



Métodos de ensaios comuns para os materiais de isolamento e de cobertura de cabos elétricos

Parte 3: Métodos para aplicação geral — Métodos para a determinação da densidade de massa — Ensaios de absorção de água — Ensaio de retração

APRESENTAÇÃO

1) Este Projeto foi elaborado pela Comissão de Estudo de Métodos de Ensaio para Cabos Elétricos (CE-003:020.006) do Comitê Brasileiro de Eletricidade (ABNT/CB-003), com número de Texto-Base 003:020.006-116/3, nas reuniões de:

13.09.2022	11.10.2022	20.12.2022
14.02.2023		

a) 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.



Métodos de ensaios comuns para os materiais de isolamento e de cobertura de cabos elétricos

Parte 3: Métodos para aplicação geral — Métodos para a determinação da densidade de massa — Ensaios de absorção de água — Ensaio de retração

Common test methods for electrical cable insulation and covering materials

Part 3: Methods for general application — Methods for the determination of bulk density — Water absorption tests — Shrinkage test

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 17173-3 foi elaborada no Comitê Brasileiro de Eletricidade (ABNT/CB-003), pela Comissão de Estudo de Métodos de Ensaio para Cabos Elétricos (CE-003:020.006). O Projeto circulou em Consulta Nacional conforme Edital nº XX, de XX.XX.XXXX a XX.XX.XXXX.

O Escopo em inglês da ABNT NBR 17173-3 é o seguinte:

Scope

This Part of ABNT NBR 17173 specifies the test methods to be used for testing polymeric materials for insulation and sheathing of electrical cables for power distribution and telecommunications, including cables for use on board ships and for offshore applications.

This Part of ABNT NBR 17173 provides methods for bulk density determination, methods for water absorption testing and shrinkage testing, which apply to the most common types of insulation and sheathing compounds (elastomeric, PVC, PE, PP etc.).



Métodos de ensaios comuns para os materiais de isolamento e de cobertura de cabos elétricos

Parte 3: Métodos para aplicação geral — Métodos para a determinação da densidade de massa — Ensaios de absorção de água — Ensaio de retração

1 Escopo

Esta Parte da ABNT NBR 17173 especifica os métodos de ensaios para materiais poliméricos de isolamento e cobertura de cabos elétricos para distribuição de energia e para telecomunicações, incluindo os cabos para uso a bordo de navios e para aplicações *offshore*.

Esta Parte da ABNT NBR 17173 fornece os métodos para a determinação da densidade de massa e os métodos para o ensaio de absorção de água e para o ensaio de retração, que se aplicam aos tipos mais comuns de compostos de isolamento e cobertura (elastoméricos, PVC, PE, PP etc.).

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 isolamento extrudada para tensões de 1 kV a 35 kV – Requisitos construtivos*

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 o seguinte.

3.1

valor mediano

valor central da sucessão, se o número de valores for ímpar, ou média aritmética dos dois valores centrais, se o número de valores for par, dos diversos resultados de ensaio obtidos e ordenados em uma sucessão crescente ou decrescente

4 Condições gerais

4.1 Valores para os ensaios

4.1.1 Esta Parte da ABNT NBR 17173 não inclui as condições completas dos ensaios (como temperaturas, durações etc.), nem os requisitos completos dos ensaios, que devem constar nas normas correspondentes a cada tipo de cabo.



4.1.2 Qualquer requisito de ensaio estabelecido nesta Parte da ABNT NBR 17173 pode ser modificado pela norma correspondente ao cabo, para satisfazer seus requisitos particulares.

4.2 Aplicação

Os valores de condicionamento e os parâmetros de ensaio especificados nesta Parte da ABNT NBR 17173 aplicam-se aos tipos mais comuns de compostos para isolamento e cobertura, bem como aos tipos mais comuns de condutores, cabos e cordões.

4.3 Ensaio de tipo e outros ensaios

Os métodos de ensaio descritos nesta Parte da ABNT NBR 17173 destinam-se essencialmente ao uso em ensaios de tipo. Para determinados ensaios, podem existir diferenças importantes entre as condições para ensaios de tipo e para ensaios mais frequentes, como ensaios de rotina. Nestes casos, essas diferenças devem ser indicadas..

4.4 Precondicionamento

4.4.1 Todos os ensaios devem ser realizados, no mínimo, 16 h após a extrusão ou a vulcanização (ou reticulação), se for o caso, do composto de isolamento ou cobertura.

4.4.2 Se o ensaio for efetuado à temperatura ambiente, os corpos de prova devem ser mantidos, por pelo menos 3 h, à temperatura de $23\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$.

4.5 Temperatura de ensaio

Exceto se especificado diferentemente, os ensaios devem ser realizados à temperatura ambiente.

5 Métodos para determinação da densidade de massa

5.1 Método de suspensão (método geral)

5.1.1 Materiais de ensaio

São necessários os seguintes materiais:

- etanol (álcool etílico) de grau analítico ou outro líquido adequado às densidades de massa abaixo de 1 g/mL;
- solução de cloreto de zinco adequado às densidades de massa iguais ou superiores a 1 g/mL;
- água destilada;
- cilindro de misturação;
- termostato;
- densímetro calibrado a 23 °C ;
- termômetro graduado, com divisões de $0,1\text{ °C}$.

5.1.2 Procedimento

5.1.2.1 Deve ser retirada uma amostra da isolamento ou da cobertura a ser ensaiada, perpendicularmente ao eixo do condutor, que deve ser cortada em pequenos pedaços de 1 mm a 2 mm de lado. A densidade de massa deve ser determinada colocando-se a amostra em suspensão em um líquido que não reaja com o material a ser ensaiado. Os seguintes líquidos são adequados:

- a) para uma densidade de massa esperada inferior a 1 g/mL: uma mistura de etanol com água;
- b) para uma densidade de massa esperada de 1 g/mL ou superior: uma mistura de cloreto de zinco e água.

5.1.2.2 Três pedaços da amostra devem ser colocados no líquido, a uma temperatura de $23\text{ °C} \pm 0,1\text{ °C}$, evitando-se qualquer formação de bolhas de ar. Deve ser adicionada água destilada até que os pedaços da amostra estejam livremente suspensos no líquido dentro do cilindro de misturação. A mistura líquida deve ser homogênea e mantida na temperatura indicada.

5.1.2.3 A densidade de massa da mistura líquida deve ser determinada com um densímetro e indicada com aproximação de três casas decimais. A densidade de massa determinada é igual àquela da amostra sob ensaio.

NOTA O método do gradiente, especificado na ISO 1183, também pode ser empregado.

5.2 Método do picnômetro (método de referência)

5.2.1 Aparelhagem

A aparelhagem para este método é composta por:

- a) uma balança que permita medir massas com exatidão de 0,1 mg;
- b) um picnômetro com capacidade de 50 mL;
- c) um banho líquido equipado com controle termostático.

5.2.2 Corpo de prova

A amostra deve ser retirada da isolamento ou da cobertura nua. A massa do corpo de prova não pode ser inferior a 1 g nem superior a 5 g. O corpo de prova deve ser obtido cortando-se a amostra de isolamento ou de cobertura em um certo número de pequenos pedaços. Pequenos tubos de isolamento ou cobertura devem ser cortados longitudinalmente em duas ou mais partes, a fim de evitar a retenção de bolhas de ar.

5.2.3 Condicionamento

Os corpos de prova devem estar condicionados a uma temperatura ambiente de $23\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$.

5.2.4 Procedimento

5.2.4.1 Após a pesagem do picnômetro vazio e seco, uma quantidade adequada de corpo de prova deve ser pesada no picnômetro. O corpo de prova deve ser coberto com o líquido de imersão (álcool, 96 %) e todo o ar deve ser removido do corpo de prova, aplicando-se, por exemplo, vácuo ao picnômetro colocado em um dessecador. O vácuo, caso tenha sido aplicado, deve ser quebrado, e o picnômetro



deve ser preenchido com o líquido de imersão e levado à temperatura de $23\text{ °C} \pm 0,5\text{ °C}$, dentro de um banho líquido, completando-se o preenchimento do picnômetro até o limite de sua capacidade.

5.2.4.2 O picnômetro deve ser enxugado e pesado com o seu conteúdo. Em seguida ele deve ser esvaziado e preenchido com líquido de imersão. O ar deve ser removido e a massa do picnômetro com seu conteúdo deve ser determinada novamente, à temperatura de $23\text{ °C} \pm 0,5\text{ °C}$.

5.2.5 Cálculo

A densidade de massa da isolação e da cobertura deve ser calculada conforme a seguir:

$$\frac{\text{Densidade a } 23\text{ °C}}{\text{Densidade de massa a } 23\text{ °C}} = \frac{m}{m_1 - m_2} \cdot d$$

onde

- m é a massa do corpo de prova, expressa em gramas (g);
- m_1 é a massa de líquido requerida para preencher o picnômetro, expressa em gramas (g);
- m_2 é a massa de líquido requerida para preencher o picnômetro, com o corpo de prova contido, expressa em gramas (g);
- d é a densidade de massa do líquido de imersão a 23 °C , com etanol a 96 %, $d = 0,7988\text{ g/mL}$, a 23 °C .

5.3 Correção para polietileno (PE) carregado

5.3.1 Antioxidantes e pigmentos corantes orgânicos, que são utilizados normalmente em pequenas quantidades podem ser desconsiderados. Entretanto, quando outros aditivos, como cargas minerais, são utilizados em quantidades adequadas, deve ser feita uma correção apropriada. Isto deve ser feito pela determinação da natureza e quantidade do aditivo, por meio de um método químico reconhecido, pela seguinte equação:

$$\delta = \frac{m \cdot \delta_C \cdot \delta_F}{m_C \cdot \delta_F - m_F \cdot \delta_C}$$

onde

- δ é a densidade de massa do PE (valor corrigido), expressa em gramas por centímetro cúbico (g/cm^3);
- δ_C é a densidade de massa medida do composto de PE, expressa em gramas por centímetro cúbico (g/cm^3);
- δ_F é a densidade de massa do aditivo ou carga (valor medido), expressa em gramas por centímetro cúbico (g/cm^3);
- m é a massa do polímero PE (diferença entre m_C e m_F), expressa em gramas (g);
- m_C é a massa do composto de PE (valor medido), expressa em gramas (g);
- m_F é a massa da carga (valor medido), expressa em gramas (g).

5.3.2 Para compostos contendo negro de fumo, a correção é feita pela seguinte equação:

$$\delta = \delta_C - 0,0045 \cdot C_B$$

onde

C_B é o valor numérico da porcentagem de negro de fumo.

6 Ensaios de absorção de água

6.1 Método elétrico

6.1.1 Equipamento de ensaio

Para este ensaio são necessários os seguintes equipamentos:

- a) fontes de tensão elétrica c.a. e c.c.;
- b) voltímetro;
- c) banho de água com equipamento de aquecimento.

6.1.2 Preparação dos corpos de prova

6.1.2.1 As veias a serem ensaiadas devem ser retiradas de uma amostra de cabo com aproximadamente 3 m de comprimento.

6.1.2.2 Deve-se tomar cuidado para evitar que a isolamento seja danificada durante a retirada das veias.

6.1.3 Procedimento de ensaio

6.1.3.1 Ensaio preliminar

6.1.3.1.1 As veias devem ser imersas em um banho de água aquecido até a temperatura especificada na norma correspondente ao tipo de cabo.

6.1.3.1.2 As extremidades das veias devem emergir suficientemente acima do nível da água, para evitar danos provocados pela corrente de fuga que ocorre ao longo da superfície das veias, quando a tensão especificada for aplicada entre os condutores e a água.

6.1.3.1.3 Após as veias terem permanecido imersas em água por 1 h, deve-se aplicar uma tensão alternada de 4 kV entre os condutores e a água, durante 5 min. Se uma amostra qualquer de veia sofrer perfuração, ela deve ser removida do banho de água e não pode ser utilizada no ensaio descrito em 6.1.2.3.

6.1.3.1.4 O ensaio deve ser repetido no máximo duas vezes, coletando-se uma nova amostra da mesma veia e submetendo-a ao mesmo ensaio preliminar.

6.1.3.1.5 O objetivo do ensaio preliminar é assegurar que somente veias não danificadas sejam utilizadas no ensaio principal.



6.1.3.2 Ensaio principal

6.1.3.2.1 As veias aprovadas no ensaio preliminar devem permanecer no banho de água, cuja temperatura deve ser mantida no valor especificado na norma correspondente ao tipo de cabo.

6.1.3.2.2 Uma tensão c.c. de valor conforme a Tabela 1 deve ser aplicada entre os condutores e a água pelo tempo especificado na norma correspondente ao tipo de cabo, sendo o polo negativo conectado ao condutor de cada corpo de prova.

Tabela 1 – Valor de tensão c.c.

Espessura t da isolação especificada – Valor médio mm	Tensão c.c. V
0,8 e 0,9	800
1,0 e 1,2	1 000
$1,2 < t \leq 1,6$	1 400
$1,6 < t \leq 2,0$	2 000
$2,0 < t$	2 500

6.1.4 Avaliação dos resultados

Nenhuma perfuração deve ocorrer.

6.2 Método gravimétrico para absorção de água

6.2.1 Preparação dos corpos de prova

A preparação dos corpos de prova deve ser como descrito a seguir:

- para cabos com condutores de seção transversal nominal igual ou inferior a 25 mm² e tensão nominal até 0,6/1 kV, inclusive, cada corpo de prova deve ser composto por um pedaço de veia com aproximadamente 300 mm de comprimento;
- para todos os outros cabos, tiras de isolação com superfícies paralelas e sem rugosidade, e com espessura de 0,6 mm a 0,9 mm, devem ser cortadas ou polidas. A partir dessas tiras devem ser estampados corpos de prova com comprimento de 80 mm a 100 mm e largura de 4 mm a 5 mm;
- devem ser preparados dois corpos de prova de cada veia a ser ensaiada.

6.2.2 Procedimento de ensaio

6.2.2.1 Para corpos de prova conforme 6.2.1-a)

6.2.2.1.1 Limpar a superfície do corpo de prova, friccionando-a com papel de filtro umedecido com água.

6.2.2.1.2 Deixar o corpo de prova secar à temperatura de 70 °C ± 2 °C, até sua massa se tornar constante. Pode-se também deixar o corpo de prova secar, colocando-o por 24 h em uma estufa a 70 °C ± 2 °C, mantida sob uma pressão residual não superior a 6,6 mbar. Resfriar a amostra em um dessecador.

6.2.2.1.3 Pesar o corpo de prova com aproximação de 0,1 mg (massa M_1).

6.2.2.1.4 Curvar o corpo de prova em torno de um mandril, cujo diâmetro seja pelo menos seis a oito vezes o diâmetro do corpo de prova, de modo que ele adquira a forma de U. Forçar suas extremidades pelas aberturas perfuradas na tampa de um recipiente de vidro adequado. Somente os dois corpos de prova de uma mesma veia devem ser colocados dentro do recipiente.

6.2.2.1.5 Ajustar a posição do corpo de prova de modo que 250 mm de seu comprimento estejam imersos quando o recipiente estiver cheio de água e com a tampa colocada na posição correta.

6.2.2.1.6 Utilizar água destilada previamente fervida.

6.2.2.1.7 Deixar o corpo de prova permanecer submerso na temperatura e tempo especificados na norma correspondente ao cabo. Se o tempo não for especificado, ele deve ser de duas semanas para espessuras especificadas de até 1,0 mm, três semanas para espessuras entre 1,1 mm e 1,5 mm, e quatro semanas para espessuras acima de 1,5 mm. Se a temperatura não for especificada, ela deve ser igual à máxima temperatura do condutor menos 5 °C, porém sem exceder 90 °C. A água deve ser mantida até o nível da superfície interna da tampa.

6.2.2.1.8 Deixar a água resfriar até a temperatura ambiente. Retirar o corpo de prova da água, agitar manualmente para remover gotas de água aderentes a ele, secar com papel de filtro e pesar ao 0,1 mg mais próximo, dentro de 2 min a 3 min após sua retirada da água (massa M_2).

6.2.2.1.9 Finalmente, secar o corpo de prova sob as mesmas condições utilizadas antes da imersão, ou seja, empregando, dentre os dois métodos descritos acima, aquele que foi usado antes da primeira pesagem. Seja M_3 a massa final, em miligramas.

6.2.2.2 Para corpos de prova conforme 6.2.1-b)

6.2.2.2.1 Aquecer os corpos de prova com as superfícies cuidadosamente limpas o a 70 °C \pm 2 °C, sob vácuo (pressão residual próxima a 1 mbar), por 72 h. Materiais de composições substancialmente diferentes não podem ser condicionados na mesma célula ou estufa ao mesmo tempo.

6.2.2.2.2 Após esse condicionamento, resfriar os corpos de prova por 1 h em um dessecador e pesar ao 0,1 mg mais próximo (massa M_1).

6.2.2.2.3 Imergir os corpos de prova em água deionizada (ou destilada) na temperatura e tempo especificados na norma correspondente ao cabo. Se a temperatura não for especificada, ela deve ser igual à máxima temperatura no condutor menos 5 °C, porém sem exceder 90 °C. Imergir cada corpo de prova separadamente e por completo em um tubo de vidro equipado com um condensador ou em um bquer coberto com uma tampa de vidro.

6.2.2.2.4 Se for utilizado um condensador, cobrir sua parte superior com uma folha de alumínio, para evitar qualquer contaminação.

6.2.2.2.5 Após decorrido o tempo especificado na norma correspondente ao cabo, ou após 14 dias, se o tempo não for especificado na norma correspondente ao cabo, transferir os corpos de prova para um recipiente contendo água deionizada (ou destilada), à temperatura ambiente, e mantidos assim até resfriar. Em seguida, retirar cada corpo de prova da água, agitar manualmente para remover gotas de água aderentes a ele, secar com papel de filtro especial que não deixe resíduos de fibra e pesar ao 0,1 mg mais próximo (massa M_2). Tratar o corpo de prova sob as mesmas condições utilizadas antes da imersão (massa M_3).



6.2.3 Expressão dos resultados

6.2.3.1 Calcular a variação de massa, em miligramas, por uma das seguintes equações:

a) se a massa final M_3 for inferior à massa M_1 :

$$\frac{M_2 - M_3}{A}$$

b) se a massa final M_3 for superior à massa M_1 :

$$\frac{M_2 - M_1}{A}$$

onde

A, para os corpos de prova conforme 6.2.1-a), é a área, expressa em centímetros quadrados (cm^2), da superfície da porção imersa com 250 mm de comprimento, e, para os corpos de prova conforme 6.2.1-b), é a área, expressa em centímetros quadrados (cm^2), da superfície total do corpo de prova imerso.

6.2.3.2 O valor médio da variação de massa dos dois corpos de prova deve ser considerado o valor da variação para a veia ensaiada.

7 Ensaio de retração para isolamento

7.1 Amostragem

Uma amostra com aproximadamente 1,5 L mm de comprimento de cada veia a ser ensaiada deve ser retirada a uma distância mínima de 0,5 m da extremidade do lance de cabo. L é o comprimento dado na norma correspondente ao cabo.

7.2 Preparação dos corpos de prova

7.2.1 Todas as proteções externas, exceto as blindagens semicondutoras aderentes, extrudadas, caso existam, devem ser removidas imediatamente das amostras de condutores isolados.

7.2.2 Em um intervalo de tempo não superior a 5 min após o corte das amostras, deve ser marcado um comprimento de ensaio de $(L \pm 5)$ mm, na parte central de cada pedaço de veia. A distância entre as marcas deve ser medida com exatidão de 0,5 mm. Cada corpo de prova deve ser preparado, cortando e removendo a isolamento de ambas as extremidades até uma distância de 2 mm a 5 mm das marcas.

7.3 Procedimento

7.3.1 Os corpos de prova devem ser apoiados horizontalmente, em uma estufa a ar, pelas extremidades dos condutores nus ou sobre uma superfície coberta com talco, a fim de permitir movimento livre da isolamento. Os corpos de prova devem ser aquecidos na temperatura e tempo especificados na norma correspondente ao cabo.

7.3.2 Os corpos de prova devem ser resfriados ao ar até a temperatura ambiente, e a distância entre as duas marcas em cada corpo de prova deve novamente ser medida com exatidão de 0,5 mm.

7.4 Expressão dos resultados

A diferença entre as distâncias medidas antes do aquecimento, e após o aquecimento e resfriamento, deve ser calculada como uma porcentagem da distância entre as marcas antes do tratamento.

8 Ensaio de retração para coberturas de polietileno (PE)

8.1 Equipamento de ensaio

Para este ensaio são necessários os seguintes equipamentos:

- a) estufa aquecida eletricamente e ventilada naturalmente;
- b) fita graduada com divisão de escala de 1 mm.

8.2 Amostragem

8.2.1 O cabo a ser ensaiado deve ser conservado durante pelo menos 24 h, à temperatura ambiente, antes do ensaio.

8.2.2 Uma amostra com comprimento de 500 mm \pm 5 mm deve ser retirada a uma distância de pelo menos 2 m da extremidade do lance de cabo.

8.3 Preparação dos corpos de prova

Deve ser determinado o comprimento inicial da cobertura (L_1), imediatamente após o corte, como o valor médio de duas medições. Estas medições devem ser realizadas longitudinal e paralelamente ao eixo da amostra de cabo, entre duas marcas diametralmente opostas nas extremidades da amostra. Se a amostra for curva, estas medições devem ser realizadas dos lados interno e externo da curvatura.

8.4 Procedimento de ensaio

8.4.1 O corpo de prova deve ser apoiado, horizontalmente, em uma estufa a ar preaquecida à temperatura especificada na norma correspondente ao cabo. Recomenda-se que o corpo de prova permaneça na estufa pelo tempo especificado na norma correspondente ao cabo.

8.4.2 O corpo de prova deve ser removido da estufa e resfriado ao ar à temperatura ambiente. Este ciclo térmico deve ser realizado por cinco vezes. Após o resfriamento até a temperatura ambiente, o comprimento final da cobertura (L_2) deve ser determinado conforme descrito em 8.3.

8.5 Expressão dos resultados

A retração percentual (ΔL) é calculada pela seguinte equação:

$$\Delta L = \frac{L_1 - L_2}{L_1} \cdot 100 \%$$



Bibliografia

- [1] ISO 1183, *Plastics – Methods for determining the density and relative density of non-cellular plastics*