta recomendações complementares.

5.6.4 A quantidade de amostras requeridas deve estar conforme a Tabela 1.

5.6.5 A amostra deve ser constituída por um comprimento suficiente de cabo, retirado de uma das extremidades de unidades quaisquer de expedição, após ter sido eliminada, se necessário, qualquer porção do cabo que tenha sofrido danos.

5.6.6 Para o ensaio de 5.2.5-f), o corpo de prova deve ser constituído por um único comprimento útil com no mínimo 5 m de cabo.

5.6.7 Para o ensaio de 5.2.5-g), o corpo de prova deve ser constituído por um único comprimento útil com 0,40 m de cabo.

5.6.8 O ensaio de 5.2.5-e) deve ser realizado sobre unidade(s) completa(s) de expedição.

5.6.9 Para os cabos multipolares, todos os ensaios e verificações devem ser realizados em todas as veias.

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.				

6 Aceitação e rejeição

6.1 Inspeção visual

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

NOTA O Anexo E apresenta recomendações complementares.

6.2 Ensaios de rotina – Ensaios especiais

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

6.2.1 Nas amostras obtidas conforme 5.6, devem ser realizados os ensaios especiais estabelecidos em 5.2.5. Devem ser aceitos os lotes que satisfizerem os requisitos especificados.

6.2.2 Se nos ensaios especiais, com exceção do previsto em 5.2.5-a), resultarem valores que não satisfaçam os requisitos especificados, o lote do qual foi retirada a amostra pode ser rejeitado.

6.2.3 Nos ensaios de verificação da construção do cabo conforme 5.2.5-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 devem ser 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 E apresenta recomendações complementares.

7 Ensaios

7.1 Resistência elétrica dos condutores (R e T)

7.1.1 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.

7.1.2 O ensaio deve ser realizado conforme a ABNT NBR 6814.

7.2 Tensão elétrica na isolação (R e T)

7.2.1 Este ensaio é requerido para os cabos com tensões de isolamento iguais ou inferiores a 3,6/6 kV, como ensaio de rotina e de tipo.

7.2.2 Para os 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.

7.2.3 Para os 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.

7.2.4 Para os 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 condutores 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.

7.2.5 Para os 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.

7.2.6 O cabo, quando submetido à tensão elétrica alternada, com frequência de 48 Hz a 62 Hz, com o 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_0/U (kV)	1,8/3	3,6/6
Tensão de ensaio (kV)	6,5	11
NOTA Os valores de tensão elétrica alternada de ensaio correspondem a $2,5 U_0 + 2,0$ kV.		

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

Tabela 3 — Valores de tensão elétrica contínua

Tensão de isolamento U_0/U (kV)	1,8/3	3,6/6	6/10	8,7/15	12/20	15/25	20/35
Tensão de ensaio (kV)	15,5	26,5	36	53	72	90	120
NOTA 1 Os valores de tensão elétrica contínua de ensaio correspondem a $2,4 \times (2,5 U_0 + 2,0)$ kV, para os cabos com tensões de isolamento iguais ou inferiores a 3,6/6 kV, e a $2,4 \times 2,5 U_0$, para os cabos com tensões de isolamento superiores a 3,6/6 kV.							
NOTA 2 Os valores correspondentes às tensões de isolamento superiores a 3,6/6 kV são utilizados como referência para o cálculo das tensões de ensaios durante e após a instalação, conforme 5.6.							

7.2.8 O ensaio deve ser realizado conforme a ABNT NBR 6881.

7.3 Tensão elétrica de *screening* na isolação (R e T)

7.3.1 Este ensaio é requerido para os cabos a campo radial com tensões de isolamento superiores a 3,6/6 kV, como ensaio de rotina e de tipo.

7.3.2 Para os cabos unipolares ou multiplexados, a tensão elétrica deve ser aplicada entre o condutor e a blindagem metálica.

7.3.3 Para os cabos multipolares, 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.

7.3.4 O valor eficaz da tensão elétrica aplicada deve corresponder ao calculado pelas seguintes equações:

$$U = E \times S_e$$

onde

$$S_e = \frac{d}{2} \times \ln\left(\frac{D}{d}\right)$$

$$d = dc + 0,8$$

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 pelas seguintes equações:

$$dc = 2r$$

$$D = d + 2e$$

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.

7.3.5 O valor eficaz da tensão elétrica alternada, à frequência de 48 Hz a 62 Hz, é calculado em função do gradiente elétrico máximo do condutor, pelas equações dadas em 7.3.4.

7.3.6 Os valores calculados da tensão elétrica para cada tensão de isolamento constam nas Tabelas 4 e 5.

7.3.7 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.

7.3.8 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 mm ²	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

Tabela 4 (conclusão)

Seção nominal do condutor mm ²	Tensão de ensaio kV				
	6/10	8,7/15	12/20	15/25	20/35
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
630	37	47	56	67	83
800	37	48	57	68	84
1 000	37	48	58	69	86

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

Seção nominal do condutor mm ²	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	—
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
630	31	38	47	52	64

7.4 Resistência de isolamento à temperatura ambiente (R e T)

7.4.1 Este ensaio é requerido para os cabos com tensões de isolamento iguais ou inferiores a 3,6/6 kV, como ensaio de rotina e de tipo.

7.4.2 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 pela seguinte equação:

$$Ri = Ki \times \left(\frac{D}{d}\right)$$

onde

Ri é a resistência de isolamento, expressa em megaohms.kilômetro (MΩ.km);

Ki 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 os 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 a sua blindagem).

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

7.4.4 As conexões do cabo ao instrumento de medição devem ser realizadas de acordo com o indicado para o ensaio de tensão elétrica (ver 7.2), conforme o tipo de construção do cabo.

7.4.5 O ensaio de resistência de isolamento deve ser realizado após o ensaio de tensão elétrica, conforme 7.3. 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 água.

7.4.6 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 na 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 constante de isolamento elevada, o que pode dificultar a determinação do coeficiente por grau Celsius. Nestes casos, deve ser aceito o menor coeficiente dado na Tabela A.1.

7.4.7 O ensaio de resistência de isolamento deve ser realizado conforme a ABNT NBR 6813.

7.4.8 Quando este ensaio for realizado como ensaio de tipo, para os 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.

7.5 Resistência de isolamento a 90 °C (T)

7.5.1 Este ensaio é requerido para os cabos com tensões de isolamento iguais ou inferiores a 3,6/6 kV.

7.5.2 A resistência de isolamento da(s) veia(s) a (90 ± 2) °C, referida a um comprimento de 1 km, não pode ser inferior ao valor calculado pela equação dada em 7.4.2, tomando-se a constante de isolamento $Ki = 3,7$ MΩ.km.

7.5.3 Para os 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 isolamento. O corpo de prova deve ser mantido na água, pelo menos por 2 h, à temperatura especificada, antes de se efetuar a medição.

7.5.4 Para os cabos blindados individualmente, a temperatura no condutor pode ser obtida pela colocação do corpo de prova de 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 pela resistência elétrica do(s) condutor(es) ou pela medição da temperatura na superfície da blindagem metálica. A medição deve ser feita após a estabilização térmica do corpo de prova, na temperatura especificada.

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

7.5.6 O ensaio deve ser executado conforme a ABNT NBR 6813.

7.6 Descargas parciais (R e T)

7.6.1 Este ensaio é requerido para os cabos a campo radial, com tensões de isolamento superiores a 3,6/6 kV.

7.6.2 A tensão elétrica aplicada entre o condutor e a blindagem da isolamento 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.

7.6.3 Para os cabos multipolares ou multiplexados, cada veia deve ser ensaiada individualmente.

7.6.4 O cabo, quando submetido à tensão elétrica alternada, com os 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.

7.6.5 Os valores eficazes das tensões elétricas alternadas de exploração e medição, à 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.

7.6.6 O ensaio deve ser realizado conforme a ABNT NBR 7294.

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

Seção nominal do condutor mm ²	Tensão de ensaio kV									
	6/10		8,7/15		12/20		15/25		20/35	
	Tensão de exploração	Tensão de medição	Tensão de exploração	Tensão de medição	Tensão de exploração	Tensão de medição	Tensão de exploração	Tensão de medição	Tensão de exploração	Tensão de medição
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



Tabela 6 (conclusão)

Seção nominal do condutor mm ²	Tensão de ensaio kV									
	6/10		8,7/15		12/20		15/25		20/35	
	Tensão de exploração	Tensão de medição	Tensão de exploração	Tensão de medição	Tensão de exploração	Tensão de medição	Tensão de exploração	Tensão de medição	Tensão de exploração	Tensão de medição
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
630	21	18	27	24	33	28	39	33	48	41
800	22	19	28	24	33	28	40	34	49	42
1 000	22	19	28	24	34	29	40	35	50	43
Legenda Expl. tensão de exploração Med. tensão de medição										

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

Seção nominal do condutor mm ²	Tensão de ensaio kV									
	6/10		8,7/15		12/20		15/25		20/35	
	Tensão de exploração	Tensão de medição	Tensão de exploração	Tensão de medição	Tensão de exploração	Tensão de medição	Tensão de exploração	Tensão de medição	Tensão de exploração	Tensão de medição
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



Tabela 7 (conclusão)

Seção nominal do condutor mm ²	Tensão de ensaio kV									
	6/10		8,7/15		12/20		15/25		20/35	
	Tensão de exploração	Tensão de medição	Tensão de exploração	Tensão de medição	Tensão de exploração	Tensão de medição	Tensão de exploração	Tensão de medição	Tensão de exploração	Tensão de medição
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
630	18	15	22	19	27	24	30	26	38	32
Legenda Expl. tensão de exploração Med. tensão de medição										

7.7 Dobramento (T)

7.7.1 Este ensaio é requerido para os cabos a campo radial, com tensões de isolamento superiores a 3,6/6 kV.

7.7.2 O corpo de prova, à temperatura ambiente, deve ser enrolado em um tambor, evitando-se movimentos bruscos por pelo menos uma volta completa; em seguida, deve ser desenrolado e o processo deve ser repetido, após girar o corpo de prova 180° em torno de seu eixo. Este ciclo de operações deve ser repetido mais duas vezes.

7.7.3 O diâmetro do tambor deve corresponder ao raio mínimo de curvatura para a instalação, estabelecido na ABNT NBR 9511, em função do tipo de construção do cabo. É admitida uma tolerância de $\pm 5\%$ sobre o valor calculado.

7.7.4 Após completados os três ciclos de dobramento, o corpo de prova deve ser submetido ao ensaio de descargas parciais, conforme 7.6.

7.8 Determinação do fator de perdas no dielétrico (tangente δ) em função do gradiente elétrico máximo no condutor (E e T)

7.8.1 Este ensaio é requerido para os cabos a campo radial, com tensões de isolamento superiores a 3,6/6 kV.

7.8.2 O fator de perdas no dielétrico (tangente δ) deve ser medido na unidade de expedição (ensaio especial) ou em corpo de prova mecanicamente condicionado, conforme descrito em 7.9 (ensaio de tipo).

7.8.3 Os valores eficazes das tensões elétricas alternadas, à 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.



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

Seção nominal do condutor mm ²	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
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
630	6	12	24	8	16	31	9	19	37	11	22	45	14	28	55
800	6	12	25	8	16	32	9	19	38	11	23	45	14	28	56
1 000	6	12	25	8	16	32	10	19	38	12	23	46	14	29	57

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

Seção nominal do condutor mm ²	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
630	5	10	20	6	13	25	8	16	31	9	17	34	11	21	43

7.8.4 Os valores medidos não podem exceder os valores estabelecidos nas Tabelas 8 e 9.

7.8.5 O ensaio deve ser realizado conforme a ABNT NBR 7295.

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

7.9.1 Este ensaio é requerido para os cabos a campo radial, com tensões de isolamento superiores a 3,6/6 kV.

7.9.2 O corpo de prova deve ser aquecido por meio de um dos procedimentos estabelecidos em 7.5.4.

7.9.3 O fator de perdas no dielétrico (tangente δ) deve ser medido no corpo de prova, à temperatura de $(90 \pm 2)^\circ\text{C}$, com tensão elétrica alternada, à frequência de 48 Hz a 62 Hz, com valor correspondente ao gradiente elétrico máximo do condutor de 2 kV/mm, calculado conforme 7.3.4.

7.9.4 Os valores medidos não podem exceder os estabelecidos na Tabela 10.

7.9.5 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:	
			— Máxima tangente δ a 4 kV/mm	40×10^{-4}
			— Máximo incremento da tangente δ entre 2 kV/mm e 8 kV/mm	20×10^{-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:	
			— Máxima tangente δ à temperatura de $(90 \pm 2) ^\circ\text{C}$	80×10^{-4}

7.10 Ciclos térmicos (T)

7.10.1 Este ensaio é requerido para os cabos a campo radial, com tensões de isolamento superiores a 3,6/6 kV.

7.10.2 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 a instalação em função do tipo de construção do cabo, estabelecido na ABNT NBR 9511. São permitidas a colocação do corpo de prova em um eletroduto não metálico, a fim de facilitar a realização do ensaio, e a utilização de uma veia blindada ou um cabo unipolar, para os cabos multipolares ou multiplexados.

7.10.3 Antes do início do ensaio de ciclos térmicos, o corpo de prova deve ser submetido à sequência de ensaios de 5.3.5-a) a f) e i).

7.10.4 Durante 30 dias, o corpo de prova deve ser submetido continuamente à tensão elétrica alternada, à frequência de 48 Hz a 62 Hz, com valor correspondente ao gradiente elétrico máximo no condutor de 8 kV/mm, calculado conforme 7.3.4. Interrupções eventuais devem ser compensadas.

7.10.5 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 $(130 \pm 3) ^\circ\text{C}$, no condutor, por um tempo mínimo de 6 h contínuas, a cada dia útil.

7.10.6 No 15º dia, o corpo de prova deve ser submetido aos ensaios de 5.3.5-c), e) e f).

7.10.7 O corpo de prova, após ser submetido aos ciclos térmicos sob tensão elétrica, isto é, no término do ensaio (30º dia), deve atender aos requisitos estabelecidos em 5.3.5-c), e) e f) e aos valores da resistividade elétrica máxima à temperatura de operação das camadas semicondutoras, estabelecidos na ABNT NBR 6251.

7.11 Tensão elétrica de impulso (T)

7.11.1 Este ensaio é requerido para os cabos a campo radial, com tensões de isolamento superiores a 3,6/6 kV.

7.11.2 O corpo de prova, à temperatura de $(95 \pm 2) ^\circ\text{C}$ no condutor, deve suportar, sem falhas, dez impulsos positivos e dez impulsos negativos de tensão, com o valor de crista estabelecido na Tabela 11.

7.11.3 O ensaio deve ser realizado conforme a ABNT NBR 7296.

7.11.4 Após a realização do ensaio de impulso, o corpo de prova deve ser submetido, à temperatura ambiente, ao ensaio elétrico de *screening*, conforme 7.3.

Tabela 11 — Tensão elétrica suportável de impulso atmosférico do cabo

Tensão de isolamento U_0/U	Tensão de ensaio a impulso U_p
kV (valor eficaz)	kV (valor de crista)
6/10	75
8,7/15	110
12/20	125
15/25	150
20/35	200

7.12 Tensão elétrica de longa duração (E e T)

7.12.1 Este ensaio é requerido para os cabos com tensões de isolamento iguais ou inferiores a 3,6/6 kV e deve ser realizado à temperatura ambiente.

7.12.2 Para os cabos não blindados individualmente, o ensaio deve ser realizado 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.

7.12.3 Para os 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(ns).

7.12.4 O corpo de prova, quando submetido à tensão elétrica alternada, à frequência de 48 Hz a 62 Hz, de valor eficaz $3 U_0$, pelo tempo de 4 h, não pode apresentar perfuração.

7.12.5 O ensaio deve ser realizado conforme a ABNT NBR 6881.

7.13 Envelhecimento em cabo completo (T)

7.13.1 Este ensaio é requerido para os 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.

7.13.2 A amostra deve ser envelhecida em estufa a ar, a uma temperatura de $(100 \pm 2) ^\circ\text{C}$, durante 168 h.

7.13.3 Os corpos de prova correspondentes à isolação, a capa de separação (quando esta existir) e a cobertura, retirados de amostras do cabo completo após o envelhecimento, devem atender aos requisitos de tração e alongamento à ruptura, indicados 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.

7.14 Ensaio de queima vertical (fogueira) (T)

7.14.1 Os cabos devem atender à categoria C de queima, conforme a ABNT NBR NM IEC 60332-3-24.

7.14.2 Em função das condições específicas de instalação, podem ser requeridas categoria B de queima, conforme a ABNT NBR NM IEC 60332-3-23, ou categoria A, conforme a ABNT NBR NM IEC 60332-3-22.

7.15 Aderência da blindagem semicondutora da isolamento (E e T)

7.15.1 Este ensaio é requerido para os cabos a campo radial, com blindagem semicondutora da isolamento extrudada.

7.15.2 No corpo de prova indicado em 5.6.7, a camada semicondutora da isolamento deve ser cortada longitudinalmente, até atingir-se levemente a isolamento. 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, sendo mantida em um ângulo de aproximadamente 90° em relação à veia, durante o ensaio. A tira deve ser inserida na garra superior, e a veia, com um dispositivo adequado, deve ser inserida na garra inferior da máquina de tração. O corpo de prova deve ser submetido à tração, aumentando a velocidade até que a tira se separe da isolamento, com uma velocidade de 12 mm/s.

7.15.3 Ambas as extremidades do corpo de prova devem ser ensaiadas (em sentidos contrários), sendo as tiras cortadas diametralmente opostas. Cada ensaio deve terminar no centro do corpo de prova.

7.15.4 O ensaio deve ser realizado à temperatura ambiente, devendo-se registrar as forças máximas e mínimas de tração, na velocidade especificada, para cada um dos ensaios.

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

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

7.16 Ensaios físicos nos componentes do cabo (E e T)

Os ensaios físicos nos componentes do cabo 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 isolamento e cobertura, quando aplicável.

7.17 Penetração longitudinal de água

7.17.1 Este requisito é aplicável aos cabos com condutor bloqueado e/ou blindagem bloqueada longitudinalmente.

7.17.2 Durante a realização do ensaio, não pode ocorrer vazamento de água pelas extremidades do corpo de prova, pelos interstícios do condutor (quando o condutor for bloqueado) ou do bloqueio da blindagem (quando a blindagem for bloqueada).

7.17.3 Este ensaio deve ser realizado conforme o Anexo B.

7.18 Ensaio de análise qualitativa, para determinação da presença de halogênios, nitrogênio e enxofre (T)

7.18.1 Este ensaio deve ser realizado em todos os tipos de cabos e materiais previstos nesta Norma.



7.18.2 Os corpos de prova correspondentes à capa interna, capa de separação, enchimentos (se existirem), isolamento e cobertura, retirados de amostra de cabo completo, devem ser ensaiados para a determinação qualitativa de flúor, cloro, bromo, iodo, nitrogênio e enxofre.

7.18.3 Caso seja constatada a presença de algum destes elementos, o seu conteúdo deve ser determinado conforme 7.20 e 7.21. No caso de não ser constatada a presença de halogênio, é dispensada a realização do ensaio de 7.20.

7.18.4 O ensaio deve ser realizado conforme o Anexo C.

7.19 Ensaio de determinação do grau de acidez (E e T)

7.19.1 Este ensaio deve ser realizado nos tipos de cabos e materiais previstos nesta Norma, com exceção dos corpos de prova correspondentes à capa interna, capa de separação, enchimentos (se existirem), isolamento e cobertura de uma amostra de cabo completo, devendo ser atendidos os valores especificados no método de ensaio.

7.19.2 O ensaio deve ser realizado conforme a ABNT NBR 11633.

7.20 Ensaio de determinação da quantidade de gás ácido (T)

7.20.1 Este ensaio deve ser realizado nos tipos de cabos e materiais previstos nesta Norma.

7.20.2 Os corpos de prova correspondentes à capa interna, capa de separação, enchimentos (se existirem), isolamento e cobertura, retirados da amostra do cabo completo, devem atender ao valor máximo especificado de 5 mg/g de conteúdo de gás ácido.

7.20.3 O ensaio deve ser realizado conforme a ABNT NBR 10495.

7.21 Ensaio de determinação do índice de toxidez (T)

7.21.1 Este ensaio deve ser realizado nos tipos de cabos e materiais previstos nesta Norma, com exceção dos corpos de prova correspondentes à capa interna, capa de separação, enchimentos (se existirem) e cobertura de uma amostra de cabo completo, ensaiados quanto ao conteúdo de gases tóxicos na fumaça, após a combustão, devendo apresentar índices de toxidez iguais ou inferiores a 5.

7.21.2 Quando previamente requerido como exigência adicional, este ensaio pode ser realizado para avaliar o índice de toxidez do material da isolamento, devendo apresentar índices iguais ou inferiores a 1,5.

7.21.3 O ensaio deve ser realizado conforme a ABNT NBR 12139.

NOTA Recomenda-se que os resultados deste ensaio, quando avaliados isoladamente, sejam usados somente para comparação de riscos potenciais entre os vários materiais utilizados na fabricação de cabos. Ver o método de ensaio definido na norma ABNT NBR 12139.

7.22 Ensaio de determinação da densidade de fumaça (T)

7.22.1 Este ensaio deve ser realizado nos tipos de cabos e materiais previstos nesta Norma.

7.22.2 Os corpos de prova de cabo completo devem ser preparados e ensaiados conforme a ABNT NBR 11300, devendo atender aos valores mínimos de transmitância nela estabelecidos.

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

7.23.1 Estes ensaios em *wheaterometer* destinam-se somente aos cabos rotulados como resistentes às

intempéries (radiação solar ultravioleta), previstos para instalação exposta ao sol.

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

7.23.3 Os corpos de prova devem ser submetidos às condições de ensaio por 720 h.

7.23.4 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.

7.23.5 Após o tempo de exposição especificado em 7.23.3, 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.

7.23.6 Constitui falha o não atendimento ao descrito em 7.23.5.

8 Marcação, rotulagem e embalagem

8.1 Acondicionamento e fornecimento

8.1.1 Os cabos devem ser acondicionados de maneira que fiquem protegidos durante o manuseio, transporte e armazenagem. O acondicionamento deve ser em carretel, que deve ter resistência adequada e ser isento de defeitos que possam danificar o produto.

8.1.2 Para cada unidade de expedição, a incerteza máxima exigida na quantidade efetiva deve de ± 1 % em comprimento.

8.1.3 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.

8.1.4 Os carretéis devem possuir dimensões conforme a ABNT NBR 11137, sendo respeitados os limites de curvatura indicados na ABNT NBR 9511.

8.1.5 As extremidades dos cabos acondicionados em carretéis devem ser convenientemente seladas com capuzes de vedação ou com fita autoaglomerante, e devem ser resistentes às intempéries, a fim de evitar a penetração de umidade durante manuseio, transporte e armazenagem.

8.1.6 O Anexo D fornece os dados mínimos para as informações de encomendas dos cabos.

8.2 Marcação

8.2.1 Externamente, os carretéis devem ser marcados, nas duas faces laterais, diretamente sobre o disco e/ou por meio de etiquetas, com caracteres legíveis e indelévels, com no mínimo as seguintes informações:

- a) nome e identificação do fabricante e país de origem;
- b) tipo de construção (somente se bloqueada);
- c) tensão de isolamento (U_0/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 (XLPE, TR XLPE, EPR ou HEPR) 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 informação deve também constar como requisito de marcação no carretel.



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
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



ABNT/CB-003
PROJETO DE REVISÃO ABNT NBR 16132
JAN 2022

Tabela A.1 (conclusão)

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
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

B.1 Objetivo

Este Anexo apresenta o método de ensaio para 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 aos cabos submarinos.

B.2 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.

B.3 Execução do ensaio

B.3.1 Penetração de água pelo bloqueio da blindagem metálica

B.3.1.1 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 deve ser submetido a um condicionamento mecânico, por meio de dobramento, de pelo menos uma volta completa ao redor de um tambor com diâmetro conforme a seguinte equação:

$$20 \times (d + D) + 5 \%$$

onde

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

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

B.3.1.2 Após o dobramento, na parte central do corpo de prova, um anel com 5 cm de largura deve ser removido da cobertura, 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).

B.3.1.3 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, por meio de perfuração por broca com diâmetro aproximadamente igual ao do sensor.

B.3.1.4 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.

B.3.1.5 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 $(90 \pm 2) ^\circ\text{C}$ e, por 4 h, sob resfriamento natural.

B.3.1.6 Após a aplicação dos três ciclos térmicos, a água do tubo deve ser drenada.

B.3.2 Penetração de água pelo bloqueio do condutor

B.3.2.1 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 o ensaio do bloqueio do condutor. Neste caso, não podem ser repetidos os ciclos térmicos indicados em B.3.1.5.

B.3.2.2 O condicionamento mecânico, conforme previsto em B.3.1.1, pode ser omitido, se for efetuado somente o ensaio de penetração de água no condutor.

B.3.2.3 Na parte central do corpo de prova, um anel de 5 cm de largura deve ser removido 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.

B.3.2.4 Inicialmente, o corpo de prova deve ser submetido aos ciclos térmicos de B.3.1.5, porém sem a presença de água.

B.3.2.5 Após a aplicação dos ciclos térmicos, a temperatura no condutor deve ser elevada a $(90 \pm 2) ^\circ\text{C}$ e mantida assim durante 2 h ininterruptas.

B.3.2.6 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), sendo mantido nesta condição durante 24 h, drenando-se a água em seguida.

B.4 Resultados

O cabo deve ser considerado bloqueado longitudinalmente quando não fluir água pelas extremidades do corpo de prova.

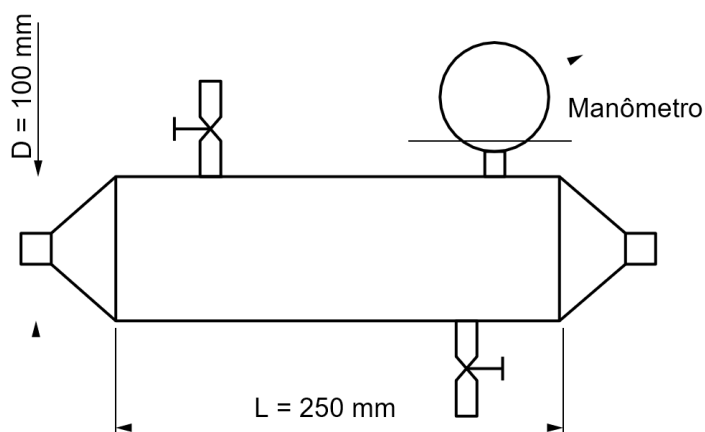


Figura B.1 – Tubo com bocais

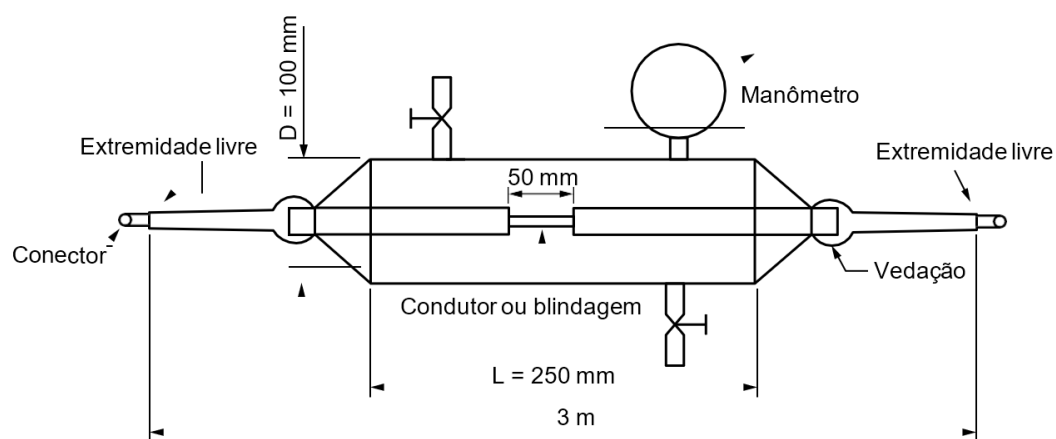


Figura B.2 – Esquema do ensaio

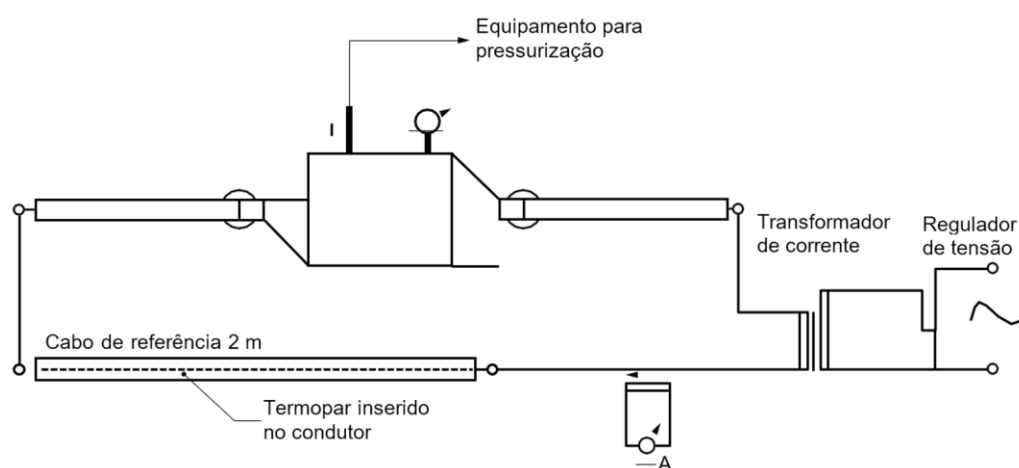


Figura B.3 – Esquema do circuito de ensaio

Anexo C (normativo)

Análise qualitativa para determinação da presença de halogênios, nitrogênio e enxofre

C.1 Objetivo

Este Anexo apresenta o método de ensaio (Lassaigne) para a determinação qualitativa de flúor, cloro, bromo, iodo, nitrogênio e enxofre, em compostos poliméricos.

C.2 Aparelhagem

A aparelhagem necessária para a execução do ensaio é a seguinte:

- a) tubo de ensaio pyrex de 150 mm × 12 mm;
- b) garra forrada com amianto ou cortiça;
- c) capela;
- d) bico de Bunsen;
- e) béqueres de 50 mL e 250 mL;
- f) funil;
- g) papel de filtro;
- h) chapa de aquecimento.

C.3 Execução do ensaio

C.3.1 Reagentes

Os reagentes necessários para a execução do ensaio são os seguintes:

- a) sódio metálico;
- b) álcool metílico;
- c) água destilada;
- d) solução de ácido nítrico 5 N;
- e) solução de nitrato de prata 0,1 N;
- f) solução de ácido acético 50 %;
- g) solução de nitrato de zircônio 0,1 %;

- h) solução de alizarina S 0,1 %;
- i) solução de sulfato ferroso 5 %;
- j) solução de ácido sulfúrico 5 N;
- k) solução de cloreto férrico 5 %;
- l) solução de nitroprussiato de sódio 5 %.

C.3.2 Fusão da amostra

C.3.2.1 Manter o tubo de ensaio preso verticalmente na garra forrada com amianto ou cortiça. Colocar um cubo com cerca de 4 mm de lado (aproximadamente 0,04 g) de sódio metálico recentemente cortado no tubo e aquecer até que os vapores de sódio alcancem 4,5 cm do tubo de ensaio. Adicionar cerca de 0,05 g de amostra, de preferência em pequenas porções, diretamente aos vapores de sódio. Deve-se ter cuidado porque pode haver pequena explosão. Aquecer o tubo ao rubro durante 1 min.

C.3.2.2 Deixar esfriar e adicionar 3 mL a 4 mL de álcool metílico para decompor algum resíduo de sódio não reagido. Encher até a metade com água destilada. Ferver moderadamente durante alguns minutos, em banho-maria. Filtrar e utilizar o filtrado (solução I) para os ensaios de E.3.3. O filtrado deve ser límpido e incolor. Se houver qualquer indicação de fusão incompleta, repetir o procedimento de fusão.

C.3.3 Ensaios específicos

C.3.3.1 Cloro, bromo e iodo – Reação com o nitrato de prata

Acidificar 2 mL da solução I com ácido nítrico e aquecer, em banho-maria, por 2 min a 3 min. Adicionar três gotas de solução de nitrato de prata. Um precipitado indica a presença de cloro, bromo ou iodo. O cloreto de prata é branco, o brometo de prata é amarelo-pálido e o iodeto de prata é amarelo. Se aparecer somente uma fraca turbidez, isso pode ser devido à presença de impurezas nos reagentes ou no tubo de ensaio utilizado na fusão com o sódio.

C.3.3.2 Flúor – Reação com alizarina S e zircônio

Impregnar um papel de filtro com mistura 1:1 de solução de nitrato de zircônio e solução de alizarina S, e acidificar com ácido acético. Acidificar 2 mL da solução I com ácido acético, aquecer em banho-maria e esfriar. Colocar uma gota desta solução sobre o papel de filtro. A cor vermelha do papel de filtro se torna amarela, indicando a presença de flúor.

C.3.3.3 Nitrogênio – Reação com cloreto férrico

Adicionar três gotas de solução de sulfato ferroso recentemente preparada à solução I. Aquecer em banho-maria e esfriar. Acidificar com ácido sulfúrico e juntar uma gota de solução de cloreto férrico. Um precipitado azul de ferrocianeto férrico (azul da Prússia) indica a presença de nitrogênio.

C.3.3.4 Enxofre – Reação com nitroprussiato de sódio

Adicionar duas gotas de solução de nitroprussiato de sódio a 2 mL da solução I. Uma cor azul-violeta indica a presença de enxofre.



C.4 Resultados

Preparar um relatório indicando os elementos encontrados na amostra.

Anexo D (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_0/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 isolamento;
- e) tipo de blindagem (se requerida);
- f) tipo de armação (se requerida);
- g) material de cobertura;
- h) quando requerida classe de queima diferente da “C”, uma informação explícita sobre isso na ordem de compra;
- i) quando requerida a realização do ensaio previsto em 7.21.2, uma informação explícita sobre isso na ordem de compra;
- j) quando requerida a necessidade da característica de resistência à UV, uma informação explícita sobre isso na ordem de compra;
- k) número desta Norma;
- l) comprimento total a ser adquirido, expresso em metros (m);
- m) comprimento das unidades de expedição, expresso em metros (m);

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

Anexo E (informativo)

Recomendações complementares

E.1 Objetivo

Este Anexo apresenta algumas recomendações complementares a esta Norma para ensaios, inspeção e garantias.

E.2 Ensaios especiais para os cabos com comprimento inferior ao estabelecido em 5.7.4

Recomenda-se que, para o 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.

E.3 Ensaios de tipo

E.3.1 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 sejam empregados os mesmos materiais e a mesma construção. É facultado ao comprador solicitar os ensaios de tipo para cada nível de tensão de isolamento dos cabos adquiridos por ele.

E.3.2 Após a realização dos ensaios de tipo, recomenda-se que seja emitido um certificado pelo fabricante ou por entidade reconhecida pelo fabricante e pelo 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.

E.4 Ensaios de controle

E.4.1 Estes ensaios devem ser realizados normalmente pelo fabricante, com periodicidade adequada, em matéria-prima e semielaborados, bem como durante a produção do cabo e após a sua fabricação.

E.4.2 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 E.4.2 façam parte da documentação.

E.4.3 Os ensaios de controle podem substituir os ensaios de recebimento, desde que isso seja previamente acordado entre o fornecedor e o comprador.

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



E.5 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.

E.6 Garantias

E.6.1 Convém que o período de garantia seja estabelecido em comum acordo entre o comprador e o fabricante, para o produto considerado defeituoso, devido a eventuais deficiências de projeto, matérias-primas ou fabricação.

E.6.2 As condições são válidas para os cabos instalados conforme a ABNT NBR 14039, por pessoa qualificada, e utilizados em condições normais.