



Fios e cabos elétricos – Resistência ao fogo

APRESENTAÇÃO

1) Este Projeto de Revisão 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), nas reuniões de:

17.11.2020	15.12.2020	23.02.2021
15.06.2021	13.07.2021	14.09.2021
19.10.2021		

a) é previsto para cancelar e substituir a ABNT NBR 10301:2014, 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.



Fios e cabos elétricos – Resistência ao fogo

Electric wires and cables – Fire resistance

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 10301 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 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 10301 é o seguinte:

Scope

This Standard specifies the test method and fire resistance requirements for electrical wires and cables, which are classified as fire resistant when subjected to fire alone under conditions based on a controlled heat source corresponding to at least a temperature of 750° C without mechanical shock or at a minimum temperature of 830 °C with mechanical shock.

This document is applicable to cables that do not exceed the voltage class 0.6/1 kV, including details regarding the point of failure, arrangement verification, samples, testing procedure and minimum content that must be included in the test reports for low voltage cables with rated voltage up to 0.6/1 kV.

Document based on IEC 60331-11, IEC 60331-21, IEC 60331-1 and IEC 60331-2.



Fios e cabos elétricos – Resistência ao fogo

1 Escopo

Esta Norma especifica um método de ensaio e os requisitos de resistência ao fogo para fios e cabos elétricos que sejam classificados como resistentes ao fogo quando submetidos ao fogo sozinhos, em condições baseadas em uma fonte de calor controlada correspondente a no mínimo uma temperatura de 750 °C, sem choque mecânico, ou a uma temperatura mínima de 830 °C, com choque mecânico.

Esta Norma é aplicável aos cabos que não excedam a classe de tensão 0,6/1 kV, incluindo os detalhes referentes ao ponto de falha, verificação do arranjo, amostras, procedimento de ensaios e conteúdo mínimo, que constam nos relatórios de prova de cabos de baixa tensão com classe de tensão até 0,6/1 kV.

Este Documento é baseado nas IEC 60331-11, IEC 60331-21, IEC 60331-1 e IEC 60331-2.

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 13774, *Cabos e fios de compensação ou extensão para termopar – Tolerâncias e identificação*

3 Termos e definições

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

3.1

ambiente sem corrente de ar

espaço em que os resultados dos ensaios não são significativamente afetados pela velocidade do ar local

3.2

circuito de segurança

designação dada a um circuito com capacidade de continuar a operar da maneira designada, enquanto sujeito a uma fonte de calor por um período determinado

3.3

classe CR2

cabos resistentes ao fogo, submetidos a uma temperatura mínima de 750 °C, sem choque mecânico

3.4

classe CR3

cabos resistentes ao fogo, submetidos a uma temperatura mínima de 830 °C, com choque mecânico durante a execução do ensaio

4 Aparelhagem de ensaio

Para a execução do ensaio indicado nesta Norma, é necessária a aparelhagem descrita em 4.1 a 4.4.

4.1 Fonte de calor

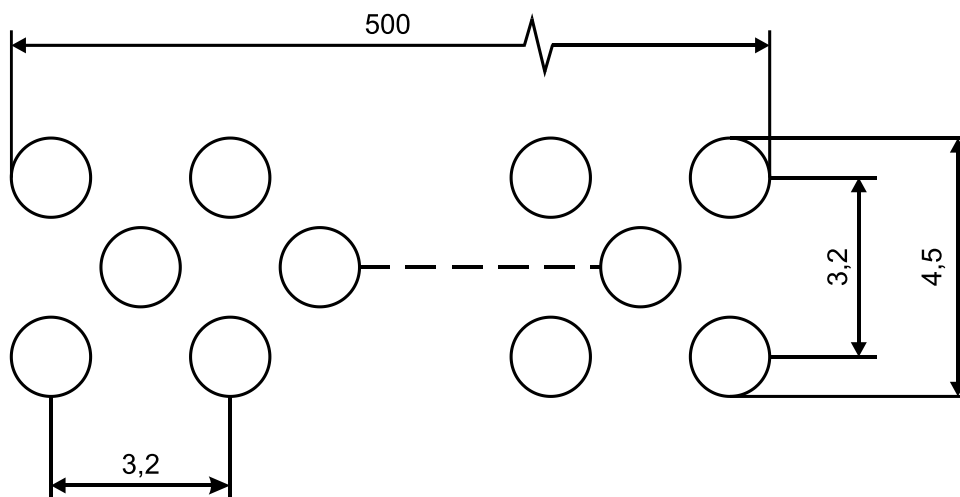
4.1.1 Queimador

4.1.1.1 A fonte de calor deve ser um queimador de gás propano do tipo fita, com um comprimento nominal da face de 500 mm (distância externa entre os orifícios externos), com um misturador Venturi. A largura nominal da face do queimador deve ser de 10 mm. A face do queimador deve ter três filas escalonadas de orifícios perfurados, com diâmetro nominal de 1,32 mm, e perfurados em centros de 3,2 mm um do outro, conforme mostrado na Figura 1.

4.1.1.2 Recomenda-se a utilização de um queimador com alimentação central.

4.1.1.3 É permitida uma fileira de pequenos furos fresados em cada lado da placa do queimador, para servir como furos-piloto para manter a chama acesa.

Dimensões em milímetros



Legenda

Furos com 1,32 mm de diâmetro, distanciados a partir de seus centros de 3,2 mm, escalonados em três fileiras e centrados na face do queimador.

NOTA Tolerância em todas as dimensões de $\pm 5\%$.

Figura 1 – Face do queimador

4.1.2 Medidores de fluxo e taxa de fluxo

4.1.2.1 Os medidores e controladores de fluxo de massa devem ser usados com o objetivo de controlar

com precisão as taxas de fluxo de entrada de combustível e ar para o queimador.

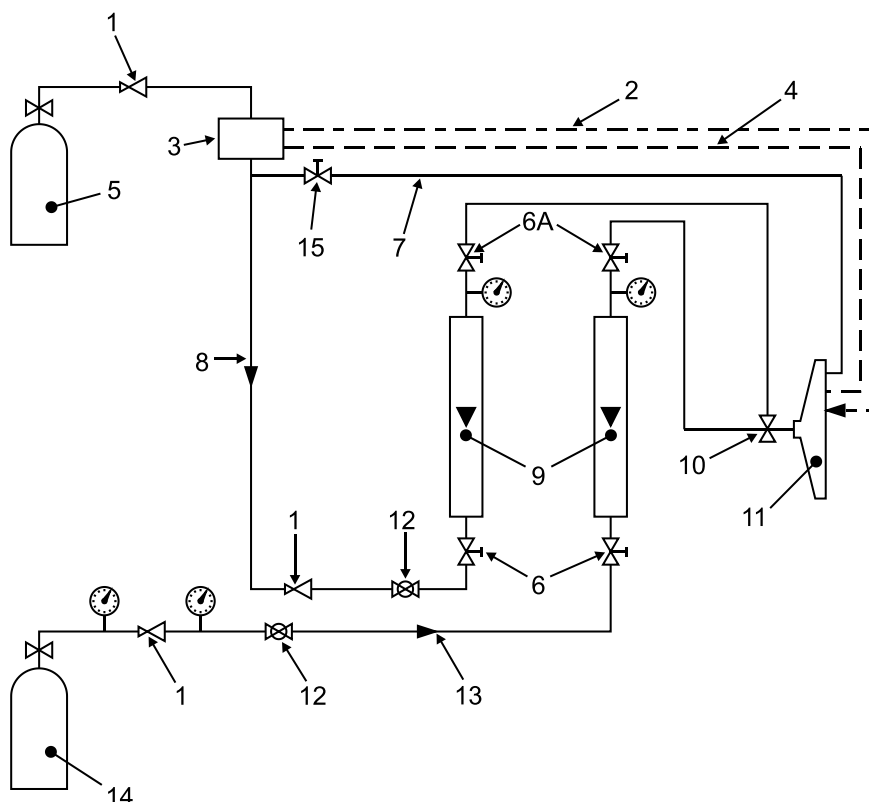
4.1.2.2 Para os efeitos deste ensaio, o ar deve ter um ponto de orvalho não superior a 0 °C.

4.1.2.3 As taxas de fluxo utilizadas para o ensaio nas condições de referência (1 bar e 20 °C) devem ser conforme a Tabela 1.

Tabela 1 — Taxas de fluxo para a entrada de combustível e de ar no queimador

Tipo de fluxo	Unidade	CR2	CR3 (cabos com diâmetro externo até 20 mm, inclusive)	CR3 (cabos com diâmetro externo superior a 20 mm)
Ar	L/min	80 ± 5	80 ± 4	160 ± 8
	mg/s	1 600 ± 100	1 600 ± 80	3 270 ± 163
Propano	L/min	5,00 ± 0,25	5,0 ± 0,2	10,0 ± 0,4
	mg/s	160 ± 8	160 ± 6	320 ± 13

Um diagrama esquemático de exemplo de um sistema de controle do queimador é mostrado na Figura 2.



Legenda

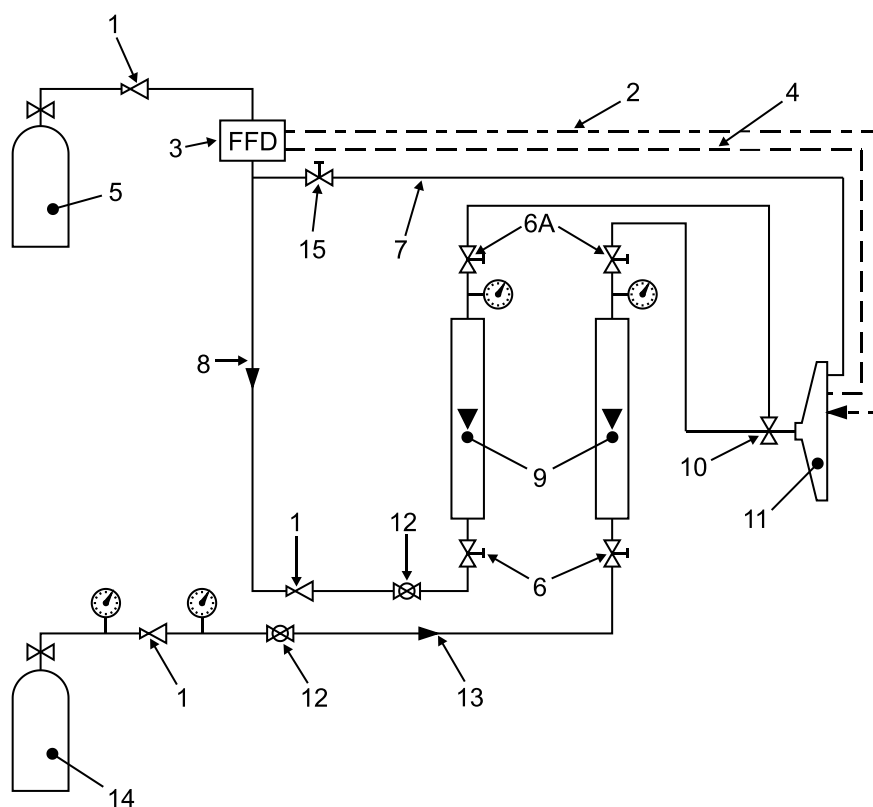
- 1 Regulador
- 2 Ignição piezoelétrica
- 3 Dispositivo de verificação de falha da chama
- 4 Termopares de controle
- 5 Cilindro de propano

- 6 Válvula de rosca (6A = posição alternativa)
- 7 Alimentação-piloto
- 8 Sentido do gás
- 9 Medidores de fluxo de massa
- 10 Misturador tipo Venturi
- 11 Queimador
- 12 Válvula de esfera
- 13 Sentido do ar
- 14 Cilindro de ar comprimido
- 15 Válvula de rosca da alimentação-piloto

Figura 2 – Exemplo do diagrama esquemático do sistema de controle do queimador

NOTA 1 Medidores de fluxo do tipo rotâmetro podem ser usados como alternativa, mas não são recomendados. Orientações sobre o seu uso e a aplicação de fatores de correção apropriados são fornecidas no Anexo B. A Figura 3 mostra um exemplo de um sistema do tipo rotâmetro.

NOTA 2 A pureza do propano não está especificada. Graus industriais que contenham impurezas são permitidos, desde que os requisitos de verificação sejam atendidos.



Legenda

- 1 Regulador
- 2 Ignição piezoelétrica
- 3 Dispositivo de verificação de falha da chama
- 4 Termopares de controle
- 5 Cilindro de propano
- 6 Válvula de rosca (6A = posição alternativa)
- 7 Alimentação-piloto
- 8 Sentido do gás

- 9 Medidores de vazão tipo rotâmetro
- 10 Misturador tipo Venturi
- 11 Queimador
- 12 Válvula de esfera
- 13 Sentido do ar
- 14 Cilindro de ar comprimido

Figura 3 – Exemplo do diagrama esquemático do sistema de controle do queimador utilizando rotâmetro

4.1.3 Verificação

O queimador e o sistema de controle devem ser submetidos à verificação de acordo com o procedimento apresentado no Anexo A.

4.2 Parede de ensaio e montagem

4.2.1 Para cabos com diâmetro externo de até 20 mm, inclusive, que devem atender à classe de resistência ao fogo CR3

4.2.1.1 A parede do ensaio consiste em uma placa de material resistente ao calor, não combustível e não metálica, fixada de forma rígida em dois suportes horizontais de aço, um no topo da placa e o outro na parte inferior, como mostrado na Figura 4. Suportes verticais também podem ser usados. A placa deve ter (900 ± 100) mm de comprimento, (300 ± 50) mm de altura e (10 ± 2) mm de espessura, e a massa total da parede de ensaio (placa e suportes de aço) deve ser de $(10,0 \pm 0,5)$ kg. O lastro, se necessário, deve ser colocado nos suportes de aço.

4.2.1.2 Em caso de disputa, uma nova parede deve ser usada para cada ensaio.

NOTA Suportes feitos de tubo de aço de seção quadrada de aproximadamente 25 mm x 25 mm e aproximadamente 1 m de comprimento foram considerados adequados.

4.2.1.3 O suporte superior deve ser preso à placa de forma que a sua face superior fique ligeiramente acima da borda superior da placa, de modo que o dispositivo de produção de choque colida no suporte e não na placa.

4.2.1.4 Cada suporte horizontal deve ter um orifício de montagem em cada extremidade, a não mais de 100 mm da borda da placa. A posição e o diâmetro exatos devem ser determinados pela bucha e pela estrutura de suporte utilizadas. A parede de ensaio deve ser fixada a um suporte rígido por quatro buchas de borracha coladas, com dureza de 50 Shore A a 60 Shore A, encaixadas entre os suportes de aço horizontais da parede e a estrutura de suporte, conforme mostrado nas Figuras 4 e 5, de modo a permitir o movimento sob impacto.

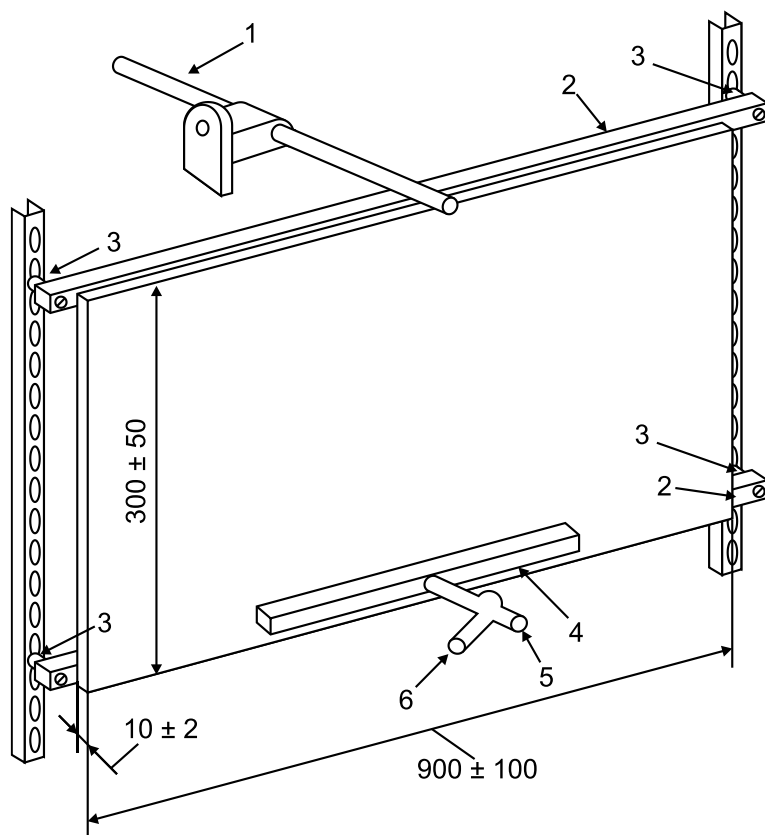
NOTA Uma bucha de borracha, que foi considerada adequada, é mostrada na Figura 7.

4.2.1.5 Para verificar a montagem da parede, a deflexão estática após a aplicação de uma massa no centro do suporte superior da parede deve ser medida periodicamente.

4.2.1.6 O valor da massa e deflexão deve cumprir o seguinte:

- a) massa: $(25,0 \pm 0,2)$ kg;
- b) deflexão: $(1,5 \pm 0,3)$ mm.

Dimensões em milímetros

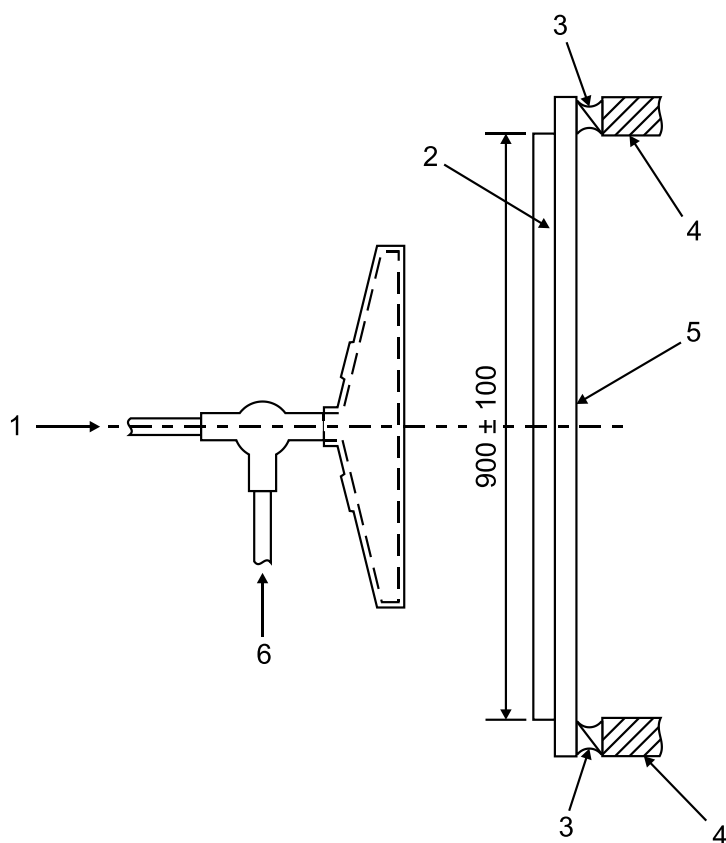


Legenda

- 1 Dispositivo de produção de impacto
- 2 Suporte de aço
- 3 Bucha de borracha
- 4 Queimador
- 5 Entrada de ar
- 6 Entrada de propano

Figura 4 – Diagrama esquemático da configuração do ensaio

Dimensões em milímetros

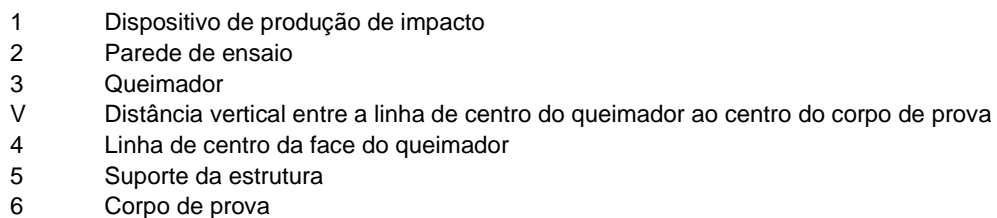


Legenda

- 1 Entrada de ar
- 2 Parede de ensaio
- 3 Bucha de borracha
- 4 Suporte da estrutura
- 5 Suporte horizontal de aço para a parede de ensaio
- 6 Entrada de propano

Figura 5 – Vista plana do equipamento de ensaio de incêndio

Dimensões em milímetros



9/34

Dimensões em milímetros

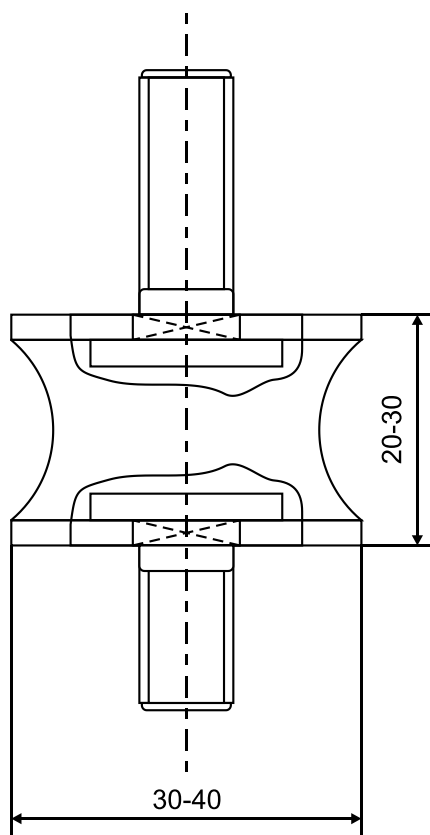


Figura 7 – Bucha de borracha (dureza 50 Shore A a 60 Shore A) para parede de fixação

4.2.2 Para cabos com diâmetro externo superior a 20 mm que devem atender à classe de resistência ao fogo CR3

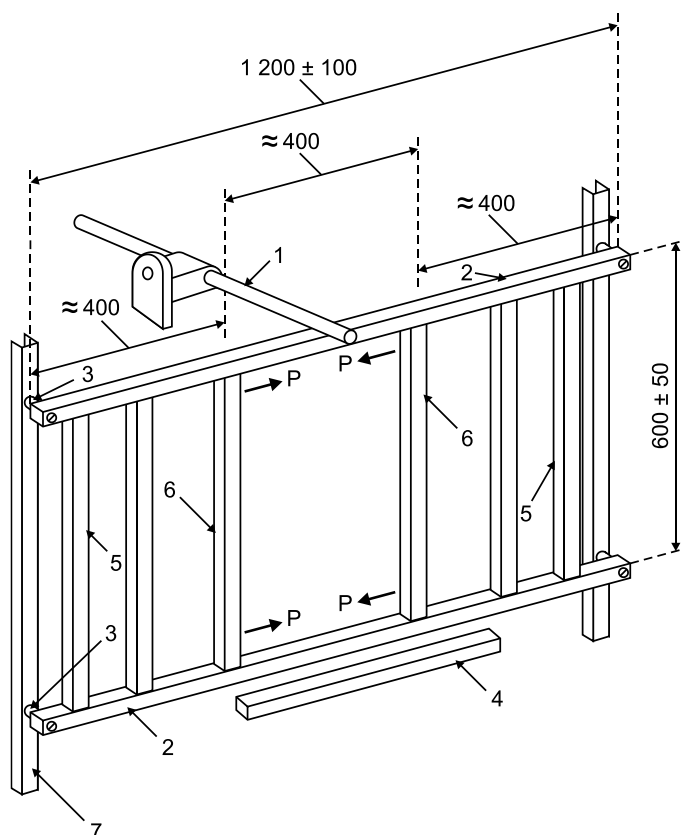
4.2.2.1 A escada de ensaio é composta por uma estrutura de aço conforme mostrado na Figura 8. Os quatro elementos verticais centrais da escada devem ser ajustáveis, a fim de acomodar diferentes tamanhos de cabo. A escada de ensaio deve ter $(1\ 200 \pm 100)$ mm de comprimento e (600 ± 50) mm de altura, e a massa total da escada de ensaio deve ser de (24 ± 1) kg. O lastro, se necessário, deve ser colocado nos suportes de aço.

NOTA Ferro angular com aproximadamente 45 mm de largura e 6 mm de espessura, com ranhuras adequadas para permitir a fixação dos parafusos ou suportes, foi considerado um material adequado para a construção da escada.

4.2.2.2 Cada elemento horizontal deve ter um orifício de montagem a não mais do que 200 mm de cada extremidade. A posição e o diâmetro exatos devem ser determinados pela bucha e pela estrutura de suporte utilizados. A escada de ensaio deve ser fixada a um suporte rígido por quatro buchas de borracha coladas, com dureza de 50 Shore A a 60 Shore A, encaixadas entre os elementos de aço horizontais da escada e a estrutura de suporte, conforme mostrado nas Figuras 8 e 9, de modo a permitir o movimento sob impacto.

NOTA Uma escova de borracha típica, que foi considerada adequada, é mostrada na Figura 7.

Dimensões em milímetros

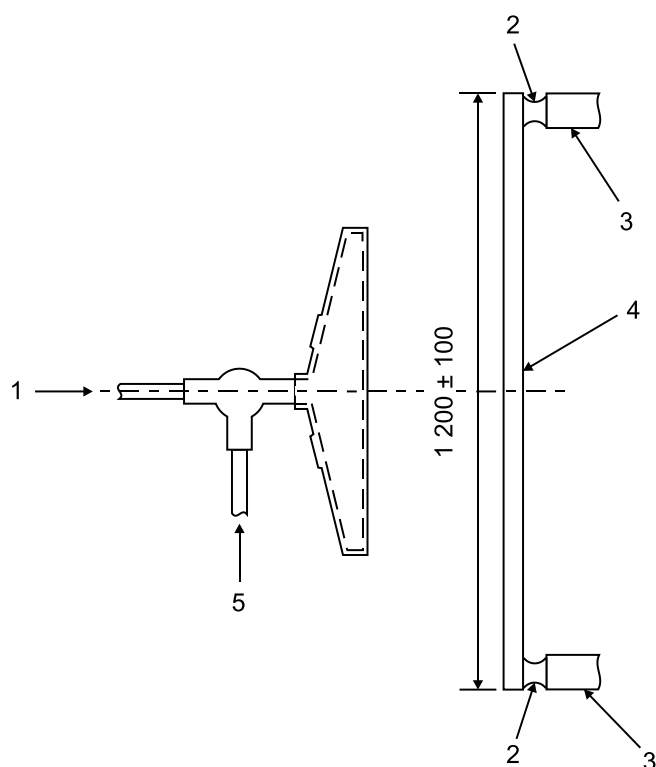


Legenda

- 1 Dispositivo de produção de impacto
- 2 Escada de ensaio
- 3 Bucha de borracha
- 4 Queimador
- 5 Elementos verticais fixos da escada de ensaio
- 6 Elementos verticais adjacentes da escada de ensaio
- 7 Suporte da estrutura
- P Plano de ajuste

Figura 8 – Diagrama esquemático da configuração do ensaio

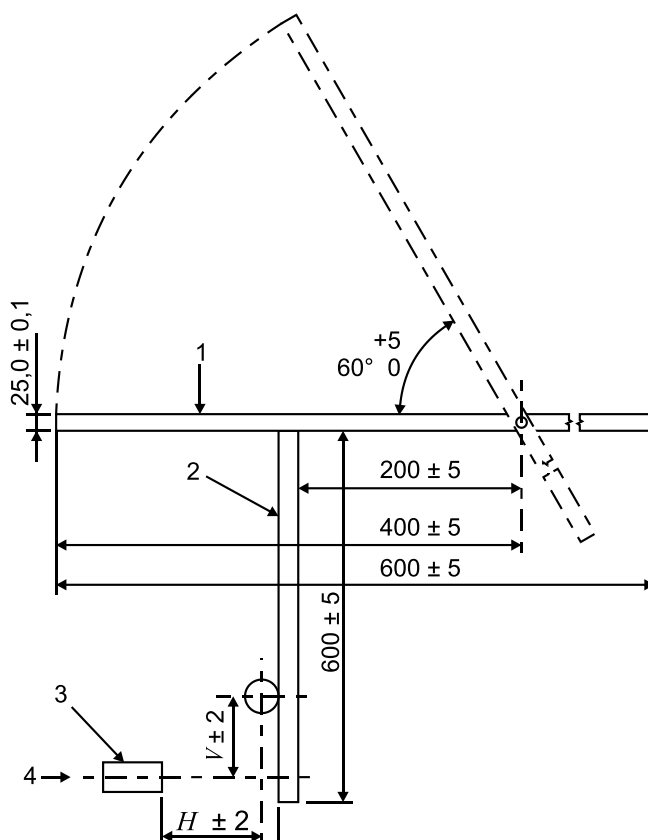
Dimensões em milímetros



Legenda

- 1 Entrada de ar
- 2 Bucha de borracha
- 3 Parede de ensaio
- 4 Escada de ensaio horizontal de aço
- 5 Entrada de propano

Figura 9 – Vista plana do equipamento de ensaio de incêndio



Legenda

- 1 Dispositivo de produção de impacto
- 2 Escada de ensaio
- 3 Queimador
- 4 Linha de centro do queimador
- H Distância horizontal entre a face do queimador e o centro do corpo de prova
- V Distância vertical entre a linha de centro do queimador e o centro do corpo de prova

Figura 10 – Elevação final do equipamento de incêndio (sem escala)

4.3 Dispositivo de produção de impacto

Este dispositivo é aplicável somente à metodologia de ensaio para cabos que devam atender à classe de resistência ao fogo CR3.

O dispositivo de produção de choque deve consistir em uma barra redonda de aço macio, com $(25,0 \pm 0,1)$ mm de diâmetro e (600 ± 5) mm de comprimento. A barra aço deve se mover livremente sobre o eixo paralelo à parede de ensaio, este deve estar no mesmo plano horizontal, porém distante em (200 ± 5) mm da borda superior da parede de ensaio. O eixo deve dividir a barra em dois comprimentos desiguais, devendo o comprimento mais longo, de (400 ± 5) mm, impactar a parede de ensaio.

4.3.1 Para cabos com diâmetro externo até 20 mm, inclusive, que devem atender à classe de resistência ao fogo CR3

A barra deve cair sob seu próprio peso de um ângulo de $(60_0^{+5})^\circ$ em relação ao plano horizontal, para atingir o suporte de aço superior da parede de ensaio em seu ponto médio, conforme mostrado nas Figuras 4 e 6.

4.3.2 Para cabos com diâmetro externo superiores a 20 mm que devem atender à classe de resistência ao fogo CR3

A barra deve cair sob seu próprio peso de um ângulo de $(60_0^{+5})^\circ$ em relação ao plano horizontal, para atingir a borda superior da escada em seu ponto médio, conforme mostrado nas Figuras 8 e 10.

4.4 Fusíveis

4.4.1 Deve-se utilizar um fusível de 2A. Alternativamente, um disjuntor com características equivalentes pode ser usado.

4.4.2 O método de ensaio usando fusíveis deve ser o método de referência em caso de disputa.

5 Execução do ensaio

5.1 Corpo de prova

5.1.1 Para cabos que devem atender à classe de resistência ao fogo CR2

Uma amostra de cabo com pelo menos 3,6 m de comprimento deve ser disponibilizada para realização do ensaio. Cada corpo de prova a ser ensaiado deve ter comprimento não inferior a 1,2 m e ser retirado de uma mesma unidade de expedição. Deve-se remover aproximadamente 100 mm de capa interna e/ou cobertura externa em cada extremidade.

5.1.2 Para cabos com diâmetro externo de até 20 mm, inclusive, que devem atender à classe de resistência ao fogo CR3

Uma amostra de cabo com pelo menos 3,6 m de comprimento deve ser disponibilizada para realização do ensaio. Cada corpo de prova a ser ensaiado deve ter comprimento não inferior a 1,2 m e ser retirado de uma mesma unidade de expedição. Deve-se remover aproximadamente 100 mm de capa interna e/ou cobertura externa em cada extremidade.

5.1.3 Para cabos com diâmetro externo superior a 20 mm que devem atender à classe de resistência ao fogo CR3

Uma amostra de cabo com pelo menos 4,5 m de comprimento deve ser disponibilizada para realização do ensaio. Cada corpo de prova a ser ensaiado deve ter comprimento não inferior a 1,5 m e ser retirado de uma mesma unidade de expedição. Deve-se remover aproximadamente 100 mm de capa interna e/ou cobertura externa em cada extremidade.

5.1.4 Para todos os cabos

Em cada extremidade do corpo de prova, cada condutor deve ser preparado de maneira adequada para as conexões elétricas e, se houver mais de um condutor, os condutores expostos devem ser separados para evitar o contato uns com os outros.

5.2 Câmara de ensaio

5.2.1 O ensaio deve ser realizado em ambiente livre de sujeira, em câmara adequada, com volume mínimo de 20 m³, com instalações para descarte dos gases nocivos resultantes da queima. A ventilação adequada deve ser disponível para sustentar a chama para a duração do ensaio. As entradas de ar e a chaminé de exaustão devem ser localizadas de forma que a chama do queimador permaneça estável durante o procedimento de verificação e ensaio. Se necessário, o queimador deve ser protegido de quaisquer correntes de ar pelo uso de barreiras. Janelas podem ser instaladas nas paredes da câmara para observar o comportamento do cabo durante o ensaio. O escape de fumos deve ser conseguido por meio de carregamento natural, por meio de uma chaminé situada a pelo menos 1 m a partir do queimador. Um amortecedor pode ser usado para ajuste das condições de ventilação.

5.2.2 A câmara deve ser mantida em um ambiente externo onde a temperatura deve estar entre 5 °C e 40 °C.

5.2.3 As mesmas condições de ventilação e blindagem devem ser usadas na câmara durante os procedimentos de verificação e ensaio de cabo.

5.3 Preparação para ensaio

5.3.1 Posicionamento da fonte de calor

5.3.1.1 Para cabos que devem atender à classe de resistência ao fogo CR2

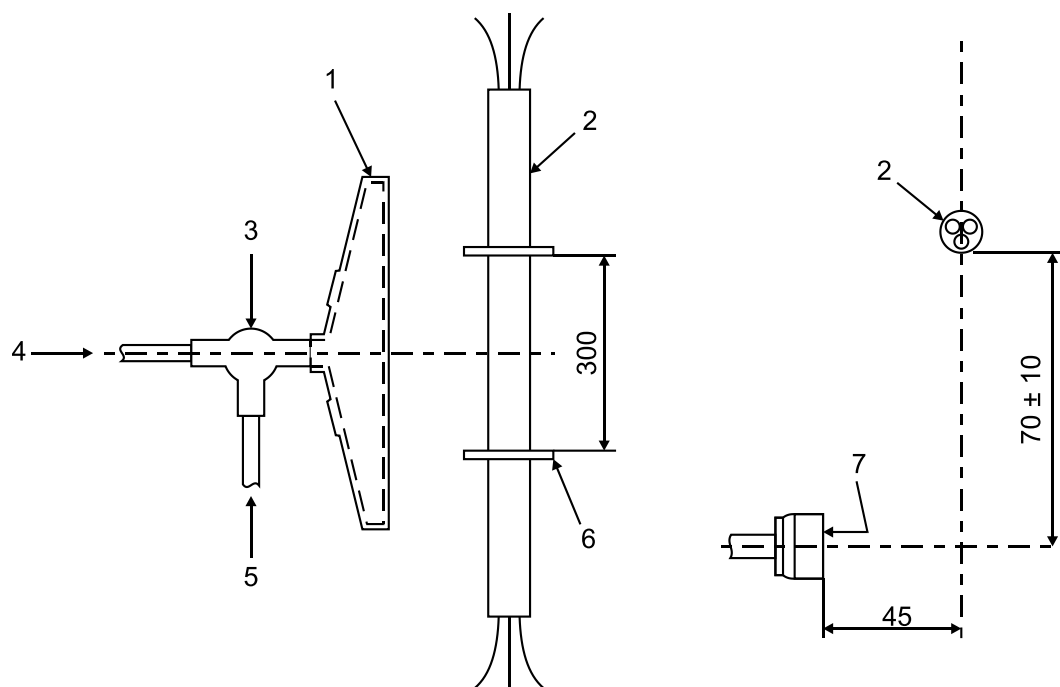
5.3.1.1.1 A face do queimador deve ser posicionada na câmara de ensaio, de modo que fique pelo menos 200 mm acima do fundo da câmara e pelo menos a 300 mm de qualquer parede da câmara.

5.3.1.1.2 O queimador deve ser alinhado com a amostra de ensaio, conforme mostrado na Figura 11, de modo que:

- a) seu plano central horizontal esteja a uma distância de (70 ± 10) mm abaixo do ponto mais baixo da amostra de ensaio;
- b) a sua face frontal vertical esteja a cerca de 45 mm do plano vertical central da amostra de ensaio.

5.3.1.1.3 A localização exata do queimador a ser usada durante o ensaio do cabo deve ser determinada usando o procedimento de verificação fornecido no Anexo A.

Dimensões em milímetros



Legenda

- 1 Queimador
- 2 Corpo de prova
- 3 Misturador tipo Venturi
- 4 Entrada de ar
- 5 Entrada de propano
- 6 Suportes em forma de anel
- 7 Face do queimador

Figura 11 – Arranjo para o queimador e amostra de cabo

5.3.1.2 Para cabos com diâmetro externo de até 20 mm, inclusive, que devem atender à classe de resistência ao fogo CR3

5.3.1.2.1 A face do queimador deve ser posicionada na câmara inferior de modo que fique pelo menos 200 mm acima do fundo da câmara, ou de qualquer bloco de montagem sólido, e pelo menos a 500 mm da parede de qualquer câmara.

5.3.1.2.2 Em relação ao ponto central do cabo a ser ensaiado, o queimador deve ser posicionado centralmente a uma distância horizontal de (40 ± 2) mm da face do queimador à parede e a uma vertical de $(V \pm 2)$ mm do queimador plano central horizontal ao plano horizontal central do corpo de prova, conforme mostrado nas Figuras 6 e A.2.

5.3.1.2.3 A localização exata do queimador a ser usada durante o ensaio do cabo deve ser determinada usando o procedimento de verificação dado no Anexo A, onde o valor V a ser usado deve ser determinado.

5.3.1.2.4 O queimador deve ser rigidamente fixado à estrutura durante o ensaio para evitar movimento em relação ao corpo de prova.

5.3.1.3 Para cabos com diâmetro externo superior a 20 mm que devem atender à categoria de

resistência ao fogo CR3

5.3.1.3.1 A face do queimador deve ser posicionada na câmara inferior de modo que fique pelo menos 200 mm acima do fundo da câmara, ou de qualquer bloco de montagem sólido, e pelo menos a 500 mm da parede de qualquer câmara.

5.3.1.3.2 Com referência ao ponto central do corpo de prova a ser ensaiado, o queimador deve ser colocado centralmente a uma distância horizontal de $(H \pm 2)$ mm a partir da face do queimador, para o centro da amostra de ensaio, e a uma distância vertical de $(V \pm 2)$ mm do plano central horizontal do queimador ao centro do corpo de prova, conforme mostrado na Figura 10.

5.3.1.3.3 A localização exata do queimador a ser usada durante o ensaio do cabo deve ser determinada usando o procedimento de verificação dado no Anexo A, onde os valores de H e V a serem usados devem ser determinados.

5.3.1.3.4 O queimador deve ser rigidamente fixado à estrutura durante o ensaio para evitar movimento em relação ao corpo de prova.

5.3.2 Arranjos de verificação de continuidade para energia elétrica e cabos de controle com tensão nominal de até 0,6/1 kV, inclusive

5.3.2.1.1 Durante o ensaio, uma corrente para verificação de continuidade deve passar por todos os condutores do corpo de prova. Isso deve ser fornecido por transformador(es) trifásico(s) conectado(s) em estrela ou monofásico, com capacidade suficiente para manter a tensão de ensaio até a corrente de fuga máxima permitida.

NOTA Observar as características do fusível ao determinar a classificação de potência do transformador.

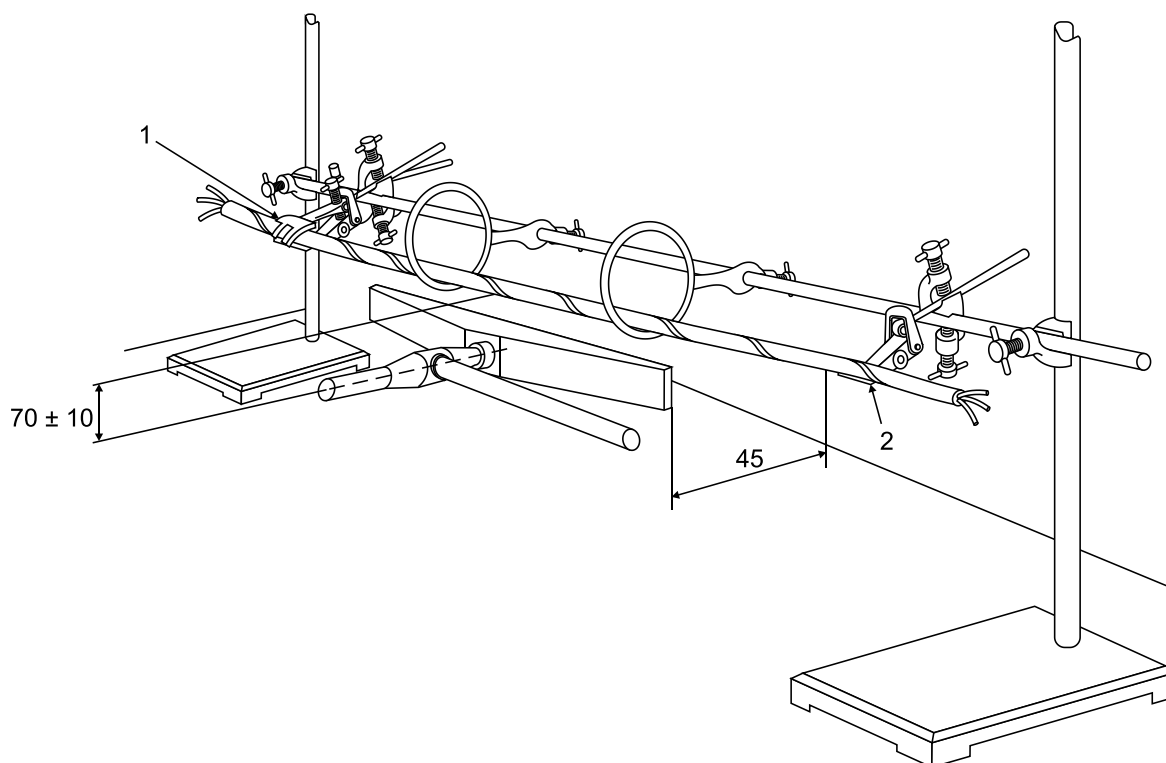
5.3.2.1.2 Esta corrente deve ser conseguida ligando uma carga adequada na outra extremidade da amostra de ensaio e no dispositivo indicador (por exemplo, lâmpada), a cada condutor ou grupo de condutores.

NOTA Uma corrente de 0,25 A na tensão de ensaio, por meio de cada condutor ou grupo de condutores, foi considerada adequada.

5.3.3 Para cabos que devem atender à classe de resistência ao fogo CR2

5.3.3.1 A amostra de cabo, conforme descrito em 5.1.1, deve ser mantida horizontalmente por meio de suportes adequados em cada extremidade da parte com capa ou protegida. A amostra deve ser fixada com segurança em uma extremidade para evitar movimento e deve ser apoiada na outra extremidade para permitir a expansão térmica na direção longitudinal. A porção intermediária do cabo deve ser sustentada por dois anéis de metal colocados a aproximadamente 300 mm de distância; estes anéis, bem como quaisquer outras partes de metal do aparelho de suporte, devem ser aterrados. Os anéis devem ter um diâmetro interno de aproximadamente 150 mm e devem ser feitos a partir de uma barra de aço circular com (10 ± 2) mm de diâmetro. O arranjo de suporte do cabo é mostrado na Figura 12.

Dimensões em milímetros



Legenda

- 1 Braçadeira
- 2 Suporte

Figura 12 – Exemplo de um arranjo de suporte para cabos que devem atender à classe de resistência ao fogo CR2

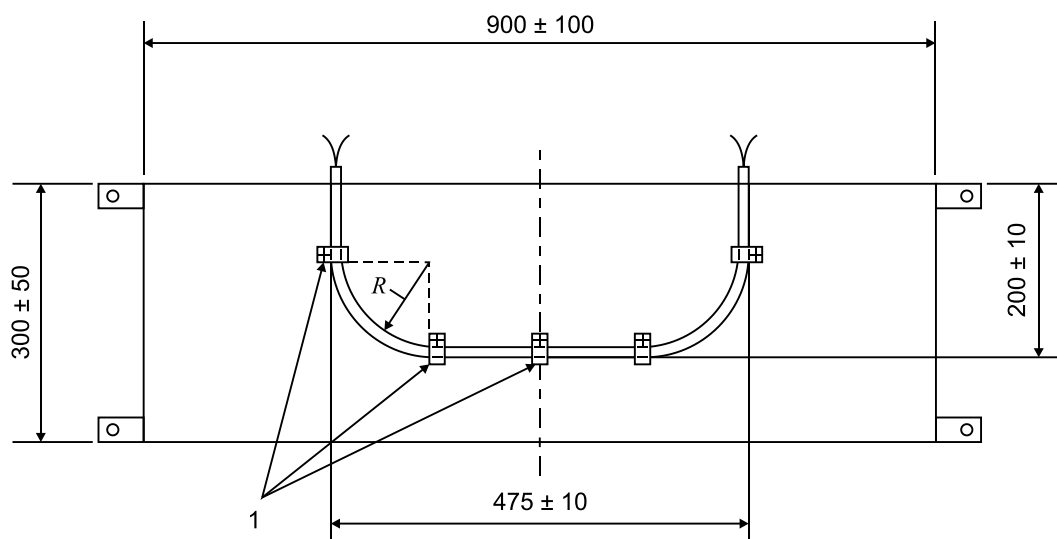
5.3.3.2 Para cabos não blindados com menos de 10 mm de diâmetro, três anéis de suporte de metal adicionais, cada um colocado a aproximadamente 150 mm dos dois anéis especificados em 5.3.3.1, devem ser usados para apoiar o cabo.

5.3.4 Para cabos com diâmetro externo de até 20 mm, inclusive, que devem atender à classe de resistência ao fogo CR3

5.3.4.1 O corpo de prova deve ser dobrado para criar uma forma aproximada de "U". O raio interno da curvatura deve ser o raio de curvatura mínimo declarado pelo fabricante na utilização normal e a distância total entre as porções verticais do cabo deve ser de (475 ± 10) mm, como mostrado na Figura 13.

5.3.4.2 A amostra deve ser montada centralmente na parede usando cliques que devem ser aterrados. A borda inferior do cabo deve estar (200 ± 10) mm abaixo do topo da parede de ensaio. Cliques P feitos de tira de metal (10 ± 1) mm de largura devem apoiar o espécime de ensaio em ambas as extremidades da seção arredondada e no centro, como mostrado na Figura 13. Os cliques P devem ser formados de modo a ter aproximadamente o mesmo diâmetro do corpo de prova em ensaio.

Dimensões em milímetros



Legenda

- 1 Braçadeiras de metal
R Raio mínimo de curvatura do corpo de prova

Figura 13 – Exemplo de um arranjo de suporte de cabo com diâmetro externo até 20 mm, inclusive, que devem atender à classe de resistência ao fogo CR3

5.3.5 Para cabos com diâmetro externo superior a 20 mm que devem atender à classe de resistência ao fogo CR3

5.3.5.1 Cabos de núcleo único com camada de metal concêntrica e cabos multipolares

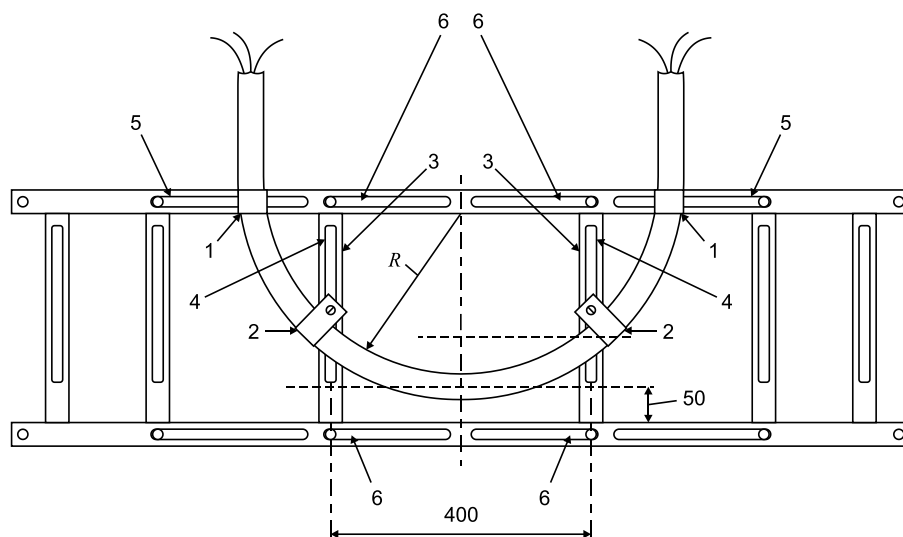
5.3.5.1.1 O corpo de prova deve ser dobrado para formar um arco aproximado de um círculo. O raio interno da curva deve ser o raio de curvatura mínimo declarado pelo fabricante em uso normal.

5.3.5.1.2 O corpo de prova deve ser montado centralmente na escada de ensaio, conforme mostrado na Figura 14, usando cliques de metal que devem ser aterrados. Recomenda-se a utilização de dois parafusos em U no elemento horizontal superior da parede de ensaio. Cliques P feitos de tira de metal com largura de (20 ± 2) mm para corpos de prova com diâmetro de 20 mm a 50 mm ou com largura (30 ± 3) mm para corpos de prova com diâmetros superiores devem ser usados nos dois elementos verticais centrais. Os cliques P devem ser formados de modo a ter aproximadamente o mesmo diâmetro que o corpo de prova em ensaio.

5.3.5.1.3 Se o corpo de prova for muito pequeno para ser montado nos elementos verticais centrais, quando na posição mostrada na Figura 14, os dois elementos verticais centrais devem ser movidos igualmente em direção ao centro, de modo que o corpo de prova possa ser montado como mostrado na Figura 15.

5.3.5.1.4 Se o raio de curvatura em uso normal for muito grande para montar o cabo conforme mostrado na Figura 14 nas ranhuras para os parafusos em U (chave 5 na Figura 14), o corpo de prova deve ser montado conforme mostrado na Figura 16, usando cliques P, que devem ser aterrados nos quatro elementos verticais centrais.

Dimensões em milímetros

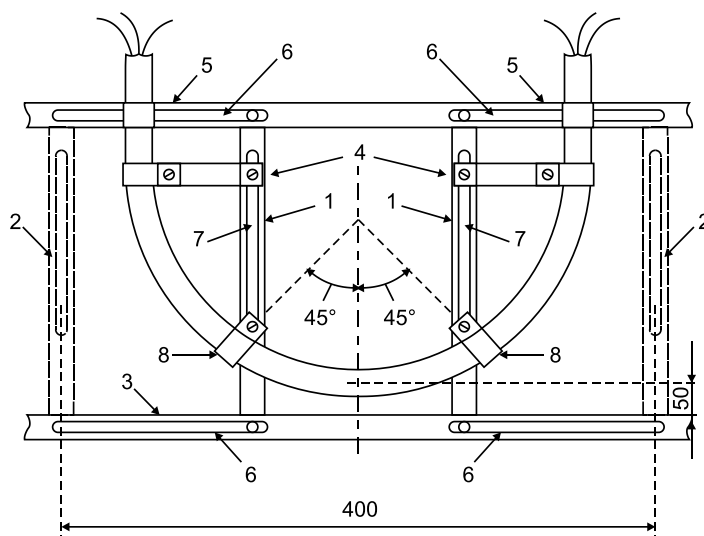


Legenda

- 1 Parafusos em U
- 2 Clipe P
- 3 Elementos de ajuste vertical
- 4 Slots para fixação dos cliques P
- 5 Slots para os parafusos em U
- 6 Slots de ajuste dos elementos verticais
- R Raio mínimo de curvatura do corpo de prova

Figura 14 – Exemplo de um arranjo com amostra de maior diâmetro para ensaio (com raio de curvatura entre aproximadamente 200 mm e 400 mm)

Dimensões em milímetros



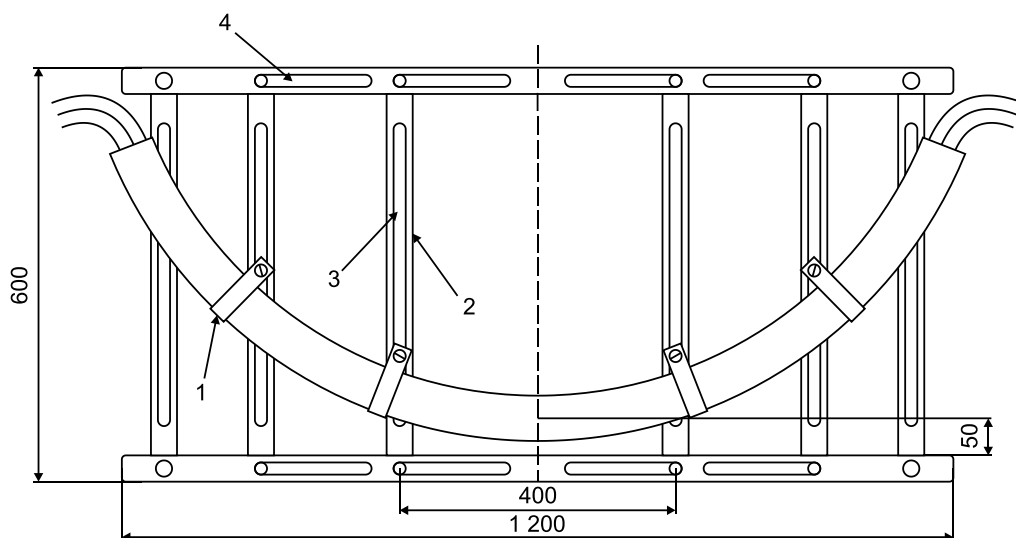
Legenda

- 1 Ajuste dos elementos verticais
- 2 Posição normal dos elementos verticais

- 3 Elemento horizontal inferior da escada de ensaio
- 4 Braçadeira adicional para manter o corpo de prova na posição, caso seja necessário
- 5 Parafuso em U
- 6 Slots de ajuste dos elementos verticais
- 7 Slot de fixação dos cliques P
- 8 Clipe P

Figura 15 – Posição detalhada dos elementos ajustáveis verticais da escada para montagem de uma amostra de menor diâmetro para ensaio (com um raio de curvatura máximo de aproximadamente 200 mm)

Dimensões em milímetros



Legenda

- 1 Clipe P
- 2 Elementos verticais ajustáveis
- 3 Slot de fixação dos cliques P
- 4 Slots de ajuste dos elementos verticais

Figura 16 – Exemplo de um arranjo com amostra com um raio de curvatura de uso normal (maior que aproximadamente 400 mm)

5.3.5.2 Cabos de núcleo único sem camada de metal concêntrica

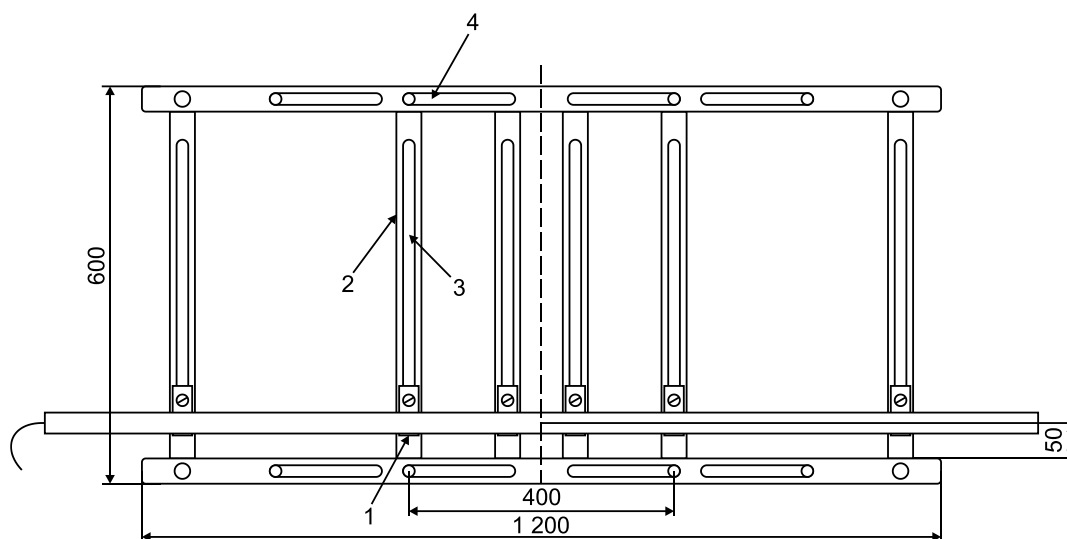
5.3.5.2.1 O corpo de prova deve ser montado reto e centralmente na escada de ensaio, usando quatro elementos verticais, como mostrado na Figura 17, usando cliques de metal que devem ser aterrados para fixar o cabo a esses elementos verticais.

5.3.5.2.2 A largura dos cliques de metal deve estar de acordo com 5.3.5.1.2.

NOTA O ensaio de um corpo de prova reto é apropriado para cabos de núcleo único sem camada de metal concêntrica, pois a dobra não afeta o desempenho deste tipo de cabo, visto que as forças internas, como em cabos multipolares, não ocorrem.

5.3.5.2.3 Os cliques P devem ser formados de modo a se obter aproximadamente o mesmo diâmetro que o corpo de prova em ensaio.

Dimensões em milímetros



Legenda

- 1 Clipe P
- 2 Elementos verticais ajustáveis
- 3 Slot de fixação dos clipe P
- 4 Slots de ajuste dos elementos verticais

Figura 17 – Exemplo de um arranjo com amostra unipolar sem a camada concêntrica de metal

5.4 Procedimento de ensaio

5.4.1 Geral

5.4.1.1 Para cabos monofásicos, bifásicos ou trifásicos, conectar cada condutor de fase a uma fase separada da saída do(s) transformador(es), com um fusível de 2 A ou disjuntor com características equivalentes em cada fase.

5.4.1.2 Para cabos multipolares com quatro ou mais condutores (excluindo quaisquer condutores neutros ou de proteção), os condutores devem ser divididos em três grupos aproximadamente iguais, garantindo que os condutores adjacentes estejam, tanto quanto possível, em grupos diferentes.

5.4.1.3 Para cabos multipares, os condutores devem ser divididos em dois grupos iguais, garantindo que a veia A de cada par seja conectada a uma fase e a veia B de cada par seja conectada a outra fase (L1 e L2 da Figura 1). Quadras devem ser tratadas como dois pares.

5.4.1.4 Para cabos multiternas, os condutores devem ser divididos em três grupos iguais, garantindo que a veia A de cada terna seja conectada a uma fase, a veia B de cada terna a outra fase e a veia C de cada terna à terceira fase do transformador (L1, L2 e L3 da Figura 18).

5.4.1.5 Conectar os condutores de cada grupo em série e conectar cada grupo a uma fase separada da saída do transformador, com um fusível de 2 A ou disjuntor com características equivalentes em cada fase.

5.4.1.6 O procedimento de ensaio descrito em 5.4.1.1 a 5.4.1.5 conecta o condutor neutro ao terra. Isso pode não ser apropriado se o cabo for projetado para uso em um sistema onde o neutro não esteja

aterrado. Se admissível pela norma construtiva, o condutor neutro pode ser ensaiado como se fosse um condutor de fase. No caso de cabos onde a capa metálica, armadura ou a blindagem metálica atuar como um condutor neutro, este deve sempre ser conectado ao terra. Quaisquer variações na metodologia devem ser incluídas no relatório de ensaio.

5.4.1.7 Para construções de cabo não especificamente identificadas em 5.4.1.1 a 5.4.1.5, a tensão de ensaio deve ser aplicada, tanto quanto possível, para garantir que os condutores adjacentes sejam conectados às diferentes fases.

5.4.1.8 Em certos casos, por exemplo, ao ensaiar um cabo de controle usando um transformador trifásico, pode não ser possível aplicar uma tensão de ensaio entre os condutores e entre o condutor e o terra, igual às tensões nominais simultaneamente. Nesses casos, a tensão de ensaio entre os condutores ou a tensão de ensaio entre os condutores e o terra deve ser igual à tensão nominal, de modo que tanto a tensão de ensaio entre os condutores quanto a tensão de ensaio do condutor ao terra sejam iguais ou superiores à tensão nominal.

5.4.1.9 No final da amostra remota do transformador:

- a) conectar cada condutor de fase, ou grupo de condutores, a um terminal da carga e dispositivo indicador (conforme descrito em 5.3.2), sendo o outro terminal aterrado;
- b) conectar o condutor neutro e qualquer condutor de proteção a um terminal da carga e dispositivo indicador (como descrito em 5.3.2), sendo o outro terminal conectado a L1 (ou L2 ou L3) na extremidade do transformador (ver Figura 18).

5.4.1.10 Acender o queimador e ajustar as taxas de fluxo de propano e ar para as taxas obtidas durante o procedimento de verificação (ver Anexo A), conforme metodologia a ser ensaiada.

The diagram illustrates a power distribution system with the following components and connections:

- 1:** Three thick black horizontal bars representing a main power source or bus.
- 2:** Three upward-pointing arrows labeled L3, L2, and L1, indicating voltage levels or phases.
- 3:** A black dot representing a connection point or terminal.
- 4:** Two vertical rectangles representing components like transformers or reactors.
- 5:** A thick black horizontal bar representing a ground or neutral connection.
- 6:** Four circles with an 'X' inside, representing loads or lamps.
- 7:** A large central rectangle representing a core or a main component.
- 8:** A thick black horizontal bar representing a ground or neutral connection.

The system is connected to a ground symbol at the bottom. Labels L3, L2, L1, N, and PE are used to identify specific lines or phases. The diagram shows a complex network of electrical connections between these components.

L1, L2, L3	Condutores de fase (L2, L3 se existirem)
N	Condutor neutro (se existir)
PE	Condutor de proteção (se existir)
1	Transformador
2	Fusível
3	L1 ou L2 ou L3
4	Braçadeiras de metal
5	Condutor ou grupo de ensaio
6	Dispositivo de indicação de carga
7	Corpo de prova
8	Blindagem metálica (se existir)

Figura 18 – Diagrama básico – Cabo de controle ou potência com classe de tensão de até 0,6/1 kV

5.4.2.1 Ligar o fornecimento de eletricidade e ajustar a tensão para a tensão nominal do cabo (sujeito a uma tensão mínima de 100 V CA), ou seja, a tensão de ensaio entre os condutores deve ser igual à tensão nominal entre os condutores, e a tensão de ensaio do condutor para o terra deve ser igual à tensão nominal do condutor ao terra. No caso de cabos monopolares, a tensão deve ser aplicada entre o condutor e o aparelho de suporte aterrado e cobertura metálica aterrada, se houver.

5.4.2.2 O ensaio deve continuar para o tempo de aplicação da chama dado na Seção 6, após o qual a chama deve ser extinta, mas a amostra do cabo deve permanecer energizada por mais 15 min. A duração total do ensaio deve ser o tempo de aplicação da chama junto com o período de resfriamento de 15 min.

5.4.3.1 Imediatamente após acender o queimador, ativar o dispositivo produtor de choque e iniciar o cronômetro de duração do ensaio. O dispositivo de produção de choque deve impactar a escada ou a parede após $5 \text{ min} \pm 10 \text{ s}$ da ativação e, subsequentemente, em intervalos de $5 \text{ min} \pm 10 \text{ s}$. Após cada impacto, a barra de impacto deve ser elevada da escada ou da parede de ensaio não mais do que 20 s após o impacto.

5.4.3.2 Imediatamente após iniciar o cronômetro para marcar a duração do ensaio, ligar o fornecimento de eletricidade e ajustar a tensão para a tensão nominal do cabo (sujeito a uma tensão mínima de 100 V

CA), ou seja, a tensão de ensaio entre os condutores deve ser igual à tensão nominal entre os condutores, e a tensão de ensaio do condutor para o terra deve ser igual à tensão nominal do condutor ao terra.

5.4.3.3 O ensaio deve continuar pelo tempo de aplicação da chama dado na Seção 6, após o qual a chama deve ser extinta.

6 Desempenho

O tempo de aplicação da chama deve ser conforme especificado na norma de cabo aplicável. Na ausência de tal especificação na norma de cabo, deve-se adotar o tempo de aplicação de chama com ou sem impacto de 90 min.

7 Requisitos

Com referência ao procedimento de ensaio dado na Seção 5, o cabo possui as características para fornecer a segurança adequada ao circuito, desde que durante o curso do ensaio:

- a) a tensão seja mantida, isto é, nenhum fusível falhe ou o disjuntor seja interrompido;
- b) um condutor não se rompa, ou seja, a lâmpada não se apague.

A falha por qualquer um dos critérios listados acima é suficiente para considerar uma falha para o cabo ensaiado.

8 Procedimento para repetição de ensaio

Em caso de falha, conforme julgado pelos requisitos da norma pertinente, duas outras amostras devem ser testadas. Se ambos estiverem em conformidade, o ensaio será considerado bem sucedido.

9 Relatório de ensaio

O relatório de ensaio referente a cada ensaio deve conter as seguintes informações mínimas:

- a) número desta Norma;
- b) uma descrição completa do cabo ensaiado;
- c) nome do fabricante do cabo ensaiado;
- d) tensão de ensaio e conexões elétricas utilizadas, de acordo com 5.4;
- e) qualquer opção usada no procedimento de ensaio (por exemplo, método de detecção de falha);
- f) tipo e disposição dos cliques que suportam a amostra do cabo;
- g) raio de curvatura real do cabo usado para o ensaio;
- h) método utilizado para monitoramento da temperatura durante o procedimento de verificação;
- i) ponto de falha do mecanismo (por exemplo, tensão não mantida ou ruptura do condutor);
- j) tempo de aplicação da chama;



- k) volume da câmara e temperatura no início do ensaio;
- l) requisito de desempenho real aplicado (de acordo com a Seção 7);

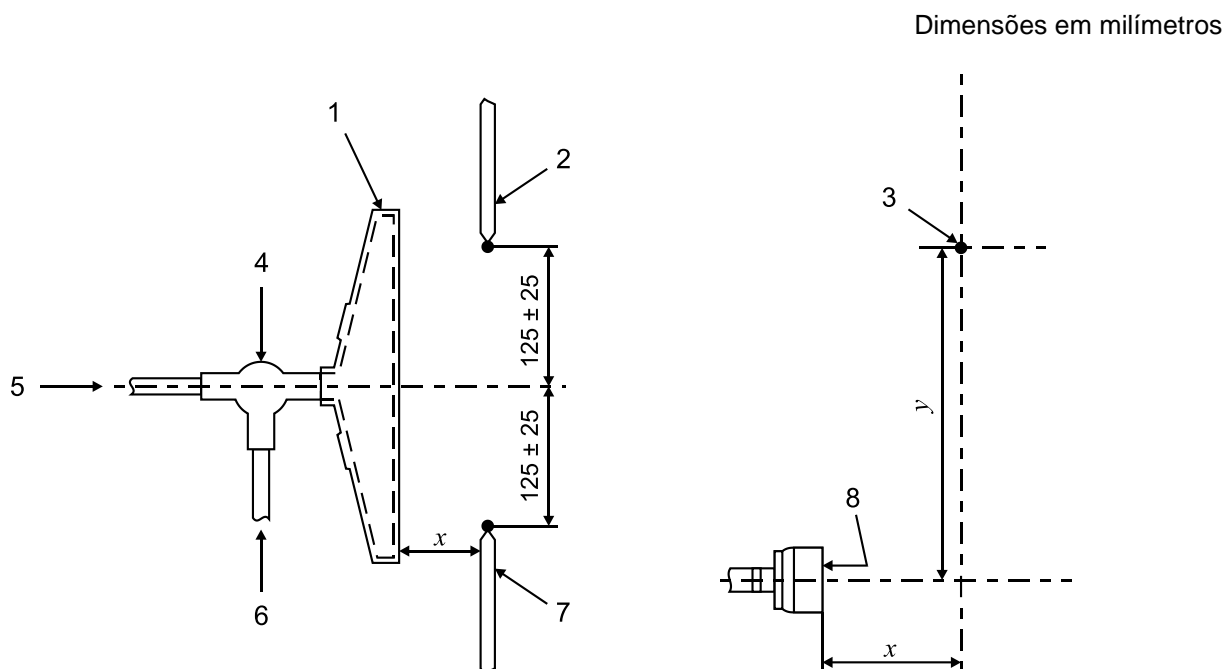
Anexo A (normativo)

Procedimento de verificação para o sistema de queimador

A.1 Arranjo de medição de temperatura

A.1.1 Para cabos que devem atender à classe de resistência ao fogo CR2

A temperatura da chama deve ser medida usando dois termopares de aço inoxidável com isolamento mineral de 1,5 mm, tipo K, conforme especificado na ABNT NBR 13774, posicionados conforme mostrado na Figura A.1.



Legenda

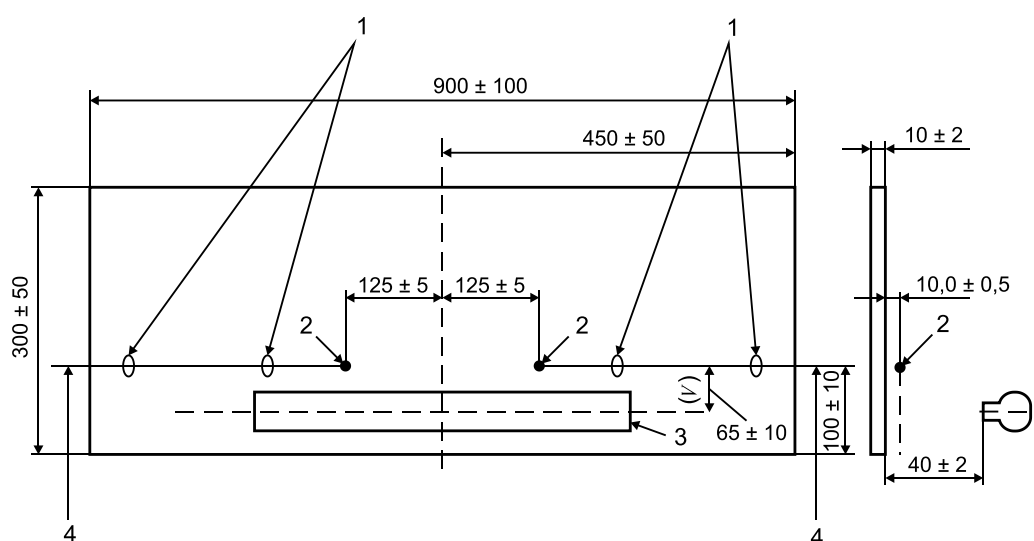
- 1 Queimador
- 2 Termopar A
- 3 Ponta do termopar
- 4 Misturador tipo Venturi
- 5 Entrada de ar
- 6 Entrada de propano
- 7 Termopar B
- 8 Face do queimador

Figura A.1 – Disposição dos termopares para procedimento de verificação para cabos que devem atender à classe de resistência ao fogo CR2

A.1.2 Para cabos com diâmetro externo de até 20 mm, inclusive, que devem atender à classe de resistência ao fogo CR3

A temperatura da chama deve ser medida usando dois termopares de aço inoxidável com isolamento mineral de 1,5 mm, tipo K, conforme especificado na ABNT NBR 13774, posicionados na parede de ensaio, conforme mostrado na Figura A.2. As pontas dos termopares devem estar a $(10,0 \pm 0,5)$ mm à frente da parede de ensaio. A linha horizontal dos termopares deve estar a (100 ± 10) mm acima da parte inferior da parede. A parede deve consistir em uma chapa de material resistente ao calor, não combustível e não metálica, com dimensões de (900 ± 100) mm de comprimento, (300 ± 50) mm de altura e (10 ± 2) mm de espessura.

Dimensões em milímetros



Legenda

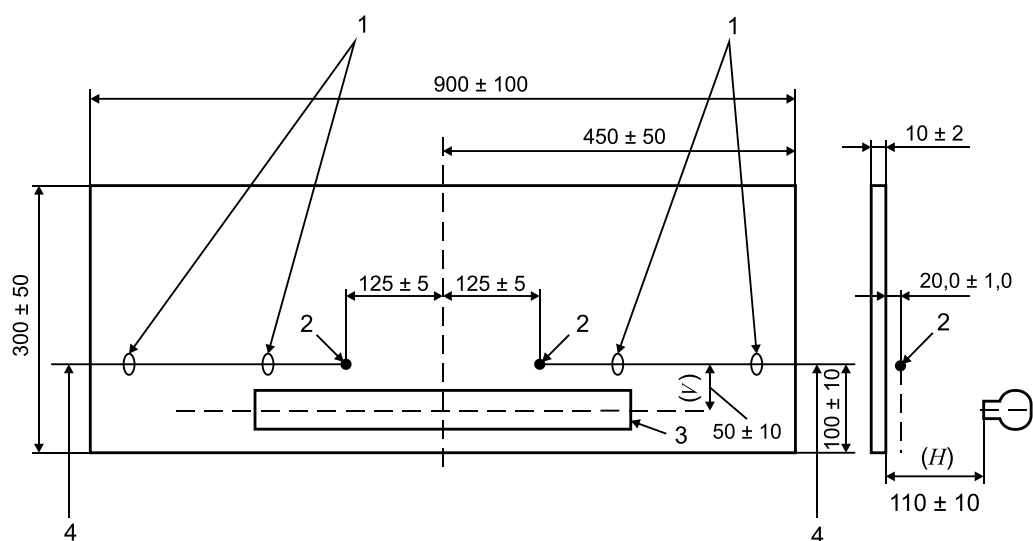
- 1 Suporte dos termopares
- 2 Ponta do termopar
- V Distância vertical entre a ponta do termopar e a linha de centro do queimador
- 3 Queimador
- 4 Termopar de 1,5 mm, tipo K

Figura A.2 – Disposição dos termopares para procedimento de verificação para cabos com diâmetro externo de até 20 mm, inclusive, que devem atender à classe de resistência ao fogo CR3

A.1.3 Para cabos com diâmetro externo superiores a 20 mm que devem atender à classe de resistência ao fogo CR3

A temperatura da chama deve ser medida usando dois termopares de aço inoxidável com isolamento mineral de 1,5 mm, tipo K, conforme especificado na ABNT NBR 13774, posicionados na parede de ensaio conforme mostrado na Figura A.3. As pontas dos termopares devem estar a $(20,0 \pm 1,0)$ mm à frente da parede de ensaio. A linha horizontal dos termopares deve estar a (100 ± 10) mm acima da parte inferior da parede. A parede deve consistir em uma chapa de material resistente ao calor, não combustível e não metálica, com dimensões de (900 ± 100) mm de comprimento, (300 ± 50) mm de altura e (10 ± 2) mm de espessura.

Dimensões em milímetros



Legenda

- 1 Suporte dos termopares
- 2 Ponta do termopar
- 3 Queimador
- 4 Termopar de 1,5 mm, tipo K
- H Distância horizontal entre a ponta do termopar e a face do queimador
- V Distância vertical entre a ponta do termopar e a linha de centro do queimador

Figura A.3 – Disposição dos termopares para procedimento de verificação para cabos com diâmetro externo superior a 20 mm, que devem atender à classe de resistência ao fogo CR3

A.2 Procedimento de verificação

A.2.1 Para cabos que devem atender à classe de resistência ao fogo CR2

Posicionar o queimador horizontalmente a aproximadamente 45 mm (x mm) do termopar e 70 mm verticalmente (y mm) abaixo da linha central dos termopares, conforme mostrado na Figura A.1.

Acender o queimador e ajustar as fontes de gás e ar para os valores dados em 4.1.2.

Monitorar a temperatura conforme o registro pelos termopares, por um período de 10 min, para garantir que as condições estejam estáveis.

O procedimento de verificação deve ser considerado satisfatório se a média das duas leituras do termopar ao longo de 10 min estiver dentro do requisito de (750_0^{+50}) e se a diferença máxima do indivíduo médio das leituras do termopar não exceder 40 °C. Para obter a média, deve ser realizada pelo menos uma medição a cada 30 s.

O método real para obter a leitura média do termopar durante o período não é especificado, mas é recomendado que um registrador com recursos de média seja usado para amortecer a variabilidade causada pela medição pontual.

Se a verificação não for bem-sucedida, as taxas de fluxo devem ser alteradas dentro dos limites de tolerância dados em 4.1.2, e uma verificação adicional deve ser realizada, conforme A.2.1.1.



A.2.1.1 Verificação adicional

Se a verificação descrita em A.2.1 não for bem-sucedida, as distâncias (X e Y) entre o queimador e o termopar devem ser alteradas de acordo com as tolerâncias dadas em A.1.1, e uma verificação adicional deve ser realizada.

As posições estabelecidas para a verificação bem-sucedida devem ser registradas.

Se nenhuma verificação bem-sucedida puder ser alcançada dentro das tolerâncias dadas, então o sistema do queimador deve ser considerado incapaz de atender aos requisitos desta Norma.

A.2.1.2 Relatório de verificação

As posições estabelecidas para a verificação bem-sucedida do fluxo utilizado devem ser registradas.

A.2.2 Para cabos com diâmetro externo de até 20 mm, inclusive, que devem atender à classe de resistência ao fogo CR3

Posicionar o queimador horizontalmente a (40 ± 2) mm da parede e verticalmente a (65 ± 10) mm abaixo da linha central dos termopares (V), conforme mostrado na Figura A.2.

Acender o queimador e ajustar as fontes de gás e ar para os valores dados em 4.1.2.

Monitorar a temperatura conforme registrada pelos termopares por um período de 10 min para garantir que as condições estejam estáveis.

O procedimento de verificação deve ser considerado satisfatório se a média das duas leituras do termopar ao longo de 10 min estiver dentro do requisito de (830_0^{+40}) e se a diferença máxima do indivíduo médio das leituras do termopar não exceder 40 °C. Para obter a média, deve ser realizada pelo menos uma medição a cada 30 s.

O método real para obter a leitura média do termopar durante o período não é especificado, mas é recomendado que um registrador com recursos de média seja usado para amortecer a variabilidade causada pela medição pontual.

Se nenhuma verificação bem-sucedida puder ser alcançada dentro das tolerâncias dadas em 4.1.2, então deve ser realizada uma verificação adicional, conforme A.2.2.1.

A.2.2.1 Verificação adicional

Se a verificação descrita em A.2.2 não for bem-sucedida, a distância vertical (V) entre o queimador e o termopar deve ser alterada de acordo com a tolerância dada em A.1.2, e uma verificação adicional deve ser realizada.

Se nenhuma verificação bem-sucedida puder ser alcançada dentro das tolerâncias dadas, então o sistema do queimador deve ser considerado incapaz de atender aos requisitos desta Norma.

A.2.2.2 Relatório de verificação

As posições estabelecidas para a verificação bem-sucedida do fluxo utilizado devem ser registradas.

A.2.3 Para cabos com diâmetro externo superior a 20 mm que devem atender à classe de resistência ao fogo CR3

Posicionar o queimador horizontalmente a (110 ± 10) mm do termopar (H) e verticalmente a (50 ± 10) mm abaixo da linha central dos termopares (V), conforme mostrado na Figura A.3.

Acender o queimador e ajustar as fontes de gás e ar para os valores dados em 4.1.2.

Monitorar a temperatura conforme o registro pelos termopares, por um período de 10 min, para garantir que as condições estejam estáveis.

O procedimento de verificação deve ser considerado satisfatório se a média das duas leituras do termopar ao longo de 10 min estiver dentro do requisito de (830_0^{+40}) e se a diferença máxima do indivíduo médio das leituras do termopar não exceder 40 °C. Para obter a média, deve ser realizada pelo menos uma medição a cada 30 s.

O método real de obter a leitura média do termopar durante o período não é especificado, mas é recomendado que um registrador com recursos de média seja usado para amortecer a variabilidade causada pela medição pontual.

Se nenhuma verificação bem-sucedida puder ser alcançada dentro das tolerâncias dadas em 4.1.2, então deve ser realizada uma verificação adicional, conforme A.2.3.1.

A.2.3.1 Verificação adicional

Se a verificação descrita em A.2.3 não for bem-sucedida, as distâncias (H e V) entre o queimador e o termopar devem ser alteradas de acordo com as tolerâncias dadas em A.1.3, e uma verificação adicional deve ser realizada.

Se nenhuma verificação bem-sucedida puder ser alcançada dentro das tolerâncias dadas, então o sistema do queimador deve ser considerado incapaz de atender aos requisitos desta Norma.

A.2.3.2 Relatório de verificação

As posições estabelecidas para a verificação bem-sucedida do fluxo utilizado devem ser registradas.

Anexo B (informativo)

Fatores de correção da calibração do medidor de vazão

B.1 Geral

Ao usar medidores de vazão do tipo rotâmetro para monitorar a taxa de fornecimento dos gases, os dois fatores a seguir precisam ser considerados para usar corretamente os medidores:

- saber o que o medidor de vazão está indicando quando usado nas condições reais de operação;
- saber em quais condições de temperatura e pressão do gás o medidor de vazão foi calibrado e em quais condições ele foi projetado para operar.

Considerando a alínea a), a maioria dos medidores de fluxo é projetada para indicar a taxa de fluxo volumétrico na temperatura e pressão atmosféricas, ou seja, 20 °C e 1 bar. No entanto, considerando a alínea b), nem todos os medidores de vazão são calibrados e projetados para trabalhar na mesma temperatura e pressão, devendo-se tomar cuidado para garantir que a temperatura e a pressão do gás que fluem por meio de um medidor de vazão sejam as corretas para esse medidor específico. Operar o medidor de vazão em temperaturas e pressões diferentes dessas condições requer a aplicação de um fator de correção, conforme B.2.

B.2 Exemplo

B.2.1 Geral

Supor que uma taxa de fluxo de ar de 80 L/min a 1 bar e 20 °C seja necessária no queimador, conforme a seguir:

- fluxômetro 1: calibrado para operar a 2,4 bar absolutos e 15 °C, mas para indicar L/min a 1 bar e 15 °C;
- fluxômetro 2: calibrado para operar a 1 bar absoluto e 20 °C, mas para indicar L/min a 1 bar e 20 °C.

Supor que a pressão de suprimento de ar até e incluindo os medidores de vazão seja, alternativamente, a 1 bar (ver B.2.2) ou 2,4 bar (ver B.2.3) e 20 °C.

O fator de correção de calibração é dado da seguinte forma:

$$C = \sqrt{\frac{P_1}{P_2} \times \frac{T_2}{T_1}}$$

onde

T é a temperatura absoluta, expressa em Kelvin (K);

P é a pressão absoluta, expressa em bares (bar);

P_1/T_1 são as condições de calibração;



P_2/T_2 são as condições operacionais.

B.2.2 Ar fornecido a 1 bar

B.2.2.1 Fluxômetro 1

Com o fornecimento de ar a 1 bar é necessária a utilização de um fator de correção, uma vez que o medidor está operando em condições distantes de suas condições de operação projetadas, conforme a seguir:

$$P_1 = 2,4 \text{ bar } T_1 = 15 \text{ °C} = 288 \text{ K}$$

$$P_2 = 1 \text{ bar } T_2 = 20 \text{ °C} = 293 \text{ K}$$

Substituindo esses valores:

$$C = \sqrt{\frac{2,4}{1} \times \frac{293}{288}} = 1,56$$

Assim, para determinar uma taxa de fluxo de 80 L/min nas condições de referência, é necessária uma leitura neste medidor de fluxo de 125 L/min ($80 \times 1,56$).

B.2.2.2 Fluxômetro 2

Uma vez que este medidor esteja operando de acordo com as condições de seu projeto, a vazão necessária de 80 L/min pode ser lida diretamente do medidor sem a necessidade de fator de correção.

B.2.3 Ar fornecido a 2,4 bar

B.2.3.1 Fluxômetro 1

Com o fornecimento de ar a 2,4 bar é necessária a utilização de um fator de correção para a temperatura, mas não para a pressão, uma vez que o medidor está operando na pressão de projeto, conforme a seguir:

$$P_1 = 2,4 \text{ bar } T_1 = 15 \text{ °C} = 288 \text{ K}$$

$$P_2 = 2,4 \text{ bar } T_2 = 20 \text{ °C} = 293 \text{ K}$$

Substituindo esses valores:

$$C = \sqrt{\frac{2,4}{2,4} \times \frac{293}{288}} = 1,01$$

Assim, para determinar uma taxa de fluxo de 80 L/min nas condições de referência, é necessária uma leitura de 81 L/min ($1,01 \times 80$) neste medidor de fluxo.

B.2.3.2 Fluxômetro 2

Com o fornecimento de ar a 2,4 bar também é necessária a utilização de um fator de correção, uma vez que esteja operando em condições distantes de suas condições de projeto, conforme a seguir:

$$P_1 = 1 \text{ bar } T_1 = 20 \text{ °C} = 293 \text{ K}$$



$$P2 = 2,4 \text{ bar } T2 = 20 \text{ °C} = 293 \text{ K}$$

Substituindo esses valores:

$$C = \sqrt{\frac{1}{2,4} \times \frac{293}{293}} = 0,65$$

Assim, para determinar uma taxa de fluxo de 80 L/min nas condições de referência, é necessária uma leitura de 52 L/min (0,65 x 80) neste medidor de fluxo.