



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

### Parte 7: Métodos específicos para os compostos de PVC — Ensaio de perda de massa — Ensaio de estabilidade térmica

#### 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 003:020.006-116/7, 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 7: Métodos específicos para os compostos de PVC — Ensaio de perda de massa — Ensaio de estabilidade térmica

*Common test methods for insulating and sheathing materials of electric cables  
Part 7: Methods specific to PVC compounds — Loss of mass test — Thermal stability 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 17173-7 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 17173-7 é o seguinte:

#### Scope

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

*This Part of ABNT NBR 17173 provides methods for weight loss and thermal stability testing, which apply to PVC compounds.*



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

### Parte 7: Métodos específicos para os compostos de PVC — Ensaio de perda de massa — Ensaio de estabilidade térmica

#### 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 de ensaio de perda de massa e estabilidade térmica, que se aplicam aos compostos de PVC.

#### 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 extrudado para tensões de 1 kV a 35 kV – Requisitos construtivos*

ABNT NBR 17173-1:2024, *Métodos de ensaios comuns para os materiais de isolamento e de cobertura de cabos elétricos – Parte 1: Métodos para aplicação geral – Medição de espessuras e dimensões externas – Ensaio para a determinação das propriedades mecânicas*

ABNT NBR 17173-2:2024, *Métodos de ensaios comuns para os materiais de isolamento e de cobertura de cabos elétricos – Parte 2: Métodos para aplicação geral – Métodos de envelhecimento térmico*

ISO 695, *Glass – Resistance to attack by a boiling aqueous solution of mixed alkali – Method of test and classification*

ISO 719, *Glass – Hydrolytic resistance of glass grains at 98 °C – Method of test and classification*

ISO 1776, *Glass – Resistance to attack by hydrochloric acid at 100 °C – Flame emission or flame atomic absorption spectrometric method*



### 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, se o número de valores disponíveis for ímpar, ou a média aritmética dos dois valores centrais, se o número de valores for par, quando diversos resultados de ensaio são 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. 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 flexíveis.

#### 4.3 Ensaios de tipo e outros ensaios

Os métodos de ensaios 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

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

#### 4.5 Temperatura de ensaio

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

## 5 Ensaio de perda de massa para isolações e coberturas

### 5.1 Ensaio de perda de massa para isolamento

#### 5.1.1 Equipamento de ensaio

Para este ensaio são necessários os seguintes equipamentos

- a) estufa com fluxo de ar natural ou com fluxo de ar forçado. O ar deve penetrar de maneira que flua sobre a superfície dos corpos de prova e deixe a estufa por uma saída próxima ao seu topo. Deve haver, na estufa, no mínimo oito e no máximo 20 trocas completas de ar por hora, à temperatura de envelhecimento especificada. Em caso de dúvidas, deve ser utilizada uma estufa com circulação natural de ar. Não pode ser utilizado ventilador rotativo dentro da estufa;
- b) balança analítica com resolução de 0,1 mg;
- c) estampos para preparação de corpos de prova tipo borboleta (ver ABNT NBR 17173-1:2024, Seção 6).
- d) dessecador com sílica-gel ou material similar.

#### 5.1.2 Amostragem

**5.1.2.1** Se o ensaio de perda de massa for combinado [ver ABNT NBR 17173-2:2024, 5.1.1.1-c)] com os ensaios mecânicos (ver ABNT NBR 17173-1:2024, Seção 6), devem ser usados três dos corpos de prova submetidos ao envelhecimento em estufa a ar, conforme especificado na ABNT NBR 17173-2:2024, 5.1.3, sendo um de cada amostra de veia.

**5.1.2.2** Alternativamente, podem ser utilizados três dos corpos de prova preparados com cada veia, de acordo com a ABNT NBR 17173-1:2024, Seção 6, se eles não forem reservados para outros objetivos e se sua espessura corresponder ao requerido em 5.1.3.4.

**5.1.2.3** Caso contrário, devem ser retiradas três amostras, sendo cada uma com aproximadamente 100 mm de comprimento, de cada veia ou da isolamento de cada veia a ser ensaiada, e um corpo de prova deve ser preparado com cada uma das amostras, do mesmo modo que o especificado em 5.1.3.

#### 5.1.3 Preparação dos corpos de prova

**5.1.3.1** Remover as camadas exteriores, caso existam. Remover também o condutor e remover mecanicamente as camadas semicondutoras sobre a isolamento, caso existam, isto é, sem uso de solvente.

**5.1.3.2** Realizar o ensaio em:

- a) corpos de prova tipo borboleta, apresentados na Figura 1, quando possível;
- b) corpos de prova tipo borboleta pequeno, apresentados na Figura 2, quando as dimensões da veia forem muito reduzidas, de modo a não permitir preparar corpos de prova conforme a Figura 1;
- c) corpos de prova tipo tubular, como alternativa aos corpos de prova tipo borboleta, para diâmetros internos não superiores a 12,5 mm, desde que não haja qualquer camada semicondutora aderente à sua superfície interna e desde que qualquer resíduo de separador seja removido de maneira adequada, sem uso de solvente.



**5.1.3.3** Não fechar as extremidades dos corpos de prova.

**5.1.3.4** Preparar os corpos de prova tipo borboleta conforme especificado na ABNT NBR 17173-1:2024, 6.1.3.1, exceto os corpos de prova devem ter duas superfícies paralelas em toda a sua extensão, sua espessura deve ser de 1,0 mm ± 0,2 mm e as marcas de referência não são necessárias.

**5.1.3.5** Preparar os corpos de prova tipo tubular conforme especificado na ABNT NBR 17173-1:2024, 6.1.3.2, sem aplicação das marcas de referência. A área total de cada corpo de prova [ver 5.1.4-a)] não pode ser inferior a 5 cm<sup>2</sup>.

**5.1.3.6** Ensaar os cordões com formato plano, providos de ranhura em ambas as faces entre as veias, sem separar essas veias.

**5.1.3.7** Para o cálculo de sua superfície de evaporação, os cordões com formato plano, podem ser considerados como dois corpos de prova tipo tubular separados.

#### **5.1.4 Cálculo da área de evaporação**

Determinar a área da superfície, em centímetros quadrados, de cada corpo de prova, antes de realizar o ensaio de perda de massa, utilizando as seguintes equações:

a) para corpos de prova tipo tubular:

$$A = \frac{2\pi(D - \delta) \times (L + \delta)}{100} \text{ cm}^2 \quad (1)$$

onde

**A** é área de evaporação, expressa em milímetros quadrados (mm<sup>2</sup>). No caso de corpos de prova tipo tubular, a área **A** corresponde a somatória da área da superfície externa, área da superfície interna e área das superfícies dos cortes transversais;

**δ** é a espessura média do corpo de prova, expressa em milímetros (mm), com aproximação de duas casas decimais, se  $\delta \leq 0,4$  mm, e com uma casa decimal, acima deste limite;

**D** é o diâmetro externo médio do corpo de prova, expresso em milímetros (mm), com aproximação de duas casas decimais, se  $D \leq 2$  mm, e com uma casa decimal, acima deste limite;

**L** é o comprimento do corpo de prova, expresso em milímetros (mm), com aproximação de uma casa decimal;

**δ** e **D** são medidos conforme especificado no método de ensaio da ABNT NBR 17173-1:2024, 5.1 e 5.3, em uma fatia fina cortada da extremidade de cada corpo de prova tipo tubular.

**NOTA** A equação 1 pode ser aplicada também aos corpos de prova com seção transversal conforme a Figura 3.

b) para corpos de prova tipo borboleta pequeno com dimensões conforme a Figura 2:

$$A = \frac{624 + (118\delta)}{100} \text{ cm}^2 \quad (2)$$



c) para corpos de prova tipo borboleta com dimensões conforme a Figura 1:

$$A = \frac{1256 + (180\delta)}{100} \text{ cm}^2 \quad (3)$$

onde

$\delta$  é a espessura das tiras, expressa em milímetros, com aproximação de duas casas decimais, determinada conforme especificado na ABNT NBR 17173-1:2024, 6.1.4.1.

### 5.1.5 Procedimento de ensaio

**5.1.5.1** Colocar os corpos de prova assim preparados em um dessecador por pelo menos 20 h à temperatura ambiente. Imediatamente após a remoção do dessecador, pesar acuradamente cada corpo de prova, em miligramas, com aproximação de uma casa decimal.

**5.1.5.2** Manter os três corpos de prova na estufa a ar (ver 5.1.1), à pressão atmosférica, durante 7 dias, a  $80^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ , exceto se especificado em contrário, devendo atender o descrito a seguir:

- a) não podem ser ensaiados, ao mesmo tempo e na mesma estufa, compostos com composições claramente diferentes;
- b) os corpos de prova devem ser suspensos verticalmente no meio da estufa, de maneira tal que cada corpo de prova esteja distante pelo menos 20 mm de qualquer outro corpo de prova;
- c) não mais que 0,5 % do volume da estufa deve ser ocupado pelos corpos de prova.

**5.1.5.3** Após o tratamento térmico, colocar os corpos de prova novamente em um dessecador, à temperatura ambiente, por 20 h, e em seguida pesar novamente com exatidão, em miligramas, com aproximação de uma casa decimal.

**5.1.5.4** Para cada corpo de prova, calcular a diferença entre as massas determinadas em 5.1.5.1 e 5.1.5.3 e arredondar ao miligrama mais próximo.

### 5.1.6 Expressão dos resultados

**5.1.6.1** Determinar a perda de massa de cada corpo de prova, dividindo-se sua diferença de massa (ver 5.1.5.3), em miligramas, pela área de sua superfície (ver 5.1.4), em centímetros quadrados.

**5.1.6.2** Considerar o valor mediano dos resultados de três corpos de prova de cada veia, expresso em miligramas por centímetro quadrado, como a perda de massa da veia ensaiada.

## 5.2 Ensaio de perda de massa para coberturas

### 5.2.1 Equipamento de ensaio

Ver 5.1.1.

### 5.2.2 Amostragem

Devem ser coletadas três amostras da cobertura, conforme indicado em 5.1.2.



### 5.2.3 Preparação dos corpos de prova

Remover todos os elementos construtivos sob a cobertura (e sobre ela, se existirem), tomando-se o cuidado de não danificá-la. Preparar os corpos de prova conforme indicado em 5.1.3.

### 5.2.4 Cálculo da área de evaporação A

**5.2.4.1** Calcular a área da superfície de evaporação com as equações de 5.1.4, com as modificações indicadas em 5.2.4.2 e 5.2.4.3.

**5.2.4.2** A Equação 1, dada para corpos de prova tipo tubular, é aplicável somente nos casos das seções transversais representadas nas Figuras 4 e 5. Calcular as superfícies de evaporação interna e externa de cabos e cabos com formato plano com as dimensões da seção transversal da cobertura. Essas dimensões devem ser medidas em milímetros, com aproximação de duas casas decimais.

**5.2.4.3** O lado interno das coberturas planas que possuam uma aresta triangular pode ser considerado plano.

### 5.2.5 Procedimento de ensaio

O procedimento de ensaio deve ser conforme indicado em 5.1.5.

### 5.2.6 Expressão dos resultados

A expressão dos resultados deve ser conforme indicado em 5.1.6.

## 6 Ensaio de estabilidade térmica para isolações e coberturas

### 6.1 Equipamento de ensaio

a) Para este ensaio são necessários os seguintes equipamentos: tubos de vidro fechados em uma das extremidades (por fusão, por exemplo), com comprimento de 110 mm, diâmetro externo de aproximadamente 5 mm e diâmetro interno de  $4,0 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$ .

Os tubos feitos de vidro AR devem ser utilizados atendendo aos requisitos a seguir: <sup>1)</sup>

- Resistência aos álcalis, Classe 2, conforme a ISO 695;
- Resistência hidrolítica, Classe HGB3, conforme a ISO 719;
- Resistência aos ácidos, perda de massa máxima  $150 \text{ } \mu\text{g}$  de Na O/100  $\text{cm}^2$ , conforme a ISO 1776.

b) papel indicador universal de pH, abrangendo a faixa de pH de 1 a 10;

c) aparelho de aquecimento termostatzado, para a temperatura indicada na norma correspondente cabo, ou  $200 \text{ } ^\circ\text{C} \pm 0,5 \text{ } ^\circ\text{C}$ , se a temperatura não for especificada na norma correspondente ao cabo. Um banho de óleo é preferido e deve ser usado para ensaios de tipo e em caso de dúvida;

d) termômetro calibrado com divisões de  $0,1 \text{ } ^\circ\text{C}$ . Dependendo do tipo de termômetro e de acordo com a maneira como ele foi calibrado e é utilizado, pode ser necessária uma correção da coluna de mercúrio;

e) cronômetro ou indicador de tempo adequado.



## 6.2 Procedimento de ensaio

**NOTA** O uso de termômetro adequadamente acurado e a conformidade com os limites especificados para a temperatura de ensaio são absolutamente necessários para se obterem resultados de ensaios confiáveis e para se reduzir a dispersão desses resultados.

**6.2.1** Retirar três amostras, cada uma de  $50 \text{ mg} \pm 5 \text{ mg}$ , da isolação de cada veia ou da cobertura a ser ensaiada. Cada amostra deve ser composta por duas ou três pequenas tiras, com comprimento entre 20 mm e 30 mm. Introduzir cada amostra em um tubo de vidro, de acordo com o descrito em 6.1-a). A amostra não pode ocupar mais de 30 mm de altura a partir do fundo do tubo.

**6.2.2** Introduzir uma fita de papel indicador universal, seco, de acordo com o descrito em 6.1-b), com aproximadamente 15 mm de comprimento e 3 mm de largura, na parte superior aberta do tubo de vidro, de modo que aproximadamente 5 mm da extremidade da fita fique para fora do tubo e possa ser dobrada para mantê-la na posição. correta

**6.2.3** Colocar o tubo de vidro no aparelho de aquecimento, de acordo com o descrito em 6.1-c), após ele já ter atingido a temperatura de ensaio especificada. Introduzir o tubo de vidro no aparelho de aquecimento até uma profundidade de 60 mm.

**6.2.4** Medir o tempo necessário para que o papel indicador universal mude de cor correspondente a um pH de 5 para um pH entre 2 e 3, ou então prosseguir com o ensaio até o final do tempo especificado para o ensaio sem que haja mudança de cor. Considerar que o ponto de mudança de cor foi atingido quando a cor vermelha do papel indicador, característica de um pH entre 2 e 3, começar a tornar-se visível. Renovar o papel indicador universal, particularmente para estabilidades de longa duração, próximo ao término do tempo esperado de ensaio, a cada 5 min a 10 min, de modo que o ponto de mudança de cor seja mais claramente visível.

## 6.3 Avaliação dos resultados

O valor médio dos tempos de estabilidade térmica das três amostras não pode ser inferior ao valor especificado na norma correspondente ao cabo.

Dimensões em milímetros

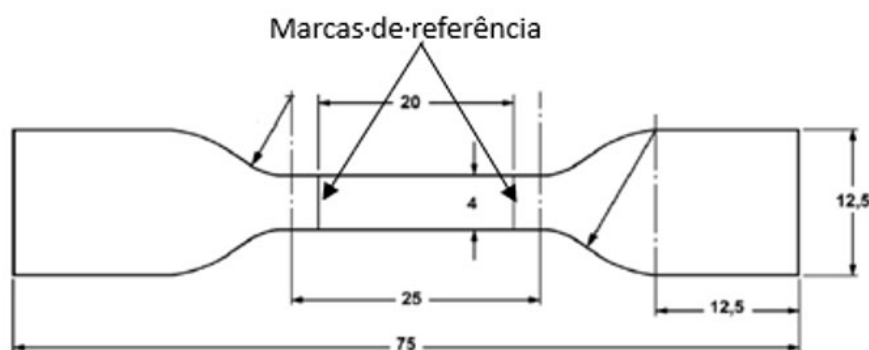


Figura 1 – Corpo de prova tipo borboleta

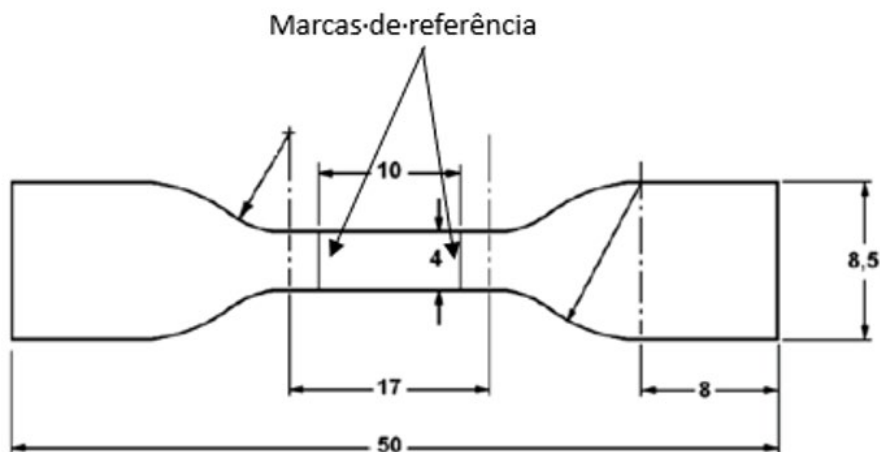


Figura 2 – Corpo de prova tipo borboleta pequeno

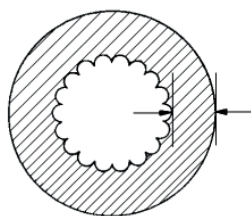


Figura 3 – Posição da espessura para cabos com perfil interno não totalmente cilíndrico

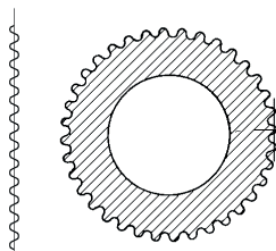


Figura 4 – Posição da espessura para cabos com perfil externo irregular

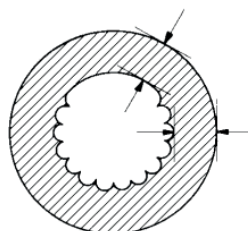


Figura 5 – Posição da espessura para cabos com perfil interno irregular